

Sekolah Lapang Swadaya: Peningkatan Kapasitas Petani dalam Produksi PGPR dan MOL untuk Pengendalian Hayati di Lahan Padi Rawa Lebak.

Rahmad Fadli*, Suwandi, Chandra Irsan,

¹ Departemen Hama dan Penyakit Tumbuhan, Fakultas Pertanian,
Universitas Sriwijaya, Palembang, Indonesia.

*Rahmadfadli@fp.unsri.ac.id

ABSTRAK

Pertanian padi rawa lebak masih sangat bergantung pada pestisida kimia sintetis, yang menimbulkan risiko serius bagi lingkungan dan kesehatan petani. Hal ini juga mencerminkan adopsi yang terbatas terhadap teknologi biologis seperti PGPR (Bakteri Penghambat Pertumbuhan Tanaman) dan MOL (Mikroorganisme Lokal). Untuk mengatasi hal ini, program pengabdian masyarakat dilaksanakan untuk memperkuat kemampuan petani dalam memproduksi dan menggunakan PGPR dan MOL sebagai agen biologis untuk pengendalian hama dan penyakit. Program ini dilaksanakan melalui model sekolah lapangan swadaya, yang menekankan kearifan lokal dan kemandirian petani. Aktivitas meliputi pelatihan, demonstrasi praktis, dan bimbingan di lapangan, dengan pendekatan partisipatif dan praktis. MOL diproduksi menggunakan air cucian beras dan keong emas, sementara PGPR diisolasi dari akar bambu. Program ini menghasilkan perubahan perilaku positif, termasuk berkurangnya ketergantungan pada pestisida kimia dan peningkatan penggunaan agen biologis. Tanaman padi yang diolah dengan PGPR dan MOL tampak lebih sehat dan tahan terhadap hama dan penyakit. Petani juga memperoleh keterampilan untuk memproduksi agen-agen ini secara mandiri. Secara keseluruhan, Sekolah Lapangan Swadaya terbukti efektif dalam mempromosikan praktik pertanian berkelanjutan dan menerima umpan balik positif dari peserta yang antusias menerapkan bioteknologi PGPR dan MOL di lahan mereka.

Kata kunci : Sekolah Lapang Swadaya; PGPR; MOL; Pengendalian Hayati.

ABSTRACT

Rice farming in lowland swamp areas still relies heavily on synthetic chemical pesticides, posing serious risks to the environment and farmers' health. This also reflects the limited adoption of biological technologies such as PGPR (Plant Growth-Promoting Rhizobacteria) and MOL (Local Microorganisms). To address this, a community service program was conducted to strengthen farmers' capacity to produce and use PGPR and MOL as biological agents for pest and disease control. Implemented through a self-help field school model, the program emphasized local wisdom and farmer independence. Activities included training, practical demonstrations, and on-site mentoring, with participatory and hands-on approaches. MOL was produced using rice washing water and golden apple snails, while PGPR was isolated from bamboo roots. The program led to positive behavioral changes, including reduced dependence on chemical pesticides and increased use of biological agents. Rice plants treated with PGPR and MOL appeared healthier and more resistant to pests and diseases. Farmers also gained the skills to independently produce these agents. Overall, the Swadaya Field School proved effective in promoting sustainable farming practices and received positive feedback from participants enthusiastic about applying PGPR and MOL biotechnology in their fields.

Keywords : Farmer Field School; PGPR; MOL; Biological Control;

1. PENDAHULUAN

Rawa Lebak merupakan jenis topografi pertanian yang umum ditemukan di seluruh Sumatra dan Kalimantan. Sebagian besar lahan ini berada di Sumatra Selatan yang secara luas dimanfaatkan oleh masyarakat lokal untuk budidaya padi. Meskipun ekosistem padi ini menawarkan potensi pertanian yang signifikan, mereka juga menghadirkan tantangan unik dalam pengelolaan hama dan penyakit. Serangan terus-menerus oleh hama tanaman (Organisme Pengganggu Tumbuhan, atau OPT) telah menyebabkan penurunan produktivitas dan kualitas panen (Kalogiannidis, et al., 2022).

