



Research Article

Pengaruh Batuan Fosfat dan Inokulasi Cendawan Mikoriza Arbuskular dan Bakteri Rhizobium sp Terhadap Pertumbuhan Tanaman Kedelai (*Glycine max L.*)

Effect of Rock Phosphate and Inoculation Arbuscular Mycorrhizal Fungi and Rhizobium sp Bacteria on Growth of Soybean (*Glycine max L.*)

Muhamad Abid Widitama*, Eny Fuskhah, dan Syaiful Anwar

Departemen Pertanian, Fakultas Peternakan dan Pertanian, Universitas Diponegoro, Jl. Prof. Sudarto No. 13, Tembalang, Semarang 50275, Indonesia

*Corresponding author: muhamadabidwiditama99@gmail.com

ABSTRAK

Tanaman kedelai di Indonesia banyak dimanfaatkan sebagai sumber bahan baku makanan diantaranya tahu dan tempe. Rendahnya produksi kedelai nasional salah satunya disebabkan hasil produksinya yang masih rendah. Penelitian bertujuan untuk mengkaji pengaruh batuan fosfat, cendawan mikoriza arbuskular dan bakteri Rhizobium sp terhadap pertumbuhan tanaman kedelai. Penelitian dilaksanakan pada 28 Juni – 21 September 2022 di Dusun Mlati RT 02 RW 03, Desa Tinanding, Kecamatan Godong, Kabupaten Grobogan dan di Laboratorium Ekologi dan Produksi Tanaman, dan Laboratorium Fisiologi dan Pemuliaan Tanaman Fakultas Peternakan dan Pertanian, Universitas Diponegoro, Semarang. Penelitian menggunakan RAL monofaktor dengan 6 perlakuan dan 5 ulangan. Perlakuan terdiri dari P1: Batuan Fosfat, P2 : CMA, P3 : Bakteri Rhizobium sp, P4 : Batuan Fosfat Bakteri Rhizobium sp, P5 : Batuan Fosfat + CMA, P6 : Batuan Fosfat + CMA + Bakteri Rhizobium sp. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan CMA memberikan pengaruh signifikan terhadap parameter jumlah daun dan jumlah cabang, sedangkan perlakuan BP dan Rhizobium sp tidak berpengaruh signifikan terhadap parameter pertumbuhan tanaman kedelai.

Kata kunci: CMA, Batuan Fosfat, Rhizobium sp.

PENDAHULUAN

Kedelai merupakan tanaman leguminosa yang hasil bijinya dijadikan sebagai sumber makanan berprotein diantaranya tempe, tahu, dan kecap. Peningkatan permintaan kedelai tiap tahunnya tidak sejalan dengan hasil produksi, sehingga belum mampu untuk mencukupi kebutuhan masyarakat. Produktivitas rata-rata tanaman kedelai di Jawa Tengah menurut data BPS (2019) hanya mencapai 1,5 ton/ha. Hal ini sangat rendah jika dibandingkan dengan potensi hasil kedelai yang dapat mencapai 3,4 ton/ha. Salah satu cara untuk meningkatkan hasil produksi tanaman kedelai yaitu dengan mencukupi kebutuhan unsur hara tanaman.

Tanaman kedelai memerlukan unsur hara makro dan mikro untuk proses pertumbuhan dan perkembangannya. Unsur P menjadi salah satu unsur hara makro yang digunakan dalam proses perkembangan akar, pembentukan polong, dan pengisian biji (Yasmeen *et al.*, 2022). Sumber unsur P yang digunakan untuk memenuhi kebutuhan tanaman dapat berasal dari pupuk kimia maupun

fosfat alam. Batuan fosfat merupakan salah satu sumber fosfat alam yang keberadaannya melimpah di alam namun memiliki sifat lambat tersedia (*slowrelease*) bagi tanaman (Brahim *et al.*, 2017). Aplikasi mikroba pelarut fosfat yaitu cendawan mikoriza arbuskular dapat meningkatkan ketersediaan P pada fosfat alam (Kuila dan Ghosh, 2022).

