

RESPON UREA DAN ZEOLIT TERHADAP PERTUMBUHAN DAN HASIL TANAMAN SAWI PAGODA

*Response of Urea and Zeolite to The Growth and Yield
of Pagoda Mustard Plants*

Victor Bintang Panunggul^{1*}, Niken Hapsari Arimurti², Ayu Sitanini³

^{1,2,3})Program Studi Agribisnis, Fakultas Sains dan Teknik, Universitas Perwira Purbalingga
Jl. Letjen. S. Parman No.53, Kedung Menjangan, Kec. Purbalingga,
Kabupaten Purbalingga, Jawa Tengah 53316

*Sur-el: victorbintang92@gmail.com

ABSTRAK

Produksi sawi di Jawa Tengah pada tahun 2023 mengalami penurunan produksi lebih rendah dibandingkan tahun 2021 hal ini disebabkan pola budidaya dan pemberian unsur hara yang belum maksimal. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui respon pertumbuhan dan hasil tanaman sawi pagoda pada pemberian pupuk urea dan zeolit. Rancangan penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Kelompok Lengkap (RAKL) Pupuk urea adalah faktor pertama, terdiri dari tiga komponen: P₀ (kontrol), P₁ (45 g/polibag), dan P₂ (90 g/polibag). Faktor kedua adalah zeolit, terdiri dari tiga komponen: Z₀ (kontrol), Z₁ (35 g/polibag), dan Z₂ (50 g/polibag). Variabel yang diamati adalah luas daun, lingkaran tanaman, berat kering tanaman, dan berat kering akar. Analisis data menggunakan uji *Analysis of Varians* (Anova), apabila ada perbedaan nyata, uji lanjut *Duncan Multiple Range Test* (DMRT) dengan taraf kepercayaan 95%. Hasil penelitian menunjukkan aplikasi pupuk urea luas daun dan berat kering tanaman berpengaruh nyata, sedangkan pada lingkaran tanaman dan berat kering akar tidak berpengaruh nyata. Aplikasi zeolit berpengaruh nyata terhadap berat kering akar. Sedangkan pada variabel luas daun, lingkaran tanaman dan berat kering akar tidak berpengaruh nyata. Tidak ada interaksi antara perlakuan urea dan zeolit. Faktor penentu keberhasilan hasil tanaman dapat dipengaruhi oleh genetik, lingkungan serta penambahan dosis pupuk urea dan pupuk zeolit.

Kata kunci : sawi pagoda, urea, zeolit

ABSTRACT

Mustard production in Central Java in 2023 experienced a decrease in production lower than in 2021, this was due to cultivation patterns and nutrient provision that was not optimal. This study aims to determine the response of growth and yield of pagoda mustard plants to the application of urea fertilizer and zeolite. This research design uses a Randomised Complete Group Design (CRBD). Urea fertiliser is the first factor, consisting of three components: P₀ (control), P₁ (45 g/polybag), and P₂ (90 g/polybag). The second factor was zeolite, consisting of three components: Z₀ (control), Z₁ (35 g/polybag), and Z₂ (50 g/polybag). Variables observed were leaf area, plant circumference, plant dry weight, and root dry weight. Data analysis used Analysis of Variance (Anova) test, if there was a significant difference, Duncan Multiple Range Test (DMRT) further test with 95% confidence level. The results showed that the application of urea fertilizer had a significant effect on leaf area and plant dry weight, while the plant circumference and root dry weight had no significant effect. The application of zeolite has a real effect on root dry weight. While the variables of leaf area, plant circumference and root dry weight had no significant effect. There was no interaction between urea and zeolite treatments. Factors determining the success of plant yields can be influenced by genetics, the environment and the addition of doses of urea fertiliser and zeolite fertilizer.

Keywords: pagoda mustard, urea, zeolit

PENDAHULUAN

Pertanian Indonesia memiliki berbagai jenis tanaman yang dapat dibudidayakan dan

dikembangkan untuk memenuhi kebutuhan sehari-hari. Tanaman sawi adalah salah satu komoditas hortikultura yang dapat dibudidayakan, menurut data statistik pertanian

secara nasional yang dirilis pada tahun 2021 sampai 2023. Produksi sawi di Jawa Tengah mengalami fluktuasi dari tahun 2021 sebesar 109.294 ton, 2022 mengalami peningkatan sebesar 120.680 ton, kemudian 2023 mengalami penurunan sebesar 108.218 ton (Badan Pusat Statistik, 2014).

