



Pengaruh Mimba Dan Biochar Sekam Padi terhadap Pertumbuhan Tanaman Bayam Merah (*Amaranthus tricolor* L.)

Aginta Fernando Pinem¹, Anak Agung Istri Kesumadewi^{2*}, Ni Luh Made Pradnyawathi¹,
Anak Agung Gede Sugiarta², Ni Nengah Soniari¹, Ni Wayan Sri Sutari¹

¹Program Studi Agroekoteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Udayana,
Jln. PB. Sudirman Denpasar Bali 80232, **Indonesia**

²Program Studi Magister Agroekoteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Udayana,
Jln. PB. Sudirman Denpasar Bali 80232, **Indonesia**

*Corresponding author: aai-kesumadewi@live.com

ABSTRACT

Effects Of Mimba and Biochar on The Growth of Red Spinach Plants (*Amaranthus tricolor* L.). There are several natural substances can inhibit nitrification in soils. Among them, neem with its antimicrobial properties capable to inhibit nitrification while biochar able to adsorb ammonium/nitrate, prevent N loss from the soil, and support to better plants growth. The purpose of this study was to determine the effect of neem (leaves and seeds) and rice husk biochar on the growth of red spinach plants. The research was conducted at the Experimental Garden of the Faculty of Agriculture, Udayana University, Soil and Environmental Biology Laboratory, and Agronomy and Horticulture Laboratory, Faculty of Agriculture, from May to October 2024. This study used a one-factor Completely Randomized Design consisting of 10 treatments, namely control (K), Urea (U), neem leaves (D), rice husk biochar (A), neem seeds (B), Urea + neem leaves (UD), Urea + neem seeds (UB), Urea + rice husk biochar (UA), Urea + neem leaves + rice husk biochar (UAD), and Urea + neem seeds + rice husk biochar (UAB) with each repeated 3 times, so there were 27 experimental units. The results showed that the tested treatment significantly affected the number of leaves and chlorophyll content. The Urea + rice husk biochar treatment had the highest number of leaves at 83.67 leaves and chlorophyll content of 34.87 SPAD-units compared to the control which had 60.33 leaves and chlorophyll content of 25.30 SPAD-units.

Keywords: red spinach, biochar, the agronomic efficiency of urea, neem

PENDAHULUAN

Bayam merah (*Amaranthus tricolor* L.) merupakan salah satu sayuran daun bernilai ekonomi yang dibudidayakan di Indonesia. Jenis sayuran ini tergolong bahan pangan bergizi karena mengandung beragam senyawa fungsional dan nutrisi yang penting bagi

kesehatan (Umakanta et al., 2024; Bala et al., 2019; Pradana et al., 2017). Nilai gizi, umur panen yang singkat, harga yang stabil, mudah dibudidayakan, kesesuaian agroklimat, dan penerimaan yang baik oleh masyarakat menjadi faktor utama yang mendukung berkembangnya budidaya bayam merah di

Indonesia (Nazaruddin, 2000; Hapsari, 2002). Tanaman bayam merah perlu dipupuk terutama dengan Urea sebagai sumber nitrogen untuk mencapai target produksi. Namun, efisiensi pupuk Urea diketahui sangat rendah pada kisaran 30 – 40% (Swify et al., 2024) karena sebagian besar N terutama nitrat hilang dari lingkungan perakaran tanaman antara lain melalui denitrifikasi, pencucian, immobilisasi, dan volatilisasi (Terman, 1980; Cameron et al., 2013). Kehilangan N dari solum tanah dalam proporsi yang tinggi dapat menimbulkan masalah lingkungan (Anas et al., 2020; Fenn dan Miyamoto, 1981). Beragam mitigasi kehilangan N dari dalam tanah telah diupayakan (Mahmud et al., 2021) terutama melalui teknologi pupuk dan teknologi pemupukan namun belum meningkatkan efisiensi pupuk Urea. Penggunaan bahan alami penghambat nitrifikasi untuk meningkatkan efisiensi agronomi Urea menjadi salah satu langkah yang disertakan dalam teknologi pemupukan (Swify et al., 2024; Aoife et al., 2022).