Cendawan mikoriza arbuskular (CMA) merupakan cendawan yang mengkoloni perakaran tanaman yang berperan meningkatkan serapan air dan unsur hara bagi tanaman (Wang *et al.*, 2022), meningkatkan ketahanan terhadap stress kekeringan (Sheteiwy *et al.*, 2021), melindungi dari patogen (Gough *et al.*, 2021) dan zat toksik serta menghasilkan hormon tumbuh tanaman (Sagar *et al.*, 2021). Cendawan mikoriza arbuskular memiliki hifa eksternal yang digunakan untuk memperluas serapan air dan unsur hara P dalam tanah untuk mencukupi kebutuhan tanaman. Mekanisme CMA dalam melarutkan unsur P yang terikat oleh ion Al dan Fe yaitu dengan menghasilkan enzim fosfatase sehingga unsur P menjadi tersedia bagi tanaman (Kiuk *et al.*, 2019).

Bakteri *Rhizobium* sp. merupakan bakteri yang bersimbiosis akar tanaman dengan memfiksasi nitrogen bebas di udara yang kemudian diubah menjadi senyawa nitrat yang dapat diserap oleh tanaman (Schwember *et al.*, 2019). Tanaman inang akan mengalokasikan sebagian hasil fotosintesis kepada bakteri *Rhizobium* sp. sebagai sumber makanan dalam proses fiksasi nitrogen (Liu *et al.*, 2020). Hasil dari fiksasi nitrogen akan digunakan dalam pembentukan sel tanaman sehingga meningkatkan biomassa tanaman yang akan berpengaruh terhadap perkembangan organ tanaman. Bakteri *Rhizobium* sp dalam beberapa penelitian mampu bersinergi dengan CMA dalam meningkatkan pertumbuhan tanaman. dengan bakteri *Rhizobium* sp. Bakteri *Rhizobium* sp dapat memfiksasi nitrogen di udara untuk mencukupi kebutuhan N tanaman, sementara CMA membantu tanaman kedelai dalam penyerapan unsur hara P (Faggioli *et al.*, 2022). Penelitian bertujuan untuk mengkaji pengaruh batuan fosfat, cendawan mikoriza arbuskular dan bakteri *Rhizobium* sp terhadap pertumbuhan tanaman kedelai.

MATERI DAN METODE

Waktu dan Tempat

Penelitian dilaksanakan pada tanggal 28 Juni – 21 September 2022 di Dusun Mlati RT 02 RW 03, Desa Tinanding, Kecamatan Godong, Kabupaten Grobogan dan di Laboratorium Ekologi dan Produksi Tanaman, Laboratorium Fisiologi dan Pemuliaan Tanaman Fakultas Peternakan dan Pertanian, dan Universitas Diponegoro, Semarang.

Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan yaitu benih kedelai varietas, inokulum CMA *Glomus mosseae*, inokulum bakteri *Rhizobium* sp, batuan fosfat (23%) sebanyak 2,5 g BP/pot, pupuk urea (46% N) sebanyak 1,2 g urea/pot, dan pupuk KCl (60% K₂O) sebanyak 1,6 g KCl/pot, dan bahan untuk 1 liter *Yeast Mannitol Agar* (YEMA) + *Congo Red* (CR). Alat yang digunakan adalah autoklaf, timbangan analitik, *Hot plate stirrer*, erlenmeyer, pH meter, cawan petri, *laminar air flow*, ose, bunsen, mikropipet, gelas beker, tong sterilisasi tanah, kompor, sekop, pot berkapasitas 10 kg, cangkul, meteran pita, label, kamera dan alat tulis.

Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian adalah Rancangan Acak Lengkap (RAL) monofaktor 6 perlakuan dengan 5 ulangan sehingga terdapat 30 unit percobaan. Faktor perlakuan adalah sebagai berikut : P₁ = Batuan Fosfat ; P₂ = Cendawan Mikoriza Arbuskular ; P₃ = Bakteri *Rhizobium* ; P₄ = Batuan Fosfat + Bakteri *Rhizobium* ; P₅ = Batuan Fosfat + Cendawan Mikoriza Arbuskular ; P₆ = Batuan Fosfat + Bakteri *Rhizobium* + Cendawan Mikoriza Arbuskular.