Di Indonesia, sawi pagoda layak untuk dibudidayakan karena sangat mendukung dari segi klimatologis, teknis, ekonomi, dan sosial. Sawi mengandung nutrisi berupa lemak, karbohidrat, protein, fosfor, zat besi, kalsium, Vitamin A, Vitamin B1 dan Vitamin C yang berperan kesehatan manusia (Setyono *et al.*, 2023).

Pemupukan meningkatkan kesuburan tanah dan ketersediaan unsur hara dalam tanah, meningkatkan pertumbuhan tanaman dan meningkatkan hasil dan produktivitas tanaman sawi pagoda. Untuk mencapai tingkat produksi yang optimal, tanaman sawi memerlukan unsur hara yang cukup dan tersedia untuk pertumbuhan dan perkembangan. Nitrogen (N) adalah salah satu unsur hara yang sangat penting untuk pertumbuhan daun. Urea adalah sumber hara N yang paling banyak digunakan. Selain pupuk urea, pupuk NPK dapat digunakan untuk pemupukan tanaman sawi. Nitrogen mempunyai sifat yang mudah mencair, kandungan unsur hara nitrogen terlepas (Naz & Sulaiman, 2016). Untuk pertumbuhan tanaman, pupuk nitrogen sangat penting, terutama untuk pembentukan atau pertumbuhan bagian vegetatif seperti daun, batang, dan akar (Birhanu *et al.*, 2024). Namun, jika terlalu banyak digunakan, dapat menghambat pembungaan dan pembuahan tanaman.

Penggunaan pupuk urea yang berlebihan juga menyebabkan biaya pemupukan tanaman sawi yang tinggi, yang merugikan petani karena peningkatan produksi sawi tidak diimbangi dengan biaya tersebut. Urea ($\text{CO}(\text{NH}_2)_2$) (Birhanu *et al.*, 2024) adalah jenis pupuk N yang paling umum dijual di Indonesia. Untuk mengurangi penguapan gas NH_3 , sebaiknya ditempatkan di bawah permukaan tanah karena mudah larut dalam air dan menguap ke udara (Yanjie Guo *et al.*, 2022).

Zeolit ditambahkan ke pupuk nitrogen untuk menyerap amonium yang dikeluarkan oleh pupuk. Jika konsentrasi nitrat dalam tanah menurun, amonium yang telah dijerap oleh zeolit akan dilepaskan kembali ke dalam larutan tanah, membuat nitrogen yang ditambahkan ke

dalam tanah tetap tersedia dalam jangka waktu yang lama. Pemupukan tanaman hanya dilakukan sekali, seperti yang biasa dilakukan petani selama musim tanam. Pupuk ini menghemat penggunaan pupuk dan tenaga kerja untuk meningkatkan daya jerap tanah atau KTK (Rashid *et al.*, 2021), perlu ditambahkan bahan organik dan bahan yang memiliki KTK tinggi, seperti zeolit. Karena sifatnya sebagai penukar ion, zeolit diharapkan dapat mengikat unsur hara yang diberikan melalui pemupukan dan tidak mudah hilang dari tanaman sebelum dimanfaatkan. Tujuan dari riset ini mengetahui respon tanaman sawi pagoda terhadap pemberian pupuk urea dan zeolite.

METODE PENELITIAN

Riset dilakukan di Desa Pegalongan Kecamatan Patikraja Kabupaten Banyumas telah dilaksanakan pada Bulan Juli – September 2024.

Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini berupa timbangan analitik, alat tulis, oven, pancung, termohigrometer. Bahan yang digunakan adalah polibeg 30 x 30 cm, EM-4, dedak, benih sawi pagoda, kpupuk urea non subsidi, zeolit.

