19th Iranian Soil Science Congress
02-04 December, 2025
نوزدهمین کنگره علوم خاک ایران
۱۱ تا ۱۳ آذر ۱۴۰۴
مدیریت جامع‌نگر و هوشمند خاک و آب
Holistic and Smart Soil and Water Management
دانشکدگان کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران
College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran
۰۴۲۵۰-۳۲۰۳۱

محیط‌های کشت برای غربالگری و ارزیابی باکتری‌های حل‌کننده فسفات: مروری بر انواع، ترکیبات، عملکرد و چالش‌ها

علیرضا فلاح نصرت‌آباد[۱]، بهمن خوشرو*[۱]، شکیبا رئیسی[۲] و حسینعلی علیخانی[۲]

۱- موسسه تحقیقات خاک و آب کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران.

۲- گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تهران، کرج، ایران.

نویسنده مسئول: E-mail: bahmankhoshru@yahoo.com

چکیده

باکتری‌های حل‌کننده فسفات (PSB) نقش حیاتی در افزایش فراهمی فسفر برای گیاهان و ارتقای کشاورزی پایدار دارند. شناسایی و ارزیابی کارآمد این باکتری‌ها به شدت به کیفیت و مناسب بودن محیط‌های کشت مورد استفاده وابسته است. این مقاله مروری به بررسی و مقایسه انواع محیط‌های کشت رایج برای غربالگری PSBها، از جمله محیط‌های پیکوفسکایا، NBRIP و اسپربر، با تمرکز بر ترکیبات کلیدی، اصول عملکرد، مزایا و معایب آن‌ها می‌پردازد. تفاوت‌های اساسی این محیط‌ها در انتخاب منبع فسفات نامحلول، منابع کربن و نیتروژن و حضور یا عدم حضور نشانگرهای pH مورد بحث قرار می‌گیرد. همچنین، عوامل مؤثر بر نتایج ارزیابی PSB در این محیط‌ها و محدودیت‌های کنونی روش‌های مبتنی بر محیط کشت، مانند عدم تطابق کامل با شرایط واقعی و پیچیده خاک و دشواری در تفکیک دقیق مکانیسم‌های انحلال، بررسی می‌شوند. در نهایت، رویکردهای نوین و چشم‌انداز آینده برای توسعه محیط‌های کشت بهینه‌تر، استانداردتر و با کارایی بالاتر برای غربالگری و شناسایی PSBهای کارآمد ارائه می‌گردد. انتخاب صحیح و بهبود مستمر محیط‌های کشت گامی اساسی در جهت شناسایی و بهره‌برداری مؤثر از پتانسیل PSBها به عنوان کود زیستی در سیستم‌های کشاورزی است.

کلمات کلیدی: PSB، غربالگری، ارزیابی، محیط پیکوفسکایا، انحلال فسفات، کود زیستی

۱ مقدمه

فسفر به عنوان یکی از عناصر مغذی اصلی، نقش کلیدی و غیرقابل جایگزینی در فرآیندهای حیاتی گیاه مانند انتقال انرژی، فتوسنتز و سنتز اسیدهای نوکلئیک ایفا می‌کند. با این حال، بخش قابل توجهی از فسفر کل در اکثر خاک‌های کشاورزی جهان، به فرم‌های نامحلول معدنی (مانند فسفات‌های کلسیم در خاک‌های آهکی) و یا ترکیبات آلی پیچیده تثبیت شده و برای جذب توسط گیاهان غیرقابل دسترس است (Prasad et al., 2023). این پدیده، که منجر به کمبود فسفر در بسیاری از اراضی کشاورزی می‌شود، استفاده گسترده از کودهای شیمیایی فسفاته را ضروری ساخته است. مصرف بی‌رویه این کودها، علاوه بر هزینه‌های اقتصادی، با چالش‌های زیست‌محیطی مهمی از جمله آلودگی منابع آب (اوتروفیکاسیون) و نگرانی در مورد پایداری منابع محدود سنگ فسفات همراه است (Khan et al., 2024).

