

ANALISIS PERTUMBUHAN DAUN DAN RUAS BATANG TEBU (*Saccharum officinarum*) UNTUK MEMAHAMI KONSEP PERTUMBUHAN TANAMAN

Yudhistian¹, Dede Nuraida^{2*}, Azizah Meilina Dhiah Evanti³, Moh. Ilham
Yusuf⁴, Fitriatus Sholikhah⁵

^{1,2,3,4,5} Universitas PGRI Ronggolawe, Jl. Manunggal No.61, Tuban

E-mail : dede.nuraida@gmail.com

DOI : 10.35719/alveoli.v4i1.217

Abstract: Every plant must experience phases of growth and development during its lifetime. This growth and development occurs in every plant organ that has meristem tissue. The aim of this research is to observe and determine the growth of leaves and stem segments of sugarcane plants (*Saccharum officinarum*). This study used the direct observation method or observation with a sample of three leaves and three segments of sugarcane (*Saccharum officinarum*) stems. The data collection technique was carried out by measuring the length of the leaves and the length of the stem segments of the sugar cane plant (*Saccharum officinarum*). Measurements were taken every day for eight days. The length of the leaf was measured from the base of the leaf to the tip of the leaf, while the length of the internode was measured from the node boundary of the stalk of the sugarcane (*Saccharum officinarum*) plant. The parameters observed in this study were leaf length and stem segment length. The data obtained were analyzed descriptively quantitatively. The results showed that the average growth of the three leaves of the sugarcane plant (*Saccharum officinarum*) for eight days experienced an increase in leaf length of 10.73cm, where the initial measurement averaged 121.43cm until the final measurement. - an average of 132.17cm, while the average growth of the stem segments of sugarcane (*Saccharum officinarum*) for up to eight days is an increase in the length of the stem segments of 2.93cm where the initial measurement averages 10.07cm until the final measurement averages -average of 13cm. From the results of this study it can be concluded that the growth of the leaves of the sugarcane plant (*Saccharum officinarum*) is faster than the growth of the internodes of the sugarcane plant (*Saccharum officinarum*).

Keywords: growth; leaf; stem segment; sugarcane

Abstrak Setiap tumbuhan pasti mengalami fase pertumbuhan dan perkembangan dalam masa hidupnya. Pertumbuhan dan perkembangan tersebut terjadi di setiap organ tumbuhan yang mempunyai jaringan meristem. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengamati dan mengetahui pertumbuhan daun dan ruas batang tanaman tebu (*Saccharum officinarum*). Penelitian ini menggunakan metode pengamatan secara langsung atau observasi dengan sampel tiga daun dan tiga ruas batang tanaman tebu (*Saccharum officinarum*). Teknik pengumpulan data dilakukan dengan cara mengukur panjang daun dan panjang ruas batang tanaman tebu (*Saccharum officinarum*). Pengukuran dilakukan setiap hari selama delapan hari. Panjang daun diukur dari pangkal daun sampai ke ujung daun, sedangkan panjang ruas diukur dari batas buku ruas dari batang tanaman tebu (*Saccharum officinarum*). Parameter yang diamati pada penelitian ini adalah panjang daun dan panjang ruas batang. Data yang diperoleh dianalisis secara deskriptif kuantitatif. Hasil penelitian menunjukkan bahwa rata-rata pertumbuhan ketiga daun tanaman tebu (*Saccharum officinarum*) selama delapan hari mengalami penambahan panjang daun sebesar 10,73cm dimana pengukuran awal rata-rata sebesar 121,43cm sampai pengukuran akhir rata-rata sebesar 132,17cm, sedangkan rata-rata pertumbuhan ruas batang tanaman tebu (*Saccharum officinarum*) sampai delapan hari adalah mengalami penambahan panjang ruas batang sebesar 2,93cm dimana pengukuran awal rata-rata sebesar 10,07cm sampai pengukuran akhir rata-rata sebesar 13cm. Dari hasil penelitian tersebut dapat disimpul-

kan bahwa pertumbuhan daun tanaman tebu (*Saccharum officinarum*) lebih cepat dibandingkan pertumbuhan ruas batang tanaman tebu (*Saccharum officinarum*).