Ketergantungan petani pada pestisida kimia sintesis tidak hanya merugikan kesehatan mereka tetapi juga berkontribusi pada penurunan keseimbangan ekosistem. Selain itu, penggunaan pestisida yang berlebihan dan berkepanjangan telah menyebabkan perkembangan resistensi pada populasi hama dan penyakit, yang pada akhirnya mengurangi produktivitas jangka panjang lahan (Wilson, et al., 2023). Situasi ini sebagian besar disebabkan oleh kurangnya kesadaran petani tentang alternatif ramah lingkungan untuk pengendalian hama dan penyakit. Salah satu alternatif yang dapat dilakukan petani tersebut adalah penggunaan agen

pengendalian biologis, khususnya Bakteri

Penghambat Pertumbuhan Tanaman (PGPR) dan Mikroorganisme Lokal Bermanfaat (MOL). Agen biologis ini berfungsi sebagai solusi ekologi untuk pengendalian hama dan penyakit. Selain menekan organisme berbahaya, mereka juga mempromosikan pertumbuhan tanaman. PGPR berfungsi sebagai biofertilizer dengan memproduksi fitohormon dan senyawa antimikroba yang mendukung perkembangan tanaman dan meningkatkan ketahanan terhadap hama dan penyakit (Yang, et al., 2024). Sementara itu, MOL yang dihasilkan melalui fermentasi bahan organik kaya akan mikroorganisme bermanfaat seperti *Bacillus* spp. dan lainnya (Joshi, et al., 2019). Meskipun PGPR dan MOL telah diadopsi secara mandiri dan terbukti efektif oleh banyak petani, akan tetapi belum ada penelitian tentang efektivitas spesifiknya di ekosistem Rawa Lebak atau lahan gambut.

Penerapan pendekatan secara partisipatif telah terbukti sebagai strategi efektif untuk mendorong petani di wilayah Ogan Ilir, Provinsi Sumatera Selatan, memahami dan mengadopsi praktik pengendalian hayati berkelanjutan. Model sekolah lapangan swadaya menawarkan kerangka pembelajaran praktis yang menekankan pelatihan langsung di lokasi petani, didasarkan pada pengetahuan dan

sumber daya lokal. Pendekatan ini telah terbukti efektif, seperti yang dibuktikan oleh berbagai studi penelitian dan program pelayanan masyarakat yang berhasil memperkuat kemampuan petani untuk menerapkan praktik pertanian berkelanjutan di berbagai wilayah. Selain itu, pelatihan yang disampaikan melalui sekolah lapangan telah mendorong kemandirian petani dalam menerapkan bioteknologi organik ramah lingkungan. Meskipun beberapa studi telah mengeksplorasi efektivitas PGPR dan MOL dalam mempromosikan pertumbuhan dan ketahanan tanaman di bawah kondisi yang berbeda, sebagian besar penelitian ini terbatas pada pengaturan laboratorium atau eksperimen skala kecil. Penelitian yang mengintegrasikan metode pendidikan partisipatif dengan penerapan teknologi biologis di ekosistem rawa lebak masih jarang. Oleh karena itu, keunikan inisiatif layanan masyarakat ini terletak pada pengenalan model sekolah lapangan yang berkelanjutan sebagai sarana memberdayakan petani untuk memproduksi dan menerapkan PGPR dan MOL sebagai agen pengendalian biologis, yang disesuaikan dengan karakteristik ekologi spesifik lingkungan rawa lebak.

2. METODE PELAKSANAAN

Inisiatif layanan masyarakat ini dilaksanakan dengan pendekatan partisipatif- melalui model

sekolah lapang swadaya, yang dirancang untuk meningkatkan kemampuan petani dalam memproduksi dan menerapkan PGPR (Plant Growth Promotion Rhizobacter) dan MOL (Mikroorganisme lokal bermanfaat) dalam sistem pertanian padi dataran rendah. Model ini menempatkan petani sebagai agen utama pembelajaran dan menekankan penggunaan optimal sumber daya lokal yang tersedia. Program ini dilaksanakan di Desa Kotadaro I, Kecamatan Rantau Panjang, Kabupaten Ogan Ilir, Provinsi Sumatera Selatan, dari Agustus hingga Desember 2024. Lokasi ini dipilih karena tingginya serangan hama dan penyakit pada tanaman padi, serta minimnya pemanfaatan agen pengendalian hayati oleh petani lokal. Mitra utama dalam inisiatif ini adalah kelompok petani yang secara aktif mengolah lahan rawa lebak dan berkomitmen untuk mengembangkan praktik pertanian berkelanjutan.

