

PERANAN KONSORSIUM BAKTERI ENDOFIT PADA KARAKTER PERAKARAN DAN HASIL PADI PADA BERBAGAI DOSIS NITROGEN DAN PHOSPHOR DI LAHAN SUBOPTIMAL TADAH HUJAN

Achmad Fatchul Aziez ^{1*)}, Agus Budiyo ¹⁾, Wiyono, ¹⁾, Siti Mardhika Sari ¹⁾, Azis Ramdani ¹⁾, Paiman ²⁾, Okti Purwaningsih ²⁾

1) Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Tunas pembangunan, Surakarta
Jl. Balekambang Lor No. 1, Surakarta 57139

2) Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas PGRI Yogyakarta
Jl. Sonosewu No.117, Sonosewu, Ngestiharjo, Kec. Kasihan, Kabupaten Bantul, Daerah Istimewa
Yogyakarta 55182

Email: achmad.aziez@lecture.utp.ac.id

Submitted : 23 Agustus 2024

Approved : 30 Agustus 2024

Accepted : 30 September 2024

ABSTRAK

Padi (*Oryza sativa* L) merupakan komoditas tanaman pangan yang menghasilkan beras dan memegang peranan penting dalam kehidupan ekonomi Indonesia. Tanaman padi biasanya ditanam di lahan sawah baik irigasi maupun tadah hujan. Lahan sawah tadah hujan memiliki karakter kandungan unsur hara yang rendah, sehingga memerlukan pemupukan yang cukup banyak. Untuk mengurangi ketergantungan pada pupuk kimia, diperlukan pengembangan teknologi di bidang pertanian, termasuk penggunaan bakteri endofit. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menentukan kontribusi konsorsium bakteri endofit terhadap perakaran dan hasil padi pada berbagai dosis nitrogen dan fosfor di lahan suboptimal tadah hujan. Penelitian ini menggunakan Rancangan Kelompok Lengkap faktorial. Penelitian ini terdiri dari 2 faktor yang diulang sebanyak 3 kali. Faktor pertama adalah pupuk nitrogen dengan 4 taraf, yaitu tanpa urea, 100 kg/ha urea, 200 kg/ha urea, dan 300 kg/ha urea. Faktor kedua adalah pupuk fosfor dengan 4 taraf, yaitu tanpa fosfor, 80 kg/ha fosfor, 160 kg/ha fosfor, dan 240 kg/ha fosfor. Parameter yang diamati meliputi berat segar akar, berat kering akar, volume akar, panjang akar, diameter akar, luas permukaan akar, berat 1000 gabah, berat gabah per tanaman, dan berat gabah per petak. Hasil penelitian menunjukkan bahwa berbagai dosis nitrogen, dosis fosfor, maupun interaksi antara dosis nitrogen dan dosis fosfor tidak berpengaruh terhadap semua parameter yang diamati. Kesimpulan dari penelitian ini adalah pemberian konsorsium bakteri endofit dapat mengurangi penggunaan pupuk nitrogen dan fosfor pada lahan sawah tadah hujan.

Kata Kunci : fosfor, hasil, konsorsium bakteri endofit, nitrogen, perakaran

ABSTRACT

Rice (*Oryza sativa* L) is a crucial food crop in Indonesia and plays a vital role in the country's economy. It is difficult to replace with other staple crops. However, rainfed rice fields often have low nutrient content, necessitating significant fertilization. To reduce dependence on chemical fertilizers, agricultural technology, such as the utilization of endophytic bacteria is necessary. The objective of this study was to assess how an endophytic bacterial consortium contributes to the rooting and yield of rice in suboptimal rainfed land under varying nitrogen and phosphorus doses. The research was conducted in Demangan Village, Sambu District, Boyolali Regency from March 2023 to June 2023 using a factorial Complete Group Design, with three repetitions. The first factor examined was N fertilizer, with four levels: no urea, 100 kg/ha urea, 200 kg/ha urea, and 300 kg/ha urea. The second factor was P fertilizer, also with four levels: no phosphorus, 80 kg/ha phosphorus, 160 kg/ha phosphorus, and 240 kg/ha phosphorus. The parameters observed included fresh root weight, dry root weight, root volume, root length, root diameter, root surface area, weight of 1000 grains, grain weight per plant, and grain weight per plot. The results indicated that the different nitrogen and phosphorus doses, as well as their interaction, did not affect any of the observed parameters. Thus, it can be concluded that the use of an endophytic bacterial consortium can reduce the requirement for nitrogen and phosphorus fertilizers in rainfed rice fields.