Beragam bahan alami diketahui potensial dalam menghambat nitrifikasi (Wang et al., 2021; Zaimenko et al., 2021) di antaranya adalah mimba dan biochar sekam padi yang cukup tersedia di Indonesia. Mimba (*Azadirachta indica* A.Juss) sering digunakan sebagai pestisida nabati dan bahan obat karena dampak toksisitas dan fisiologinya (Senthil-Nathan et al., 2009; Islas et al., 2020). Akan tetapi, sifat antimikroba (*Azadirachtin*) dan nimbin pada mimba dapat menghambat nitrifikasi dengan menekan pertumbuhan bakteri nitrifikasi (Zerulla et al., 2001; Chaves et al., 2006 Kumar et al., 2007; Wiharjaka et al., 2013). Mimba terbukti menurunkan secara nyata laju nitrifikasi, kadar nitrat tanah, dan kadar nitrat jaringan tetapi meningkatkan kadar ammonium jaringan tanaman selada serta memperbaiki pertumbuhan dan melindungi buah ciplukan (*Physalis angulata* L.) dari serangan hama (Sriraj et al., 2022; Nurca'na et al., 2022).

Disisi lain, biochar sekam padi tergolong salah satu biochar yang mudah dibuat dan bahan bakunya mudah diperoleh. Li et al. (2023) mengemukakan bahwa biochar sekam padi potensial digunakan sebagai bahan penjerap dalam proses remediasi tanah dan air. Biochar sekam padi mampu menjerap nitrat (Vo et al., 2021) dengan kapasitas jerapan 12.315 mg/g (Konneh et al., 2021). Kombinasi dari peranan mimba dan biochar sekam padi diduga dapat mengurangi kehilangan N dari dalam tanah melalui hambatan nitrifikasi sehingga meningkatkan pertumbuhan tanaman. Namun, penggunaannya pada beragam jenis tanaman budidaya termasuk bayam merah belum diketahui. Dalam penelitian ini diuji pengaruh daun dan biji mimba serta biochar sekam padi terhadap pertumbuhan tanaman bayam merah.

BAHAN DAN METODE

Tempat dan Waktu Percobaan

Percobaan dilakukan di Kebun Percobaan Fakultas Pertanian Universitas Udayana, Laboratorium Biologi Tanah dan Lingkungan, serta Laboratorium Agronomi dan Hortikultura Program Studi Agroekoteknologi Fakultas Pertanian. Penelitian dimulai pada bulan Mei – Oktober 2024. Bahan berikut digunakan dalam percobaan ini yaitu biochar sekam padi, bubuk daun mimba, bubuk biji mimba, butiran urea Mutiara, bibit bayam merah produksi Bintang Asia, tanah subur, dan polybag 25 cm x 25 cm. Alat yang digunakan yaitu pot tray, handsprayer, penggaris, timbangan digital, oven, kamera handphone, dan alat tulis.

Rancangan Percobaan

Percobaan didesain dengan Rancangan Acak Lengkap (RAL) satu faktor yang terdiri dari 10 perlakuan. Perlakuan yang diuji adalah kontrol (K), urea (U), daun mimba (D), biochar sekam padi (A), biji mimba (B), urea + daun mimba (UD), urea + biji mimba (UB),

urea + biochar sekam padi (UA), Urea + daun mimba + biochar sekam padi (UAD), dan urea + biji mimba + biochar sekam padi (UAB). Masing-masing perlakuan diulang 3 kali sehingga terdapat 30 satuan percobaan. Dosis perlakuan yang diuji adalah 112 kg/ha Urea (Susila, 2006), 25 ton/ha biochar sekam padi (Jehada et al., 2022), dosis mimba setara dengan 1.25 μg azadirachtin/g tanah (Sarawaneeyaruk et al., 2015)

Pelaksanaan Percobaan

Masing-masing 4 kg setara berat kering mutlak tanah lolos ayakan 2 mm ditempatkan dalam polybag sebagai media tanam. Bahan perlakuan dicampurkan merata di dalam media tanam sesuai dengan taraf perlakuan yang diuji. Tanah dikondisikan kapasitas lapang dengan penyiraman. Sejumlah 3 bibit seragam bayam merah berumur 2 minggu dengan dua helai daun sempurna ditanam dalam media tanam di masing-masing polybag. Penjarangan dilakukan seminggu setelah tanam dengan menyisakan 1 tanaman per polybag. Pemeliharaan dilakukan dengan penyiraman sampai tanaman siap panen pada umur 28 hari.