Serangkaian kegiatan dilaksanakan dalam beberapa tahap. Pertama, kebutuhan kelompok tani diidentifikasi melalui diskusi awal dan kunjungan lapangan untuk memetakan tantangan yang dihadapi. Kedua, sesi pelatihan teoritis dan praktis dilaksanakan, mencakup konsep dasar PGPR dan MOL, serta metode produksi menggunakan bahan lokal seperti air cucian padi, buah maja, akar bambu, dan siput emas. Ketiga, peserta secara aktif terlibat dalam produksi dan penerapan PGPR dan MOL di lahan pertanian mereka. Keempat, sesi refleksi bersama diadakan untuk mengevaluasi hasil uji lapangan, menilai tantangan di lapangan, dan

merancang rencana tindak lanjut secara kolaboratif. Selama program, berbagai metode pendidikan partisipatif diterapkan, termasuk diskusi kelompok, demonstrasi lapangan, dan praktik langsung di lahan petani. Pendekatan ini bertujuan untuk menumbuhkan rasa kepemilikan dan membangun kepercayaan petani dalam mengadopsi teknologi biologis. Selain itu, komunikasi yang berkelanjutan dan intensif dijaga antara tim implementasi dan petani untuk memastikan proses transfer teknologi bersifat dua arah dan disesuaikan dengan kondisi lokal.

3 HASIL DAN PEMBAHASAN

Kegiatan Sekolah Lapangan Swadaya yang dilaksanakan melalui program layanan masyarakat ini telah menunjukkan dampak yang nyata dan signifikan dalam meningkatkan pengetahuan dan keterampilan petani padi rawa lebak dalam produksi dan pemanfaatan PGPR dan MOL.



Gambar 1. Petani mempraktikkan produksi PGPR dan MOL

Sebelum program ini, sebagian besar

petani di lokasi mitra memiliki pemahaman yang terbatas tentang agen pengendalian hayati, terutama mikroorganisme yang dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman dan menekan wabah hama dan penyakit. Sebagian besar dari mereka masih sangat bergantung pada pestisida kimia sintetis sebagai metode utama pengendalian hama penyakit. Melalui serangkaian sesi pelatihan yang diselenggarakan dalam bentuk sekolah lapangan (seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1), program ini bertujuan untuk mendorong perubahan sikap dan praktik petani menuju pendekatan yang lebih berkelanjutan secara lingkungan. Perubahan ini tidak hanya terlihat dalam pemahaman teoritis mereka tentang fungsi dan manfaat PGPR dan MOL, tetapi juga dalam kemampuan mereka untuk memproduksi agen biologis ini secara mandiri menggunakan bahan-bahan yang tersedia secara lokal



Antusiasme petani meningkat secara

signifikan seiring munculnya hasil awal di lapangan tanaman padi tampak lebih sehat, hijau, dan tahan terhadap penyakit, tanpa bergantung pada input kimia sintetis. Selama sesi praktik lapangan, petani menunjukkan keterlibatan dan adaptabilitas yang kuat dalam menerapkan teknik fermentasi sederhana. Mereka mengikuti instruksi dengan cermat dan aktif berpartisipasi dalam mengumpulkan bahan lokal seperti air cucian beras, batang pisang, dan berbagai buah sebagai substrat untuk fermentasi MOL. Penyampaian dan demonstrasi bahan-bahan dan metode ini diilustrasikan dalam Gambar 2



Gambar 2. Presentasi materi tentang manfaat PGPR dan MOL

Dalam dua minggu, larutan fermentasi mulai mengeluarkan aroma asam yang khas

mirip dengan tape (ubi kayu fermentasi), menandakan keberhasilan proses fermentasi (Sharma, et al., 2020). Larutan ini kemudian diaplikasikan secara rutin sebagai biofertilizer dan agen pengendali biologis dengan menyemprotkannya langsung ke tanaman padi. Selain memproduksi MOL, petani juga dilatih untuk mengisolasi PGPR dari akar padi lokal dan bahan-bahan lain yang mudah diperoleh. Hal ini membuat proses budidaya dan formulasi menjadi sederhana dan mudah diakses, karena bahan baku dapat diperoleh di lingkungan sekitar petani. PGPR kemudian diaplikasikan ke sawah perminggu.

Hasil inisiatif ini konsisten dengan temuan penelitian sebelumnya, yang menunjukkan bahwa PGPR dan MOL secara signifikan meningkatkan pertumbuhan tanaman sambil menekan patogen tanaman seperti *Rhizoctonia solani* dan *Pyricularia oryzae* (Ansabayeva, et al 2025; Yang, et al., 2024). Secara keseluruhan, penggunaan mikroorganisme lokal terbukti efektif dalam mengurangi ketergantungan pada pestisida sintetis yang umumnya digunakan dalam sistem pertanian konvensional, terutama di ekosistem tropis lembab seperti rawa gambut (Chaudhary, et al., 2024; Aguilar, et al., 2023).

