

PENGARUH BERBAGAI JENIS PUPUK ORGANIK TERHADAP SERAPAN HARA PERTUMBUHAN DAN HASIL TANAMAN NANGKA (*Artocarpus heterophyllus* L.)

**Ega Aurel Indi Fahruzy¹⁾, Nurhajjah^{1*)}, Munirah Mohamad²⁾,
dan Khairil Abas²⁾**

¹⁾Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Muhammadiyah
Sumatera Utara

²⁾*Horticulture Research Centre, Malaysian Agricultural Research and
Development Institute, 43400 Serdang Selangor, Malaysia.*

^{*)}Email korespondensi: nurhajjah@umsu.ac.id.

ABSTRAK

Degradasi tanah dan ketidakseimbangan hara akibat penggunaan pupuk kimia secara berlebihan menjadi kendala utama dalam produksi buah yang berkelanjutan. Pupuk organik menawarkan alternatif yang ramah lingkungan dengan meningkatkan kesehatan tanah, siklus hara, dan kinerja tanaman. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh tiga jenis pupuk organik- berbasis biochar, berbasis ekstrak ikan, dan formulasi komersial-terhadap pertumbuhan tanaman, serapan hara, dan hasil tanaman nangka (*Artocarpus heterophyllus* cv. J33) dalam sistem pengelolaan organik. Percobaan dilaksanakan di kebun organik terpadu institut penelitian dan pengembangan pertanian Malaysia (MARDI) menggunakan rancangan acak kelompok (RAK) dengan tiga perlakuan dan empat ulangan. Parameter yang diamati meliputi konsentrasi unsur hara, indeks klorofil, lingkaran batang, indeks luas daun (*Leaf Area Index/LAI*), dan hasil buah. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kadar nitrogen berada di bawah kisaran rekomendasi pada semua perlakuan. Konsentrasi fosfor, kalium, dan magnesium berada pada tingkat yang memadai, sedangkan kalsium masih tergolong suboptimal. Peningkatan kandungan klorofil dan LAI pada perlakuan T1 menunjukkan adanya peningkatan aktivitas fotosintesis dan efisiensi pemanfaatan hara. Pupuk berbasis biochar (T1) secara nyata meningkatkan kandungan klorofil, LAI, konsentrasi kalium, dan hasil total (259 kg/12 tanaman), dengan kinerja yang sebanding dengan pupuk organik komersial (T3). Secara keseluruhan, pupuk berbasis biochar menunjukkan potensi yang kuat sebagai sumber hara berkelanjutan untuk produksi nangka organik, serta berkontribusi terhadap pemulihan kesuburan tanah dan stabilitas hasil.

Kata kunci: *Artocarpus heterophyllus*, biochar, pupuk organik, serapan hara, pertanian berkelanjutan

ABSTRACT

Soil degradation and nutrient imbalances due to excessive use of chemical fertilizers are major constraints to sustainable fruit production. Organic fertilizers offer an environmentally friendly alternative by improving soil health, nutrient

*cycling, and plant performance. This study aimed to evaluate the effects of three types of organic fertilizers—biochar-based, fish extract-based, and commercial formulations—on plant growth, nutrient uptake, and yield of jackfruit (*Artocarpus heterophyllus* cv. J33) under an organic management system. The experiment was conducted in an integrated organic garden of the Malaysian Agricultural Research and Development Institute (MARDI) using a randomized block design (RBD) with three treatments and four replications. Parameters observed included nutrient concentration, chlorophyll index, stem circumference, leaf area index (LAI), and fruit yield. The results showed that nitrogen levels were below the recommended range in all treatments. Phosphorus, potassium, and magnesium concentrations were at adequate levels, while calcium was still suboptimal. The increase in chlorophyll content and LAI in the T1 treatment indicated increased photosynthetic activity and nutrient utilization efficiency. Biochar-based fertilizer (T1) significantly increased chlorophyll content, LAI, potassium concentration, and total yield (259 kg/12 plants), with performance comparable to commercial organic fertilizer (T3). Overall, biochar-based fertilizer shows strong potential as a sustainable nutrient source for organic jackfruit production, contributing to soil fertility restoration and yield stability.*

