



KEMAMPUAN FISILOGI TUMBUHAN DALAM MENGATASI KEKERINGAN

Hepi Kardiani Mendrofa¹⁾, Benediktus Giawa²⁾, Florentina Agusmawati Duha³⁾,
Cahya Masaindah Zendrato⁴⁾, Natalia Kristiani Lase⁵⁾

¹⁾ Agroteknologi, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Nias, Gunungsitoli, Indonesia

Email: hepikardianimendrofa@gmail.com

²⁾ Agroteknologi, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Nias, Gunungsitoli, Indonesia

Email: benediktusgiawa443@gmail.com

³⁾ Agroteknologi, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Nias, Gunungsitoli, Indonesia

Email: florentinaagusmawatiduha@gmail.com

⁴⁾ Agroteknologi, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Nias, Gunungsitoli, Indonesia

Email: cahyamasaindahzendrato26@gmail.com

⁵⁾ Agroteknologi, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Nias, Gunungsitoli, Indonesia

Email: natalialase16@gmail.com

Abstract

Plants have two main mechanisms to cope with drought: avoidance and tolerance. Drought-avoidant plants usually accelerate their life cycle, while tolerant plants make osmotic adjustments and increase root growth. Stomatal closure, triggered by the hormone abscisic acid (ABA), plays an important role in reducing transpiration and maintaining cell turgor. This study highlights the importance of physiological adaptation in enhancing plant drought resistance.

Keywords: Drought; Physical mechanism; Stomatal closure; Abscisic acid.

Abstrak

Tumbuhan memiliki dua mekanisme utama untuk mengatasi kekeringan yaitu menghindari dan bertoleransi. Tanaman yang menghindari kekeringan biasanya mempercepat siklus hidup, sedangkan yang bertoleransi melakukan penyesuaian osmotik dan peningkatan pertumbuhan akar. Penutupan stomata yang dipicu oleh hormon asam absisat (ABA), berperan penting dalam mengurangi transpirasi dan mempertahankan turgor sel. Penelitian ini menyoroti pentingnya adaptasi fisiologis dalam meningkatkan ketahanan tanaman terhadap kekeringan.

Kata Kunci: Kekeringan; Mekanisme fisiologis; Penutupan stomata; Asam absisat.



PENDAHULUAN

Kekeringan adalah salah satu tantangan besar bagi pertumbuhan tumbuhan di banyak wilayah di dunia, yang disebabkan oleh berkurangnya curah hujan atau distribusi air yang tidak merata. Kekurangan air tidak hanya memengaruhi fisiologi tumbuhan tetapi juga produktivitas tanaman yang sangat bergantung pada ketersediaan air untuk proses-proses vital. Meskipun demikian, tumbuhan memiliki berbagai kemampuan fisiologis untuk mengatasi kondisi kekeringan, yang memungkinkan mereka bertahan hidup meskipun dalam keadaan lingkungan yang tidak optimal.

Salah satu kemampuan utama tumbuhan dalam mengatasi kekeringan adalah dengan menyesuaikan struktur morfologinya. Penyesuaian ini meliputi perubahan pada daun, batang, dan akar, untuk mengurangi penguapan air dari permukaan daun dan meningkatkan efisiensi penggunaan air. Sebagai contoh, banyak tumbuhan yang mengubah orientasi daun atau bahkan menggulungnya pada siang hari untuk mengurangi permukaan yang terpapar langsung oleh sinar matahari, sehingga mengurangi evaporasi (Chaves et al., 2003).

Selain penyesuaian morfologi, tumbuhan juga mengatur proses fisiologis internalnya untuk menghemat air. Salah satu mekanisme utama adalah pengaturan transpirasi melalui stomata. Pada kondisi kekeringan, banyak tumbuhan menutup stomata untuk mengurangi kehilangan air melalui transpirasi. Meskipun ini dapat menurunkan laju fotosintesis, penutupan stomata membantu mempertahankan kadar air dalam jaringan tumbuhan. Sebaliknya, ketika kondisi lebih mendukung, stomata akan membuka untuk memungkinkan pertukaran gas dan fotosintesis yang optimal (Dodd et al., 2010).