Kata kunci: pertumbuhan; daun; ruas batang; tebu

Pertumbuhan adalah aktivitas tanaman yang paling mendasar, karena menyebabkan tanaman menjadi lebih besar atau sel menjadi lebih banyak (Bhattacharya, 2021). Pertumbuhan tanaman tergantung pada pembelahan sel yang dipengaruhi oleh faktor lingkungan dan endogen (Alabadi & Blázquez, 2009). Cahaya dapat dikatakan sebagai salah satu faktor lingkungan terpenting pada perkembangan tanaman (Lau & Deng, 2012). Hal ini karena cahaya mengatur jalur sinyal nutrisi, permintaan metabolit seperti asam nukleat, protein dan hormon selama pertumbuhan (Gangappa & Botto, 2016).

Pertumbuhan tanaman dipengaruhi oleh beberapa faktor lingkungan yang dapat memodifikasi morfologi dan fisiologi tanaman tersebut (Moriles, dkk., 2012). Dalam kondisi pertumbuhan normal, laju perkembangan tanaman sangat bergantung pada suhu, air dan unsur hara (Nleya, dkk., 2019). Suhu tanah dapat mempengaruhi titik tumbuh tanaman, seperti pada tebu, suhu tanah yang dingin dapat mengurangi serapan nutrisi (Ransom & Endres, 2020). Suhu yang ekstrem juga merupakan faktor stress abiotik yang sangat mempengaruhi pertumbuhan (Oleńska, dkk., 2020). Pertumbuhan tanaman tergantung pada penyerapan air dari tanah, fiksasi karbon dari atmosfer, dan serapan unsur hara dari tanah (Hilty, dkk., 2021).

Agar tanaman dapat tumbuh, mereka membutuhkan kondisi lingkungan yang sesuai (Körner, 2015). Kondisi pH rendah dan konsentrasi H_2O_2 yang tinggi sangat mempengaruhi perkecambahan biji dan pertumbuhan tanaman (Sivachandiran & Khacef, 2017). Beberapa logam seperti seperti Co, Cu, Fe, Mg, Mn, Mo, Ni, Se dan Zn merupakan unsur esensial yang sangat dibutuhkan dalam jumlah kecil untuk pertumbuhan dan perkembangan tanaman yang optimal (Arif, dkk., 2016). Unsur hara logam ini terdapat dalam tanah dan diangkut ke tanaman secara homeostatis oleh jaringan pengangkut (Krämer, dkk., 2007). Pertumbuhan tanaman dapat meningkat jika pasokan unsur hara tersedia dan diasimilasi lebih baik (Santoyo, dkk., 2021).

Laju pertumbuhan dan perkembangan tanaman tergantung pada suhu sekitar tanaman dan setiap spesies memiliki spesifik kisaran suhu yang diwakili oleh minimum, maksimum dan optimal (Hatfield & Prueger, 2015). Untuk mempertahankan laju pertumbuhan agar berjalan, maka laju produksi sel dan laju ekspansi jaringan harus seimbang (Hilty, dkk., 2021). Pada tahap pertumbuhan tanaman, tanaman juga bervariasi dalam bentuk, tinggi, dan cakupan

(Zhang, dkk., 2020). Tingkat pertumbuhan dan perkembangan tebu mengalami perubahan di berbagai musim (Geetha, dkk., 2015). Suhu dan curah hujan yang besar menguntungkan untuk pertumbuhan tebu di berbagai wilayah dengan kondisi daerah tropis yang konsisten (Ghazvinei, dkk., 2018).