Pembahasan

Keunggulan utama kegiatan

pengabdian masyarakat ini terletak pada strategi implementasinya, yang menggabungkan metode pendidikan dengan pengalaman praktis secara langsung melalui model sekolah lapangan mandiri. Berbeda dengan pendekatan konvensional di mana transfer teknologi bioteknologi umumnya bersifat top-down dan didominasi oleh peneliti atau teknisi, program ini justru menempatkan petani sebagai aktor utama sejak tahap perencanaan, produksi, penerapan hingga evaluasi penggunaan agen hayati seperti PGPR dan MOL. Strategi partisipatif ini mempercepat proses adopsi teknologi karena inovasi berkembang dari dalam komunitas petani itu sendiri, bukan diperkenalkan sebagai barang jadi dari luar. Model ini memperkuat temuan sebelumnya bahwa sekolah lapangan merupakan metode efektif untuk mendorong pembelajaran kolektif dan pengembangan keterampilan praktis di kalangan petani, terutama dalam pengelolaan sumber daya lokal secara mandiri (Bhuiyan et al., 2022; Amarathunga et al., 2023).

Rangkaian pengabdian masyarakat dalam kegiatan ini dimulai dengan identifikasi tantangan yang dihadapi petani di kawasan rawa lebak, khususnya ketergantungan terhadap input kimia dan mahalnya harga produk hayati komersial. Tahapan selanjutnya mencakup

perencanaan program berbasis kebutuhan, pelaksanaan pelatihan langsung, dan pendampingan pembuatan PGPR dan MOL oleh petani sendiri. Selama proses ini, digunakan prinsip pembelajaran kontekstual, di mana petani belajar melalui praktik langsung di lahan mereka masing-masing, sembari bertukar pengalaman dalam kelompok. Transformasi sosial terjadi ketika petani mulai mengadopsi dan menyebarluaskan teknologi tersebut kepada sesama petani, serta muncul inisiatif swadaya untuk mereplikasi kegiatan tanpa bergantung pada bantuan eksternal. Dengan demikian, terjadi pergeseran peran dari petani sebagai penerima teknologi menjadi agen perubahan dalam sistem pertanian lokal.

Peningkatan kapasitas ini mendorong kemandirian petani dalam mengelola pertanian yang ramah lingkungan dan berkelanjutan. Dengan menguasai teknik produksi agen hayati berbasis mikroorganisme lokal, petani dapat mengurangi ketergantungan pada produk-produk kimia sintetis yang mahal dan berisiko terhadap kesehatan tanah. Perubahan ini memberikan dampak langsung terhadap efisiensi biaya produksi serta meningkatkan ketahanan ekonomi rumah tangga petani kecil. Selain itu, kesadaran ekologis petani pun meningkat, terutama mengenai pentingnya

mikroorganisme tanah dalam menjaga keseimbangan ekosistem lahan pertanian (Iqbal et al., 2023). Penerapan secara rutin PGPR dan MOL tidak hanya memperbaiki kesehatan tanah, tetapi juga memperkaya keanekaragaman mikroba yang berperan penting dalam siklus nutrisi dan perlindungan tanaman (Bhat et al., 2023; Agustiyani et al., 2021). Observasi lapangan menunjukkan bahwa tanaman padi yang diberi perlakuan dengan PGPR dan MOL mengalami pertumbuhan lebih baik, warna daun lebih hijau, serta ketahanan tanaman lebih tinggi terhadap penyakit daun.

Secara ilmiah, keberhasilan program ini dapat dijelaskan dari dua perspektif. Pertama, secara biologis, PGPR dan MOL mengandung mikroorganisme yang mampu memproduksi metabolit sekunder seperti siderofor, enzim proteolitik, dan antibiotik yang menekan pertumbuhan patogen di zona rizosfer (Ahmad et al., 2022; Khoso et al., 2024). Mikroorganisme ini juga menghasilkan fitohormon seperti auksin dan sitokinin yang merangsang pertumbuhan akar dan meningkatkan penyerapan nutrisi (Liu et al., 2025). Kedua, dari sisi pendidikan dan sosial, sekolah lapangan sebagai pendekatan belajar berbasis komunitas menciptakan ruang interaksi horizontal antarpetani dan fasilitator. Hal ini sejalan dengan teori pembelajaran transformatif (Sari, et al., 2024) yang