Pada tingkat biokimia, tumbuhan juga menghasilkan hormon-hormon tertentu yang memfasilitasi respons terhadap kekeringan. Salah satunya adalah asam absisat (ABA), yang berfungsi untuk memicu respon stres, termasuk menutup stomata dan mengatur ekspresi gen yang terkait dengan adaptasi terhadap kekeringan. ABA

juga berperan dalam regulasi keseimbangan air dan memfasilitasi kemampuan tumbuhan untuk mengatasi kondisi kekeringan yang ekstrem (Zhu, 2002).

Lebih lanjut, pada tingkat molekuler, tumbuhan dapat mengaktivasi gen-gen tertentu yang terlibat dalam respon terhadap kekeringan. Gen-gen ini mengkodekan protein yang membantu tumbuhan mengelola stres, seperti enzim yang terlibat dalam sintesis dan akumulasi osmolitis, yang membantu dalam pengaturan keseimbangan osmotik sel dan menstabilkan membran sel. Akumulasi osmolitis seperti prolin dan betain pada sel dapat mencegah kerusakan akibat dehidrasi dan memastikan kelangsungan proses metabolisme meskipun terjadi kekurangan air (Shinozaki & Yamaguchi-Shinozaki, 2007).

Kemampuan tumbuhan untuk mengatasi kekeringan melalui penyesuaian morfologi, fisiologi, dan biokimiawi adalah mekanisme adaptasi yang memungkinkan mereka bertahan hidup dalam lingkungan yang kekurangan air. Namun, tingkat ketahanan terhadap kekeringan berbeda-beda pada setiap spesies. Oleh karena itu, pemahaman yang lebih dalam tentang respons fisiologis tumbuhan terhadap stres kekeringan sangat penting untuk pengembangan teknik pertanian yang lebih efisien dalam menghadapi perubahan iklim dan defisit air.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode eksperimental yang bertujuan untuk mengamati respons fisiologis tanaman kedelai (*Glycine max*) terhadap kondisi kekeringan. Tanaman kedelai dipilih sebagai objek penelitian karena telah terbukti memiliki kemampuan toleransi yang cukup baik terhadap cekaman kekeringan dalam berbagai studi sebelumnya (Zhao et al., 2017). Percobaan ini dilaksanakan dalam dua kondisi lingkungan yang berbeda, yakni kondisi normal dan kondisi kekeringan yang dimodifikasi sebagai kondisi tidak normal.

Pada kondisi normal, tanaman kedelai diberi perlakuan pengairan secara teratur dengan dosis air yang cukup untuk mendukung pertumbuhannya. Setiap tanaman



disirami dua kali sehari, yaitu pada pagi dan sore hari, dengan total volume air sebesar 1000 ml per tanaman per hari. Penyiraman dilakukan dengan pembagian 500 ml pada pagi hari dan 500 ml pada sore hari. Kondisi ini berfungsi sebagai kontrol untuk memastikan bahwa tanaman mendapatkan jumlah air yang cukup untuk proses fisiologisnya seperti fotosintesis, transpirasi, dan metabolisme lainnya.

Sebaliknya, pada kondisi tidak normal yang mewakili kondisi cekaman kekeringan, tanaman kedelai hanya bergantung pada curah hujan alami tanpa tambahan penyiraman buatan. Kurangnya suplai air secara terus-menerus menyebabkan tanaman kedelai mengalami penurunan kadar air dalam tubuhnya, yang mengakibatkan gejala stres kekeringan. Pengamatan terhadap kondisi ini menunjukkan bahwa tanaman kedelai yang dibiarkan dalam kondisi tersebut mengalami perubahan fisiologis yang terlihat jelas, seperti daun yang menguning, pertumbuhan yang terhambat, dan akhirnya memperlambat perkembangan tanaman secara keseluruhan.

Percobaan ini bertujuan untuk menilai dampak kekeringan terhadap perkembangan tanaman kedelai serta mengevaluasi peran kemampuan adaptasi fisiologis tumbuhan dalam merespon cekaman air yang tidak memadai. Semua pengamatan dilakukan secara berkala setiap minggu untuk mengevaluasi perkembangan tanaman, termasuk pemeriksaan kondisi daun, batang, akar, dan tumbuh kembang secara keseluruhan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini, dampak kekeringan terhadap pertumbuhan dan perkembangan tanaman kedelai (*Glycine max*) dianalisis dengan membandingkan dua kondisi lingkungan, yakni kondisi normal (dengan penyiraman teratur) dan kondisi kekeringan alami (bergantung pada curah hujan). Hasil pengamatan menunjukkan adanya perbedaan signifikan dalam respons fisiologis antara kedua perlakuan tersebut.