Keywords: Artocarpus heterophyllus, biochar, organic fertilizer, nutrient uptake, sustainable agriculture

PENDAHULUAN

Ketergantungan yang berlebihan terhadap pupuk kimia telah menyebabkan penurunan kandungan bahan organik tanah, perubahan struktur komunitas mikroba tanah, serta ketidakseimbangan pH, yang secara keseluruhan menurunkan fungsi ekosistem tanah dan kesuburan jangka panjang (Geisseler & Scow, 2014; Feng, *et al.*, 2023). Sebaliknya, pupuk organik semakin diakui memiliki kemampuan untuk memulihkan kesehatan tanah, meningkatkan siklus hara, dan memperbaiki kinerja tanaman buah tahunan. Pupuk organik mampu memperbaiki sifat fisik tanah, meningkatkan keanekaragaman mikroba, serta menyediakan hara secara berkelanjutan, sehingga mendukung pertumbuhan tanaman yang vigor dan meningkatkan ketahanan terhadap cekaman lingkungan (Feng, *et al.*, 2023).

Pupuk organik umumnya dihasilkan melalui proses pengomposan sisa tanaman, kotoran hewan, atau produk samping agroindustri, yang menyediakan

berbagai unsur hara makro dan mikro sekaligus memperkaya aktivitas biologis tanah (Chew, *et al.*, 2019). Studi-studi terbaru menunjukkan bahwa pemupukan organik dapat meningkatkan kandungan bahan organik tanah sebesar 20-30% serta meningkatkan nitrogen total dan biomassa mikroba dibandingkan dengan penggunaan pupuk kimia (Feng, *et al.*, 2023). Manfaat tersebut mendorong meningkatnya penerapan pupuk organik dalam sistem kebun berkelanjutan, terutama pada tanaman buah tahunan yang sangat bergantung pada pemeliharaan kesuburan tanah (Urta, *et al.*, 2019). Pada beberapa komoditas hortikultura, pemupukan organik dilaporkan berperan dalam mendukung pertumbuhan vegetatif dan pembentukan organ generatif melalui penyediaan unsur hara esensial seperti nitrogen dan kalium (Yusuf, *et al.*, 2023). Pada tanaman daun, aplikasi pupuk organik dan hayati, termasuk pupuk biologis dan asam amino, dilaporkan meningkatkan aktivitas fisiologis tanaman dan pembentukan biomassa, meskipun responsnya sangat bergantung pada jenis input dan kondisi budidaya (Sulistiani, *et al.*, 2023).

Nangka (*Artocarpus heterophyllus* Lam.) merupakan tanaman buah tropis penting yang memiliki nilai gizi, budaya, dan ekonomi yang tinggi di kawasan Asia Tenggara. Meskipun banyak dibudidayakan di pekarangan dan sistem budidaya semi-terkelola, pengusahaan nangka secara sistematis dan berorientasi komersial, terutama dengan pengelolaan organik, masih relatif terbatas. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa tanaman nangka mampu tumbuh dengan baik pada tanah marginal dan berbagai lingkungan tropis (Aziz, *et al.*, 2019), tetapi kajian ilmiah mengenai kebutuhan hara dan respons pemupukan dalam sistem kebun organik masih sangat terbatas. Kesenjangan ini menunjukkan perlunya evaluasi empiris terhadap sumber hara organik guna mendukung produksi nangka yang berkelanjutan.