Pengukuran Parameter

Parameter pertumbuhan yang diukur pada masing-masing unit perlakuan adalah klorofil daun, bobot segar tajuk, bobot kering oven tajuk, dan jumlah daun. Pengukuran parameter dilakukan sebagai berikut.

1. Klorofil Daun (SPAD-Unit)

Jumlah klorofil daun diukur menggunakan *Chlorophyll Meter Soil Plant Analysis Development* (SPAD) 502 yang telah dikalibrasi. Satu daun dipilih secara acak dari setiap bagian untuk daun bagian bawah, tengah, dan atas, dan setiap daun diukur satu kali. Pengamatan dilakukan 27 jam sebelum panen.

2. Bobot Segar Tajuk (g)

Pengukuran bobot segar tajuk dilakukan dengan cara menimbang tanaman

bayam merah yang meliputi daun, tangkai dan batang dengan menggunakan timbangan digital. Pengukuran dilakukan saat panen.

3. Bobot Kering Oven Tajuk (g)

Pengukuran bobot kering oven tanaman bagian atas tanah dilakukan dengan menimbang berat kering tanaman bayam merah yang meliputi daun, tangkai daun, dan batang yang dioven pada suhu 70°C sampai tercapai berat kering konstan. Pengukuran dilakukan saat panen.

4. Jumlah Daun (helai)

Jumlah daun dihitung secara manual terhadap daun yang sudah terbuka penuh. Penghitungan dilakukan pada umur 7, 14, 21, dan 28 hss.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Klorofil Daun

Hasil analisis statistik menunjukkan bahwa perlakuan yang diuji berpengaruh sangat nyata pada variabel klorofil daun. Perlakuan Urea + bubuk biji mimba (UB) menghasilkan kadar klorofil tertinggi yaitu sebesar 34,87 SPAD-Unit, berbeda nyata dengan hampir semua perlakuan uji kecuali dengan perlakuan urea + arang sekam padi (UA yang (31,63). Gambar 1 menunjukkan perlakuan kontrol (K) menghasilkan kadar klorofil terendah yaitu sebesar 25,30 SPAD-Unit.

Bobot Segar Tajuk

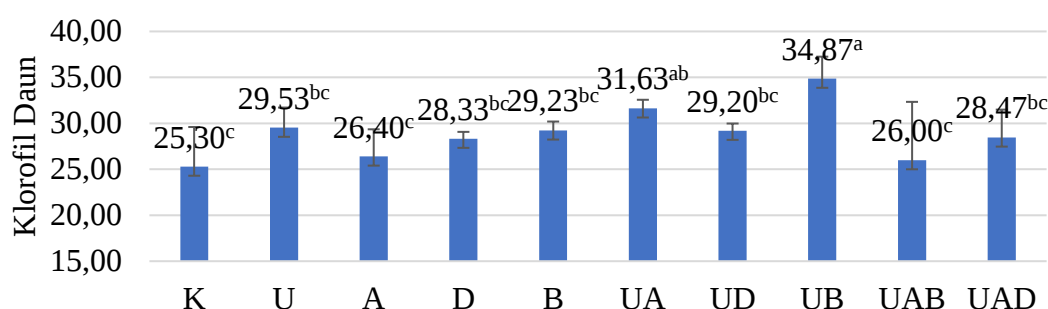
Hasil analisis memperlihatkan bahwa perlakuan yang diuji berpengaruh tidak nyata terhadap variabel berat segar tajuk. Perlakuan urea+biochar sekam padi (UA) memiliki berat segar tertinggi yaitu sebesar 66,67 g yang berbeda tidak nyata dengan perlakuan urea (U) yaitu 58,67 g, urea+biochar sekam padi+serbuk biji mimba (UAB) yaitu 54,33 g, serbuk biji mimba (B) yaitu 50,00 g, urea+serbuk daun mimba (UD) yaitu 46,33 g, dan biochar sekam padi (UA) yaitu 43,67 g. Tabel 1 menunjukkan, perlakuan serbuk daun

mimba (D) menghasilkan berat segar tajuk terendah yaitu sebesar 23,67 g.