Metode Analisis

Riset ini dilakukan menggunakan rancangan faktorial dalam Rancangan Acak Kelompok Lengkap (RAKL), yang memiliki tiga ulangan. Pupuk urea adalah faktor pertama, terdiri dari tiga komponen: P0 (kontrol), P1 (45 g/polibag), dan P2 (90 g/polibag). Faktor kedua adalah zeolit, terdiri dari tiga komponen: Z0 (kontrol), Z1 (35 g/polibag), dan Z2 (50 g/polibag). Sembilan kombinasi perlakuan dibuat untuk kedua faktor tersebut. Kombinasi dari kedua faktor tersebut berjumlah sembilan perlakuan, yang kemudian diulang tiga kali, menghasilkan 27 unit percobaan. Variabel yang diamati untuk pertumbuhan dan hasil tanaman adalah luas daun, lingkaran daun, berat kering tanaman, berat kering akar. Analisis data menggunakan software DSAASTAT 1.1. Apabila ada perbedaan nyata, uji lanjut Duncan Multiple Range Test (DMRT) dengan taraf kepercayaan 95% .

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa pengaruh urea terhadap pertumbuhan berbeda nyata pada luas daun, sedangkan pada lingkaran tanaman tidak berbeda nyata. Perlakuan zeolite terhadap variabel pertumbuhan tidak berpengaruh nyata. Perlakuan urea berpengaruh nyata terhadap berat kering tanaman sedangkan pada berat kering akar tidak berbeda nyata. Pemberian zeolite tidak berpengaruh nyata pada berat kering tanaman sedangkan pemberian zeolite berpengaruh nyata terhadap berat kering akar. Pemberian pupuk urea dan zeolit tidak ada interaksi terhadap variabel pertumbuhan dan hasil tanaman sawi pagoda.

Tabel 1. Hasil rekapitulasi analisis ragam aplikasi pupuk urea dan zeolit pada tanaman sawi pagoda

No	Variabel pengamatan	Perlakuan		
		P	Z	P x Z
1	Luas daun (cm ²)	*	-	-
2	Lingkar tanaman (cm)	-	-	-
3	Berat kering tanaman (g)	*	-	-
4	Berat kering akar (g)	-	*	-

Keterangan: -: tidak berpengaruh nyata,
*: berpengaruh nyata,
** : berpengaruh sangat nyata

Aplikasi Pupuk Urea dan Zeolit pada Pertumbuhan dan Hasil Sawi Pagoda

Luas daun

Aplikasi pupuk urea berpengaruh nyata terhadap luas daun (Tabel 1). Urea adalah salah satu pupuk nitrogen yang paling umum digunakan. Pupuk ini memiliki efek yang signifikan pada pertumbuhan dan perkembangan tanaman, terutama pada luas daun. Penggunaan urea yang tepat dapat meningkatkan produktivitas tanaman dan hasil panen karena urea meningkatkan ketersediaan nitrogen, meningkatkan pertumbuhan vegetatif, meningkatkan fotosintesis, dan memperbaiki struktur daun (Nasar *et al.*, 2021). Pemberian urea dosis 111 kg ha⁻¹ berpengaruh nyata terhadap luas daun tanaman sawi pagoda sebesar 20,26 cm² (Syifa *et al.*, 2020).

Aplikasi pupuk zeolite tidak berpengaruh nyata terhadap luas daun (Tabel 1). Dalam pertanian, pupuk zeolit adalah mineral alami yang digunakan sebagai penyimpanan dan pemupukan karena kemampuan untuk menahan air dan nutrisi. Zeolit dapat menyimpan nutrisi, jika nutrisi tersebut tidak tersedia dalam bentuk yang dapat diserap tanaman, maka tidak akan berpengaruh pada pertumbuhan daun. aplikasi zeolit memiliki potensi untuk meningkatkan efisiensi penggunaan air dan efisiensi penggunaan hara dalam kegiatan pertanian (Nakhli *et al.*, 2017), serta memiliki nutrisi termasuk amonium, nitrat dan fosfat, kalium, dan sulfat (Noh *et al.*, 2015).

Lingkar tanaman

Aplikasi pupuk urea terhadap lingkaran tanaman tidak berpengaruh nyata (Tabel 2). Pupuk urea tidak selalu menunjukkan pengaruh nyata terhadap lingkaran tanaman karena berbagai faktor, termasuk kondisi tanah, ketersediaan nutrisi serta kondisi lingkungan dan genetik tanaman. Faktor-faktor yang memengaruhi pertumbuhan tanaman sawi termasuk, jumlah daun, diameter batang. Penyerapan unsur N oleh akar tanaman, akan berdampak pada pertumbuhan diameter batang dan luas daun (Wang *et al.*, 2017). Kandungan N dalam urea dapat menyebabkan lebar daun sawi hijau meningkat. Pertumbuhan fase vegetatif berkaitan dengan pembelahan, pemanjangan, dan diferensiasi sel, juga menyebabkan lebar daun meningkat (Istirofah & Salamah, 2017).