Keywords: endophytic bacterial consortium, nitrogen, phosphorus, roots, yield

PENDAHULUAN

Padi adalah tanaman pangan yang penting bagi ekonomi Indonesia karena menghasilkan beras. Beras merupakan makanan pokok yang sulit digantikan oleh makanan lain. Tanaman padi membutuhkan banyak unsur hara makro seperti nitrogen (N), fosfor (P), dan belerang (S). Tanaman

mendapatkan energi untuk menyerap unsur hara melalui respirasi dari karbohidrat yang dihasilkan melalui fotosintesis. Oleh karena itu, faktor-faktor yang mempengaruhi laju fotosintesis juga akan mempengaruhi penyerapan unsur hara dalam tanaman (Messig & Groß, 2018).

Ketersediaan nitrogen dalam tanah merupakan faktor kunci dalam mendukung pertumbuhan dan perkembangan padi. Meskipun udara mengandung sekitar 78% nitrogen dalam bentuk gas N₂, tanaman tidak dapat menggunakannya secara langsung karena tidak aktif. Oleh karena itu, pupuk nitrogen selalu ditambahkan dalam produksi tanaman (Hindersah et al., 2021). Fosfor sangat penting bagi pertumbuhan dan produksi tanaman. Pada tanaman padi, unsur fosfor (P) merangsang pertumbuhan akar, memicu pembungaan dan pematangan buah, serta meningkatkan pembentukan anakan yang membantu tanaman pulih dan beradaptasi lebih cepat saat mengalami cekaman (Shamuyarira et al., 2022).

Tanaman banyak ditanam di lahan sawah tadah hujan, padahal lahan sawah tadah hujan memiliki kandungan nutrisi yang rendah, terutama nitrogen dan fosfor. Untuk mengatasi kekurangan nutrisi, terutama N dan P, diperlukan teknologi pertanian yang melibatkan penggunaan bakteri endofit (Desriani et al., 2013; Yanti et al., 2015). Pengaruh bakteri endofit terhadap produksi tanaman padi yang terinfeksi terjadi karena bakteri ini dapat menyediakan faktor-faktor yang diperlukan oleh tanaman saat terjadi infeksi. (Backman & Sikora, 2008) melaporkan bahwa bakteri endofit yang terdapat di dalam jaringan tanaman dapat memperbaiki pertumbuhan tanaman, memproduksi zat pemacu tumbuh, memfiksasi nitrogen, memobilisasi fosfat, dan berperan dalam kesehatan tanaman (Mbai et al., 2013). Menurut (Khan et al., 2020), bakteri endofit memainkan peran penting dalam adaptasi tanaman dan peningkatan kualitas tanah.

Bakteri endofit berperan penting dalam kesehatan dan perkembangan tanaman dengan meningkatkan penyerapan nutrisi, memodulasi pertumbuhan, dan meningkatkan toleransi terhadap stres. Bakteri juga dapat melindungi tanaman dari berbagai tekanan, seperti kekeringan, suhu rendah, dan salinitas (Afzal et al., 2019) Bakteri endofit memainkan peran penting dalam pertanian dan kelestarian lingkungan. Bakteri ini tinggal di dalam jaringan tanaman tanpa menyebabkan penyakit dan dapat memberikan berbagai manfaat, termasuk peningkatan pertumbuhan tanaman. Bakteri endofit dapat memproduksi fitohormon seperti giberelin yang meningkatkan pertumbuhan tanaman (Uma Sowjanya et al., 2024).

