

**PENJARINGAN DAN POTENSI ISOLAT BAKTERI PELARUT KALIUM DARI
PERTAMBANGAN FELSPAR UNTUK MENINGKATKAN PERTUMBUHAN JAGUNG**

**SCREENING POTASSIUM-SOLUBILIZING BACTERIA FROM FELDSPAR MINING AREA
FOR MAIZE GROWTH**

Diyan Herdiyantoro^{1*}, Mieke Rochimi Setiawati¹, Tualar Simarmata¹, Alif Razaqa Al-Farra²,
Aqilla Ziat Achsantama²

¹ Departemen Ilmu Tanah dan Sumber Daya Lahan, Fakultas Pertanian, Universitas
Padjadjaran, Jl. Raya Bandung Sumedang Km. 21, Sumedang 45363

² Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Padjadjaran, Jl. Raya Bandung
Sumedang Km. 21, Sumedang 45363

Korespondensi: d.herdiyantoro@unpad.ac.id

Diterima: 28 Maret 2026 / Direvisi: 18 April 2026 / Disetujui: 30 Juli 2026

ABSTRAK

Isolat bakteri unggul dan kondisi pertumbuhan optimum bakteri pelarut kalium (BPK) yang teridentifikasi diperlukan untuk formulasi pupuk hayati yang efektif. Penelitian bertujuan untuk menjangkar isolat BPK unggul dari area pertambangan felspar, menentukan dosis inokulasi serta tingkat pH optimum, dan menguji pengaruhnya terhadap pertumbuhan tanaman jagung. Isolasi BPK melalui pengenceran berseri sampel tanah rizosfer pada media selektif Aleksandrov. Isolat BPK diseleksi menggunakan metode penskoran dan pemeringkatan berdasarkan kemampuan melarutkan mineral K-felspar. Optimasi pertumbuhan BPK menggunakan rancangan acak lengkap dengan tujuh dosis inokulasi (0,00–1,50% v/v) dan sembilan tingkat pH (5,0–9,0) serta analisis regresi polinomial kuadratik. Uji hayati tanaman jagung menggunakan rancangan acak kelompok dengan dua perlakuan (dengan dan tanpa inokulasi BPK) serta analisis uji t saling bebas dan korelasi Pearson. Tiga isolat unggul BPK dapat diisolasi dari area pertambangan felspar, yaitu *Kosakonia sacchari* (BPK B1), *Burkholderia* sp. (BPK B4), dan *Kosakonia sacchari* (BPK B3). Dosis inokulasi 0,98% dan pH 7,0 menunjukkan kondisi pertumbuhan optimum BPK. Inokulasi dapat meningkatkan populasi BPK, 26,06% volume akar, 39,27% konduktivitas stomata, 62,44% indeks kadar klorofil, dan 43,28% serapan kalium (K) tanaman jagung dibandingkan kontrol. Korelasi positif kuat ditemukan antara serapan K dan volume akar ($r = 0,72$). Kondisi pertumbuhan optimum BPK dapat meningkatkan pertumbuhan dan serapan K tanaman jagung yang menunjukkan potensi aplikasi BPK sebagai pupuk hayati dalam meningkatkan produktivitas tanaman pada tanah yang kekurangan K.

Kata kunci: BPK, K-felspar, Optimasi, Seleksi, Serapan K

ABSTRACT

Superior bacterial isolates and optimum growth conditions for potassium-solubilizing bacteria (KSB) are essential for effective biofertilizer formulation. This study aimed to screen superior KSB isolates from feldspar mining areas, determine optimum inoculation dosage and pH levels, and evaluate their effects on maize growth. KSB were isolated via serial dilution of rhizosphere soil samples on Aleksandrov selective media. Isolates were selected using scoring

ISSN: [2407-7933](https://doi.org/10.15575/j.agro.55082)

84

Cite this as: Herdiyantoro, D., Setiawati, M.R., Simarmata, T. Al-Farra, A.R. & Achsantama, A.Z. (2026). Penjangkar dan potensi isolat bakteri pelarut kalium dari pertambangan felspar untuk meningkatkan pertumbuhan Jagung. *Jurnal Agro*, 13(1), 84-98.
<https://doi.org/10.15575/j.agro.55082>

and ranking methods based on their K-feldspar mineral solubilization capacity. Growth optimization employed a completely randomized design with seven inoculation doses (0.00–1.50% v/v) and nine pH levels (5.0–9.0), followed by quadratic polynomial regression analysis. A maize bioassay used a randomized block design with two treatments (with and without KSB inoculation), analyzed via independent T-tests and Pearson correlation. Three superior KSB isolates were isolated from feldspar mining areas, namely *Kosakonia sacchari* (KSB B1), *Burkholderia* sp. (KSB B4), and *Kosakonia sacchari* (KSB B3). An inoculation dose of 0.98% and pH 7.0 indicated the optimum growth conditions of KSB. Compared to the control, KSB inoculation increased KSB populations, root volume (26.06%), stomatal conductance (39.27%), chlorophyll index (62.44%), and potassium (K) uptake (43.28%). A strong positive correlation was found between K-uptake and root volume ($r = 0.72$). These optimum growth conditions enhance maize growth and K-uptake, demonstrating KSB's potential as a biofertilizer to improve crop productivity in K-deficient soils.

Key words: K-feldspar, KSB, K-uptake, Optimization, Selection

PENDAHULUAN

Kalium (K) merupakan unsur hara makro esensial yang berperan penting dalam pertumbuhan dan hasil tanaman, termasuk jagung (Csathó *et al.*, 2025). Meskipun kandungan K total dalam tanah tinggi, ketersediaannya bagi tanaman rendah karena sebagian besar terikat dalam mineral silikat primer dan sekunder (Bell *et al.*, 2021). Mineral K-feldspar berpotensi menjadi sumber K apabila mengalami pelapukan, namun proses pelapukan alami berlangsung lambat sehingga tidak mampu memenuhi kebutuhan K tanaman secara cepat pada fase pertumbuhannya (Wakeel & Ishfaq, 2022).