Hormon tumbuhan atau fitoregulator memiliki peran utama dalam siklus pertumbuhan tanaman (Ismail, dkk., 2021). Hormon auksin adalah hormon pengatur utama dalam pertumbuhan dan perkembangan tanaman, terlibat dalam fototropik, diferensiasi sel, dan memiliki peran utama dalam fisiologi tumbuhan (Çakmakçı, dkk., 2020). Pertumbuhan tanaman memang sangat diatur oleh respon genomik dan kadar hormon pertumbuhan (Wang, dkk., 2021). Hormon tumbuhan ini mendorong pembelahan dan spesialisasi sel, serta pertumbuhan batang, daun dan akar (Chhargri, dkk., 2020).

Tebu tergolong tanaman semi-perennial yang menghasilkan biomassa tanaman dalam waktu panjang (Devika, dkk., 2022), (Aguiar, dkk., 2011) dan memiliki pola pertumbuhan determinate (Tripathi & Warriar, 2011). Pertumbuhan determinate menentukan transisi dari pertumbuhan vegetatif ke pertumbuhan generatif, seperti pada tanaman angiospermae, termasuk tebu (Santana, 2017). Pada pertumbuhan indeterminate, meristem apikal pada apeks batang terus mempertahankan aktivitas vegetatif. Sedangkan pada pertumbuhan determinate, meristem apikal menghentikan aktivitas vegetatif setelah ada indikasi bunga dan meristem berkembang menjadi perbungaan reproduktif (Tian, 2010). Pertumbuhan indeterminate diperlukan untuk mempertahankan jaringan dalam organisme yang sedang tumbuh (Rybel, 2013).

Komposisi kimia dan struktur makroskopis dari dinding sel setiap tanaman berbeda satu sama lain, akan tetapi memiliki fungsi utama yang sama yaitu mengatur volume sel dan menentukan bentuk sel. Karena fungsi yang beragam ini dinding sel tumbuhan menjadi kompleks dan bervariasi (Ördög and M. Zoltán, 2011). Oleh karena itu, setiap tanaman memiliki karakter pertumbuhan yang berbeda dengan tumbuhan lainnya, begitu pula pertumbuhan pada tanaman tebu. Dari latar belakang yang telah dijabarkan, penulis melakukan penelitian ini dengan tujuan untuk menganalisis dan mengamati secara langsung terhadap pertumbuhan daun dan ruas batang pada tumbuhan tebu (*Saccharum officinarum*).

METODE

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah pengamatan secara langsung atau observasi. Penelitian yang kami lakukan menggunakan sampel berupa tiga daun dan tiga ruas batang tanaman tebu (*Saccharum officinarum*) yang sedang dalam masa pertumbuhan. Teknik

pengumpulan data dilakukan dengan cara mengukur panjang daun dan panjang ruas batang tanaman tebu (*Saccharum officinarum*). Penelitian ini kami lakukan setiap hari selama delapan hari dengan cara mengukur pertumbuhan panjang daun dan panjang ruas batang tanaman tebu (*Saccharum officinarum*). Panjang daun diukur dari pangkal daun sampai ke ujung daun, sedangkan panjang ruas diukur dari batas buku ruas batang tanaman tebu (*Saccharum officinarum*).

Data yang diperoleh dari penelitian ini kemudian kami lakukan analisis secara deskriptif kuantitatif. Data pertumbuhan dari hari pertama dan hari terakhir pengukuran kami hitung nilai selisihnya untuk melihat seberapa besar pertumbuhannya. Dari ketiga sampel daun dan ruas batang tersebut kemudian kami hitung nilai rata-rata dari pertumbuhan daun dan ruas batangnya secara kuantitatif. Selain menghitung nilai rata-rata pertumbuhan daun dan ruas batang, kami juga menghitung selisih pertumbuhan daun dan ruas batang setiap harinya agar dapat melihat perbandingan pertumbuhan daun dan ruas batang dari hari ke hari. Dari nilai rata-rata dan pertambahan ukuran setiap harinya tersebut kemudian kami analisis secara deskriptif untuk menunjukkan laju pertumbuhan mana yang lebih cepat.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengukuran yang kami lakukan terhadap pertumbuhan daun dan ruas batang tanaman tebu (*Saccharum officinarum*) selama delapan hari berturut-turut dengan menggunakan sampel penelitian berupa tiga daun dan tiga ruas batang tanaman tebu (*Saccharum officinarum*). Adapun data hasil pengukuran daun dan ruas batang tanaman tebu (*Saccharum officinarum*) dapat dilihat lengkap pada tabel 1 dan 2.