Aplikasi pupuk zeolit tidak berpengaruh nyata terhadap lingkaran tanaman (Tabel 2). Pupuk zeolit tidak berpengaruh nyata terhadap lingkaran tanaman. Hal ini diduga keterbatasan nutrisi, ketersediaan nutrisi yang terikat, kondisi tanah, cara aplikasi, dan faktor lingkungan. Selama penguraian, zeolit yang dicampur dengan pupuk urea mengikat ion amonium yang dilepaskan dari pupuk urea (Dubey & Mailapalli, 2019). Jerapan dan rongga diduga dapat menangkap ion amonium semakin banyak, ion amonium yang dijerap zeolit tidak segera dilepaskan dari larutan tanah (Han *et al.*, 2021). Pemberian zeolit 100 g.ember-1 tidak berpengaruh nyata terhadap diameter tanaman tebu dengan lingkaran batang 1,00 cm (Darsiman *et al.*, 2020).

Berat kering tanaman

Aplikasi pupuk urea berpengaruh nyata terhadap berat kering tanaman (Tabel 2). Hal ini diduga nitrogen adalah bagian penting dari banyak substansi adalah nitrogen. Kandungan protoplasma, substansi hidup sel tanaman, sebagian besar terdiri dari 40 % sampai 50 % nitrogen (Khaerani *et al.*, 2024). Kemampuan dalam menyediakan nitrogen yang cukup dalam batang tanaman yang berperan mendorong pertumbuhan daun, meningkatkan efisiensi fotosintesis, dan memperbaiki struktur tanaman (Qin *et al.*, 2024).

Jika pupuk urea ditambahkan ke permukaan tanah, dapat menyebabkan pembentukan amonium karbonat, yang kemudian terurai dan menghasilkan amoniak yang mudah menguap ke udara Motasim. Pengaruh pemberian dosis pupuk urea 300 ppm berpengaruh nyata terhadap berat kering tanaman dengan rata-rata 16,15 g (Yanti *et al.*, 2014).

Aplikasi pupuk zeolite tidak berpengaruh nyata terhadap berat kering tanaman (Tabel 2). Hal ini diduga jumlah serapan air memengaruhi keberlangsungan fotosintesis tanaman secara langsung, berat kering tanaman berkorelasi erat dengan berat basah tanaman. Salah satu indikator pertumbuhan tanaman adalah berat kering tanaman; nilai berat kering yang tinggi menunjukkan proses fotosintesis yang lebih cepat karena ketersediaan unsur hara yang diperlukan (Pszczółkowski *et al.*, 2023). Nilai berat kering yang tinggi juga terkait dengan hasil fotosintat yang didistribusikan ke seluruh organ tanaman untuk pertumbuhan, memberikan dampak yang signifikan terhadap biomassa tanaman (A. Kirkby *et al.*, 2023). Aplikasi zeolit dapat memberikan berat kering tanaman padi sebesar 51,83 g pada varietas Inpari 24 (Prasetyo *et al.*, 2024).

Tabel 2. Hasil analisis pengaruh urea dan zeolit pada tanaman sawi pagoda

Perlakuan	Variabel			
	LD (cm ²)	LT (per)	BKT (g)	BKA (g)
P (urea)				
P ₀ (Kontrol)	18,16 a	22,67 a	10,23 a	3,68 a
P ₀ A(45 g/polibag)	19,33 b	22,74 a	10,76 b	3,88 a
P ₁ (90 g/polibag)	19,85 c	22,85 a	11,54 c	3,96 a
KK (%)	2,56	5,76	3,45	11,87
Z (zeolit)				
Z ₀ (Kontrol)	12,22 a	23,45 a	10,11 a	3,56 a
Z ₁ (30 g/polibag)	13,58 a	23,69 a	10,45 a	3,71 b
Z ₂ (50 g/polibag)	13,80 a	23,97 a	10,67 a	4,22 c
KK (%)	2,56	5,76	3,45	11,87

Keterangan: LD: luas daun; LT: lingkaran tanaman; BKT: berat kering tanaman; BKA: berat kering akar. Berdasarkan uji Duncan 5%, angka yang diikuti oleh huruf berbeda dalam satu kolom memiliki perbedaan nyata.