menekankan pentingnya refleksi kritis melalui pengalaman nyata untuk mengubah cara pandang dan tindakan. Selain itu, pendekatan ini juga didukung oleh teori pemberdayaan komunitas, di mana kekuatan dan potensi lokal dikembangkan untuk mendorong perubahan yang berkelanjutan dari dalam masyarakat itu sendiri. Dengan menciptakan ruang untuk eksperimen, refleksi bersama, dan praktik lapangan yang kontekstual, petani tidak hanya memperoleh pengetahuan teknis, tetapi juga mengalami peningkatan rasa percaya diri dan kemandirian. Ini menandai transformasi sosial yang nyata dari awalnya berbentuk komunitas yang bergantung pada solusi eksternal menjadi komunitas yang mampu menciptakan inovasi secara mandiri. Oleh karena itu, sekolah lapangan mandiri memiliki potensi besar untuk direplikasi di wilayah lain dengan karakteristik agroekologi serupa, dengan syarat pendekatan ini disesuaikan secara kontekstual terhadap kondisi sosial dan budaya lokal.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Program Sekolah Lapangan telah berhasil meningkatkan kemampuan petani padi dataran rendah dalam memproduksi dan menerapkan PGPR dan MOL sebagai agen pengendalian hayati. Melalui pendekatan partisipatif dan pembelajaran praktis, petani telah memperoleh

pemahaman praktis tentang peran mikroorganisme bermanfaat dan telah menunjukkan kemampuan untuk menerapkannya secara mandiri di lahan mereka. Hasil awal menunjukkan bahwa penerapan PGPR dan MOL tidak hanya meningkatkan ketahanan tanaman terhadap penyakit tetapi juga secara signifikan mengurangi ketergantungan pada pestisida kimia. Kesuksesan inisiatif ini menyoroti efektivitas pendekatan pendidikan berbasis pengalaman, seperti sekolah lapangan swadaya, dalam mempercepat adopsi teknologi biologis ramah lingkungan. Selain manfaat agronomisnya, program ini juga menumbuhkan kesadaran ekologi dan memperkuat otonomi petani dalam mengelola praktik pertanian berkelanjutan. Mengingat hasil positifnya, model ini memiliki potensi besar untuk direplikasi di agroekosistem lain, asalkan didukung oleh kerangka institusional yang sesuai dan disesuaikan dengan konteks lokal.

5. REFERENSI

Aguilar, A., Valdés, G., Araneda, N., Valdebenito, E., Hansen, F., & Nuti, M. (2023). Microbial community in the composting process and its positive impact on the soil biota in sustainable agriculture. *Agronomy*, 13(2), 542. <https://doi.org/10.3390/agronomy13020542>

Agustiyani, D., Dewi, T. K., Laili, N., Nditasari, A., & Antonius, S. (2021). Exploring biofertilizer potential of plant growth-promoting rhizobacteria candidates from different plant ecosystems. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*, 22(5), 2691–2698.

<https://doi.org/10.13057/biodiv/d220529>

Ahmad, H. M., Fiaz, S., Hafeez, S., Zahra, S., Shah, A. N., Gul, B., Aziz, O., Mahmood-Ur-Rahman, Fakhar, A., Rafique, M., Chen, Y., Yang, S. H., & Wang, X. (2022). Plant growth-promoting rhizobacteria eliminate the effect of drought stress in plants: A review. *Frontiers in Plant Science*, 13, 875774. <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.875774>

Amarathunga, M. K. S. L. D., Mahindaratne, P., Senevirathna, M. M. G. R. M., & Amarakoon, C. (2023). The effectiveness of farmer field school extension approach for technology transfer to tea smallholders in Sri Lanka. *International Journal of Innovative Approaches in Agricultural Research*, 7(1), 85–103. <https://doi.org/10.29329/ijiaar.2023.536.6>

Ansabayeva, A., Makhambetov, M., Rebouh, N. Y., Abdelkader, M., Saady, H. S., Hassan, K. M., Nasser, M. A., Ali, M. A. A., & Ebrahim, M. (2025). Plant growth-promoting microbes for resilient farming systems: Mitigating environmental stressors and boosting crops productivity—A review. *Horticulturae*, 11(3), 260. <https://doi.org/10.3390/horticulturae1103026>

Bhat, M. A., Mishra, A. K., Jan, S., Bhat, M. A., Kamal, M. A., Rahman, S., Shah, A. A., & Jan, A. T. (2023). Plant growth-promoting rhizobacteria in plant health: A perspective study of the underground interaction. *Plants*, 12(3), 629. <https://doi.org/10.3390/plants12030629>

Bhuiyan, M. M. R., & Maharjan, K. L. (2022). Impact of farmer field school on crop income, agroecology, and farmer's behavior in farming: A case study on Cumilla District in Bangladesh.