Tabel 1. Hasil pengukuran pertumbuhan pada daun tanaman tebu (*Saccharum officinarum*)

Hari ke-	Pengukuran Daun (cm)			Rata-Rata (cm)
	I	II	III	
1	110	127	127,3	121,43
2	121	127,2	127,9	125,37
3	126,3	128,1	128,9	127,77
4	130	130	130	130,00
5	130	130,4	130,9	131,43
6	130,9	131,1	132	131,33
7	131,3	131,9	132,1	131,77
8	131,8	132	132,7	132,17
Selisih Awal dan Akhir ($X_8 - X_1$)	21,8	5	5,4	10,73

Pada tabel 1 menunjukkan bahwa daun yang digunakan penelitian memiliki ukuran yang

berbeda-beda, daun I memiliki ukuran yang paling kecil yaitu 110 cm, sedangkan daun II dan daun III memiliki ukuran yang hampir sama dengan selisih 0,3 cm, yaitu 127 cm dan 127,3 cm. Pertumbuhan daun I pada hari pertama dan hari ke dua mengalami lonjakan pertumbuhan yang besar, yaitu sekitar 11 cm. Perkembangan daun ini dimulai dengan terbentuknya *leaf butterss* yang berkembang menjadi ibu tulang daun, kemudian terbentuknya dua panel daun, dan plate meristem yang berkembang menjadi helaian daun secara sempurna (Walter, dkk., 2016). Sedangkan pertumbuhan daun sampel lainnya pada umumnya hanya mengalami pertumbuhan yang relatif kecil, yaitu antara 1-4 cm. Dari ketiga sampel daun, pertumbuhannya mengalami konstanitas pada pengukuran hari ke empat, yaitu sebesar 130 cm.

Dari ketiga sampel daun yang kami teliti menunjukkan bahwa daun I mengalami pertumbuhan yang pesat, hal ini dapat dilihat dari selisih pengukuran awal dan akhir dari daun I yang menunjukkan pertumbuhan sebesar 21,8 cm. Pada daun II dan daun III hanya sedikit mengalami pertumbuhan, yaitu sebesar 5 cm dan 5,4 cm. Dari hal ini dapat diketahui bahwa ukuran awal daun tidak mempengaruhi hasil akhir pengukuran pertumbuhan, karena pertumbuhan daun sewaktu-waktu dapat mengalami lonjakan yang besar. Pertumbuhan ketiga sampel daun mengalami rata-rata pertumbuhan yang cepat sampai hari ke-4 pengukuran, hal ini dibuktikan dengan pertambahan pertumbuhan daun di hari kedua pengukuran sebesar 3,93 cm, hari ketiga mengalami pertambahan sebesar 2,40 cm dan pada hari keempat mengalami pertambahan sebesar 2,23 cm (tabel 3). Pertumbuhan daun terus tumbuh dan berkembang pada setiap 3 sampai 4 hari selama tahap awal pertumbuhan tanaman (Marowa, dkk., 2016).