Bakteri pelarut K (BPK) dapat mempercepat proses ini melalui produksi asam organik antara lain asam sitrat, asam oksalat, asam asetat, asam glukonat, dan asam tartarat yang melarutkan K dari struktur mineral sehingga menjadi bentuk yang tersedia bagi tanaman (Babar *et al.*, 2024; Pattnaik *et al.*, 2021). Gugus fungsional pada asam-asam organik tersebut dapat terionisasi menjadi ion H^+ yang dapat menurunkan pH dan menghidrolisis ion K^+ dari struktur mineral

(Herdiyantoro *et al.*, 2018). Interaksi antara BPK, mineral K, dan tanaman di rizosfer memberikan peluang untuk mengisolasi BPK dari daerah pertambangan felspar. Area pertambangan felspar mengandung mineral K-feldspar dengan struktur kristal aluminosilikat yang resisten dan sulit melapuk secara alami. Minimnya ketersediaan K di lingkungan tersebut menciptakan tekanan seleksi ekologis yang kuat bagi mikroba rizosfer indigenos untuk beradaptasi secara evolusioner dalam memenuhi kebutuhan akan unsur tersebut. Adaptasi ini diwujudkan melalui peningkatan sekresi asam organik untuk melepaskan K dari mineral ke larutan tanah. Oleh karena itu, rizosfer tanaman pada area pertambangan ini menjadi habitat mikro yang sangat potensial untuk mendapatkan isolat BPK unggul dengan aktivitas pelarutan K yang tinggi (Raji & Thangavelu, 2021; Wu *et al.*, 2023).

Aplikasi BPK sebagai pupuk hayati masih terbatas dan sering menunjukkan efektivitas rendah serta tidak konsisten yang dipengaruhi oleh kemampuan isolat maupun pengaruh faktor tumbuh yang tidak optimal (Yadav & Yadav, 2024). Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk

mengisolasi, menseleksi, dan mengidentifikasi BPK dari area pertambangan mineral felspar di Indonesia, sekaligus memahami faktor-faktor yang memengaruhi aktivitas pelarutan K, seperti dosis aplikasi dan pH. Langkah ini bertujuan mengembangkan pupuk hayati ramah lingkungan berbasis sumber daya lokal serta mengurangi ketergantungan pada pupuk KCl impor (Rahmatika *et al.*, 2024). Selain itu, penelitian ini menguji efektivitas biologis isolat BPK terpilih pada tanaman jagung sebagai upaya meningkatkan produktivitas lahan marginal secara berkelanjutan.

BAHAN DAN METODE

Penelitian terdiri dari tiga tahap, yaitu: (1) Isolasi, seleksi, dan karakterisasi isolat BPK; (2) Optimasi faktor tumbuh isolat BPK terpilih; dan (3) Uji hayati isolat BPK terpilih pada tanaman jagung. Penelitian dilakukan pada Agustus 2022 sampai Juni 2024 di laboratorium dan rumah kaca Laboratorium Biologi Tanah, Departemen Ilmu Tanah dan Sumber Daya Lahan, Fakultas Pertanian, Universitas Padjadjaran.

Isolasi, seleksi, dan karakterisasi isolat BPK

Isolasi BPK dilakukan dari tanah rizosfer tanaman di pertambangan felspar Tasikmalaya, Jawa Barat dan Banjarnegara, Jawa Tengah. Isolasi isolat BPK menggunakan pengenceran berseri pada media selektif agar Aleksandrov yang ditandai oleh zona bening di sekeliling koloni bakteri (Herdiyantoro *et al.*, 2018).

Seleksi tiga isolat BPK terpilih dilakukan melalui penskoran dan pemeringkatan data semikuantitatif dan kuantitatif (Herdiyantoro *et al.*, 2018). Data semikuantitatif meliputi diameter zona

bening dan aktivitas nisbi pelarutan K, sedangkan data kuantitatif yaitu pH media.

Karakterisasi morfologi koloni dan sel dilakukan terhadap tiga isolat BPK terpilih. Karakterisasi morfologi koloni meliputi warna, bentuk, tepian, elevasi, dan motilitas. Sedangkan karakterisasi morfologi sel meliputi gram, bentuk sel, endospora, dan kapsul (Hadioetomo, 1990).

Karakterisasi fisiologi isolat BPK terpilih meliputi uji patogenisitas pada tembakau (Herdiyantoro *et al.*, 2022), kompatibilitas dengan metode *double streak* (Herdiyantoro *et al.*, 2021), serta analisis asam organik dan fitohormon dengan metode HPLC. Identifikasi spesies dilakukan melalui karakterisasi molekular (16s rRNA/ITS) di *Environmental Biotechnology Laboratory* ICBB. Selain itu dilakukan pembuatan kurva standar isolat yang menghubungkan kerapatan optik dengan populasi inokulan dalam media pertumbuhan cair (Hadioetomo, 1990).

Optimasi faktor tumbuh isolat BPK terpilih

Optimasi faktor tumbuh isolat BPK terpilih kultur campuran meliputi dosis inokulasi dan pH, masing-masing diuji secara terpisah berdasarkan percobaan faktor tunggal dalam rancangan acak lengkap. Dosis inokulan yang diuji mencakup 7 tingkat perlakuan (0,0–1,50% v/v) dengan 3 ulangan. Perlakuan pH terdiri atas 9 tingkat (5,0–9,0) dengan 3 ulangan, disesuaikan menggunakan HCl dan NaOH 0,1 M.

Tiga inokulan isolat BPK kultur campuran sebanyak 1% (v/v) diinokulasikan ke dalam 9 ml media cair Aleksandrov (kepadatan populasi inokulan $8,97 \times 10^8$ CFU ml⁻¹ dalam *nutrient broth*/NB), lalu diinkubasi selama 48 jam pada suhu 26 °C dengan pengocokan 120 rpm di atas *shaker*. Parameter yang

diamati adalah populasi BPK total (Hadioetomo, 1990) pada media agar Aleksandrov.

Uji homogenitas dilakukan untuk mengetahui data memiliki variansi yang sama. Selanjutnya, data dianalisis ragam untuk mengetahui pengaruh nyata perlakuan. Jika signifikan, dilanjutkan uji lanjut jarak berganda Duncan untuk mengetahui perbedaan nilai rata-rata parameter antar perlakuan. Kemudian, dilakukan analisis regresi polinomial kuadratik guna optimasi perlakuan terhadap parameter pengamatan. Analisis statistika dilakukan pada taraf nyata 5% menggunakan perangkat lunak SPSS 16.0.

Uji hayati isolat BPK terpilih pada tanaman jagung

Pengujian dilakukan berdasarkan percobaan faktor tunggal dalam rancangan acak kelompok dengan 2 perlakuan dan 17 ulangan. Perlakuan yang diujikan adalah tanpa inokulasi BPK (U_0) dan inokulasi BPK (U_1). Seluruh unit percobaan dilakukan duplo sehingga terdapat 68 unit percobaan.