Tahapan penelitian meliputi tahap persiapan yaitu tanah dimasukkan ke dalam pot untuk dilakukan sterilisasi. Pembuatan inokulum *Rhizobium* sp dilakukan dengan tahapan pembuatan

media YEMA + CR dan dilanjutkan dengan perbanyakkan isolat *Rhizobium* sp. Analisis kandungan BP meliputi analisis kandungan P_2O_5 dan pH. Pemberian perlakuan BP dan CMA dilakukan sebelum proses penanaman, sementara inokulum *Rhizobium* sp diberikan dengan cara pelapisan pada benih kedelai. Pemeliharaan meliputi penyiraman, penyiangan, dan pengendalian hama dan penyakit tanaman. Pemanenan dilakukan pada saat tanaman berumur 78 HST dilanjutkan pengambilan dan pengolahan data. Parameter pengamatan meliputi tinggi tanaman, jumlah daun, dan jumlah cabang.

Analisis Data

Model linier yang digunakan dalam Rancangan Acak Lengkap (RAL) adalah sebagai berikut:

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \epsilon_{ij}$$

Keterangan :

Y_{ij} = Data pengamatan yang mendapat perlakuan ke-i pada ulangan ke-j

μ = Mean populasi

α_i = Pengaruh aditif dari perlakuan ke -i

ϵ_{ij} = Galat percobaan dari perlakuan ke-i pada ulangan ke-j

Data yang diperoleh kemudian di analisis menggunakan uji ANOVA untuk melihat pengaruh perlakuan, dan apabila terdapat pengaruh maka dilanjutkan dengan uji DMRT (*Duncan's Multiple Range Test*) pada taraf 5% dan uji kontras ortogonal.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tinggi Tanaman, Jumlah Daun dan Jumlah Cabang Tanaman Kedelai

Berdasarkan hasil uji ANOVA dapat diketahui bahwa pemberian batuan fosfat, inokulasi CMA, dan bakteri *Rhizobium* sp tidak memberikan pengaruh signifikan terhadap tinggi tanaman kedelai, akan tetapi berpengaruh signifikan terhadap parameter jumlah daun dan jumlah cabang tanaman. Hasil uji DMRT berdasarkan Tabel 1. menunjukkan perlakuan BP + CMA + Bakteri *Rhizobium* sp. (P6) menghasilkan jumlah daun yang nyata lebih tinggi dibandingkan perlakuan BP (P1), CMA (P2), dan Bakteri *Rhizobium* sp (P3). Sementara itu, perlakuan BP + CMA + *Rhizobium* sp (P6) menghasilkan jumlah cabang yang nyata lebih tinggi dibandingkan dengan perlakuan BP(P1) dan perlakuan *Rhizobium* sp (P3). Berdasarkan hasil uji kontras ortogonal didapatkan bahwa tanaman yang diberikan perlakuan CMA dibandingkan dengan tanpa CMA memberikan pengaruh signifikan terhadap parameter jumlah daun dan jumlah cabang tanaman, sementara tanaman yang diberikan perlakuan BP dibandingkan dengan tanpa BP, serta bakteri *Rhizobium* sp. dibandingkan tanpa bakteri *Rhizobium* sp. tidak memberikan pengaruh signifikan terhadap jumlah daun dan jumlah cabang tanaman tanaman.

BP merupakan sumber unsur P alam dimana kandungan P_2O_5 yang terdapat dalam BP akan digunakan tanaman untuk meningkatkan pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Menurut Rosa *et al.* (2019) unsur P memiliki peran dalam perkembangan akar tanaman dimana akar yang berkembang secara optimal akan mempengaruhi jumlah serapan unsur hara tanaman dan akan berpengaruh terhadap peningkatan tinggi tanaman.

Peran bakteri *Rhizobium* sp. dalam menambat nitrogen digunakan tanaman dalam peningkatan tinggi tanaman. Menurut Nget *et al.* (2022) bahwa unsur N banyak dibutuhkan tanaman pada masa vegetatif karena mampu meningkatkan pertumbuhan vegetatif tanaman. Pertumbuhan tinggi tanaman akan meningkat jika kebutuhan tanaman tercukupi terutama unsur P. Peran unsur P sebagai sumber energi ATP akan dimanfaatkan oleh tanaman dalam melakukan proses fotosintesis, transfer energi dan aktivitas fiksasi nitrogen. Menurut Brahim *et al.* (2017) bahwa BP sebagai sumber unsur

P memiliki sifat *slowrelease* (lambat tersedia) sehingga lama untuk dapat diserap tanaman. Peran penting CMA salah satunya adalah meningkatkan ketersediaan P bagi tanaman inang. Menurut Kiuk *et al.* (2019) bahwa CMA menghasilkan enzim fosfatase yang digunakan dalam proses mineralisasi unsur P sehingga menjadikan P lebih tersedia bagi tanaman.