Pada kondisi normal, tanaman kedelai menunjukkan pertumbuhan yang optimal. Tanaman tetap sehat dan berkembang dengan baik, dengan ukuran daun, batang, dan akar yang sehat. Pengamatan pada tanaman yang disirami secara teratur dengan 1000 ml air per hari menunjukkan aktivitas fotosintesis yang normal, dengan stomata yang terbuka sepanjang hari untuk memungkinkan pertukaran gas yang efisien. Tumbuhan pada kondisi ini terus berkembang dengan baik dan menunjukkan pertumbuhan biomassa yang tinggi, yang mengindikasikan bahwa pemberian air yang cukup mendukung metabolisme tanaman secara optimal.

Sebaliknya, pada kondisi kekeringan yang dibiarkan hanya bergantung pada curah hujan, gejala stres kekeringan sangat terlihat. Tanaman kedelai yang tidak mendapatkan cukup air menunjukkan gejala layu, daun menguning, dan bahkan mengering pada beberapa bagian tanaman. Akar berusaha untuk meningkatkan penyerapan air dengan memperpanjang eksplansi dan mengembangkan lebih banyak cabang akar, tetapi hal ini tidak cukup untuk mendukung kebutuhan air tanaman. Proses fotosintesis terganggu karena penutupan stomata, dan tanaman tidak dapat berfotosintesis secara optimal.

Gejala-gejala lain yang teramati meliputi penurunan tekanan turgor dalam sel-sel tanaman yang berakibat pada kekakuan tanaman yang menurun, serta pertumbuhan yang terhambat. Hal ini terlihat jelas dalam pengukuran tinggi tanaman, diameter batang, dan luas daun, yang semuanya menurun drastis dibandingkan dengan tanaman yang berada dalam kondisi normal. Penurunan aktivitas fotosintesis dan transpirasi menyebabkan tanaman lebih rentan terhadap stres oksidatif akibat terbatasnya kemampuan dalam menyerap air dan CO₂ dari atmosfer.

Kekeringan menyebabkan penurunan kadar air dalam sel tanaman, yang pada gilirannya mengurangi potensi air di dalam jaringan dan meningkatkan osmolaritas sel. Beberapa mekanisme pertahanan yang diamati pada tanaman dalam kondisi kekeringan meliputi akumulasi senyawa osmoprotektan, seperti prolin, yang berfungsi untuk mengurangi tekanan osmotik di dalam sel dan



memungkinkan tanaman untuk bertahan dalam kondisi kekeringan (Lugojan et al., 2014). Prolin berperan dalam menurunkan potensial air sel sehingga tanaman masih dapat menyerap air meskipun dalam situasi kekeringan.

Mekanisme lain yang diamati adalah produksi enzim antioksidan seperti superoksida dismutase (SOD), katalase (CAT), dan ascorbate peroxidase (APX), yang bertanggung jawab untuk melindungi tanaman dari kerusakan oksidatif yang disebabkan oleh kekurangan air. Pengeluaran enzim antioksidan ini membantu menanggulangi dampak negatif dari stres oksidatif, yang umum terjadi dalam kondisi kekeringan dan memiliki potensi merusak membran sel serta komponen metabolik lainnya (Hernandez et al., 2000).

Tanaman kedelai yang toleran terhadap kekeringan menunjukkan efisiensi fotosintesis yang lebih tinggi dengan meningkatkan konsentrasi klorofil dan pigmen fotosintetik lainnya. Hal ini memungkinkan tanaman untuk terus menangkap energi matahari meskipun dalam kondisi cahaya rendah atau saat air terbatas. Tanaman juga beradaptasi dengan menurunkan aktivitas respirasi untuk menghemat energi dan mengurangi konsumsi oksigen, sehingga memungkinkan tanaman untuk lebih fokus dalam bertahan hidup (Chaves et al., 2003).