Sebanyak 68 bibit jagung hibrida varietas Pertiwi 3 berumur 5 hari dengan morfologi homogen disiapkan. Tiga isolat BPK dari agar miring Aleksandrov dibiakkan masing-masing dalam 100 ml media NB, diinkubasi selama 24 jam pada suhu 26 °C dengan pengocokan 120 rpm di atas *shaker*, menghasilkan kepadatan populasi rata-rata $8,96 \times 10^8$ CFU ml⁻¹. Sebanyak 68 tabung jar diisi 100 ml media *Hoagland's Solution* (HS) termodifikasi (Martins *et al.*, 2024). Modifikasi media mencakup penyesuaian pH yang ditetapkan berdasarkan hasil percobaan optimasi dan penggantian NO₃ dalam KNO₃ oleh Urea karena menggunakan mineral K-felspar sebagai satu-satunya sumber K dengan kandungan

K₂O 24,43%. Inokulan BPK kultur campuran diinokulasikan saat tanam ke dalam media HS dengan dosis berdasarkan hasil percobaan optimasi dosis isolat BPK kultur campuran. Unit-unit percobaan ditata secara acak dalam kelompok dan ditempatkan selama 28 hari di rumah kaca.

Parameter yang diamati adalah: (i) Populasi BPK total menggunakan metode *total plate count* (Hadioetomo, 1990) pada media agar Aleksandrov; (ii) Volume akar menggunakan metode *volume displacement* (Kumar *et al.*, 2023); (iii) Konduktivitas stomata menggunakan *leaf porometer* (Decagon Devices Inc., USA); (iv) Indeks kadar klorofil menggunakan *chlorophyll content meter-200* (Opti-Sciences Inc., USA); dan (v) Serapan K menggunakan metode pengabuan basah dengan HNO₃ dan HClO₄ (Eviati *et al.*, 2023).

Uji normalitas dilakukan untuk mengetahui data berdistribusi normal. Selanjutnya, data dianalisis menggunakan uji t saling bebas untuk mengetahui perbedaan nilai rata-rata parameter dua perlakuan. Jika terdapat perbedaan nyata, dilanjutkan analisis korelasi Pearson untuk mengetahui hubungan antar parameter. Analisis statistika menggunakan perangkat lunak SPSS 16.0 pada taraf nyata 5% dan RStudio.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Isolasi, seleksi, dan karakterisasi isolat BPK

Isolasi BPK menghasilkan 6 buah isolat BPK murni dari 2 lokasi daerah pertambangan felspar (Tabel 1). Koloni isolat BPK yang diperoleh berwarna putih dan ada juga yang tidak berwarna yang keduanya dicirikan dengan terbentuknya zona bening di sekeliling koloni pada media agar Aleksandrov (Gambar 1). Zona bening

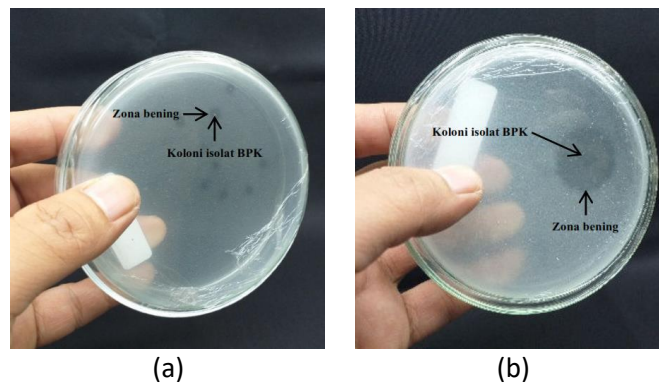
menandakan isolat BPK dapat melarutkan mineral K-felspar pada media agar Aleksandrov. Koloni isolat BPK dicirikan

dengan adanya zona bening di sekeliling koloni (Gao *et al.*, 2025).

Tabel 1. Lokasi dan hasil eksplorasi isolat BPK di daerah pertambangan felspar

Kode ¹	KPB2 (B)	KCT1 (L)
Koordinat	7°30'21,2"S; 109°33'35,8"E	7°42'13,0"S; 108°04'49,4"E
Vegetasi	Singkong (<i>Manihot esculenta</i>)	Kapulaga (<i>Amomum compactum</i>)
Jumlah/Isolat	5 buah/BPK B1, B3, B4, B8, B10	1 buah/BPK L1

Keterangan: ¹Desa Kalitengah, Kecamatan Purwanegara, Kabupaten Banjarnegara (KPB); Desa Kertasari, Kecamatan Cipatujah, Kabupaten Tasikmalaya (KCT)



Keterangan: (a) Koloni isolat BPK berwarna putih dan (b) Koloni isolat BPK tidak berwarna
Gambar 1. Zona bening koloni isolat BPK pada permukaan media agar Aleksandrov

Seleksi terhadap 6 isolat BPK mendapatkan 3 isolat BPK terpilih, yaitu: BPK B1, BPK B4, dan BPK B3 (Tabel 2). Ketiga isolat mempunyai aktivitas pelarutan K yang tinggi berdasarkan diameter zona bening (Gambar 2), aktivitas nisbi pelarutan K, dan pH media dengan urutan isolat BPK B1 > BPK B4 > BPK B3. Antara diameter zona bening dengan pH media terdapat korelasi negatif kuat ($r = -0,915$), yaitu semakin tinggi pelarutan K maka pH media semakin rendah. Hal tersebut menunjukkan mekanisme pelarutan K oleh BPK dengan dihasilkannya asam-asam organik yang gugus fungsionalnya terionisasi menjadi ion H^+ yang dapat menurunkan pH dan mampu menghidrolisis ion K^+ dari struktur mineral (Herdiyantoro *et al.*, 2018). Hasil penelitian tersebut sejalan dengan penelitian Parmar *et al.* (2016), Verma *et al.* (2016), dan Saha

et al. (2016). Masing-masing penelitian menunjukkan seleksi terhadap 25, 14, dan 8 isolat BPK sehingga mendapatkan 5, 7, dan 1 isolat BPK terpilih berdasarkan aktivitas nisbi pelarutan K pada media agar Aleksandrov.