Tabel 1. Hasil Uji DMRT dan Uji Kontras Parameter Tinggi Tanaman, Jumlah Daun dan Jumlah Cabang Tanaman Kedelai pada Berbagai Perlakuan Batuan Fosfat, Inokulasi CMA, dan Bakteri *Rhizobium* sp.

Perlakuan/Kontras	Tinggi Tanaman ...(cm/pot)...	Jumlah Daun .(helai/pot)..	Jumlah Cabang (cabang/pot)
P1. BP	48,12	14,00 ^c	4,80 ^b
P2. CMA	49,64	15,40 ^{bc}	5,20 ^{ab}
P3. <i>Rhizobium</i> sp.	51,90	14,80 ^{bc}	4,80 ^b
P4. BP + <i>Rhizobium</i> sp.	53,17	16,20 ^{ab}	5,40 ^{ab}
P5. BP + CMA	56,45	16,30 ^{ab}	5,60 ^{ab}
P6. BP + CMA + <i>Rhizobium</i> sp.	52,34	17,50 ^a	5,80 ^a
BP vs Non BP	1,10 ^{ns}	2,46 ^{ns}	3,36 ^{ns}
CMA vs Non CMA	1,24 ^{ns}	6,70 [*]	6,73 [*]
<i>Rhizobium</i> sp. vs <i>Rhizobium</i> sp.	0,46 ^{ns}	2,98 ^{ns}	0,42 ^{ns}

Keterangan : Superskrip berbeda pada kolom yang sama menunjukkan perbedaan nyata ($P < 0,05$)

* = Berbeda nyata (F-Hitung > F- Tabel);

^{ns} = Tidak berbeda nyata (F-Hitung < F- Tabel)

Peningkatan jumlah daun dipengaruhi ketersediaan unsur hara bagi tanaman terutama unsur N disamping unsur hara lainnya. Unsur N utamanya berperan dalam pembentukan klorofil daun yang nantinya akan digunakan tanaman untuk aktivitas fotosintesis. Menurut Ortel *et al.* (2020) bahwa penyerapan unsur hara yang optimal akan mempengaruhi pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Aktivitas bakteri *Rhizobium* sp. dalam perkembangan bintil akar dipengaruhi oleh kondisi perakaran tanaman. Menurut Faye *et al.* (2019) serapan air dan hara yang meningkat akan berpengaruh terhadap peningkatan biomassa dan hasil produksi tanaman. Kemampuan CMA dalam mengkoloni perakaran tanaman kedelai akan meningkatkan serapan air dan unsur hara untuk mencukupi kebutuhan tanaman. Menurut Wang *et al.* (2022) penyerapan unsur P oleh akar tanaman yang terkolonisasi mikoriza lebih tinggi dibandingkan melalui akar utama. Jumlah serapan hara yang tinggi akan berpengaruh terhadap jumlah fotosintat yang diterima tanaman yang selanjutnya akan digunakan dalam pembentukan tunas vegetatif dan organ daun tanaman. Menurut Ren *et al.* (2021) peningkatan jumlah daun akan berpengaruh terhadap produksi karbohidrat yang dihasilkan pada saat fotosintesis dan secara tidak langsung berpengaruh terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman.

Peningkatan jumlah cabang tanaman kedelai diduga karena terdapat pengaruh sinergitas aplikasi BP, CMA, dan bakteri *Rhizobium* sp. Penelitian Igiehon *et al.* (2021) menyatakan bahwa inokulasi *Rhizobium* sp., *Rhizobium cellulosilyticum* dan konsorsium AMF pada tanaman kedelai yang terkena stres kekeringan menghasilkan jumlah cabang tertinggi yaitu 3,88 cabang. Pemberian BP, CMA, dan bakteri *Rhizobium* sp. mampu merangsang pembentukan tunas vegetatif yang akan berpengaruh terhadap munculnya cabang baru. Menurut Malhotra (2018) unsur P dibutuhkan tanaman dalam pembentukan molekul energi, metabolisme karbohidrat, dan proses fotosintesis tanaman.