Bobot Kering Oven Bagian Atas Tanaman

Berat kering tajuk tidak dipengaruhi oleh perlakuan yang diuji dalam penelitian ini (Tabel 1). Perlakuan urea + biochar sekam padi (UA) memiliki berat kering tajuk tertinggi yaitu sebesar 7,99 g, berbeda tidak nyata dengan semua taraf perlakuan lainnya seperti urea+biochar sekam padi+serbuk biji

mimba (UAB) yaitu 7,10 g, biochar sekam padi (A) yaitu 6,56 g, serbuk biji mimba (B) yaitu 6,19 g, urea+serbuk daun mimba (UD) yaitu 5,60 g, urea (U) yaitu 5,30 g, kontrol (K) yaitu 5,50 g, urea+serbuk biji mimba (UB) yaitu 4,86 g, dan perlakuan urea+biochar sekam padi+ serbuk daun mimba (UAD) yaitu 3,83 g. Perlakuan serbuk daun mimba (D) memiliki nilai terendah yaitu sebesar 2,71 g.



Gambar 1. Kandungan Klorofil Daun, Kontrol (K); urea (U); biochar sekam padi (A); serbuk daun mimba (D); serbuk biji mimba (B); urea+biochar sekam padi (UA); urea+serbuk daun mimba (UD); urea+serbuk biji mimba (UB); urea+biochar sekam padi+serbuk biji mimba (UAB); urea+biochar sekam padi+serbuk daun mimba (UAD)

Tabel 1. Pengaruh Pemberian Tindakan terhadap Variabel Bobot Segar Tajuk dan Bobot Kering Tajuk Bayam Merah

Tindakan	Variabel	
	Bobot Segar Tajuk	Bobot Kering Tajuk
K	33,00 (5,42) bc	5,50 (2,29) ab
U	58,67 (7,52) ab	5,30 (2,39) ab
A	43,67 (6,64) abc	6,56 (2,66) a
D	23,67 (4,91) c	2,71 (1,79) b
B	50,00 (7,10) abc	6,19 (2,58) ab
UA	66,67 (8,18) a	7,99 (2,90) a
UD	46,33 (6,78) abc	5,60 (2,46) ab
UB	32,67 (5,67) bc	4,86 (2,26) ab
UAB	54,33 (7,23) abc	7,10 (2,69) a
UAD	33,33 (5,81) bc	3,83 (2,08) ab
BNT 5%	2,34	0,86

Keterangan: Kontrol (K); urea (U); biochar sekam padi (A); serbuk daun mimba (D); serbuk biji mimba (B); urea+biochar sekam padi (UA); urea+serbuk daun mimba (UD); urea+serbuk biji mimba (UB); urea+biochar sekam padi+serbuk biji mimba (UAB); urea+biochar sekam padi+serbuk daun mimba (UAD), data di dalam kurung merupakan hasil dari transformasi menggunakan rumus transformasi akar kuadrat.

Jumlah Daun (helai)

Penghitungan jumlah daun dilakukan setiap minggu terhadap seluruh satuan percobaan dalam penelitian ini. Hasil analisis statistik menyatakan bahwa perlakuan uji berpengaruh nyata terhadap jumlah daun tanaman bayam merah. Pada waktu menjelang masa panen (minggu ke-III dan minggu ke IV), urea+ biochar sekam padi (UA) memiliki jumlah daun tertinggi yaitu sebesar 51,67 helai pada minggu ke-III, dan 83,67 helai pada minggu ke-IV (Gambar 2).

Berdasarkan Gambar 2, perlakuan urea+biochar sekam padi (UA) memiliki jumlah daun tertinggi, disusul oleh perlakuan urea (U) dengan jumlah daun sebanyak 68,67 helai. Tindakan urea+biochar sekam padi berlainan semu dengan tindakan urea (68,67 helai), kontrol (60,33 helai), urea+serbuk daun mimba (59,33 helai), urea+biochar sekam padi+serbuk biji mimba (59,33 helai). Tindakan serbuk daun mimba memiliki jumlah daun terendah sejumlah 21,33 helai pada minggu ke-III, dan 30,67 helai pada minggu ke-IV.