Meskipun minat terhadap produksi nangka organik terus meningkat, hingga saat ini belum ada penelitian yang dipublikasikan yang secara langsung membandingkan pupuk berbasis biochar dan pupuk berbasis ekstrak ikan terhadap

serapan hara dan hasil awal nangka kultivar J33 dalam sistem pengelolaan organik tersertifikasi. Kondisi ini menunjukkan adanya kesenjangan pengetahuan yang penting dalam aspek nutrisi kebun organik.

METODE

Waktu dan Tempat

Perlakuan pupuk organik dalam penelitian ini diaplikasikan pada periode 2024-2025. Penelitian dilaksanakan di Kebun Organik Terpadu milik Institut Penelitian dan Pengembangan Pertanian Malaysia (Malaysian Agricultural Research and Development Institute/MARDI), Serdang, Selangor (Lintang 2.9901792; Bujur 101.7020405). Lokasi penelitian memiliki iklim tropis dengan suhu tahunan berkisar antara 25-28 °C, kelembapan relatif sekitar 85%, serta curah hujan tahunan rata-rata sekitar 2400 mm.

Analisis tanah awal yang dilakukan pada tahun 2024 menunjukkan kandungan bahan organik yang rendah, kadar nitrogen (N) dan kalium (K) yang rendah, serta ketersediaan fosfor (P) pada tingkat sedang (Tabel 1).



Gambar 1. Lokasi Penelitian Produksi Nangka Organik di Kebun Organik Terpadu, MARDI.

Tabel 1. Kandungan Hara Tanah Sebelum Penanaman

Kandungan	pH	CEC	Total karbon (C)	Total nitrogen (N)	Tersedia P	Kapasitas Tukar Kation		
						K	Ca	Mg
						(cmol/ kg)		
Kandungan	5.12	5.21	1.30	0.46	7.00	0.03	1.01	0.19
Status	Rendah	Rendah	Rendah	Baik	Rendah	Rendah	Rendah	Rendah

Selama periode percobaan, kuota irigasi tetes yang diberikan adalah sebesar 135 m³ h/m², dan irigasi dilakukan melalui sistem irigasi tetes apabila tidak terjadi hujan.

Bahan Tanaman dan Perlakuan

Bibit nangka kultivar J33 berumur satu tahun dengan pertumbuhan yang seragam dipilih sebagai bahan tanam. Tiga perlakuan pupuk organik yang diaplikasikan adalah sebagai berikut:

1. T1: Pupuk organik berbasis biochar (rasio 2:3:3 rasio biochar : kompos : pupuk kandang = 2:3:3, b/b)
2. T2: Pupuk organik berbasis ekstrak ikan (rasio 2:3:3 rasio ekstrak ikan : kompos : bahan pembawa = 2:3:3, v/b)
3. T3: Pupuk organik komersial (rasio 1:2:5 sesuai label produk)

Pupuk diaplikasikan dengan dosis 2 kg/tanaman setiap dua bulan pada saat tanaman melakukan pembentukan buah, dan penyerbukan selama fase reproduktif. Pemupukan dihentikan saat memasuki fase vegetatif. Dengan jarak tanam 8 m × 8 m (±156 tanaman/hektar), dosis tersebut setara dengan sekitar 280 kg/ha.

Percobaan disusun menggunakan rancangan acak kelompok (RAK) yang terdiri atas tiga perlakuan dan empat ulangan, sehingga diperoleh 12 satuan percobaan (satu tanaman/ satuan percobaan).

Analisis Hara

Sampel jaringan daun diekstrak menggunakan metode pengabuan basah dengan campuran H_2O_2 : H_2SO_4 . Sebanyak 0.25g sampel jaringan dimasukkan ke dalam labu Kjeldahl berkapasitas 100 ml, kemudian ditambahkan 4 ml H_2SO_4 . Sampel dipanaskan hingga mendidih selama 6 menit, selanjutnya 10 ml H_2O_2 30% ditambahkan tetes demi tetes sambil pemanasan dilanjutkan hingga larutan menjadi jernih. Hasil destruksi kemudian didinginkan, diencerkan hingga volume 100 ml, dan disaring.