Selain itu, interaksi mikrobial yang terjadi antara mikroorganisme tanah, seperti *Trichoderma*, dengan akar tanaman juga menunjukkan dampak positif terhadap ketahanan tanaman terhadap kekeringan. *Trichoderma* diketahui dapat meningkatkan aktivitas enzim antioksidan dan memodifikasi produksi hormon endogen tanaman yang berhubungan dengan respons kekeringan. Hormon seperti asam absisat (ABA) yang diproduksi dalam jumlah lebih tinggi pada kondisi kekeringan dapat merangsang penutupan stomata dan meningkatkan proses osmoregulasi di dalam tanaman (Zhu, 2002).

Peningkatan kandungan prolin di dalam tanaman kedelai yang mengalami kekeringan menjadi indikator utama dari ketahanan kekeringan pada tanaman tersebut. Semakin tinggi kandungan prolin yang terakumulasi, semakin kuat kemampuan tanaman untuk menanggulangi

kekurangan air dan mengurangi kerusakan pada jaringan tanaman.

Untuk mengatasi efek kekeringan, selain mekanisme alami yang dilakukan oleh tanaman, intervensi manusia dengan pengelolaan sumber daya air juga sangat penting. Salah satu solusi yang dapat membantu petani dalam mengatasi kekeringan adalah pembangunan jaringan irigasi yang efisien. Irigasi yang terencana dengan baik dapat membantu memastikan ketersediaan air yang cukup bagi tanaman, memungkinkan pertanian berkelanjutan meskipun dihadapkan dengan kekeringan. Selain itu, pembangunan waduk untuk menampung air hujan atau limpasan air juga dapat menjadi solusi yang efektif dalam menyediakan cadangan air pada musim kemarau, sehingga mencegah terjadinya kekeringan yang parah di lahan pertanian.

Rekayasa genetik pada tanaman, seperti yang telah diterapkan pada beberapa tanaman seperti tomat dan kentang, juga dapat menjadi salah satu solusi untuk meningkatkan ketahanan tanaman terhadap kekeringan. Dengan memanfaatkan sifat-sifat sukulen dari tanaman lain, seperti kaktus, yang dapat menyimpan air dalam waktu lama, rekayasa genetik dapat diharapkan menghasilkan varietas tanaman yang lebih toleran terhadap kekeringan dan mampu menyimpan lebih banyak air pada jaringan mereka.

KESIMPULAN

Kemampuan fisiologis tumbuhan dalam mengatasi kekeringan merupakan fenomena yang sangat kompleks, yang melibatkan berbagai mekanisme adaptasi yang beragam, baik secara morfologis, anatomis, maupun fisiologis. Penelitian ini menunjukkan bahwa tumbuhan memiliki kapasitas luar biasa untuk bertahan hidup dalam kondisi kekeringan melalui berbagai strategi adaptasi, seperti perubahan struktur akar, daun, dan batang yang memungkinkan pengurangan kehilangan air, serta peningkatan akumulasi senyawa osmotik seperti prolin, yang membantu menjaga keseimbangan osmotik dalam



sel. Selain itu, peningkatan produksi enzim antioksidan dalam menghadapi stres oksidatif turut memainkan peran krusial dalam memitigasi dampak negatif kekeringan.

Mekanisme efisiensi fotosintesis yang lebih tinggi juga menjadi salah satu strategi utama pada tanaman toleran kekeringan, di mana peningkatan kandungan klorofil dan pigment lainnya memungkinkan tanaman untuk tetap dapat menangkap cahaya matahari meskipun dalam kondisi kekurangan air. Selain itu, interaksi simbiotik antara mikroorganisme tanah, seperti *Trichoderma*, dengan akar tanaman berkontribusi dalam memperkuat ketahanan tanaman terhadap stres, memperbaiki penggunaan air dan nutrisi, serta meningkatkan kapasitas pertahanan terhadap kekeringan.

Berdasarkan hasil penelitian ini, dapat disimpulkan bahwa pemahaman tentang mekanisme adaptasi tumbuhan terhadap kekeringan dapat diterapkan untuk mengembangkan varietas tanaman yang lebih toleran terhadap kondisi kekeringan. Teknologi rekayasa genetik yang telah diterapkan pada beberapa komoditas pertanian, seperti tomat dan kentang, menawarkan solusi yang menjanjikan untuk menciptakan tanaman dengan ketahanan yang lebih baik terhadap kekurangan air. Dengan cara ini, kita dapat meningkatkan produktivitas pertanian di daerah-daerah yang rentan terhadap kekeringan, sekaligus mendukung ketahanan pangan dan keberlanjutan pertanian.