Perlakuan yang diuji dalam penelitian berpengaruh nyata pada variabel klorofil daun dan jumlah helaian daun. Nitrogen yang terkandung di dalam pupuk urea berperan penting dalam proses pembentukan senyawa seperti asam nukleat, protein, enzim, hormon, serta klorofil daun (Yama dan Katiko, 2019). Klorofil adalah suatu zat yang sangat penting bagi keberlangsungan hidup tanaman, karena fungsi dari klorofil untuk menangkap energi cahaya matahari yang dimanfaatkan dalam pembentukan energi (ATP), dan juga karbohidrat (Dharmadewi, 2020). Perlakuan pupuk urea yang dikombinasikan dengan serbuk biji mimba memiliki kandungan klorofil tertinggi yaitu sebesar 34,87 SPAD-unit, namun berbeda tidak nyata dengan perlakuan urea yang dikombinasikan dengan biochar sekam padi. Hasil penelitian ini sejalan dengan Soepriyanto *et al.* (2021) yang menyatakan bahwa pemberian jenis pupuk

urea dibandingkan dengan jenis pupuk yang lain seperti pupuk NPK mutiara, pupuk cair bagi tani, dan pupuk organik memberikan hasil kandungan klorofil tertinggi pada tanaman kacang tanah. Pemberian urea yang dikombinasikan dengan serbuk biji mimba memiliki kandungan klorofil tertinggi, sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Muchlis (2021) yang menyatakan bahwa pemberian dosis bungkil biji mimba 50 g per 3 kg tanah memiliki kandungan klorofil daun tertinggi yaitu sebesar 83,48 CCI pada tanaman cabai merah. Penambahan biji mimba juga mempengaruhi peningkatan kadar N-serapan pada tanaman cabai.

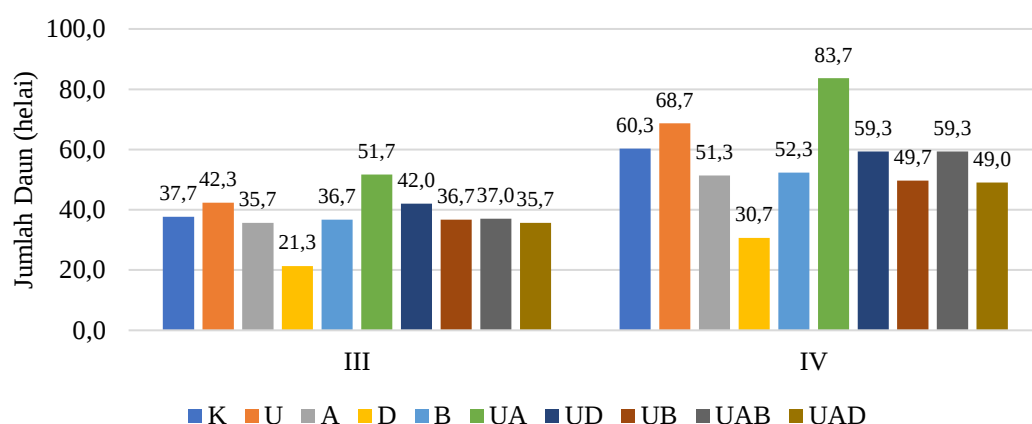
Klorofil daun berkorelasi positif ($r=0,140$ ns) dengan jumlah helai daun yang berarti semakin banyak kandungan klorofil dapat meningkatkan jumlah helaian daun. Klorofil pada daun dapat meningkatkan laju fotosintesis, sehingga fotosintat yang dihasilkan juga akan semakin meningkat. Fotosintat yang dihasilkan oleh proses fotosintesis selanjutnya digunakan oleh tanaman untuk perkembangan sel dan jaringan termasuk daun sehingga jumlah helaian daun bertambah. Unsur hara N merupakan unsur hara makro yang berperan penting dalam proses pertumbuhan vegetatif tanaman. Perlakuan urea yang ditambah dengan biochar sekam padi memiliki jumlah daun yang tertinggi pada minggu ke-III dan minggu ke-IV yaitu sebanyak 83,67 helai. Sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Kogoya *et al.* (2018) yang menyatakan penggunaan pupuk urea dapat meningkatkan jumlah daun dibandingkan dengan kontrol. Pembentukan daun tumbuhan dipengaruhi oleh kecepatan plastokron (interval pemunculan daun muda) dan filokron (kemunculan helaian daun), semakin tinggi kecepatan kedua proses tersebut semakin banyak daun yang akan muncul. Kecepatan terbentuknya plastokron dan filokron dipengaruhi oleh unsur hara Nitrogen yang tersedia di dalam tanah. Biochar sekam padi

yang ditambahkan ke dalam campuran pupuk urea berfungsi sebagai penahan ion-ion ammonia agar tidak mudah mengalami denitrifikasi, sehingga kadar N-tersedia tanah semakin banyak (Wijaya et al., 2022).