Berat kering akar

Aplikasi pupuk urea tidak berpengaruh nyata terhadap berat kering akar (Tabel 2). Pupuk urea tidak selalu menunjukkan pengaruh nyata terhadap berat kering akar hal ini dikarenakan ada beberapa faktor yang mempengaruhi diantaranya kondisi tanah, ketersediaan nutrisi. Hal ini diduga unsur N dibutuhkan untuk pertumbuhan organ tanaman. Selain nitrogen seperti fosfor dan kalium, perkembangan akar membutuhkan hara esensial. Berat kering akar menunjukkan pola

tanaman mengumpulkan produk fotosintesis dan hara dalam tanah (Zheng *et al.*, 2023), sehingga berat kering akar erat kaitannya dengan volume akar (Zhiipao *et al.*, 2023). Tanaman yang lebih mampu menyerap unsur hara akan menghasilkan berat kering yang lebih besar. Kalium dan fosfor adalah unsur hara yang sangat penting untuk perkembangan akar (Hao *et al.*, 2023). Pada tanaman umur 16 MST, pemberian pupuk urea tidak berdampak nyata pada berat kering akar bibit tanaman sawit (Prasetyo, 2023).

Aplikasi pupuk zeolite berpengaruh nyata terhadap berat kering akar tanaman (Tabel 2). Salah satu elemen penting yang mendukung pertumbuhan dan perkembangan tanaman adalah sistem perakaran. Melalui akar, kebutuhan air tanaman dapat dipenuhi, memungkinkan proses fisiologi seperti fotosintesis berlangsung. Bobot basah bagian akar menunjukkan kemampuan tanaman dalam menyerap air. Hal ini dipengaruhi oleh jumlah air di dalam tanah dan kemampuan akar untuk menyerap air. Kemampuan suatu tanaman untuk menyerap air ditunjukkan oleh bobot kering akarnya (Dewi *et al.*, 2024). Ketersediaan air di dalam tanah memengaruhi bobot kering akar, dengan penurunan ketersediaan air di dalam tanah bobot kering akar menjadi lebih rendah (El Idrissi *et al.*, 2023). Tanaman dengan bobot kering akar yang tinggi memiliki perakaran yang lebih baik dan lebih tahan terhadap kekeringan (Yuling Guo *et al.*, 2023).

KESIMPULAN

Hasil penelitian pada pemberian penambahan dosis pupuk urea pada parameter pertumbuhan yaitu luas daun berpengaruh nyata, sedangkan lingkaran tanaman tidak berpengaruh nyata. Aplikasi zeolit pada variabel pertumbuhan tidak berpengaruh nyata pada luas daun dan lingkaran tanaman. Aplikasi pupuk urea pada parameter hasil berpengaruh nyata pada berat kering tanaman dan pada berat kering akar tidak berpengaruh nyata. Sedangkan aplikasi zeolit pada parameter pertumbuhan tidak berpengaruh nyata pada berat kering tanaman, namun dengan penambahan dosis aplikasi zeolit pada berat kering akar berpengaruh nyata.