Pembentukan organ vegetatif yaitu munculnya cabang dan daun sangat dipengaruhi oleh keberadaan unsur N pada tanaman. Menurut Fang *et al.* (2020) Aktivitas bakteri *Rhizobium* sp. dalam memfiksasi N di udara dapat merangsang pembentukan cabang baru tanaman. Cendawan mikoriza arbuskular juga berperan dalam pembentukan cabang tanaman karena mampu meningkatkan serapan unsur hara tanaman. Peran CMA selain meningkatkan serapan unsur hara juga merangsang pembentukan tunas tanaman. Menurut Sagar *et al.*, (2021) mikoriza mampu menghasilkan senyawa auksin dan sitokinin yang dapat memacu pertumbuhan tanaman.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa aplikasi batuan fosfat, inokulasi CMA, dan bakteri *Rhizobium* sp. memberikan pengaruh signifikan terhadap parameter jumlah daun dan jumlah cabang tanaman kedelai. Hasil uji kontras ortogonal menunjukkan bahwa perlakuan CMA yang memberikan pengaruh signifikan terhadap pertumbuhan pada fase vegetatif maupun generatif tanaman. Saran untuk penelitian selanjutnya yaitu penambahan perlakuan pupuk kandang dan pemupukan sesuai dosis rekomendasi serta mengkaji serapan P pada CMA, dan serapan N pada *Rhizobium* sp.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Pusat Statistik. (2019). *Provinsi Jawa Tengah dalam Angka 2019*. Badan Pusat Statistik Provinsi Jawa Tengah.
- Brahim, S., A. Niess., M. Pflipsen., D. Neuhoff., & H. Scherer. (2017). Effect of combined fertilization with rock phosphate and elemental sulphur on yield and nutrient uptake of soybean. *Journal of Plant Soil and Environment*, 63(2), 89–95. DOI: <https://doi.org/10.17221/22/2017-PSE>
- Faggioli, V.S., F. Covacevich., G. Grilli., C. Lorenzon., B. Aimetta., M. Sagadin., A. Langarica-Fuentes., & M.N. Cabello. (2022). Environmental response of arbuscular mycorrhizal fungi under soybean cultivation at a regional scale. *Journal of Mycorrhiza*, 32(5), 425–438. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00572-022-01093-2>
- Fang, L., Z. Ma., Q. Wang., H. Nian., Q. Ma., Q. Huang., & Y. Mu. (2021). Plant growth and photosynthetic characteristics of soybean seedlings under different led lighting quality conditions. *Journal of Plant Growth Regulation*, 40(2), 668–678. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00344-020-10131-2>
- Faye, A., Z.P. Stewart., K. Ndung'u-Magiroi., M. Diouf., I. Ndoye., T. Diop., Y. Dalpé., P.V.V. Prasad., & D. Lesueur. (2020). Testing of commercial inoculants to enhance P uptake and grain yield of promiscuous soybean in Kenya. *Journal of Sustainability*, 12(9), 1–15. DOI: <https://doi.org/10.3390/su12093803>
- Gough, E.C., K.J. Owen., R.S. Zwart., & J.P. Thompson. (2021). Arbuscular mycorrhizal fungi acted synergistically with *Bradyrhizobium* sp. to improve nodulation, nitrogen fixation, plant growth and seed yield of mung bean (*Vigna radiata*) but increased the population density of the root-lesion nematode *Pratylenchus thornei*. *Journal of Plant and Soil*, 465(1), 431–452. DOI : <https://doi.org/10.1007/s11104-021-05007-7>
- Igiehon., O.N & O.O. Babalola. (2021). *Rhizobium* and mycorrhizal fungal species improved soybean yield under drought stress conditions. *Journal of Current Microbiology*, 78(4), 1615–1627. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00284-021-02432-w>
- Kiuk, Y., I.N. Rai., & A.A.I. Kesumadewi. (2019). The effectiveness of indigenous Endomycorrhiza and *Rhizobium* inoculum in increasing nutrient uptake and yield of soybean in dry land. *Inter. J. Biosci. Biotechnol.*, 7(1), 18–30. DOI: <https://doi.org/10.24843/IJBB.2019.v07.i01.p03>