Endofit dapat membantu tanaman bertahan dari faktor stres biotik dan abiotik, sehingga mengurangi kerugian hasil panen (Mengistu, 2020). Bakteri ini mendiami berbagai bagian tanaman dan secara sistematis berkoloni di dalamnya, menyediakan manfaat di berbagai tahap pertumbuhan tanaman. Endofit memainkan peran dalam menginduksi sistem pertahanan tanaman dan kadang-kadang mensintesis metabolit sekunder yang bertindak sebagai antibiotik terhadap patogen (Pandey et al., 2017). Endofit merupakan sumber potensial dari produk-produk alami yang baru dan ramah lingkungan, yang dapat digunakan untuk keperluan kedokteran, pertanian, dan industri (Sahoo et al., 2018).

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui kontribusi konsorsium bakteri endofit pada perakaran dan hasil padi pada berbagai dosis nitrogen dan phosphor di lahan suboptimal tadah hujan.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Kelompok Lengkap (RAKL) faktorial dengan 2 faktor yang diulang sebanyak 3 kali. Faktor pertama adalah pupuk N dengan 4 taraf yaitu tanpa urea (N0), 100 kg/ha urea (N1), 200 kg/ha urea (N2), dan 300 kg/ha urea (N3). Faktor kedua adalah pupuk P dengan 4 taraf yaitu tanpa Fosfor (P0), 80 kg/ha Fosfor (P1), 160 kg/ha Fosfor (P2), dan 240 kg/ha Fosfor (P3). Penelitian ini dilaksanakan di Desa Demangan, Kecamatan Sambu, Kabupaten Boyolali pada ketinggian ± 130 mdpl dengan tanah Regosol dari bulan Maret 2023 hingga Juni 2023.

Bahan yang digunakan meliputi benih padi varietas mekongga, air, tali rafia, label, pupuk nitrogen, dan pupuk fosfor. Alat yang digunakan meliputi meteran, bambu jarak tanam, gunting, alat tulis, penggaris, cangkul, ember, baskom, timbangan, papan nama perlakuan, dan bambu. Parameter perakaran yang diamati meliputi berat segar akar, berat kering akar, volume akar, panjang akar, diameter akar, luas permukaan akar. Parameter komponen hasil yang diamati meliputi berat 1000 gabah, berat gabah per tanaman, dan berat gabah per petak

Diameter akar didapat setelah mengukur luas permukaan akar, dibaca luas proyeksi akar pada kedudukan tombol area dengan asumsi akar berbentuk silindris, maka luas proyeksi akar = 2RP. R adalah jari-jari, P adalah luas akar dan perhitungan tersebut diperoleh nilai R. Diameter akar adalah luas kulit silinder tanpa tutup dikedua ujung akar yaitu 32 keliling dikalikan panjang akar = 12 πRP. Dari pengamatan ini juga diperoleh nilai diameter akar rata-rata yaitu 2R.

Data dianalisis dengan sidik ragam 5% dan 1%, apabila berbeda nyata antar perlakuan, maka di lakukan uji lanjut menggunakan Uji Duncan Multiple Range Test (DMRT) dengan taraf 5% .

HASIL DAN PEMBAHASAN

Lahan sebelum digunakan untuk penelitian, tanah terlebih dahulu diuji untuk mengetahui kandungan C organik, bahan organik, N total, P tersedia, K tertukar dan pH tanah. Berdasarkan uji laboratorium, kandungan C organik 1,34%, bahan organik 2,28%, N total 0,22%, P₂O₅ tersedia 9,49 ppm, K tertukar 0,28 me% dan pH 6,52 (Tabel 1.). C organik, bahan organik, N total, P₂O₅, dan K tertukar, semuanya pada kategori rendah.

Tabel 1. Analisis tanah sebelum penelitian

Jenis Analisis	Method	Rerata
C Organik (%)	Walkey & Black	1,34
Bahan Organik (%)	Walkey & Black	2,28
N Total (%)	Kjeldhal	0,22
P ₂ O ₅ Tersedia (ppm)	Bray II	9,49
K tertukar (me %)	Ekstrasi Am.Acetat	0,28
pH	Elektrode glass	6,52

Sumber : Laboratorium Kimia dan Kesuburan Tanah, FP Universitas Sebelas Maret, Surakarta.