Hubungan antara jumlah daun dan berat segar dan berat kering bagian atas tanaman berkorelasi positif ($r = 0,855^{**}$) ($r = 0,784^{**}$) dan berpengaruh sangat nyata, yang berarti bahwa semakin banyak jumlah daun maka semakin besar berat segar serta berat kering tanaman. Perlakuan urea dan biochar sekam padi sama-sama memperlihatkan hasil yang tertinggi di antara kedua variabel tersebut. Tanaman masih memerlukan unsur hara guna menambah jumlah dan memperbesar sel tanaman, selain unsur hara, kadar air dalam sel juga mempengaruhi berat segar sel (Lahadassy, 2007). Berat segar tanaman sangat dipengaruhi oleh kandungan air di

dalam sel. Air yang terkandung di dalam sel berperan dalam menjaga tekanan turgid sel, sehingga sel yang turgidnya tinggi akan membesar dan menambah berat segar tanaman.

Berat kering dapat dijadikan parameter pertumbuhan dan perkembangan tanaman karena berat kering merupakan akumulasi material organik yang berasal dari hasil fotosintesis tanaman. Perlakuan urea yang ditambahkan biochar sekam padi memiliki berat kering tanaman tertinggi. Urea menyediakan unsur hara N sedangkan biochar sekam padi mencegah nitrifikasi sehingga N-urea lebih banyak dalam bentuk ammonium yang bisa diserap oleh tanaman dan juga dijerap oleh koloid tanah. Laju fotosintesis yang tinggi disebabkan oleh tersedianya unsur hara nitrogen yang tinggi di dalam tanah.



Gambar 2. Jumlah Daun Minggu ke-III dan ke-IV, Kontrol (K); urea (U); biochar sekam padi (A); serbuk daun mimba (D); serbuk biji mimba (B); urea+biochar sekam padi (UA); urea+serbuk daun mimba (UD); urea+biochar sekam padi+serbuk biji mimba (UAB); urea+biochar sekam padi+serbuk daun mimba (UAD)

SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan uraian di atas, maka dapat ditarik kesimpulan bahwa pemberian pupuk urea yang dicampur dengan biochar sekam padi akan memberikan hasil yang nyata lebih tinggi pada jumlah daun,

tetapi tidak berpengaruh pada variabel berat segar dan berat kering. Pemberian urea dan biochar sekam padi memberikan hasil yang terbaik pada variabel jumlah daun, berat segar, dan berat kering bagian atas tanaman bayam merah.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih Rektor dan Ketua Lembaga Penelitian Universitas Udayana yang telah memberikan pendanaan penelitian melalui skema Penelitian Unggulan Udayana pada tahun 2024.