Karakterisasi morfologi tiga isolat BPK terpilih ditampilkan pada Tabel 3. Isolat BPK B1 dan BPK B4 memiliki koloni berwarna putih dengan bentuk bundar, tepian licin, dan bersifat motil. Isolat BPK B1 memiliki elevasi cembung, sedangkan BPK B4 memiliki elevasi datar. Keduanya tergolong bakteri gram negatif, berbentuk *coccus*, tidak membentuk endospora, namun memiliki kapsul. Isolat BPK B3 memiliki koloni tidak berwarna dengan bentuk bundar, tepian licin, elevasi datar, dan bersifat motil. Isolat BPK B3 tergolong gram positif, berbentuk *bacil*, dan tidak memiliki

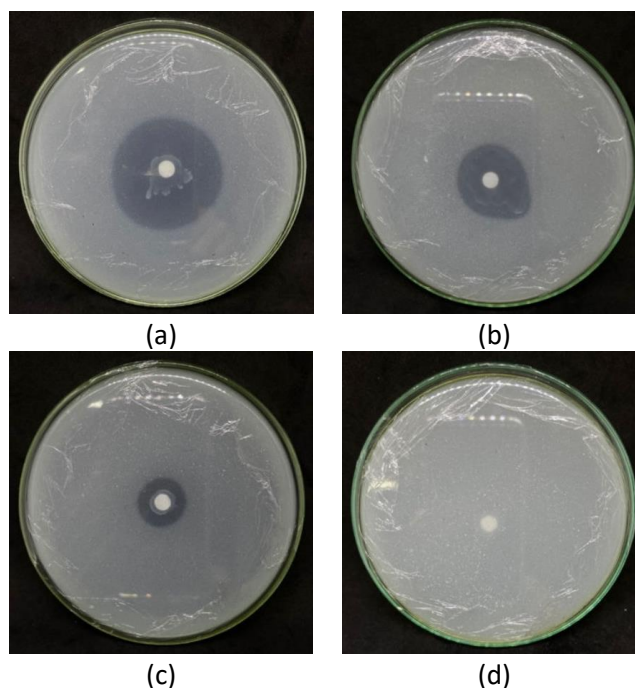
endospora maupun kapsul. Hasil tersebut sejalan dengan penelitian Gao *et al.* (2025) yang mengisolasi tiga isolat BPK dengan

koloni berbentuk bulat, berwarna putih kekuningan, dan sel berbentuk *bacil* atau *coccus*.

Tabel 2. Hasil seleksi isolat BPK terpilih menggunakan metode penskoran dan pemeringkatan

Isolat	Diameter Zona Bening (mm)		Aktivitas Nisbi Pelarutan K		pH		Jumlah Skor	Peringkat
	$\bar{x}^1$	Skor	$\bar{x}^1$	Skor	$\bar{x}^1$	Skor		
BPK B1 ²	32,17	2	6,43	2	3,79	1	5	1
BPK B3 ⁴	30,33	3	6,07	3	3,85	3	9	3
BPK B4 ³	38,00	1	7,60	1	4,04	4	6	2
BPK B8	23,67	5	4,73	5	4,18	5	15	5
BPK B10	28,83	4	5,77	4	3,84	2	10	4
BPK L1	12,67	6	2,53	6	5,71	6	18	6
Kontrol	0,00	7	0	7	6,40	7	21	7

Keterangan: ¹Nilai rata-rata dari 3 ulangan; ^{2, 3, 4}Isolat BPK terpilih, yaitu: BPK B1, BPK B4, dan BPK B3



Keterangan: (a) BPK B1, (b) BPK B4, (c) BPK B3, dan (d) kontrol

Gambar 2. Seleksi tiga isolat BPK terpilih pada media agar Aleksandrov

Ketiga isolat BPK terpilih menunjukkan reaksi hipersensitif negatif terhadap daun tembakau yang menandakan bahwa ketiga isolat BPK nonpatogen bagi tanaman (Tabel 4). Hasil tersebut sejalan dengan penelitian Herdiyantoro *et al.* (2022) yang menunjukkan isolat-isolat BPK sebagai pupuk hayati nonpatogen pada tanaman.

Hasil uji kompatibilitas menunjukkan bahwa ketiga isolat BPK terpilih saling kompatibel satu dengan yang lainnya (Tabel 4). Hal ini dapat memberikan informasi untuk formulasi pupuk hayati pelarut K kultur campuran. Menurut Liu *et al.* (2023) formula pupuk hayati kultur campuran terdiri dari beberapa mikrob kultur tunggal

yang saling kompatibel dan sinergis dalam meningkatkan pertumbuhan masing-masing mikrob dan mempunyai efek yang

lebih baik untuk meningkatkan pertumbuhan tanaman dibandingkan kultur tunggal

Tabel 3. Karakterisasi morfologi koloni dan sel isolat BPK terpilih

Isolat	Morfologi Koloni					Morfologi Sel			
	Warna	Bentuk	Tepian	Elevasi	Motilitas ¹	Gram ²	Bentuk	Endospora ³	Kapsul ⁴
BPK B1	Putih	Bundar	Licin	Cembung	+	-	<i>Coccus</i>	-	+
BPK B4	Putih	Bundar	Licin	Datar	+	-	<i>Coccus</i>	-	+
BPK B3	Tidak berwarna	Bundar	Licin	Datar	+	+	<i>Bacil</i>	-	-

Keterangan: ¹Motilitas, + = motil, - = nonmotil; ²Gram, + = gram positif, - = gram negatif; ³Endospora, + = mempunyai, - = tidak mempunyai; ⁴Kapsul, + = mempunyai, - = tidak mempunyai

Ketiga isolat BPK terpilih menghasilkan asam-asam organik pada media cair Aleksandrov selama tujuh hari inkubasi (Tabel 4). Jenis asam organik yang dihasilkan adalah asam sitrat, asam laktat, dan asam malat. Asam malat merupakan asam organik utama yang dihasilkan ketiga

isolat BPK. Hasil tersebut sejalan dengan penelitian Yan *et al.* (2025) yang menunjukkan empat isolat BPK menghasilkan asam sitrat, asam laktat, dan asam oksalat dalam mendegradasi K-felspar.