Analisis kation (K, Ca, dan Mg) dilakukan menggunakan spektrometri plasma berkopel induktif (ICP), model atomscan 16, Thermo Jarrell Ash. Kandungan nitrogen tereduksi total dan fosfor dianalisis menggunakan metode kolorimetri.

Analisis Data Statistik

Data yang diperoleh untuk setiap variabel dianalisis menggunakan *Statistical Analysis Software* (SAS Institute, Cary, NC, USA). Perbedaan antar perlakuan diuji menggunakan analisis ragam (ANOVA), dan perbandingan nilai tengah dilakukan dengan uji beda nyata terkecil (BNT) pada taraf nyata $p < 0.05$. Seluruh analisis statistik dilakukan menggunakan perangkat lunak SAS.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Status Hara Tanaman

Tabel 2. Pengaruh Berbagai Jenis Pupuk Organik Terhadap Serapan Hara pada Fase Reproduksi Tanaman Nangka

Perlakuan	Total Nitrogen (%)	Fospor (mg/kg)	Kalium (mg/kg)	Kalsium (mg/kg)	Magnesium (mg/kg)
T1 (berbasis biochar)	1.86	19.16	415.0 a	35.7 b	51.1
T2 (berbasis ekstrak ikan)	1.75	20.82	311.3 c	38.4 ab	48.9
T3 (pupuk komersial)	1.73	18.83	350.6 b	44.0 a	48.7
Kisaran rekomendasi	2.0-2.5	15-25	180-500	170-250	40-70

Keterangan: Angka yang diikuti oleh huruf yang berbeda pada kolom yang sama menunjukkan perbedaan nyata pada taraf $\alpha = 0.05$.

Seperti ditunjukkan pada tabel 2, konsentrasi nitrogen (N) daun (1.73-1.86%) belum mencapai kisaran yang direkomendasikan untuk tanaman nangka (2.0-2.5%), yang menunjukkan adanya defisiensi nitrogen pada seluruh perlakuan. Hal ini mengindikasikan bahwa jumlah serta laju pelepasan nitrogen organik yang diberikan selama fase reproduktif belum mencukupi untuk memenuhi kebutuhan tanaman. Sebaliknya, kandungan fosfor (P) daun (18.83-20.82 mg/kg) dan magnesium (Mg) (48.7-51.1 mg/kg) berada dalam kisaran yang direkomendasikan, yang menandakan bahwa pasokan kedua unsur tersebut telah mencukupi terlepas dari jenis pupuk yang digunakan.

Perbedaan yang nyata terdeteksi pada kandungan kalium (K) dan kalsium (Ca). Kandungan K tertinggi diperoleh pada perlakuan pupuk berbasis biochar (T1), diikuti oleh pupuk organik komersial (T3) dan pupuk berbasis ekstrak ikan (T2). Konsentrasi K pada seluruh perlakuan (311.3-415.0 mg/kg) masih berada dalam kisaran rekomendasi (180.0-500.0 mg/kg), yang menunjukkan ketersediaan K yang memadai, meskipun perlakuan T1 menghasilkan serapan yang lebih tinggi. Pola ini sejalan dengan kapasitas tukar kation yang lebih besar pada bahan berbasis biochar, yang meningkatkan kemampuan tanah dalam menahan dan menyediakan kation K tertukar di zona perakaran.

Untuk unsur Ca, nilai tertinggi tercatat pada perlakuan T3 (44.0 mg/kg); tetapi seluruh perlakuan masih jauh di bawah kisaran yang direkomendasikan (170-250 mg/kg), yang menunjukkan adanya defisiensi kalsium secara konsisten, terlepas dari jenis pupuk yang digunakan. Kondisi ini mencerminkan rendahnya kandungan Ca alami tanah serta menegaskan perlunya penambahan sumber Ca tambahan, seperti kapur dolomit, dalam sistem produksi nangka organik.