- Kuila, D., & S. Ghosh. (2022). Aspects, problems and utilization of Arbuscular Mycorrhizal (AM) application as bio-fertilizer in sustainable agriculture. *Journal of Current Research in Microbial Sciences*, 3(1), 1–11. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.crmicr.2022.100107>
- Liu, A., Y.S. Ku., C.A. Contador., & H.M. Lam. (2020). The impacts of domestication and agricultural practices on legume nutrient acquisition through symbiosis with rhizobia and arbuscular mycorrhizal fungi. *Journal of Frontiers in Genetics*, 11(1), 1–11. DOI: <https://doi.org/10.3389/fgene.2020.583954>
- Malhotra, H., S. Sharma., & R. Pandey. (2018). *Phosphorus nutrition: plant growth in response to deficiency and excess*. In *Plant Nutrients and Abiotic Stress Tolerance* (171-190). Springer, Singapore. DOI: https://doi.org/10.1007/978-981-10-9044-8_7
- Nget, R., E.A. Aguilar., P.C.S. Cruz., C.E. Reaño., P.B. Sanchez., M.R. Reyes., & P.V. Prasad. (2022). Responses of soybean genotypes to different nitrogen and phosphorus sources: impacts on yield components, seed yield, and seed protein. *Journal of Plants*, 11(3), 1–17. DOI: <https://doi.org/10.3390/plants11030298>
- Ortel, C.C., T.L. Roberts., K.A. Hoegenauer., L.C. Purcell., N.A. Slaton., & E.E. Gbur. (2020). Soybean maturity group and planting date influence grain yield and nitrogen dynamics. *Journal of Agrosystems, Geosciences & Environment*, 3(1), 1–12. DOI: <https://doi.org/10.1002/agg2.20077>
- Ren, Y., L. Zhang., M. Yan., Y. Zhang., Y. Chen., J.A. Palta., & S. Zhang. (2021). Effect of sowing proportion on above-and below-ground competition in maize–soybean intercrops. *Journal of Scientific Reports*, 11(1), 1–12. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-021-95242-w>
- Rosa, A.T., D.R. Diaz., F.D. Hansel., J.S.V. Sebastian., & E.A. Ade. (2019). Genotypic variation on root growth and nutrient uptake in corn and soybean. *Journal of Agrosystems, Geosciences & Environment*, 2(1), 1–12. DOI: <https://doi.org/10.2134/age2019.03.0018>
- Sagar, A., P. Rathore., P.W. Ramteke., W. Ramakrishna., M.S. Reddy., & L. Pecoraro. (2021). Plant growth promoting rhizobacteria, arbuscular mycorrhizal fungi and their synergistic interactions to counteract the negative effects of saline soil on agriculture: key macromolecules and mechanisms. *Journal of Microorganisms*, 9 (7), 1–19. DOI: <https://doi.org/10.3390/microorganisms9071491>
- Schwember, A. R., J. Schulze., A. Del Pozo., & R. A. Cabeza. (2019). Regulation of symbiotic nitrogen fixation in legume root nodules. *Journal of Plants*, 8(9), 1–18. DOI: <https://doi.org/10.3390/plants8090333>
- Sheteiwy, M.S., D.F.I. Ali., Y.C. Xiong., M. Brestic., M. Skalicky., Y.A. Hamoud., Z. Ulhassan., H. Shaghaleh., H. AbdElgawad., M. Farooq., & A. Sharma. (2021). Physiological and biochemical responses of soybean plants inoculated with Arbuscular mycorrhizal fungi and *Bradyrhizobium* under drought stress. *Journal of BMC Plant Biology*, 21(1), 1–21. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12870-021-02949-z>
- Wang, F., L. Zhang., J. Zhou., Z. Rengel., T.S. George., & G. Feng. (2022). Exploring the secrets of hyphosphere of arbuscular mycorrhizal fungi: processes and ecological functions. *Journal of Plant and Soil*, 1(1), 1–22. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11104-022-05621-z>
- Yasmeen, T., M.S. Arif., S.M. Shahzad., M. Riaz., M.A. Tufail., M.S. Mubarik., A. Ahmad., S. Ali., G. Albasher., & A. Shako. (2022). Abandoned agriculture soil can be recultivated by promoting biological phosphorus fertility when amended with nano-rock phosphate and suitable bacterial inoculant. *Journal of Ecotoxicology and Environmental Safety*, 234(1), 1–11. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2022.113385>