Tabel 4. Karakterisasi fisiologi isolat BPK terpilih

Isolat/Kurva Standar	Reaksi Hipersensitif ¹	Kompatibilitas ²	Asam Organik (ppm)			Fitohormon (ppm)	
			Asam Sitrat	Asam Laktat	Asam Malat	Auksin (IAA)	Giberelin
BPK B1 (<i>Kosakonia sacchari</i>) ³ $y = (6 \times 10^8 x) + (1 \times 10^9)^4$	-	+	0,22	1,78	9.005,74	2,43	0,056
BPK B4 (<i>Burkholderia</i> sp.) $y = (8 \times 10^8 x) + (2 \times 10^8)$	-	+	15,81	1,59	4.658,47	1,26	-
BPK B3 (<i>Kosakonia sacchari</i>) $y = (2 \times 10^8 x) + (1 \times 10^9)$	-	+	77,55	1,57	2.374,29	1,73	0,022

Keterangan: ¹Reaksi hipersensitif, + = patogen, - = nonpatogen; ²Kompatibilitas, + = kompatibel, - = nonkompatibel; ³Hasil analisis 16s rRNA/ITS di *Environmental Biotechnology Laboratory* ICBB; ⁴($x = OD_{620}$; $y = CFU\ ml^{-1}$)

Ketiga isolat BPK terpilih menghasilkan fitohormon pada media cair Aleksandrov selama tujuh hari inkubasi (Tabel 4). Jenis

fitohormon yang dihasilkan adalah auksin (IAA) dan giberelin. Auksin (IAA) merupakan fitohormon utama yang dihasilkan ketiga

isolat BPK. Hasil tersebut sejalan dengan penelitian Saha *et al.* (2016) yang menunjukkan isolat BPK *Bacillus licheniformis* (BHU18) yang diisolasi dari rizosfer tanaman padi dapat melarutkan K dan menghasilkan fitohormon IAA (23 mg L^{-1}) yang lebih tinggi dibandingkan tujuh isolat lainnya. Hasil penelitian Raji & Thangavelu (2021) menunjukkan empat isolat BPK dari habitat batuan menghasilkan fitohormon IAA.

Tiga isolat BPK terpilih selain berpotensi sebagai pupuk hayati pelarut K, juga berpotensi sebagai rizobakteri pemacu tumbuh tanaman (*plant growth promoting rhizobacteria*, PGPR) melalui perannya dalam menghasilkan fitohormon. Mikrob PGPR dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman melalui mekanisme penyediaan unsur hara (*biofertilizers*), produksi fitohormon (*biostimulants*), atau penekanan penyakit (*bioprotectants*) di daerah rizosfer tanaman (Babar *et al.*, 2024).

Ketiga isolat BPK terpilih diidentifikasi secara molekular berdasarkan 16 rRNA/ITS *region* hingga tingkat spesies. Isolat BPK B1, BPK B4, dan BPK B3 masing-masing diidentifikasi sebagai *Kosakonia sacchari*, *Burkholderia* sp., dan *Kosakonia sacchari* (Tabel 4). Selain itu persamaan regresi

linear kurva standar isolat-isolat BPK pada media NB telah ditetapkan yang menghubungkan antara kerapatan optik media pada panjang gelombang 620 nm dengan populasi inokulum BPK. Persamaan tersebut sangat berguna untuk mengetahui secara cepat populasi inokulum pada media pertumbuhan cair hanya dengan mengukur kerapatan optiknya (Rosmania & Yanti, 2020).

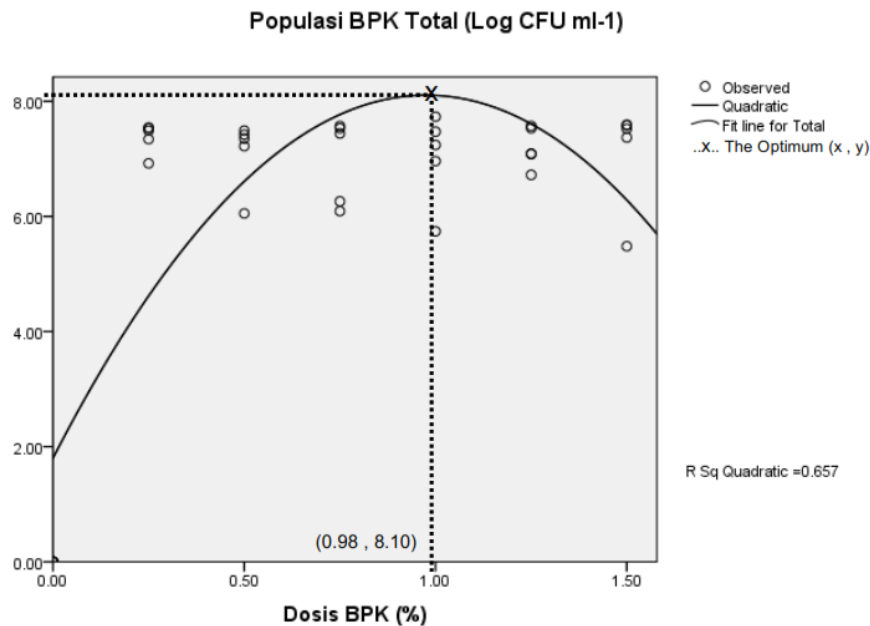
Optimasi faktor tumbuh isolat BPK terpilih

Perlakuan dosis BPK 0,25–1,50% menghasilkan nilai rata-rata populasi BPK total yang nyata lebih tinggi dibandingkan kontrol (Tabel 5). Dosis BPK optimum diperoleh pada 0,98% dengan populasi BPK total sebesar $8,10 \text{ Log CFU ml}^{-1}$ (Gambar 3). Temuan ini sejalan dengan hasil penelitian Gao *et al.* (2025) yang menunjukkan bahwa dosis inokulum BPK 0,4% dengan kepadatan populasi $1 \times 10^9 \text{ CFU ml}^{-1}$ secara signifikan meningkatkan populasi bakteri dalam tanah yang berimplikasi langsung terhadap ketersediaan nutrisi dan peningkatan tinggi bibit tembakau hingga 45% dan biomassa kering hingga 83%. Oleh karena itu, dosis 0,98% yang diperoleh dalam penelitian ini dapat dianggap sebagai dosis optimum yang mendukung kolonisasi dan aktivitas pelarutan K oleh BPK secara efisien.

Tabel 5. Pengaruh dosis BPK terhadap populasi BPK total

Perlakuan	Populasi BPK Total (Log CFU ml^{-1})
D ₀ = Dosis 0,00%	0,00 a
D ₁ = Dosis 0,25%	7,36 b
D ₂ = Dosis 0,50%	7,11 b
D ₃ = Dosis 0,75%	6,98 b
D ₄ = Dosis 1,00%	7,03 b
D ₅ = Dosis 1,25%	7,20 b
D ₆ = Dosis 1,50%	7,11 b

Keterangan: Angka yang diikuti notasi huruf yang sama tidak berbeda nyata berdasarkan uji lanjut jarak berganda Duncan pada taraf nyata 5%



Gambar 3. Optimasi dosis BPK isolat BPK terpilih

Perlakuan pH 6,0, pH 7,0, dan pH 7,5 menghasilkan nilai rata-rata populasi BPK total yang nyata lebih tinggi dibandingkan perlakuan lainnya (Tabel 6). pH optimum diperoleh pada pH 7,0 dengan populasi BPK total sebesar 7,204 Log CFU ml⁻¹ (Gambar

4). Hasil penelitian ini sejalan dengan temuan dari beberapa studi sebelumnya yang menunjukkan bahwa pH di sekitar netral merupakan kondisi optimal untuk aktivitas BPK.