Tabel 2. Hasil pengukuran pertumbuhan pada ruas batang tanaman tebu (*Saccharum officinarum*)

Hari ke	Panjang Ruas Batang (cm)			Rata-Rata (cm)
	I	II	III	
1	9	10,2	11	10,07
2	9,1	10,3	11,1	10,17
3	9,3	10,3	11,2	10,27
4	9,6	10,9	11,2	10,57
5	10,9	11,2	11,9	11,33
6	11,3	11,9	12,5	11,90
7	12,5	12,9	12,9	12,77
8	13	13	13	13,00
Selisih Awal dan Akhir ($X_8 - X_1$)	4	2,8	2	2,93

Pada tabel 2 menunjukkan bahwa ruas batang yang digunakan penelitian memiliki ukuran

panjang yang berbeda satu sama lain, akan tetapi memiliki selisih yang sedikit, pada ruas batang I sepanjang 9 cm, ruas batang II sepanjang 10,2 cm dan ruas batang III sepanjang 11 cm. Dari ketiga sampel ruas batang memiliki pertumbuhan yang relatif sedikit, yaitu antara 0,5 dan 1 cm. Meskipun pertumbuhannya relatif lambat, akan tetapi pertumbuhan ruas batang ini terus berjalan sampai akhirnya pada hari ke delapan mengalami pengukuran, yaitu sebesar 13 cm.

Dari ketiga sampel ruas batang yang kami teliti menunjukkan bahwa ruas batang I mengalami pertumbuhan yang pesat, hal ini dapat dilihat dari selisih pengukuran awal dan akhir dari ruas batang I yang menunjukkan pertumbuhan sebesar 4 cm. Pada ruas batang II mengalami pertumbuhan, yaitu sebesar 2,8 cm. Sedangkan pada ruas batang III mengalami pertumbuhan yang paling sedikit yaitu hanya tumbuh sebesar 2 cm. Perbedaan ukuran pertumbuhan ini biasa terjadi antar organ yang ada di tumbuhan (Poorter, dkk., 2012). Perbedaan ini dapat dipengaruhi oleh jarak tanam masing-masing tumbuhan tebu (Zhao, dkk., 2011).

Dari data ketiga sampel daun dan ruas batang yang diperoleh kemudian kami hitung nilai pertambahan pengukuran setiap harinya. Nilai pertambahan pengukuran tersebut digunakan untuk merepresentasikan dari hasil pengukuran pertumbuhan daun dan ruas batang yang telah diteliti setiap harinya, dan untuk melihat seberapa besar pertumbuhan pada daun dan ruas batang tanaman tebu yang diteliti. Adapun data nilai pertambahan ukuran tersebut dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3. Perbandingan pertumbuhan daun dan ruas batang tanaman tebu (*Saccharum officinarum*)

Hari ke-	Pertambahan Ukuran (cm)	
	Daun	Ruas Batang
1	0	0
2	3,93	0,10
3	2,40	0,10
4	2,23	0,30
5	0,43	0,77
6	0,90	0,57
7	0,43	0,87
8	0,40	0,23

Dari tabel diatas, pertumbuhan daun memiliki lonjakan pertumbuhan yang cukup cepat dibandingkan dengan pertumbuhan ruas batang. Pada hari kedua daun mengalami pertumbuhan paling besar yaitu sekitar 3,93 cm. Lonjakan pertumbuhan ini sangat besar

dibandingkan pertumbuhan daun pada hari lainnya. Sedangkan lonjakan pertumbuhan terbesar pada ruas batang terjadi pada hari keenam dan ketujuh, yaitu sekitar 0,87 cm. Pertumbuhan ruas batang ini relatif lambat dibandingkan pertumbuhan daun, hal ini dibuktikan dengan selisih pertumbuhan tiap hari dari ruas batang yang kurang dari 1 cm. Pertumbuhan daun yang lebih cepat dibandingkan dengan pertumbuhan ruas batang ini dapat dilihat dari letak tumbuh bagian tumbuhan tersebut, dimana daun yang berada di bagian paling atas tumbuhan, sedangkan batang yang berada di tengah tumbuhan. Letak daun yang selalu ada di bagian atas tumbuhan membuat daun selalu mendapatkan sinar matahari dengan cukup dibandingkan batang, oleh karena itu laju pertumbuhannya lebih cepat. Cahaya matahari merupakan sumber energi bagi tumbuhan, tak hanya untuk fotosintesis tapi juga untuk pertumbuhan dan perkembangan bagi tanaman (Yang, dkk., 2017).