DAFTAR PUSTAKA

- A. Kirkby, E., Nikolic, M., White, P. J., & Xu, G. 2023. Chapter 5 - Mineral nutrition, yield, and source-sink relationships ☆☆ This chapter is a revision of the third edition chapter by C. Engels, E. Kirkby, and P.J. White, pp. 85–133. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-384905-2.00005-4>. © Elsevier Ltd. (Z. Rengel, I. Cakmak, & P. J. B. T.-M. M. N. of P. (Fourth E. White (eds.); pp. 131–200). Academic Press. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-0-12-819773-8.00015-0>.
- Badan Pusat Statistik. 2014. Produksi Tanaman Sayuran. Badan Pusat Statistik. <https://www.bps.go.id/id/statistics-table/2/NjEjMg==/produksi-tanaman-sayuran.html>
- Birhanu, T., Olika, A., & Etissa, E. 2024. Leaf and seed yield response of vegetable amaranths to nitrogen fertilizers applications and harvesting frequency at Jimma , South. *Discover Food*, 4(70). <https://doi.org/10.1007/s44187-024-00144-1>
- Darsiman, Kusumastuti, A., & Indrawati, W. 2020. Efek Kombinasi Pupuk Nitrogen Dan Zeolit Terhadap Pertumbuhan Bibit Bagal Tebu (*Saccharum officinarum* L .). *Jurnal Agrosains Dan Teknologi*, 5(1), 36–45.
- Dewi, S. K., Han, Z. M., Bhat, S. A., Zhang, F., Wei, Y., & Li, F. 2024. Effect of plastic mulch residue on plant growth performance and soil properties. *Environmental Pollution*, 343, 123254. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.envpol.2023.123254>
- Dubey, A., & Mailapalli, D. R. 2019. Zeolite coated urea fertilizer using different binders: *Fabrication*, material properties and nitrogen release studies. *Environmental Technology & Innovation*, 16, 100452. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.eti.2019.100452>
- El Idrissi, A., Dardari, O., Metomo, F. N. N. N., Essamlali, Y., Akil, A., Amadine, O., Aboulhrouz, S., & Zahouily, M. 2023. Effect of sodium alginate-based superabsorbent hydrogel on tomato growth under different water deficit conditions. *International Journal of Biological Macromolecules*, 253, 127229. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ijb.2023.127229>.

- Guo, Yanjie, Ji, Y., Zhang, J., Liu, Q., Han, J., & Zhang, L. 2022. Effects of water and nitrogen management on N₂O emissions and NH₃ volatilization from a vineyard in North China. *Agricultural Water Management*, 266, 107601. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.agwat.2022.107601>.
- Guo, Yuling, Huang, G., Guo, Q., Peng, C., Liu, Y., Zhang, M., Li, Z., Zhou, Y., & Duan, L. 2023. Increase in root density induced by coronatine improves maize drought resistance in North China. *The Crop Journal*, 11(1), 278–290. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.cj.2022.05.005>.
- Han, B., Butterly, C., Zhang, W., He, J., & Chen, D. 2021. Adsorbent materials for ammonium and ammonia removal: A review. *Journal of Cleaner Production*, 283, 124611. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.124611>
- Hao, D., Li, X., Kong, W., Chen, R., Liu, J., Guo, H., & Zhou, J. 2023. Phosphorylation regulation of nitrogen, phosphorus, and potassium uptake systems in plants. *The Crop Journal*, 11(4), 1034–1047.
- Istirofah, & Salamah, Z. 2017. Pertumbuhan Tanaman Sawi Hijau (*Brassica Juncea L.*) Dengan Pemberian Kompos Berbahan Dasar Daun Paitan (*Thitonia diversifolia*) Growth Of Mustar Green (*Brassica juncea L.*). *Bio-Site.*, 03(1), 39–46.
- Khaerani, P. I., Musa, Y., Anichini, S., Parri, S., Faleri, C., & Cai, G. 2024. Effect of UV-B stress on olive (*Olea europaea L.*) pollen tubes: A study of callose plug deposition and male germ unit integrity. *Protoplasma*. <https://doi.org/10.1007/s00709-024-02010-4>.
- Nakhli, S. A. A., Delkash, M., Bakhshayesh, B. E., & Kazemian, H. 2017. Application of Zeolites for Sustainable Agriculture: a Review on Water and Nutrient Retention. *Water, Air, & Soil Pollution*, 228(12), 464. <https://doi.org/10.1007/s11270-017-3649-1>.
- Nasar, J., Khan, W., Khan, M. Z., Gitari, H. I., Gbolayori, J. F., Moussa, A. A., Mandozai, A., Rizwan, N., Anwari, G., & Maroof, S. M. 2021. Photosynthetic Activities and Photosynthetic Nitrogen Use Efficiency of Maize Crop Under Different Planting Patterns and Nitrogen Fertilization. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 21(3), 2274–2284. <https://doi.org/10.1007/s42729-021-00520-1>.
- Naz, M. Y., & Sulaiman, S. A. 2016. Slow Release Coating Remedy for Nitrogen Loss from Conventional Urea: A Review. *Journal of Controlled Release*, 225, 109–120. <https://doi.org/10.1016/j.jconrel.2016.01.037>.
- Noh, Y. D., Komarneni, S., & Park, M. 2015. Mineral-Based Slow Release Fertilizers : A Review Mineral-based Slow Release Fertilizers. *Korean J. Soil Sci. Fert*, 48(1), 1–7.
- Pszczółkowski, P., Sawicka, B., Skiba, D., Barba, P., & Noema, A. H. 2023. The Use of Chlorophyll Fluorescence as an Indicator of Predicting Potato Yield, Its Dry Matter and Starch in the Conditions of Using Microbiological Preparations. *Applied Sciences (Switzerland)*, 13, 1–26.
- Prasetyo, I. R. 2023. Perbandingan Komposisi Media Tanam dan Pemberian Pupuk Urea Terhadap Pertumbuhan Bibit Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis jacq.*) Di Pre-Nursery. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pertanian*, 3(5), 584–599.
- Prasetyo, P. Y., Rohmiyati, S. M., Andayani, N., & Budi, A. 2024. Pengaruh Pemberian Zeolit terhadap Kualitas Beberapa Varietas Padi (*Oryza sativa L.*). *Agroforetech*, 2(1), 181–190.
- Qin, H., Zhang, X., Tian, G., Liu, C., Xing, Y., Feng, Z., Lyu, M., Liu, J., Xu, X., Zhu, Z., Jiang, Y., & Ge, S. 2024. Magnesium alleviates growth inhibition under low potassium by enhancing photosynthesis and carbon-nitrogen metabolism in apple plants. *Plant Physiology and Biochemistry*, 214, 108875. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2024.108875>