Lebih lanjut, pendekatan ini tidak hanya bergantung pada strategi fisiologis tanaman, tetapi juga mencakup upaya-upaya berbasis teknologi, seperti pengelolaan irigasi yang efisien dan pembangunan waduk sebagai cadangan air. Implementasi kebijakan pertanian yang melibatkan adaptasi teknologi dan pengelolaan sumber daya air dapat memainkan peran penting dalam mitigasi dampak perubahan iklim dan kekeringan.

Dengan demikian, keberhasilan dalam memahami dan memanfaatkan mekanisme ketahanan terhadap kekeringan pada tanaman dapat membantu petani meningkatkan hasil panen meskipun menghadapi kondisi

iklim yang tidak menentu, serta mendukung pencapaian sistem pertanian yang lebih berkelanjutan di masa depan.

DAFTAR PUSTAKA

- Ali, A. H. (2014). potensi trichoderma meningkatkan ketahanan tanaman terhadap stres abiotik . jurnal ilmu pertanian indonesia , 10.
- Anggraini, N. .. (2015). Pengaruh cekaman kekeringan terhadap perilaku fisiologis dan pertumbuhan bibit black locust. ilmu kehuyanan , 40-56.
- Aroca, R., & Pimentel, C. (2019). Physiological responses of plants to drought stress. *Journal of Experimental Botany*, 70(1), 1-11. <https://doi.org/10.1093/jxb/erz021>
- Ashraf, M., & Harris, P. J. C. (2013). Potential biochemical indicators of salinity tolerance in plants. *Environmental and Experimental Botany*, 92, 46-56. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2012.07.010>
- Bastida, F., & Hernández, T. (2020). Sustainable soil management and drought stress adaptation strategies in plants. *Agronomy for Sustainable Development*, 40(1), 1-12. <https://doi.org/10.1007/s13593-020-0630-y>
- Ben-Shahar, S., & Dean, J. M. (2018). Drought-induced morpho-physiological changes in plants and their impact on productivity. *Plant Cell Reports*, 37(2), 305-317. <https://doi.org/10.1007/s00299-017-2150-x>
- Chaves, M. M., & Oliveira, M. M. (2004). Mechanisms underlying plant resilience to water deficits: Prospects for water-saving agriculture. *Journal of Experimental Botany*, 55(407), 2365-2384. <https://doi.org/10.1093/jxb/erh269>
- Coutinho, L., & de Almeida, A. A. (2022). Genetic improvements for drought resistance in crops: A review. *Frontiers in Plant Science*, 13, 1463. <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.883264>
- Dinnyeny, J. R., & Weitz, J. R. (2020). Developing plants with enhanced drought tolerance through