Selisih rata-rata pertumbuhan daun pada hari pertama dan hari terakhir menunjukkan nilai yang besar dibandingkan pada pertumbuhan ruas batang, yaitu sebesar 10,73 (tabel 1) pada daun dan 2,93 cm (tabel 2) pada ruas batang. Hal ini menunjukkan bahwa pertumbuhan daun lebih cepat dibandingkan dengan pertumbuhan ruas batang. Pertumbuhan daun yang lebih besar ini sesuai dengan peran daun dalam tumbuhan yang sangat penting sebagai lokasi berlangsungnya reaksi fotosintesis. Laju fotosintesis berlangsung lebih cepat pada tumbuhan yang mengalami masa pertumbuhan dibandingkan tumbuhan yang dewasa. Hal ini dikarenakan tumbuhan dalam masa pertumbuhan memerlukan banyak energi dan hara nutrisi yang lebih banyak untuk tumbuh (Pertamawati, 2010). Selisih rata-rata yang lebih besar ini dapat diakibatkan oleh perbedaan ukuran awal antara daun dan ruas batang, dimana sampel daun sejak awal memang memiliki ukuran yang lebih panjang dibandingkan dengan ukuran sampel ruas batang.

KESIMPULAN

Dari penelitian yang telah kami lakukan dapat disimpulkan bahwa pertumbuhan daun tanaman tebu lebih cepat dibandingkan dengan pertumbuhan ruas batang tanaman tebu. Hal ini dibuktikan dengan pertambahan pengukuran tiap hari daun tanaman tebu yang lebih besar dibandingkan dengan ruas batang tanaman tebu. Selisih pertambahan panjang daun dari awal dan akhir pengukuran sebesar 10,73 cm, sedangkan selisih pertambahan panjang ruas batang dari awal dan akhir pengukuran sebesar 2,93 cm.

DAFTAR RUJUKAN

Bhattacharya, A. "Soil Water Deficit and Physiological Issues in Plants". 2021. doi: 10.1007/978-981-33-6276-5.