در راستای نیل به کشاورزی پایدار و کاهش وابستگی به نهاده‌های شیمیایی، باکتری‌های حل‌کننده فسفات (PSB[1]) به عنوان اجزای کلیدی کودهای زیستی، توجه فزاینده‌ای را به خود جلب کرده‌اند (Aloo et al., 2022). این گروه متنوع از

[1] Phosphate Solubilizing Bacteria

ریزجانداران خاکزی با به‌کارگیری سازوکارهای مختلفی نظیر: تولید و ترشح آنزیم‌های فسفاتاز و ترشح سایر متابولیت‌های فعال، قادر به تبدیل فسفات‌های نامحلول معدنی و آلی خاک به فرم‌های قابل حل و در نتیجه قابل جذب برای گیاهان هستند (Rawat et al., 2021). شناسایی، جداسازی و انتخاب سویه‌های PSB با کارایی بالا و سازگاری با شرایط محیطی مختلف، گام نخست و اساسی در توسعه و تولید کودهای زیستی فسفاته مؤثر می‌باشد (Zhang et al., 2024).

محیط‌های کشت آزمایشگاهی به عنوان ابزار اولیه و اصلی برای غربالگری کیفی (تشخیص توانایی انحلال از طریق مشاهده هاله شفافیت در اطراف کلنی‌ها بر روی محیط جامد) و سنجش کمی (اندازه‌گیری میزان فسفر آزاد شده در محیط مایع) فعالیت انحلال فسفات توسط این باکتری‌ها محسوب می‌شوند (Nautiyal, 1999). انتخاب محیط کشت مناسب با ترکیب بهینه می‌تواند به طور قابل توجهی بر کارایی فرآیند غربالگری، شناسایی سویه‌های برتر و درک بهتر مکانیسم‌های انحلال تأثیرگذار باشد. هدف اصلی این مقاله مروری، ارائه یک بررسی جامع و تحلیلی از انواع محیط‌های کشت مورد استفاده برای ارزیابی PSBها، مقایسه ترکیبات و اصول عملکرد آن‌ها، شناسایی مزایا و معایب هر یک و همچنین بررسی چالش‌های موجود و رویکردهای نوین در این زمینه با اهمیت در میکروبیولوژی خاک و بیوتکنولوژی کشاورزی است.

۲ اصول پایه‌ای در فرمولاسیون محیط‌های کشت برای ارزیابی PSB

فرمولاسیون یک محیط کشت کارآمد برای غربالگری و ارزیابی باکتری‌های حل‌کننده فسفات نیازمند در نظر گرفتن چندین اصل پایه‌ای است. انتخاب منبع فسفات نامحلول مناسب (مانند: تری‌کلسیم فسفات[2]، سنگ فسفات) بسیار مهم است تا امکان ارزیابی توانایی انحلال فراهم شود بدون آنکه برای ریزجاندار سمی باشد یا مشاهده هاله را دشوار کند (Bashan et al., 2013). منابع کربن (مانند: گلوکز) و نیتروژن (مانند: سولفات آمونیوم) باید به میزان کافی برای حمایت از رشد و تولید اسیدهای آلی توسط PSB فراهم شوند، چرا که نوع منبع کربن می‌تواند بر کارایی انحلال فسفات تأثیرگذار باشد (Debnath et al., 2022). اهمیت pH اولیه محیط و ظرفیت بافری آن نیز قابل توجه است؛ pH باید برای رشد PSBها مناسب باشد و تغییرات pH ناشی از تولید اسید را نشان دهد، هرچند برخی محیط‌ها مانند NBRIP[3] دارای بافر هستند (Nautiyal, 1999). استفاده از نشانگرهای pH (مانند بروموکرزول پورپل) می‌تواند با ایجاد تغییر رنگ، تشخیص تولید اسید و فعالیت انحلال فسفات را تسهیل کند. تفاوت اساسی بین محیط‌های کشت جامد (برای غربالگری کیفی و مشاهده هاله شفافیت) و محیط‌های کشت مایع (برای ارزیابی کمی فسفر آزاد شده و مطالعه سینتیک انحلال) نیز باید در انتخاب روش لحاظ گردد (Rodríguez & Fraga,1999).

۳ مروری بر انواع محیط‌های کشت استاندارد و رایج برای PSB

۳-۱ محیط کشت پیکوفسکایا[4]

یکی از اولین و پرکاربردترین محیط‌ها برای غربالگری کیفی PSBها است. فرمولاسیون اصلی این محیط در هر لیتر شامل ترکیبات زیر می باشد (Pikovskaya, 1948): Dextrose (10g), Tricalcium phosphate (5g), Yeast extract (0.5g), Ammonium sulfate (0.5g), Potassium chloride (0.2g), Magnesium sulfate (0.1g), Manganese sulfate (0.0001g),

[2] Tricalcium phosphate
[3] National Botanical Research Institute's Phosphate growth medium (1999)
[4] Pikovskaya′s Medium (1948)

Ferrous sulfate (0.0001g), and Agar (15g). این محیط به دلیل سادگی و هزینه نسبتاً پائین، به طور گسترده برای جداسازی اولیه PSBها استفاده شده است (Sundara Rao & Sinha, 1963). با این حال، از محدودیت‌های آن می‌توان به وضوح پائین هاله شفافیت برای برخی سویه‌ها و عدم وجود بافر قوی اشاره کرد که می‌تواند تفسیر نتایج را دشوار سازد (Bashan et al., 2013).