Tabel 2. Analisis varian parameter komponen perakaran dan komponen hasil

No.	Perlakuan	Perlakuan		
		Nirogen (N)	Fosfor (P)	N x P
Komponen perakaran:				
1.	Berat segar akar	1,30 ns	0,63 ns	0,59 ns
2.	Berat kering akar	1,52 ns	4,21 ns	5,54 ns
3.	Volume akar	6,64 ns	17,39 ns	0,79 ns
4.	Panjang akar	0,73 ns	0,36 ns	0,65 ns
5.	Diameter akar	0,87 ns	3,40 ns	0,49 ns
6.	Luas permukaan akar	0,43 ns	0.15 ns	0,72 ns
Komponen Hasil:				
1.	Berat 1000 gabah	1,39 ns	0,35 ns	0,72 ns
2.	Berat gabah per tanaman	0,22 ns	0,89 ns	1,22 ns
3.	Berat gabah per petak	0,62 ns	0,85 ns	0,20 ns

Keterangan : ns = tidak berbeda nyata

Berdasarkan analisis keragaman (Tabel 2.) menunjukkan bahwa pengaruh perbedaan dosis nitrogen, dosis fosfor maupun interaksi antara dosis nitrogen dengan dosis fosfor tidak menyebabkan perbedaan pada semua parameter yang diamati. Hal ini diduga adanya peranan dari konsorsium bakteri endofit yang diberikan pada saat *seed treatment dan soil treatment* yang mengakibatkan tidak adanya perbedaan. Konsorsium bakteri mengandung mikroorganisme tanah yang unggul, bermanfaat untuk meningkatkan kesuburan tanah sebagai hasil proses biokimia tanah. Pemberian mikro bakteri yang dikombinasi dengan pupuk kimia, pupuk kandang atau kompos akan sangat baik untuk meningkatkan produktivitas lahan sehingga hasil pertanian akan meningkat baik mutu maupun jumlah hasil panennya. Komposisi konsorsium bakteri itu sendiri terdiri dari berbagai macam bakteri yang bermanfaat dalam proses pertumbuhan tanaman. Jenis bakteri yang terkandung didalamnya terdiri dari *Azotobacter sp.*, *Azospirillum sp.*, *Bacillus sp.*, *Pseudomonas sp* dan *Cytophaga sp.*(Numan et al., 2018).

Parameter Perakaran Tanaman Padi

Berdasarkan Tabel 3, berat segar akar, berat kering akar, dan volume akar tidak ada perbedaan pada berbagai dosis Nitrogen, dosis pupuk Phosphor, maupun interaksi dosis Nitrogen dengan dosis Phosphor. Tidak adanya perbedaan ketiga parameter ini karena adanya keterkaitan antara berat segar akar, berat kering akar maupun volume akar. Semakin meningkat berat segar akar, maka semakin meningkat pula berat kering akar maupun volume akar apabila faktor lainnya dalam keadaan optimum.

Tabel 3. Pengaruh dosis nitrogen dan phosphor yang diaplikasikan konsorsium bakteri endofit pada sawah tadah hujan.

	Parameter Perakaran		
	Berat segar akar (g)	Berat kering akar (g)	Volume akar (cm ³)
N0P0	26,493	1,4167	14,777
N0P1	24,443	0,8767	17,223
N0P2	25,057	1,4000	19,777
N0P3	23,210	0,7767	20,443
N1P0	27,537	0,7200	16,667
N1P1	22,580	0,9633	18,330
N1P2	31,547	3,2333	19,557
N1P3	31,773	1,1533	20,887
N2P0	27,203	1,3333	17,777
N2P1	28,410	1,6167	19,663
N2P2	27,130	1,1267	20,890
N2P3	28,107	1,0267	21,557
N3P0	27,517	1,1700	19,110
N3P1	27,437	1,5900	20,667
N3P2	29,453	0,9533	20,113
N3P3	30,040	1,1133	22,000