- Alabadí, D. and Blázquez, M. A. “Molecular Interactions Between Light and Hormone Signaling to Control Plant Growth,” *Plant Mol. Biol.*, vol. 69, no. 4, pp. 409–417, 2009, doi: 10.1007/s11103-008-9400-y.
- Lau, O. S. and Deng, X. W. “The Photomorphogenic Repressors COP1 and DET1: 20 Years Later,” *Trends Plant Sci.*, vol. 17, no. 10, pp. 584–593, 2012, doi: 10.1016/j.tplants.2012.05.004.
- Gangappa, S. N. and Botto, J. F. “The Multifaceted Roles of HY5 in Plant Growth and Development,” *Mol. Plant*, vol. 9, no. 10, pp. 1353–1365, 2016, doi: 10.1016/j.molp.2016.07.002.
- Moriles, Hansen, Horvath, Reicks, Clay, and Clay. “Microarray and Growth Analyses Identify Differences and Similarities of Early Corn Response to Weeds, Shade, and Nitrogen Stress,” *Weed Sci.*, vol. 60, no. 2, pp. 158–166, 2012, doi: 10.1614/ws-d-11-00090.1.
- Nleya, Kleinjan, and Chungu, “Corn Growth and Development: Climate Matters,” *IGrow Corn Best Manag. Pract.*, vol. 1, no. March, pp. 1–10, 2019.
- Ransom and Endres, “Corn Growth and Management Quick Guide: Revised,” *Agron. – Cereal Crop. NDSU Ext. Serv.*, vol. 1173, no. May, pp. 1–8, 2020.
- Oleńska, Małek, Wójcik, Swiecicka, Thijs, and Vangronsveld, Beneficial Features of Plant Growth-Promoting Rhizobacteria for Improving Plant Growth and Health in Challenging Conditions: A Methodical Review, Vol. 743. Elsevier B.V, 2020. doi: 10.1016/j.scitotenv.2020.140682.
- Hilty, Muller, Pantin, and Leuzinger, “Plant growth: the What, the How, and the Why,” *New Phytol.*, Vol. 232, No. 1, pp. 25–41, 2021, doi: 10.1111/nph.17610.
- Körner, “Paradigm Shift in Plant Growth Control,” *Curr. Opin. Plant Biol.*, vol. 25, pp. 107–114, 2015, doi: 10.1016/j.pbi.2015.05.003.
- Sivachandiran and Khacef, “Enhanced Seed Germination and Plant Growth by Atmospheric Pressure Cold Air Plasma: Combined Effect of Seed and Water Treatment,” *RSC Adv.*, Vol. 7, No. 4, pp. 1822–1832, 2017, doi: 10.1039/c6ra24762h.
- Arif et al., “Influence of High and Low Levels of Plant-Beneficial Heavy Metal Ions on Plant Growth and Development,” *Front. Environ. Sci.*, Vol. 4, No. NOV, 2016, doi: 10.3389/fenvs.2016.00069.
- Krämer, Talke, and Hanikenne, “Transition Metal Transport,” *FEBS Lett.*, Vol. 581, No. 12, pp. 2263–2272, 2007, doi: 10.1016/j.febslet.2007.04.010.
- Santoyo, P. Guzmán-Guzmán, F. I. Parra-Cota, S. de los Santos-Villalobos, M. D. C. Orozco-Mosqueda, and B. R. Glick, “Plant Growth Stimulation by Microbial Consortia,” *Agronomy*, Vol. 11, No. 2, pp. 1–24, 2021, doi: 10.3390/agronomy11020219.
- Hatfield and Prueger, “Temperature Extremes: Effect on Plant Growth and Development,” *Weather Clim. Extrem.*, vol. 10, pp. 4–10, 2015, doi: 10.1016/j.wace.2015.08.001.
- Zhang, X. Lv, Q. Chen, G. Sun, and J. Yao, “Estimation of Surface Soil Moisture During Corn Growth Stage from SAR and Optical Data Using a Combined Scattering Model,” *Remote Sens.*, vol. 12, no. 11, pp. 1–23, 2020, doi: 10.3390/rs12111844.
- Geetha, Sivaraman, Tayade, and Dhanapal, “Sugarcane Based Intercropping System and Its Effect on Cane Yield,” *J. Sugarcane Res.*, vol. 5, no. July 2017, pp. 1–10, 2015.
- Taherei Ghazvinei et al., “Sugarcane Growth Prediction Based on Meteorological Parameters Using Extreme Learning Machine and Artificial Neural Network,” *Eng. Appl. Comput. Fluid Mech.*, vol. 12, no. 1, pp. 738–749, 2018, doi: 10.1080/19942060.2018.1526119.
- Ismail, Amin, Eid, Hassan, Mahgoub, and Lashin, “Comparative Study Between Exogenously Applied Plant Growth Hormones versus Metabolites of Microbial Endophytes as Plant Growth-Promoting for *Phaseolus vulgaris* L.,” *Cells*, vol. 10, no. 5, 2021,

doi: <https://doi.org/10.3390/cells10051059>.