DAFTAR PUSTAKA

- Anas, M.; Liao, F., Verma, K.K., Sarwar, M.A., Mahmood, A., Chen, Z.L., Li, Q.; Zeng, X.P., Liu, Y., and Li, Y.R. 2020. Fate of Nitrogen in Agriculture and Environment: Agronomic, Eco-Physiological and Molecular Approaches to Improve Nitrogen Use Efficiency. *Biol. Res.* 53: 1–20.
- Aoife M. Duff, Patrick Forrestal, Israel Ikoyi, Fiona Brennan. 2022. Assessing the long-term impact of urease and nitrification inhibitor use on microbial community composition, diversity and function in grassland soil. *Soil Biology and Biochemistry* 170 : 108709
- Bala, VC., Mohd. Avid, Punet Kumar, and Sangam. 2019. A review on *Amaranthus Tricolor* as A Traditional Medicinal Plant. *World Journal of Pharmaceutical Research* 8 (11): 226-237.
- Cameron, K.C.; Di, H.J.; Moir, J.L. 2013. Nitrogen Losses from the Soil/Plant System: A Review. *Ann. Appl. Biol.*, 162, 145–173.
- Chaves B, Opoku A, De Neve S, Boeckx P, Van Cleemput O, Hofman G. 2006. *Influence of DCD and DMPP on soil n dynamics after incorporation of vegetable crop residues. Biol Fertil Soils.* 43:62–8. doi: 10.1007/s00374-005-0061-6.
- Dharmadewi, A. A. I. M. 2020. Analisis Kandungan Klorofil Pada beberapa Jenis Sayuran Hijau Sebagai Alternatif Bahan Dasar Food Supplement. *Jurnal Emasains.* 9(2): 171-176. DOI: 10.5281/zenodo.4299383.
- Fenn, L.B.; Miyamoto, S. 1981. Ammonia Loss and Associated Reactions of Urea in Calcareous Soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 1981, 45, 537–540.
- Islas, JF, Ezeiza Acosta, Zuca G-Buentello, Juan Luis Delgado-Gallegos, María Guadalupe Moreno-Treviño, Bruno Escalante, Jorge E. Moreno-Cuevas. 2020. An overview of Neem (*Azadirachta indica*) and its potential impact on health, *Journal of Functional Foods*, 74, 104171, ISSN 1756-4646, <https://doi.org/10.1016/j.jff.2020.104171>.
- Jehada, W. I Gusti Ayu Diah Yuniti, Farida Hanum, I Ketut Sumantra. 2022. Aplikasi Biochar Sekam Padi Terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Sawi (*Brassica Juncea* L.). *Agrofarm* 1(2):34-40
- Kogoya, T., I. P. Dharma, I. N. Sutedja. 2018. Pengaruh Pemberian Dosis Pupuk Urea terhadap Pertumbuhan Tanaman Bayam Cabut Putih (*Amaranthus tricolor* L.). *Jurnal Agroteknologi Tropika.* 7(4): 575-584.
- Konneh, M., Simon M. Wandera, Sylvia I. Murunga, James M. Raude. 2021. Adsorption and desorption of nutrients from abattoir wastewater: modelling and comparison of rice, coconut and coffee husk biochar. *Heliyon*, Volume 7, Issue 11, 2021, e08458, ISSN 2405-8440, <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e08458>.
- Kumar, R., C. Devakumar, V. Sharma, G. Kakkar, D. Kumar, P. Panneerselvam. 2007. Influence of physicochemical parameters of neem (*Azadirachta indica* A Juss) oils on nitrification inhibition in soil. *J. Agr. Food Chem. J.*, 55 (4) (2007), pp. 1389-1393
- Lahadassy, J. 2007. Pengaruh Dosis Pupuk Organik Cair terhadap Tanaman. Jakarta
- Li, Z. Zhiwei Zheng, Hongcheng Li, Dong Xu, Xing Li, Luoqing Xiang, and Shuxin Tu. 2023. Review on Rice Husk Biochar as an Adsorbent for Soil and Water Remediation. *Plants* 12(7), 1524; <https://doi.org/10.3390/plants12071524>
- Mahmud, K., Dinesh Panday, Anaas Mergoum, and Ali Missaoui. 2001.