۲-۳ محیط کشت NBRIP

محیط NBRIP توسط Nautiyal (۱۹۹۹) با هدف رفع برخی محدودیت‌های محیط پیکوفسکایا توسعه یافت. فرمولاسیون اصلی این محیط در هر لیتر به شرح زیر است: Glucose (10g), Tricalcium phosphate (5g), Magnesium chloride (5g), Magnesium sulfate (0.25g), Potassium chloride (0.2g), and Ammonium sulfate (0.1g). تفاوت عمده آن با محیط پیکوفسکایا، عدم وجود عصاره مخمر و حضور سیستم بافری (pH اولیه حدود ۷) است که از طریق نمک‌های منیزیم تأمین می شود. این ویژگی‌ها منجر به وضوح بهتر هاله شفافیت شده و آن را برای ارزیابی کمی انحلال فسفات در محیط مایع نیز مناسب ساخته است (Nautiyal, 1999).

۳-۳ محیط کشت اسپربر[5]

محیط کشت اسپربر، که ابتدا برای مطالعه ریزجانداران مؤثر در هوازدگی آپاتیت معرفی شد، یکی از محیط‌های کشت اولیه در این حوزه است. ترکیبات اصلی آن در هر لیتر به شرح زیر می‌باشد: Glucose (10g), Tricalcium phosphate (2.5g), Yeast extract (0.5g), Magnesium sulfate (0.25g), Calcium chloride (0.1g), and Agar (15g), with the pH adjusted to 7.2. ویژگی مهم این محیط، قابلیت استفاده از منابع فسفات نامحلول طبیعی مانند سنگ فسفات به جای تری‌کلسیم فسفات است که آن را به شرایط واقعی خاک نزدیک‌تر می‌کند (Sperber, 1958).

۴-۳ سایر محیط‌های کشت مورد استفاده

علاوه بر موارد فوق، محیط‌های دیگری نیز توسعه یافته یا اصلاح شده‌اند. محیط PVK یک نسخه اصلاح شده از پیکوفسکایا است. برخی محققان با تغییر در غلظت اجزا، نوع منبع کربن یا نیتروژن، یا افزودن نشانگرهای pH خاص، محیط‌های اصلاح شده‌ای را برای بهبود حساسیت غربالگری یا برای مطالعه گروه‌های خاصی از PSBها پیشنهاد داده‌اند (Pathak et al., 2023).

۵-۳ مقایسه تحلیلی محیط‌های کشت مختلف برای ارزیابی PSB

انتخاب محیط کشت تأثیر قابل توجهی بر نتایج غربالگری PSB دارد و هر محیط برای اهداف خاصی برتری دارد (جدول ۱). محیط پیکوفسکایا به دلیل سادگی، یک انتخاب رایج برای غربالگری اولیه است، اما عدم وجود بافر و حضور عصاره مخمر می‌تواند منجر به نتایج مثبت کاذب و هاله‌های نامشخص شود (Bashan et al., 2013). در مقابل، محیط NBRIP با حذف

[5] Sperber's Medium (1958)

عصاره مخمر و افزودن بافر، محیطی انتخابی‌تر با هاله‌های بسیار شفاف‌تر فراهم می‌کند. این ویژگی آن را به استاندارد طلایی برای ارزیابی کمی و جداسازی باکتری‌هایی با مکانیسم اصلی تولید اسید، به‌ویژه از جنس‌های *Bacillus* و *Pseudomonas* تبدیل کرده است (Nautiyal, 1999). با این حال، هر دو محیط از تری‌کلسیم فسفات استفاده می‌کنند که در خاک طبیعی کمیاب است. محیط اسپربر که امکان استفاده از منابع طبیعی‌تری مانند سنگ فسفات را فراهم می‌کند، ممکن است برای جداسازی میکروارگانیسم‌هایی که در شرایط واقعی خاک کارآمدتر هستند، به‌ویژه قارچ‌های حل‌کننده فسفات مانند *Aspergillus* و *Penicillium*، ارجحیت داشته باشد. بنابراین، انتخاب محیط باید بر اساس هدف تحقیق (غربالگری اولیه در مقابل سنجش دقیق) و جنس میکروبی مورد نظر (باکتری در مقابل قارچ) به صورت تخصصی انجام شود