Berat kering akar mewakili pertumbuhan organ tanaman yang berada di bawah permukaan tanah, yang mempengaruhi perkembangan organ di atasnya. Tumbuhan dianggap memiliki sistem *rooting* yang baik jika mereka memiliki akar kering yang baik rasio berat / mahkota. Berat kering akar juga mewakili jumlah asimilasi itu didistribusikan ke sistem rooting. Hasil asimilasi yang diproduksi oleh mahkota tanaman akan diedarkan ke seluruh tubuh tanaman melalui jaringan pengangkut.

Volume akar sangat mempengaruhi dalam proses akar menyerap kebutuhan air dan unsur hara untuk kelangsungan hidup tanaman. Volume akar dipengaruhi oleh perbedaan genotipe dan sistem pengairan (Munarso, 2011). Tanaman dengan volume akar yang besar akan mampu mengabsorpsi air lebih banyak sehingga mampu bertahan pada kondisi kekurangan air (Palupi & Dedywiryanto, 2008).

Ketersediaan unsur hara, tekanan kekeringan, dan alokasi biomassa semua mempengaruhi biomassa tanaman, termasuk akar (Shamuyarira et al., 2022; Yan et al., 2023). Karena tanaman mengalokasikan hasil fotosintesis untuk meningkatkan penyerapan air dari lapisan tanah yang lebih dalam, bobot biomassa sangat terkait dengan biomassa akar di bawah tekanan kekeringan.

Berdasarkan Tabel 4, panjang akar, diameter akar dan luas permukaan akar tidak ada perbedaan pada dosis nitrogen, dosis fosfor maupun intreraksi antara dosis nitrogen dengan dosis fosfor yang diberikan. Tidak berbedanya panjang akar hal tersebut dikarenakan dalam siklus akar akan mengalami perpanjangan apabila mendapatkan unsur hara berupa kalium. Akar yang panjang dan diameternya kecil mempunyai kemampuan untuk menjangkau dan menembus pori-pori secara bebas sehingga mampu menyerap unsur hara lebih banyak (Costa et al., 2002). Luas permukaan akar menggambarkan kemampuan akar dalam menyerap air dan unsur hara di dalam tanah, semakin luas area perakaran maka area penyerapan air dan unsur hara akan menjadi semakin luas (Aziez et al., 2023).

Meskipun kadar N dan P mempengaruhi pertumbuhan akar dan efisiensi serapan hara, diameter akar tampaknya tidak terpengaruh oleh dosis N atau P (Li et al., 2022). Akar yang panjang dan ramping dapat secara efektif menjelajahi pori-pori tanah, meningkatkan kemampuan penyerapan unsur hara, seperti yang diamati pada berbagai spesies tanaman dengan perlakuan unsur hara yang berbeda. Morfologi akar adaptif ini memungkinkan peningkatan serapan hara tanpa dipengaruhi secara signifikan oleh dosis spesifik N atau P, menyoroti pentingnya arsitektur akar dalam strategi perolehan hara (Li et al., 2016).

Tabel 4. Pengaruh Dosis Nitrogen dan Fosfor pada panjang akar, diameter akar, dan luas permukaan akar padi yang diaplikasikan Konsorsium Bakteri Endofit pada Sawah Tadah Hujan.

	Parameter Perakaran		
	Panjang akar (cm)	Diameter akar(x 10 ⁻⁴ cm)	Luas permukaan akar (cm ²)
N0P0	1035,9	7000	245,1
N0P1	1435,0	8333	367,2
N0P2	1380,3	7000	313,8
N0P3	674,8	8333	176,9
N1P0	1340,3	7333	306,6

N1P1	953,2	8000	236,8
N1P2	1248,1	8000	314,4
N1P3	897,7	8000	220,7
N2P0	113,3	6333	228,1
N2P1	987,4	8000	246,9
N2P2	866,8	7333	194,5
N2P3	966,5	8333	245,0
N3P0	1116,3	7000	238,5
N3P1	1322,5	7000	277,9
N3P2	1280,3	6667	253,1
N3P3	1462,5	8000	362,1