Secara keseluruhan, profil hara menunjukkan bahwa unsur N dan Ca berada pada kondisi defisien, sedangkan P, K, dan Mg berada pada tingkat yang memadai selama fase reproduktif. Perbedaan serapan hara antar perlakuan terutama berkaitan dengan unsur K dan Ca, sementara unsur N, P, dan Mg tidak menunjukkan perbedaan yang nyata antar perlakuan.

Tabel 3. Pengaruh Berbagai Jenis Pupuk Organik Terhadap Klorofil, Lingkar Batang dan Indeks Luas Daun pada Fase Reproduksi Tanaman Nangka

Perlakuan	Klorofil (SPAD)	Lingkar Batang (cm)	Indeks Luas Daun (LAI)
T1 (berbasis biochar)	48.27 a	39.40 a	1.58 a
T2 (berbasis ekstrak ikan)	42.78 b	38.96 a	1.54 a
T3 (pupuk komersial)	44.89 ab	40.88 a	1.34 b

Keterangan: Angka yang diikuti oleh huruf yang berbeda pada kolom yang sama menunjukkan perbedaan nyata pada taraf $\alpha = 0.05$.

Parameter pertumbuhan tanaman yang meliputi kandungan klorofil, lingkar batang, dan indeks luas daun (LAI) disajikan pada Tabel 3. Perbedaan yang nyata antar perlakuan ditemukan pada kandungan klorofil dan nilai LAI. Perlakuan T1 (pupuk berbasis biochar) menghasilkan nilai klorofil yang lebih tinggi dibanding perlakuan pupuk berbasis ekstrak ikan (T2). Pola ini sejalan dengan serapan nitrogen yang lebih tinggi sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 2, mengingat nitrogen berperan penting dalam sintesis klorofil, perluasan daun, dan pertumbuhan tanaman secara keseluruhan (Fathi, 2022; Song, *et al.*, 2025).

Nilai LAI pada perlakuan T1 secara nyata lebih tinggi dibandingkan dengan T3, yang menunjukkan bahwa formulasi berbasis biochar mendukung perkembangan tajuk tanaman yang lebih baik. Nilai LAI yang lebih tinggi umumnya mencerminkan luas permukaan daun yang aktif secara fotosintetik lebih besar, sehingga berkontribusi terhadap peningkatan penangkapan cahaya dan akumulasi biomassa (Fang, *et al.*, 2019).

Tidak ditemukannya perbedaan yang nyata pada lingkar batang antar perlakuan menunjukkan bahwa pertumbuhan sekunder tanaman lebih banyak dikendalikan oleh faktor genetik serta interaksi genotype-lingkungan, dibandingkan dengan pengaruh pemberian hara jangka pendek. Studi mengenai *quantitative trait locus* (QTL) sebelumnya menunjukkan bahwa penebalan batang dan sifat-sifat yang berkaitan dengan biomassa dikendalikan oleh kombinasi wilayah genom yang stabil dan sensitif terhadap lingkungan, sehingga menghasilkan pola pertumbuhan yang relatif kurang responsif terhadap praktik pengelolaan dalam jangka waktu singkat (Bartholome, *et al.*, 2013).

Tabel 4 merangkum parameter hasil buah pada berbagai perlakuan pupuk. Pupuk berbasis biochar (T1) dan pupuk organik komersial (T3) menghasilkan jumlah buah serta bobot total buah/tanaman tertinggi, sedangkan pupuk berbasis ekstrak ikan (T2) menghasilkan hasil yang jauh lebih rendah. Namun rendahnya hasil dari pemberian pupuk berbasis ekstrak ikan (T2) hanya merujuk pada tabel 4 yang di mana pada hasil buah tanaman nangka pada April – Agustus 2025. Perbedaan ini kemungkinan berkaitan dengan variasi pola pelepasan hara dan kapasitas retensi hara antarjenis pupuk. Pupuk berbasis biochar dan pupuk organik komersial umumnya meningkatkan kemampuan tanah dalam menahan hara dan kapasitas tukar kation, sehingga mendukung serapan hara yang lebih besar selama fase reproduktif tanaman (Agegnehu, *et al.*, 2017).