- Rashid, M., Hussain, Q., Khan, K. S., Alwabel, M. I., Hayat, R., Akmal, M., Ijaz, S. S., Alvi, S., & Obaid-ur-Rehman. 2021. Carbon-Based Slow-Release Fertilizers for Efficient Nutrient Management: Synthesis, Applications, and Future Research Needs. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 21(2), 1144–1169. <https://doi.org/10.1007/s42729-021-00429-9>.
- Setyono, B. D. H., Munaeni, W., Sari, Y. P., Panunggul, V. B., Utami, M. A. F., Yusra, S., Putranto, A. H., & Fahmi, D. A. 2023. *Akuaponic For Urban Farming: Mewujudkan Petani Inovatif 5.0*.
- Syifa, T., Isnaeni, S., & Rosmala, A. 2020. Effect Of Inorganic Fertilizer Type Of The Growth And Yield Of Pagoda. *AGROSCRIPT*, 2(1), 21–33.
- Wang, G., Liu, F., & Xue, S. 2017. Nitrogen Addition Enhanced Water Uptake By Affecting Fine Root Morphology And Coarse Root Anatomy Of Chinese Pine Seedlings. *Plant and Soil*, 418(1), 177–189. <https://doi.org/10.1007/s11104-017-3283-0>.
- Yanti, S. E. F., Masrul, E., & Hannum, H. 2014. Pengaruh Berbagai Dosis Dan Cara Aplikasi Pupuk Urea Terhadap Produksi Tanaman Sawi (*Brassica juncea* L.) Pada Tanah Inceptisol Marelan. *Jurnal Online Agroekoteknologi*., 2(2337), 770–780.
- Zheng, Y., Yue, Y., Li, C., Wang, Y., Zhang, H., Ren, H., Gong, X., Jiang, Y., & Qi, H. 2023. Revolutionizing Maize Crop Productivity: The Winning Combination of Zigzag Planting and Deep Nitrogen Fertilization for Maximum Yield through Root – Shoot Ratio Management. *Agronomy*, 13(1307), 1–18.
- Zhiipao, R. R., Pooniya, V., Biswakarma, N., Kumar, D., Shivay, Y. S., Dass, A., Mukri, G., Lakhena, K. K., Pandey, R. K., Bhatia, A., Govindasamy, P., Burman, A., Babu, S., Jat, R. D., Dhaka, A. K., & Swarnalakshmi, K. 2023. Timely sown maize hybrids improve the post-anthesis dry matter accumulation, nutrient acquisition and crop productivity. *Scientific Reports*, 13(1), 1–18. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-28224-9>