Tabel 6. Pengaruh pH terhadap populasi BPK total

Perlakuan	Populasi BPK Total (Log CFU ml ⁻¹)
P ₁ = pH 5,0	7,00 b
P ₂ = pH 5,5	6,82 a
P ₃ = pH 6,0	7,30 d
P ₄ = pH 6,5	7,02 b
P ₅ = pH 7,0	7,21 cd
P ₆ = pH 7,5	7,29 d
P ₇ = pH 8,0	7,10 bc
P ₈ = pH 8,5	7,16 c
P ₉ = pH 9,0	6,79 a

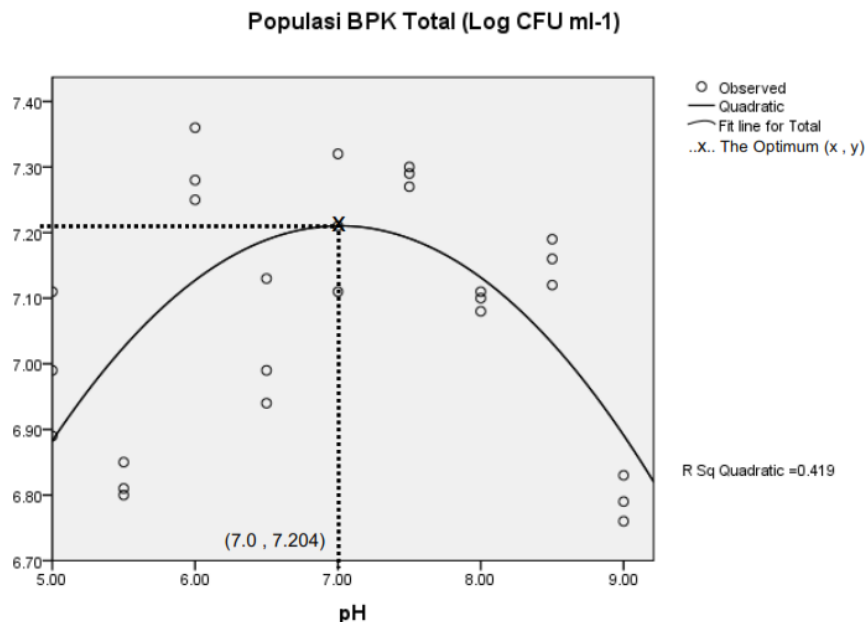
Keterangan: Angka yang diikuti notasi huruf yang sama tidak berbeda nyata berdasarkan uji lanjut jarak berganda Duncan pada taraf nyata 5%

Penelitian oleh Akkaya *et al.* (2025) mengidentifikasi *Bacillus mojavensis* AOB29 dengan kapasitas pelarutan K tertinggi pada pH 6,0 dengan pelepasan K sebesar 64,9 mg L⁻¹. Selain itu, studi oleh Yan *et al.* (2025) menunjukkan aktivitas pelarutan K oleh BPK efektif dalam melarutkan K pada rentang pH

5,0–8,0 dengan aktivitas maksimum pada pH 6,0 atau 7,0. Kondisi pH netral mendukung pertumbuhan optimal bakteri karena sebagian besar bakteri tergolong *neutrophilic* yang tumbuh paling baik pada pH antara 6,5 hingga 7,5 (Willey *et al.*, 2020). Stabilitas membran sel, aktivitas

enzim, dan proses metabolisme bakteri pada pH ini berada dalam kondisi optimal sehingga mendukung pertumbuhan dan aktivitas pelarutan K oleh BPK secara efisien. Sebaliknya, pH yang terlalu asam

atau basa dapat mengganggu struktur protein dan membran sel, menghambat pertumbuhan, dan menurunkan aktivitas enzimatis bakteri.



Gambar 4. Optimasi pH isolat BPK terpilih

Uji hayati isolat BPK terpilih pada tanaman jagung

Inokulasi BPK (U_1) menghasilkan peningkatan nilai rata-rata populasi BPK total, volume akar (26,06%), konduktivitas stomata (39,27%), indeks kadar klorofil (62,44%), dan serapan K (43,28%) tanaman jagung yang nyata lebih tinggi dibandingkan kontrol tanpa inokulasi BPK (U_0) (Tabel 7). Populasi BPK total berkorelasi positif sedang dengan serapan K ($r = 0,50$) sedangkan serapan K berkorelasi positif kuat dengan volume akar ($r = 0,72$) (Gambar 5). Hasil ini sejalan dengan temuan Saheewala *et al.* (2023) bahwa inokulasi BPK dengan sumber K berupa mika menunjukkan peningkatan signifikan terhadap panjang tajuk, panjang akar,

jumlah daun, dan klorofil total pada bibit jagung dibandingkan kontrol tanpa inokulasi. Selain itu, hasil penelitian Bouizgarne *et al.* (2023) menunjukkan inokulasi BPK pada tanaman tomat dapat meningkatkan konduktivitas stomata 21,3% dibandingkan dengan kontrol tanpa inokulasi. Chaudhary *et al.* (2021) menunjukkan bahwa inokulasi BPK dan sumber K berupa K_2O dapat meningkatkan serapan K pada tanaman jagung dibandingkan kontrol. Hasil penelitian Ahmad *et al.* (2020) menunjukkan bahwa serapan K tanaman jagung berkorelasi sangat kuat terhadap biomassa tanaman akibat aktivitas BPK dengan sumber K berupa mika.