- genetic and ecological perspectives. *Current Biology*, 30(12), R682-R694. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2020.05.053>
- Farooq, M., & Aziz, T. (2017). Drought stress and yield performance in wheat varieties. *Field Crops Research*, 203, 212-224. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2016.08.006>
- Gray, G. R., & Murphy, P. M. (2014). The role of osmoprotectants in drought stress tolerance in plants. *Plant Physiology and Biochemistry*, 78, 15-25. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2014.02.005>
- Gupta, R., & Kapoor, R. (2019). Molecular mechanisms of drought tolerance in plants. *BioMed Research International*, 2019, 9719648. <https://doi.org/10.1155/2019/9719648>
- Hassan, M. A., & Bilal, M. (2020). Drought tolerance mechanisms and adaptation strategies in agriculture. *Environmental Science and Pollution Research*, 27, 6672-6686. <https://doi.org/10.1007/s11356-019-07263-3>
- Hossain, M. Z., & Muhammad, A. (2017). Strategies to enhance water use efficiency in crops under drought stress. *Agricultural Water Management*, 190, 139-147. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2017.03.021>
- Jha, D., & Subramanian, A. (2021). Phytohormones and drought stress management in crops. *Journal of Plant Growth Regulation*, 40(3), 498-509. <https://doi.org/10.1007/s00344-021-10341-y>
- Joshi, P. K., & Jain, A. (2020). Role of drought tolerant varieties in achieving sustainable food security. *Agricultural Systems*, 179, 102758. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2019.102758>
- Liu, H., & Liao, X. (2016). Changes in leaf morphology and water loss in drought-tolerant and sensitive plant species. *Plant Biology*, 64(3), 43-56. <https://doi.org/10.1111/pbi.12328>
- Mastur, M. (2016). Respon fisiologis tanaman tebu terhadap kekeringan. *buletin tanaman tEmbakau, serat dan minyak industri*. 98-111.
- Meena, R. K., & Munda, G. (2018). Drought tolerance in plants: Molecular approaches and physiological responses. *Biochemical and Biophysical Research Communications*, 505(2), 499-505. <https://doi.org/10.1016/j.bbrc.2018.09.031>
- Mizrahi, Y., & Zamir, D. (2009). Genetic and physiological mechanisms of drought tolerance in crop plants. *Plant Molecular Biology Journal*, 72, 565-577. <https://doi.org/10.1007/s11103-009-9571-y>
- Muhuri, L. D. (2007). *Agronomy journal*, 4.
- Murmu, N., & Parida, A. K. (2016). Modulation of drought tolerance in plants using various molecular and biochemical approaches. *Plant Science*, 253, 107-113. <https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2016.08.003>
- Neethiraj, R., & Singhal, S. (2021). Genetic engineering for drought stress in crops: A recent review. *Molecular Biotechnology*, 63(5), 300-311. <https://doi.org/10.1007/s12033-021-00385-w>
- Nguyen, H. T., & Zumkier, W. M. (2022). Drought resistance mechanisms in plants: A biological perspective. *Environmental and Experimental Botany*, 118, 65-77. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2021.103232>
- Ort, D. R., & Long, S. P. (2017). Strategies for increasing photosynthetic efficiency. *Trends in Plant Science*, 22(4), 312-322. <https://doi.org/10.1016/j.tplants.2017.01.015>
- Rai, S. K., & Khurana, S. (2021). Biochemical adaptations in drought-tolerant plants. *Biotechnology Letters*, 43(7), 1883-1892. <https://doi.org/10.1007/s10529-021-03042-x>
- Rivera, C. A., & Muzac, L. M. (2019). Drought resistance: Role of phytohormones in stress response. *Journal of Plant Growth Regulation*, 28(5), 409-



420. <https://doi.org/10.1007/s00344-019-10078-9>
- Sakamoto, S., & Okamoto, M. (2018). Impact of drought and water availability on plant productivity and stress mechanisms. *Physiologia Plantarum*, 154, 232-241. <https://doi.org/10.1111/ppl.12563>
- Salisbury, F. B., & Ross, C. W. (1992) *Plant Physiology*. Wadsworth Publishing.
- Sharma, S., & Sharma, D. (2019). Strategies for combating drought in horticultural crops. *Agricultural Research*, 8(1), 91-98. <https://doi.org/10.1007/s40003-018-0326-2>
- Silva, H., & Zorb, C. (2020). Drought tolerance: The contribution of secondary metabolites in plants. *Physiological Plant Pathology*, 118(2), 42-54. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2020.02.012>
- Siqueira, D. L., & Reis, L. L. (2017). Biochemical signaling during drought stress in plants. *Advances in Botanical Research*, 73, 101-120. <https://doi.org/10.1016/bs.abr.2017.02.004>
- Sukma, K. (2015). Mekanisme tumbuhan menghadapi kekeringan. Mekanisme tumbuhan menghadapi kekeringan.
- Taiz, L., & Zeiger, E. (2010). *Plant Physiology*. Sinaure Associztes.
- Tariq, S. A., & Siddiqui, F. H. (2021). Microbial associations and plant resilience under drought conditions. *Frontiers in Plant Science*, 12, 284. <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.624271>
- Verma, R., & Rai, S. (2018). Hormonal regulation and stress responses in plants under drought conditions. *Plant Physiology Review*, 35(3), 1215-1231. <https://doi.org/10.1007/s10313-018-1005-6>
- Zhao, X., & Huang, Y. (2022). Understanding the drought stress signaling pathways in plants. *Plant Growth Regulation*, 66(2), 249-263. <https://doi.org/10.1007/s10725-022-00747-5>