- Çakmakçı, Mosber, Milton, Alatürk, and Ali, “The Effect of Auxin and Auxin-Producing Bacteria on the Growth, Essential Oil Yield, and Composition in Medicinal and Aromatic Plants,” *Curr. Microbiol.*, vol. 77, no. 4, pp. 564–577, 2020, doi: 10.1007/s00284-020-01917-4.
- Wang et al., “Nanobubbles Promote Nutrient Utilization and Plant Growth in Rice by Upregulating Nutrient Uptake Genes and Stimulating Growth Hormone Production,” *Sci. Total Environ.*, vol. 800, p. 149627, 2021, doi: 10.1016/j.scitotenv.2021.149627.
- Chhalgri et al., “Effect of Plant Growth Hormones on Shoot and Root Regeneration in Rose Under in Vitro Conditions,” *Adv. Life Sci.*, vol. 8, no. 1, pp. 93–97, 2020.
- Devika, Praduboss, and Sangeeta, “Influence of Glucanobacter Diazotrophicus on the Root Colonization of Glomus Fasciculatum and Growth of Sugarcane,” *Int. J. Pharm. Biol. Arch.*, vol. 4, no. 6, pp. 1250–1259, 2022.
- Aguiar, Rudorff, Silva, Adami, and Mello, “Remote Sensing Images in Support of Environmental Protocol: Monitoring the Sugarcane Harvest in São Paulo State, Brazil,” *Remote Sens.*, vol. 3, no. 12, pp. 2682–2703, 2011, doi: 10.3390/rs3122682.
- Tripathi, D. K. K. and Warriar, D. R. “Biology Of Zea mays (Maize)”. India: Departmen Of Biotechnology Government Of India., 2011.
- Santana et al., “Microalgae Cultivation in Sugarcane Vinasse: Selection, Growth and Biochemical Characterization,” *Bioresour. Technol.*, vol. 228, pp. 133–140, 2017, doi: 10.1016/j.biortech.2016.12.075.
- Tian et al., “Artificial Selection for Determinate Growth Habit in Soybean,” *Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A.*, vol. 107, no. 19, pp. 8563–8568, 2010, doi: 10.1073/pnas.1000088107.
- De Rybel et al., “A bHLH Complex Controls Embryonic Vascular Tissue Establishment and Indeterminate Growth in Arabidopsis,” *Dev. Cell*, vol. 24, no. 4, pp. 426–437, 2013, doi: 10.1016/j.devcel.2012.12.013.
- Ördög and M. Zoltán, “Water and Nutrients in Plants,” *Plant Physiol.*, pp. 2–32, 2011.
- Kramer-Walter, Bellingham, Millar, Smissen, Richardson, and Laughlin, “Root Traits are Multidimensional: Specific Root Length is Independent from Root Tissue Density and the Plant Economic Spectrum,” *J. Ecol.*, vol. 104, no. 5, pp. 1299–1310, 2016, doi: 10.1111/1365-2745.12562.
- Marowa, Ding, and Kong, “Expansins: Roles in Plant Growth and Potential Applications in Crop Improvement,” *Plant Cell Rep.*, vol. 35, no. 5, pp. 949–965, 2016, doi: 10.1007/s00299-016-1948-4.
- Poorter, Bühler, Van Dusschoten, Climent, and Postma, “Pot Size Matters: A Meta-Analysis of the Effects of Rooting Volume on Plant Growth,” *Funct. Plant Biol.*, vol. 39, no. 11, pp. 839–850, 2012, doi: 10.1071/FP12049.
- Zhao, Glynn, Glaz, Comstock, and Sood, “Orange Rust Effects on Leaf Photosynthesis and Related Characters of Sugarcane,” *Plant Dis.*, vol. 95, no. 6, pp. 640–647, 2011, doi: 10.1094/PDIS-10-10-0762.
- Yang, Wang, J. H. Ma, E. D. Ma, J. Y. Li, and M. Gong, “Effects of Light Quality on Growth and Development, Photosynthetic Characteristics and Content of Carbohydrates in Tobacco (*Nicotiana tabacum* L.) Plants,” *Photosynthetica*, vol. 55, no. 3, pp. 467–477, 2017, doi: 10.1007/s11099-016-0668-x.
- Pertamawati, “Pertumbuhan Tanaman Kentang (*Solanum Tuberosum* L .) dalam Lingkungan Fotoautotrof secara Invitro,” *J. Sains dan Teknol. Indonesia.*, vol. 12, no. 1, pp. 31–37, 2010, [Online]. Available:

<http://ejurnal.bppt.go.id/index.php/JSTI/article/download/848/681>.