Tabel 4. Hasil Buah/Tanaman Nangka pada Periode April-Agustus 2025

Perlakuan	Hasil (jumlah buah)	Bobot total (kg)	Bobot/buah (kg)
T1 (berbasis biochar)	30	259	8.63
T2 (berbasis ekstrak ikan)	15	123	8.20
T3 (pupuk komersial)	30	263	8.76

Meskipun terdapat perbedaan pada hasil total, bobot/buah tidak berbeda nyata antar perlakuan. Hal ini sejalan dengan fase fisiologis kebun; pada umur sekitar tiga tahun, tanaman nangka masih berada pada fase awal berbuah, di mana variasi hasil lebih dipengaruhi oleh perkembangan tajuk dan tingkat kematangan tanaman dibandingkan dengan formulasi pupuk (Aziz, *et al.*, 2019).

Hasil Buah

Respons hasil buah terhadap berbagai perlakuan pupuk organik dirangkum pada Tabel 4. Pupuk berbasis biochar (T1) dan pupuk organik komersial (T3) menghasilkan jumlah buah dan bobot total buah/tanaman yang lebih tinggi dibandingkan dengan pupuk berbasis ekstrak ikan (T2). Tanaman yang diberi perlakuan T1 dan T3 menghasilkan jumlah buah sekitar dua kali lebih banyak

dibandingkan dengan perlakuan T2, yang menunjukkan kinerja reproduktif yang lebih baik pada kedua perlakuan tersebut.

Meskipun terdapat perbedaan hasil total, bobot/buah relatif seragam antar perlakuan. Keseragaman ini sesuai dengan kondisi kebun yang masih berada pada fase awal berbuah, karena tanaman nangka berumur sekitar tiga tahun selama periode penelitian. Pada tahap perkembangan ini, ukuran buah lebih dipengaruhi oleh perkembangan tajuk dan kematangan fisiologis tanaman dibandingkan dengan jenis pupuk yang diberikan (Aziz, *et al.*, 2019).

KESIMPULAN

Berbagai jenis pupuk organik mempengaruhi serapan hara Karbon (C), Nitrogen (N), Pospor, Kalium (K), Calcium (Ca) dan Magnesium (Mg) kinerja vegetatif, dan hasil tanaman Nangka. Di antara ketiga perlakuan, pupuk berbasis biochar (T1) memberikan hasil paling baik, yang ditunjukkan oleh kandungan klorofil yang lebih tinggi dan indeks luas daun yang lebih besar. Meskipun unsur nitrogen dan kalsium masih tergolong defisien pada seluruh perlakuan, kadar fosfor, kalium, dan magnesium berada pada tingkat yang memadai selama fase reproduktif. Perlakuan T1 memiliki kinerja yang sebanding dengan pupuk organik komersial (T3) dan lebih unggul dibandingkan pupuk berbasis ekstrak ikan (T2). Pupuk organik berbasis biochar memiliki potensi sebagai sumber hara yang efektif untuk meningkatkan pertumbuhan awal dan produktivitas tanaman nangka organik.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terima kasih kepada Universitas Muhammadiyah Sumatra Utara (UMSU) dan Malaysian Agricultural Research and Development Institute (MARDI) atas dukungan yang berharga.