Parameter Hasil Tanaman Padi

Komponen hasil tanaman padi yang diamati adalah berat 1000 gabah, berat gabah per tanaman dan berat gabah per petak. Berat 1000 gabah, berat gabah per tanaman dan berat gabah per petak tidak terdapat perbedaan pada perlakuan dosis nitrogen, dosis fosfor, maupun interaksi antara dosis nitrogen dengan dosis fosfor. Hamid et al., (2015) menyatakan bahwa berat 1000 gabah cenderung dipengaruhi oleh faktor genetik suatu avrietas dibanding faktor lingkungan termasuk dosis pupuk Nitrogen dan dosis pupuk Phosphor. Bernas atau tidaknya gabah dipengaruhi oleh fotosintat yang berasal dari dua sumber, yaitu asimilasi sebelum pembuahan yang disimpan dalam jaringan batang daun daun yang kemudian diubah menjadi zat-zat gula dan diangkut ke biji dan hasil asimilasi yang dibuat selama fase pemasakan (Mungara & Rogomulyo, 2013). Ukuran sekam pada biji menentukan berat biji, semakin besar ukuran sekam maka berat biji akan meningkat. Lagasca et al., (2024) menyatakan bahwa ukuran bulir kuat dikendalikan oleh ukuran sekam.

Menurut Park et al., (2023), hasil gabah pada tanaman padi sangat ditentukan oleh berbagai faktor seperti jumlah malai per tanaman, jumlah gabah per malai, dan berat 1000 gabah, yang kesemuanya memberikan kontribusi yang signifikan terhadap hasil keseluruhan. Selain itu, berat rata-rata benih mempengaruhi bentuk dan ukuran biji, sehingga menekankan pentingnya faktor ini dalam menentukan hasil akhir (Zhang et al., 2023). Faktor genetik juga berperan penting dalam menentukan keseragaman ukuran butir ketika tidak ada perbedaan ukuran butir individu (Gunasekaran et al., 2023). Selain itu, persaingan antar anakan untuk mendapatkan nutrisi dapat berdampak pada ukuran dan kecilnya bulir padi, sehingga menyoroati pengaruh lingkungan terhadap karakteristik bulir (Gudepu et al., 2022). Selain itu, peningkatan bobot gabah per tanaman dapat menyebabkan peningkatan bobot gabah per plot, yang menggarisbawahi pentingnya bobot gabah individu dalam peningkatan hasil secara keseluruhan (Yadav & Pitha, 2022).

Tabel 5. Pengaruh Dosis Nitrogen dan Fosfor pada Hasil Tanaman Padi (*Oryza Sativa* L) yang diaplikasikan Konsorsium Bakteri Endofit Pada Sawah Tadah Hujan.

	Parameter Hasil		
	Berat 1000 gabah (g)	Berat gabah per tanaman(g)	Berat gabah per petak (kg)
N0P0	46,37	34,603	3,7167
N0P1	48,23	35,653	3,8667
N0P2	51,03	39,723	3,7167
N0P3	46,67	43,690	3,7467
N1P0	39,43	37,040	3,9167
N1P1	42,08	41,117	4,1667
N1P2	50,03	44,133	3,7567
N1P3	51,33	37,913	3,9000
N2P0	39,68	40,353	4,0000
N2P1	43,17	38,723	3,9500
N2P2	42,38	35,353	3,6633
N2P3	55,95	45,490	4,0833
N3P0	56,25	38,033	4,0167
N3P1	61,55	46,323	4,1333
N3P2	51,77	37,843	3,9000
N3P3	47,93	9,190	3,8500

KESIMPULAN

Hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa dosis nitrogen, dosis fosfor, maupun interaksi antara dosis nitrogen dan fosfor tidak mempengaruhi berat segar akar, berat kering akar, volume akar, panjang akar, diameter akar, luas permukaan akar, dan parameter komponen hasil meliputi berat 1000 gabah, berat gabah per tanaman, dan berat gabah per petak. Konsorsium bakteri endofit sangat mempengaruhi kesuburan tanah terutama kandungan nitrogen dan fosfor.