- Nitrogen Losses and Potential Mitigation Strategies for a Sustainable Agroecosystem. *Sustainability*, 13(4), 2400; <https://doi.org/10.3390/su13042400>
- Muchlis, A. Z. 2021. *The Effects of Various Doses of Azadirachta indica A. Juss. Seed Cake against Aphis gossypii (Glover) and Growth Characters of Red Chili Plants (Capsicum annum L.)*. *Jurnal Cropsaver*. 4(1): 15-26.
- Murca'na, Linnaninengseh, Abd. Jamal. 2022. Pengaruh Pemberian Kombinasi Ekstrak Daun Mimba dan Waktu Pemberian terhadap Pertumbuhan dan Produksi Tanaman Ciplukan *Physalis angulata L.* *Jurnal Agroterpadu*: 1 (1), ISSN : 2829-6168 DOI: 10.35329/ja.v1i1.2813
- Pradana, D. A., D. W. Dwiratna, S. Widyarini. 2017. Aktivitas Ekstrak Etanolik Bayam Merah (*Amaranthus tricolor L.*) Terstandar sebagai Upaya Preventif Steatosis: Studi in Vivo. *Jurnal Sains Farmasi dan Klinis*. 3(2):120-127.
- Sarawaneeyaruk S, Krajangsang S, Pringsulaka O. 2015. The effects of neem extract and azadirachtin on soil microorganisms. *J Soil Sci Plant Nutr* 15 (4):1071–83. doi: 10.4067/S0718-95162015005000075
- Senthil-Nathan, S., Man-Young Choi, Chae-Hoon Paik, Hong-Yul Seo, Kandaswamy Kalaivani. 2009. Toxicity and physiological effects of neem pesticides applied to rice on the *Nilaparvata lugens* Stål, the brown planthopper, *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 72 (6): 1707-1713, ISSN 0147-6513, <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2009.04.024>. (<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0147651309000931>)
- Soepriyanto, S., Sulistyawati, R. T. Purnamasari. 2021. Pengaruh Pemberian Berbagai Jenis Pupuk Nitrogen Terhadap Jumlah Klorofil Daun Kacang Tanah. *Jurnal Agroteknologi Merdeka Pasuruan*. 5(1):23-31.
- Sriraj, P., Banyong Toomsan dan Somchai Butnan. 2022. *Hortikultura*, 8 (12), 1104; <https://doi.org/10.3390/horticulturae8121104>
- Susila, AD. 2006. Panduan Budidaya Tanaman Sayuran. Departemen Agronomi dan Hortikultura, Fakultas Pertanian IPB. Pp. 68.
- Swify, S., Mažeika, R., Baltrusaitis, J., Drapanauskaite, D., and Barčauskaite, K. 2024. Review: Modified Urea Fertilizers and Their Effects on Improving Nitrogen Use Efficiency (NUE). *Sustainability*, 16, 188. <https://doi.org/10.3390/su16010188>
- Terman, G.L. 1980. Volatilization Losses of Nitrogen as Ammonia from Surface-Applied Fertilizers, Organic Amendments, and Crop Residues. *Adv. Agron.*, 31: 189–223
- Umakanta Sarker, Shinya Oba, Riaz Ullah, Ahmed Bari, Sezai Ercisli, Sona Skrovankova, Anna Adamkova, Magdalena Zvonkova, and Jiri Mlcek. 2024. Nutritional and bioactive properties and antioxidant potential of *Amaranthus tricolor*, *A. lividus*, *A. viridis*, and *A. spinosus* leafy vegetables, *Heliyon*, Volume 10, Issue 9, e30453, ISSN 2405-8440, <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e30453>.
- Vo, T. M. T., Nguyen, T. C., Nguyen, L. N. H., Nguyen, M. K., Nguyen, N. P., Pham, T. A. N., Tran, T. A., Nguyen, T. H. N., & Nguyen, T. D. 2021. Adsorption of ammonium, nitrite, and nitrate onto rice husk biochar for nitrogen removal. *Ho Chi Minh City Open University Journal of Science – Engineering and Technology*, 11(1): 29-43. doi:10.46223/HCMCOUJS.tech.en.11.1.1622.2021
- Wang, X. Junhong Bai, Tian Xie, Wei Wang, Guangliang Zhang, Shuo Yin, Dawei Wang. 2021. Effects of biological nitrification inhibitors on nitrogen use efficiency and greenhouse gas emissions in agricultural soils: A review, *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 220: 112338, ISSN 0147-6513,

- <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2021.112338>
- Wihardjaka, A., S. Djalal Tandjung, B. Hendro Sunarminto, and Eko Sugiharto. 2013. Improvement of nitrogen fertilizer efficiency with nitrification inhibitors in lowland rice. *Pakistan J. Biol. Sci.* 2(4): 1184-1187
- Wijaya, A. G., Noertjahyani, A. S. Mulya. 2022. Pengaruh Dosis Pupuk Nitrogen dan Kalium terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Pakcoy (*Brassica rapa* subsp. *chinensis*). *OrchidAgro.* 2(1):5-12
- Zaimenko, NV., Bogdana O. Ivanytska, Nataliya P. Didyk and Iryna P. Kharytonova. 2021. Use of Siliceous Minerals as Natural Nitrification Inhibitors. *Biol. Life Sci. Forum*, 4(1), 38;
<https://doi.org/10.3390/IECPS2020-08744>
- ZerullaW, Erhardt K, PasdaG, Dressel J, Barth T, von Locquenghien KH, *et al.* 2001. *DMPP (3,4-dimethylpyrazole phosphate): A new nitrification inhibitor for agriculture and horticulture. Biol Fertil Soil* 34:79–84. doi: 10.1007/s003740100380.