DAFTAR PUSTAKA

- Agegehu, G., A.M. Bass, P.N. Nelson, B. Muirhead, G. Wright, & M.I. Bird, 2017. *Biochar and Compost Effects on Soil Properties and Crop Productivity: A review and Meta-analysis*. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 240. 113-125. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2017.02.024>.
- Aziz, A. N., M.F. Kamarudin, & T.M.M. Mahmud. 2019. *Growth and Yield Performance of Jackfruit (Artocarpus heterophyllus) as Influenced by Plant Age and Management Practices*. *Malaysian Journal of Agriculture*. 35 (2): 45–54.
- Bartholome, J., F. Salmon, P. Vigneron, J-M. Bouvet, C. Plomion & J-M. Gion. 2013. *Plasticity of Primary and Secondary Growth Dynamics in Eucalyptus hybrids: A Quantitative Genetics and QTL Mapping Perspective*. *BMC Plant Biology*. 13. 120. <https://doi.org/10.1186/1471-2229-13-120>.
- Chew, K. W., S.R. Chia, H.W. Yen, S. Nomanbhay, Y.C. Ho, & P.L. Show. 2019. *Transformation of Biomass Waste into Sustainable Organic Fertilizers*. *Sustainability*. 11 (8). 2266. <https://doi.org/10.3390/su11082266>.
- Fang, H., F. Baret, S. Plummer, & G. Schaepman-Strub. 2019. *An overview of global leaf area index (LAI): Methods, Products, Validation, and Applications*. *Reviews of Geophysics*. 57 (3). 739-799. <https://doi.org/10.1029/2018RG000608>.
- Fathi, A. 2022. *Role of Nitrogen (N) in Plant Growth, Photosynthesis Pigments, and N Use Efficiency: A review*. *Agrisost*. 28. 1-8. <https://doi.org/10.5281/zenodo.7143588>.
- Feng, S., K. Yang, & M. Wu. 2023. *Effectiveness of Organic Fertilizer Application in Regulating Soil Quality and Crop Performance in Orchard Systems: A review*. *Scientific Journal of Technology*. 5 (3). 221-233. <https://doi.org/10.54691/ejddtf84>.
- Geisseler, D., & K.M. Scow. 2014. *Long-Term Effects of Mineral Fertilizers on Soil Microorganisms*. *Soil Biology and Biochemistry*. 75. 54-63. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2014.03.023>.
- IFOAM-International Federation of Organic Agriculture Movements. 2020. *The IFOAM Norms for Organic Production and Processing*. Bonn, Germany. <https://www.ifoam.bio/standards/norms>.

- Song, Z., G. Wang, L. Zhao, Q. Tang, X. Zhang, Q. Wu, & Y. Li. 2025. *Rational Nitrogen Application Improves Photosynthetic Capacity and Yield by Prolonging the Leaf Source Function of Drip-Irrigated Rice*. *Journal of Integrative Agriculture*. <https://doi.org/10.1016/j.jia.2025.07.006>.
- Sulistiani, R., S.A. Saragih, A. Munar, & B.B.P. Pohan. 2023. Peningkatan Produksi Daun dan Kadar Protein Kelor (*Moringa oleifera*) dengan Aplikasi Pupuk Organik pada Lahan Spesifik Lokasi. *Agrovital: Jurnal Ilmu Pertanian*. 8 (1): 39-47. <http://dx.doi.org/10.35329/agrovital.v8i1.3681>
- Urta, J., I. Alkorta, & C. Garbisu. 2019. *Potential Benefits and Risks for Soil Health Derived from the Use of Organic Amendments in Agriculture*. *Agronomy*. 9 (9): 542. <https://doi.org/10.3390/agronomy9090542>.
- Yusuf, M., F. Fitria, R. Risnawati, R. Susanti, M. Alqamari, H. Khair, & A. Alridiwersah. 2023. *Application of Potassium Fertilizer and Organic Fertilizer for Rabbits on the Growth and Yield of Okra (*Albemoschus esculentus* L.)*. *Jurnal Agronomi Tanaman Tropika (Juatika)*. 5 (1). <https://doi.org/10.36378/juatika.v5i1.2716>.