DAFTAR PUSTAKA

- Afzal, I., Shinwari, Z. K., Sikandar, S., & Shahzad, S. (2019). Plant beneficial endophytic bacteria: Mechanisms, diversity, host range and genetic determinants. In *Microbiological Research* (Vol. 221, pp. 36–49). Elsevier GmbH. <https://doi.org/10.1016/j.micres.2019.02.001>
- Aziez, A. F., Harieni, S., & Saputra, D. (n.d.). *Efficiency of Nitrogen and Phosphorus Fertilizer With Vesicular Arbuscular Mycorrhiza (VAM) Application Yield of Situbagendit Rice Variety On Rainfed Lowland Rice*.
- Backman, P. A., & Sikora, R. A. (2008). Endophytes: An emerging tool for biological control. *Biological Control*, 46(1), 1–3. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2008.03.009>
- Costa, C., Dwyer, L. M., Zhou, X., Dutilleul, P., Hamel, C., Reid, L. M., & Smith, D. L. (2002). Root morphology of contrasting maize genotypes. *Agronomy Journal*, 94(1), 96–101. <https://doi.org/10.2134/agronj2002.0096>
- Gudepu, S., Chennamadhavuni, D. R., & Katragadda, S. (2022). Variability and association studies for yield and yield contributing traits in long grain rice (*Oryza sativa* L.). *Oryza-An International Journal on Rice*, 59(4), 409–417. <https://doi.org/10.35709/ory.2022.59.4.3>
- Gunasekaran, A., Seshadri, G., Ramasamy, S., Muthurajan, R., & Karuppasamy, K. S. (2023). Identification of Newer Stable Genetic Sources for High Grain Number per Panicle and Understanding the Gene Action for Important Panicle Traits in Rice. *Plants*, 12(2). <https://doi.org/10.3390/plants12020250>
- Hamid, A., Ullah, M. J., Haque, Md. M., H. Mollah, Md. F., & Rahman, Md. M. (2015). Improving Grain Yield of Indigenous Rice in Tidal Floodplain of Southern Bangladesh: Effect of Seedling Age and Transplanting Method. *Agricultural Sciences*, 06(12), 1538–1546. <https://doi.org/10.4236/as.2015.612147>
- Khan, S. S., Verma, V., & Rasool, S. (2020). Diversity and the role of endophytic bacteria: a review. *Botanica Serbica*, 44(2), 103–120. <https://doi.org/10.2298/BOTSERB2002103K>
- Lagasca, A. C., Baltazar, E. G., Mercado, J. J. S., Kwan, R. L., Valiente, E. M., & Duria, J. J. C. (2024). Empowering Rice Farmers in Nueva Ecija, Philippines: A Strategic Approach to Boosting Income through Special Purpose Rice Production. *Open Journal of Ecology*, 14(03), 199–214. <https://doi.org/10.4236/oje.2024.143012>
- Li, G., Tillard, P., Gojon, A., & Maurel, C. (2016). *Dual regulation of root hydraulic conductivity and plasma membrane aquaporins by plant nitrate accumulation and high-affinity nitrate transporter NRT2.1* Running title: Nitrate regulates root hydraulic conductivity Downloaded from <http://pcp.oxfordjournals.org/>
- Li, X., Wang, R., Zhou, B., Wang, X., Wang, J., Zhao, M., & Li, C. (2022). Characterization of Root Morphology and Anatomical Structure of Spring Maize under Varying N Application Rates and Their Effects on Yield. *Agronomy*, 12(11). <https://doi.org/10.3390/agronomy12112671>
- Mbai, F. N., Magiri DE N, matiru, V. N., Ng'ang'a J, & Nyambati V C S. (2013). Isolation and Characterisation of Bacterial Root Endophytes with Potential to Enhance Plant Growth from Kenyan Basmati Rice. In *American International Journal of Contemporary Research* (Vol. 3, Issue 4). www.aijcrnet.com
- Mengistu, A. A. (2020). Endophytes: Colonization, Behaviour, and Their Role in Defense Mechanism. In *International Journal of Microbiology* (Vol. 2020). Hindawi Limited. <https://doi.org/10.1155/2020/6927219>
- Munarso, Y. P. (2011). *Keragaan Padi Hibrida pada Sistem Pengairan Intermittent dan Tergenang* (Vol. 30, Issue 3).
- Mungara, E., & Rogomulyo, R. (2013). *Analisis pertumbuhan dan hasil padi sawah (Oryza sativa L.) pada sistem pertanian konvensional, transisi organik, dan organik* (Vol. 2, Issue 3).
- Numan, M., Bashir, S., Khan, Y., Mumtaz, R., Shinwari, Z. K., Khan, A. L., Khan, A., & AL-Harrasi, A. (2018). Plant growth promoting bacteria as an alternative strategy for salt tolerance in plants: A