Sustainability, 14(7), 4190.
<https://doi.org/10.3390/su14074190>

Chaudhary, R., Nawaz, A., Khattak, Z., Butt, M. A., Fouillaud, M., Dufossé, L., Munir, M., ul Haq, I., & Mukhtar, H. (2024). Microbial bio-control agents: A comprehensive analysis on sustainable pest management in agriculture. *Journal of Agriculture and Food Research*, 18, 101421.
<https://doi.org/10.1016/j.jafr.2024.101421>

Iqbal, B., Li, G., Alabbosh, K. F., Hussain, H., Khan, I., Tariq, M., Javed, Q., Naeem, M., & Ahmad, N. (2023). Advancing environmental sustainability through microbial reprogramming in growth improvement, stress alleviation, and phytoremediation. *Plant Stress*, 10, 100283.
<https://doi.org/10.1016/j.stress.2023.100283>

Joshi, H., Somdutt, Choudhary, P., & Mundra, S. L. (2019). Role of effective microorganisms (EM) in sustainable agriculture. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 8(3), 172–181.
<https://doi.org/10.20546/ijcmas.2019.803.024>

Kalogiannidis, S., Kalfas, D., Chatzitheodoridis, F., & Papaevangelou, O. (2022). Role of crop-protection technologies in sustainable agricultural productivity and management. *Land*, 11(10), 1680.
<https://doi.org/10.3390/land11101680>

Khoso, M. A., Wagan, S., Alam, I., Hussain, A., Ali, Q., Saha, S., Poudel, T. R., Manghwar, H., & Liu, F. (2024). Impact of plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR) on plant nutrition and root characteristics: Current perspective. *Plant Stress*, 11, 100341.

<https://doi.org/10.1016/j.stress.2024.100341>.

Liu, K., Deng, F., Zeng, F., & Others. (2025). Plant growth-promoting rhizobacteria improve drought tolerance of crops: A review. *Plant Growth Regulation*, 105, 567–581.
<https://doi.org/10.1007/s10725-025-01300-Y>

Sari, C. P., Putri, N. A. C., Widhah, C. P., Pangestu, D., Suaysyah, S., & Prabowo, R. U. (2024). Peran pertanian organik terhadap kesejahteraan petani di Kecamatan Summersari Kabupaten Jember [The role of organic farming on farmer welfare in Summersari District, Jember Regency]. *Mimbar Agribisnis: Jurnal Pemikiran Masyarakat Ilmiah Berwawasan Agribisnis*, 10(2), 3247–3252.
<https://www.researchgate.net/publication/382728155>

Sharma, R., Garg, P., Kumar, P., Bhatia, S. K., & Kulshrestha, S. (2020). Microbial fermentation and its role in quality improvement of fermented foods. *Fermentation*, 6(4), 106.
<https://doi.org/10.3390/fermentation6040106>

Vacheron, J., Desbrosses, G., Bouffaud, M.-L., Touraine, B., Moëne-Loccoz, Y., Muller, D., Legendre, L., Wisniewski-Dyé, F., & Prigent-Combaret, C. (2013). Plant growth-promoting rhizobacteria and root system functioning. *Frontiers in Plant Science*, 4, 356.
<https://doi.org/10.3389/fpls.2013.00356>

Wilson, S. K., Pretorius, T., & Naidoo, S. (2023). Mechanisms of systemic resistance to pathogen infection in plants and their potential application in forestry. *BMC Plant Biology*, 23(1), 404.

<https://doi.org/10.1186/s12870-023-04391-9>

Yang, P., Condrich, A., Scranton, S., Hebner, C., Lu, L., & Ali, M. A. (2024). Utilizing plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR) to advance sustainable agriculture. *Bacteria*, 3(4), 434–451.

<https://doi.org/10.3390/bacteria3040030>

Yang, P., Yuan, P., Liu, W., Zhao, Z., Bernier, M. C., Zhang, C., Adhikari, A., Opiyo, S. O., Zhao, L., Banks, F., & Xia, Y. (2024). Plant growth promotion and plant disease suppression induced by *Bacillus amyloliquefaciens* strain GD4a. *Plants*, 13(5), 672.

<https://doi.org/10.3390/plants13050672>