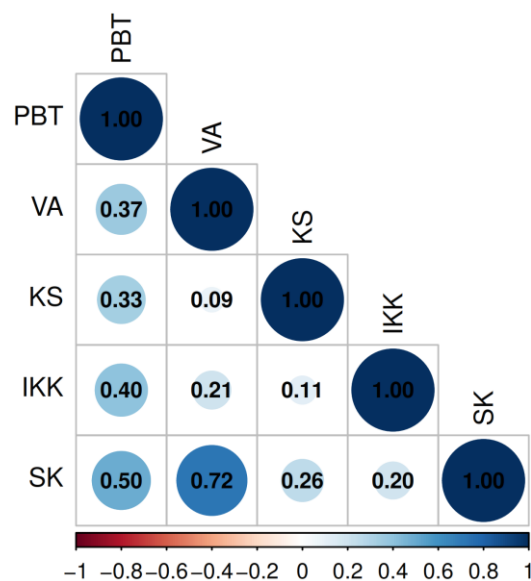
Tabel 7. Pengaruh inokulasi BPK terhadap populasi BPK total (Log CFU ml⁻¹), volume akar (ml), konduktivitas stomata (mmol m⁻² s⁻¹), indeks kadar klorofil, dan serapan K (mg tanaman⁻¹)

Perlakuan	Populasi BPK Total	Volume Akar	Konduktivitas Stomata	Indeks Kadar Klorofil	Serapan K
U ₀ = Tanpa Inokulasi BPK	0,00 ± 0,00 ¹	5,41 ± 1,54 ¹	17,85 ± 8,26 ¹	5,99 ± 3,62 ¹	0,67 ± 0,17 ¹
U ₁ = Inokulasi BPK	5,75 ± 0,17 ¹	6,82 ± 2,16 ¹	24,86 ± 11,23 ¹	9,73 ± 5,26 ¹	0,96 ± 0,33 ¹
<i>Sig. (2-tailed)</i>	0,000 ²	0,036 ²	0,046 ²	0,022 ²	0,004 ²
Peningkatan U ₁ terhadap U ₀ (%)	-	26,06	39,27	62,44	43,28

Keterangan: ¹Mean ± standard deviation diperoleh dari 17 ulangan; ²Berbeda nyata berdasarkan uji t pada taraf nyata 5%

Inokulasi BPK yang dioptimalkan melalui penyesuaian faktor tumbuh seperti dosis inokulan dan pH media dalam percobaan ini dapat memfasilitasi peningkatan ketersediaan K bagi tanaman. Hal ini telah ditunjukkan oleh peningkatan parameter

fisiologis dan agronomis seperti populasi mikrob, volume akar, konduktivitas stomata, dan serapan K sehingga dapat mendukung pertumbuhan tanaman jagung secara signifikan.



Keterangan: Populasi BPK total (PBT), volume akar (VA), konduktivitas stomata (KS), indeks kadar klorofil (IKK), dan serapan K (SK)

Gambar 5. Correlogram korelasi antar parameter

SIMPULAN

1. Penelitian dapat menjangkau dan mengidentifikasi tiga isolat bakteri pelarut kalium (BPK) unggul dari area pertambangan felspar.
2. Pertumbuhan BPK mencapai kondisi optimum pada dosis inokulasi sebesar 0,98% (v/v) dengan tingkat pH 7,0.

3. Inokulasi BPK terbukti meningkatkan pertumbuhan tanaman jagung secara signifikan, terutama pada volume akar (26,06%) dan serapan kalium (43,28%) yang menunjukkan potensinya sebagai pupuk hayati.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Universitas Padjadjaran yang telah mendanai penelitian ini melalui skema Riset Percepatan Lektor Kepala tahun 2022/2023.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, A., Chattopadhyay, N., Mandal, J., Mandal, N., & Ghosh, M. (2020). Effect of potassium solubilizing bacteria and waste mica on potassium uptake and dynamics in maize rhizosphere. *Journal of the Indian Society of Soil Science*, 68(4), 431-442. <https://doi.org/10.5958/0974-0228.2020.00034.1>
- Akkaya, O. B., Demir, Ö. F., Çelik, İ. S., Aygan, A., & Çömlekçioglu, N. (2025). Isolation, molecular characterization and optimization of potassium solubilizing bacteria (KSBs) from the Kahramanmaraş region. *Geomicrobiology Journal*, 42(2), 105-112. <https://doi.org/10.1080/01490451.2024.2437455>
- Babar, S., Baloch, A., Qasim, M., Wang, J., Wang, X., Li, Y., Khalid, S., & Jiang, C. (2024). Unearthing the soil-bacteria nexus to enhance potassium bioavailability for global sustainable agriculture: A mechanistic preview. *Microbiological Research*, 288(127885), 1-14. <https://doi.org/10.1016/j.micres.2024.127885>
- Bell, M.J., M.D. Ransom, M.L. Thompson, P. Hinsinger, A.M. Florence, P.W. Moody, & C.N. Guppy. (2021). Considering soil potassium pools with dissimilar plant availability. In T.S. Murrell, R.L. Mikkelsen, G. Sulewski, R. Norton, & M.L. Thompson (Eds). *Improving potassium recommendations for agricultural crops*. pp. 163-190. Cham, Switzerland: Springer.
- Bouizgarne, B., Bakki, M., Boutasknit, A., Banane, B., El Ouarrat, H., Ait El Maalem, S., Amenou, A., Ghousmi, A., & Meddich, A. (2023). Phosphate and potash solubilizing bacteria from Moroccan phosphate mine showing antagonism to bacterial canker agent and inducing effective tomato growth promotion. *Frontiers in Plant Science*, 14(970382), 1-13. <https://doi.org/10.3389/fpls.2023.970382>
- Chaudhary, N., Parmar, J. K., Chaudhari, D., & Yadav, M. (2021). Effect of integrated potassium application on growth, yield and micronutrient uptake by forage maize (*Zea mays* L.). *International Journal of Environment and Climate Change*, 11(10), 178-184. <https://doi.org/10.9734/ijecc/2021/v11i1030505>
- Csathó, P., Szabó, A., Pokovai, K., & Árendás, T. (2025). Effect of potassium supply and plant density on maize (*Zea mays* L.) yields and nutrient contents: a case study in a Hungarian long-term field trial set up on calcareous chernozem soil. *Cereal Research Communications*, 53(2), 1091-1103. <https://doi.org/10.1007/s42976-024-00574-8>
- Eviati, Sulaeman, Herawaty, L., Anggria, L., Usman, Tantika, HE., Prihatini, R., & Wuningrum, P. (2023). *Analisis Kimia Tanah, Tanaman, Air, dan Pupuk*.