- review. In *Microbiological Research* (Vol. 209, pp. 21–32). Elsevier GmbH. <https://doi.org/10.1016/j.micres.2018.02.003>
- Palupi, E., & Dedywiryanto, Y. (2008). *Kajian Karakter Ketahanan terhadap Cekaman Kekeringan pada Beberapa Genotipe Bibit Kelapa Sawit (Elaeis guineensis Jacq.)*.
- Park, J. R., Seo, J., Park, S., Jin, M., Jeong, O. Y., & Park, H. S. (2023). Identification of Potential QTLs Related to Grain Size in Rice. *Plants*, 12(9). <https://doi.org/10.3390/plants12091766>
- Pndey, K. P., Singh, S., Singh, M. C., Singh, A. K., Pandey, P., Pandey, A. K., Pathak, M., Kumar, M., Shakywar, R. C., & Patidar, R. K. (2017). Inside the Plants: Bacterial Endophytes and their Natural Products. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 6(6), 33–41. <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2017.606.003>
- Rumawas, F., Chozin, M., Mugnisyah, W., & Ghulamahdi, M. (n.d.). *Studi Serapan Hara N, P, K dan Potensi Hasil Lima Varietas Padi Sawah (Oryza sativa L.) pada Pemupukan Anorganik dan Organik*.
- Sahoo, S., Sarangi, S., & Kerry, R. G. (2018). Bioprospecting of endophytes for agricultural and environmental sustainability. In *Microbial Biotechnology* (Vol. 1, pp. 429–458). Springer Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-10-6847-8_19
- Shamuyarira, K. W., Shimelis, H., Figlan, S., & Chaplot, V. (2022). Path Coefficient and Principal Component Analyses for Biomass Allocation, Drought Tolerance and Carbon Sequestration Potential in Wheat. *Plants*, 11(11). <https://doi.org/10.3390/plants11111407>
- Sowjanya, M. U., Trimurtulu, N., Gopal, A. V, Rao, G. R., Ramana, J. V, & Sreelatha, T. (2024). Influence of endophytic bacterial consortium on maize Rhizospheric soil nutrient status under moisture stress conditions. *The Journal of Research ANGRAU*, 52(1), 09–20. <https://doi.org/10.58537/jorangrau.2024.52.1.02>
- Yadav, E. K., & Pitha, C. C. (2022). Studies on Genetic Variability, Divergence and Characters Associated with Yield Components in Rice. *International Journal of Environment and Climate Change*, 2105–2115. <https://doi.org/10.9734/ijeccl/2022/v12i1131200>
- Yan, S., Weng, B., Jing, L., & Bi, W. (2023). Effects of drought stress on water content and biomass distribution in summer maize (*Zea mays* L.). *Frontiers in Plant Science*, 14. <https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1118131>
- Zhang, S., Zhang, J., Luo, H., Ling, Y., Zhang, Y., Liu, H., & Yang, G. (2023). *Effect of allelic combinations of grain-size regulating genes and rice grain size predicting*. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-2840607/v1>