- Bogor: Kementerian Pertanian Republik Indonesia.
- Gao, J. N., Xu, M. T., & Uwiringiyimana, E. (2025). Isolation of highly efficient potassium solubilizing bacteria and their effects on nutrient acquisition and growth promotion in tobacco seedlings. *BMC Plant Biology*, 25(745), 1-19. <https://doi.org/10.1186/s12870-025-06760-y>
- Hadioetomo, RS. (1990). *Mikrobiologi Dasar dalam Praktek: Teknik dan Prosedur Dasar Laboratorium*. Jakarta: PT Gramedia.
- Herdiyantoro, D., Setiawati, M. R., & Simarmata, T. (2022). Reaksi hipersensitif daun tembakau oleh isolat bakteri pelarut kalium pada praformulasi pupuk hayati. *Soilrens*, 20(2), 72-77. <http://jurnal.unpad.ac.id/soilrens/article/view/45266>
- Herdiyantoro, D., Setiawati, M. R., Simarmata, T., Nurlaeny, N., Joy, B., Hamdani, J. S., & Handayani, I. (2018). The ability of potassium solubilizing rhizo-bacteria isolated from maize rhizosphere for microbial fertilizer. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 205(012011), 1-7. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/205/1/012011>
- Herdiyantoro, D., Simarmata, T., Setiawati, M. R., Nurlaeny, N., Joy, B., Arifin, M., Hamdani, J. S., & Handayani, I. (2021). The viability of selected potassium solubilizing rhizobacteria in a mixture of K-feldspar and organic matter as carrier material. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 748(012023), 1-9. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/748/1/012023>
- Herdiyantoro, D., Simarmata, T., Setiawati, M. R., Nurlaeny, N., Joy, B., Hamdani, J. S., & Handayani, I. (2018). Eksplorasi dan identifikasi morfologi koloni isolat rhizo-bakteri pelarut kalium dari rhizosfer tanaman jagung yang berpotensi sebagai pupuk hayati pelarut kalium. *Pros Sem Nas Masy Biodiv Indon*, 4(2), 178-183. <https://doi.org/10.13057/psnmbi/m040214>
- Kumar, R. A., Vasantha, S., Hemaprabha, G., Alarmelu, S., Mohanraj, K., Sreenivasa, V., Gomathi, R., Palaniswami, C., Krishnapriya, V., Anusha, S., Alagupalamuthirsolai, M., & Vinayaka. (2023). Comparison of stalk volume by water displacement method and calculation method for stalk weight determination and its relevance to single cane weight in sugarcane clones. *International Journal of Environment and Climate Change*, 13(8), 2282-2291. <https://doi.org/10.9734/ijecc/2023/v13i82209>
- Liu, X., Mei, S., & Salles, J. F. (2023). Inoculated microbial consortia perform better than single strains in living soil: A meta-analysis. *Applied Soil Ecology*, 190(105011), 1-11. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2023.105011>
- Martins, J. T. S., Costa, T. C., Machado, L. C., Ferreira, R. L. C., Nascimento, V. R., Braga, D. G., Brito, A. E. A., Nogueira, G. A. S., Souza, L. C., Medeiros, J. C. A., Silva, T. M., Jesus, K. M., Freitas, J. M. N., Okumura, R. S., & Neto, C. F. O. (2024). Osmotic regulators in cowpea beans plants under water deficiency. *Brazilian Journal of Biology*, 84(e281457), 1-9. <https://doi.org/10.1590/1519-6984.281457>
- Parmar, K. B., Mehta, B. P., & Kunt, M. D.

- (2016). Isolation, characterization and identification of potassium solubilizing bacteria from rhizosphere soil of maize (*Zea mays*). *International Journal of Science, Environment and Technology*, 5(5), 3030-3037. <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:201073240>
- Pattnaik, S., Mohapatra, B., & Gupta, A. (2021). Plant growth-promoting microbe mediated uptake of essential nutrients (Fe, P, K) for crop stress management: Microbe–soil–plant continuum. *Frontiers in Agronomy*, 3(689972), 1-20. <https://doi.org/10.3389/fagro.2021.689972>
- Rahmatika, W. O. K., Bainus, A., & Sulaeman, D. Y. (2024). The impact of Russian trade sanctions on the fertilizer supply chain in Indonesia. *Intermestic: Journal of International Studies*, 9(1), 104-127. <http://dx.doi.org/10.24198/intermestic.v9n1.4>
- Raji, M., & Thangavelu, M. (2021). Isolation and screening of potassium solubilizing bacteria from saxicolous habitat and their impact on tomato growth in different soil types. *Arch. Microbiol.*, 203, 3147-3161. <https://doi.org/10.1007/s00203-021-02284-9>
- Rosmania, & Yanti, F. (2020). Perhitungan jumlah bakteri di Laboratorium Mikrobiologi menggunakan pengembangan metode Spektrofotometri. *Jurnal Penelitian Sains*, 22(2), 76-86. <https://media.neliti.com/media/publications/481546-none-11104257.pdf>
- Saha, M., Maurya, B. R., Meena, V. S., Bahadur, I., & Kumar, A. (2016). Identification and characterization of potassium solubilizing bacteria (KSB) from Indo-Gangetic Plains of India. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 7, 202-209. <https://doi.org/10.1016/j.bcab.2016.06.007>
- Saheewala, H., Sanadhya, S., Upadhyay, S. K., Mohanty, S. R., & Jain, D. (2023). Polyphasic characterization of indigenous potassium-solubilizing bacteria and its efficacy studies on maize. *Agronomy*, 13(7), 1-19. <https://doi.org/10.3390/agronomy13071919>
- Verma, A., Patidar, Y., & Vaishampayan, A. (2016). Isolation and purification of potassium solubilizing bacteria from different regions of India and its effect on crop's yield. *Indian J. Microbiol. Res.*, 3(4), 483-488. <https://doi.org/10.18231/2394-5478>
- Wakeel, A., & M. Ishfaq. (2022). Potassium dynamics in soils. In A. Wakeel & M. Ishfaq (Eds). *Potash use and dynamics in agriculture*. pp. 7-17. Singapore: Springer.
- Willey, JM., Sandman, KM., & Wood, DH. (2020). *Prescott's Microbiology*. New York: McGraw-Hill Education.
- Wu, X., Zhao, Z., Zhao, Z., Zhang, Y., Li, M., & Yu, Q. (2023). Analysis of the potassium-solubilizing *Priestia megaterium* strain NK851 and its potassium feldspar-binding proteins. *International Journal of Molecular Sciences*, 24(18), 1-12. <https://doi.org/10.3390/ijms241814226>
- Yadav, A., & Yadav, K. (2024). Challenges and opportunities in biofertilizer commercialization. *SVOA Microbiology*, 5(1), 01-14. <https://doi.org/10.58624/svoamb.2024.05.037>

Yan, H., Wang, T., Wang, H., Sun, N., Wang, X., Zhao, X., Yao, Z., Tian, H., Chen, S., Tang, S., & Li, C. (2025). Screening and identification of cold-tolerant phosphorus and potassium

solubilizing bacteria and their growth-promoting effects on soybean in cold regions. *Agronomy*, 15(40), 1-21. <https://doi.org/10.3390/agronomy15010040>