جدول ۱: مقایسه تحلیلی محیط‌های کشت رایج برای جداسازی و ارزیابی PSB

مشخصه تحلیلی	Pikovskaya (PVK)	NBRIP	Sperber
اصل عملکرد	تشخیص انحلال فسفات (هاله شفاف) در محیط غیربافری (Unbuffered)	تشخیص انحلال فسفات در محیط بافری (Buffered) برای کنترل pH و افزایش دقت	ارزیابی انحلال منابع فسفات طبیعی (سنگ فسفات) در محیط غنی از کربن
سازوکار غالب قابل ارزیابی	تولید اسید (اسیدیفیکاسیون)	تولید اسید با تفکیک بهتر از اثرات جانبی ناشی از افت شدید pH	تولید اسید و هوازدگی شیمیایی (Chemical Weathering)
قابلیت سنجش کمی	ضعیف؛ ارتباط غیرخطی بین قطر هاله و غلظت فسفر محلول	خوب؛ ارتباط خطی‌تر و قابل اعتمادتر بین هاله و میزان انحلال	متوسط؛ وابسته به نوع و ناهمگونی منبع فسفات
محدودیت اصلی	نتایج مثبت کاذب (False Positives) به دلیل رسوب Ca-gluconate؛ گزینش‌پذیری پایین	ممکن است برای سویه‌های با مکانیسم غیر اسیدی (مانند تولید کلاتور) مناسب نباشد	استانداردسازی دشوار؛ نتایج متغیر به دلیل ناهمگونی ترکیب سنگ فسفات
جنس‌های میکروبی منتخب	غربالگری عمومی و اولیه باکتری‌ها و قارچ‌ها	باکتری‌های با کارایی بالا مانند *Pseudomonas, Bacillus, Rhizobium*	قارچ‌های رشته‌ای مانند *Aspergillus, Penicillium* و باکتری‌های مقاوم
همبستگی با شرایط خاک	پایین؛ به دلیل استفاده از منبع فسفات خالص و عدم کنترل pH	متوسط؛ گزینش‌پذیری بالاتر سویه‌های کارآمد را بهبود می‌بخشد	بالاتر (در صورت استفاده از سنگ فسفات)؛ به شرایط واقعی خاک نزدیک‌تر است

عوامل مؤثر بر نتایج حاصل از محیط‌های کشت PSB

علاوه بر ترکیب محیط ویژگی‌های سویه میکروبی (گونه، توانایی ذاتی انحلال، نوع مکانیسم (Khan et al., 2014)، شرایط انکوباسیون (دما، زمان، pH اولیه، هوادهی) و غلظت اولیه مایه تلقیح نقش اساسی در نتایج ارزیابی دارند. تداخلات احتمالی بین اجزای محیط و متابولیت‌های میکروبی نیز باید در نظر گرفته شود.

۴ چالش‌ها و محدودیت‌های کنونی در استفاده از محیط‌های کشت برای ارزیابی PSB

مهم‌ترین محدودیت، عدم تطابق کامل شرایط آزمایشگاهی[6] با شرایط واقعی[7] خاک است (Bashan et al., 2024). تفسیر نتایج کیفی (هاله شفافیت) و ارتباط آن با کارایی واقعی در خاک همیشه مستقیم نیست (Rodríguez & Fraga, 1999). نیاز به زمان انکوباسیون طولانی برای برخی سویه‌ها و دشواری در تفکیک دقیق مکانیسم‌های مختلف انحلال از دیگر چالش‌هاست. همچنین، احتمال انتخاب نادرست سویه‌ها (عملکرد خوب در محیط کشت اما ضعیف در خاک، یا بالعکس) وجود دارد (Sharma et al., 2013).

۵ رویکردهای نوین و چشم‌انداز آینده در توسعه و بهبود محیط‌های کشت PSB

استفاده از نشانگرهای pH پیشرفته‌تر و توسعه محیط‌های شبیه‌سازی‌شده با شرایط خاک (Mitter et al., 2022) از رویکردهای نوین است. فرمولاسیون محیط‌ها برای ارزیابی همزمان چندین ویژگی محرک رشد گیاه[8] (Bonatelli et al., 2020) و تلفیق با تکنیک‌های مولکولی و اومیکس چشم‌انداز روشنی را ارائه می‌دهد (Liu et al., 2023).

نتیجه‌گیری

انتخاب محیط کشت مناسب برای غربالگری و ارزیابی دقیق PSBها بسیار حیاتی است. با وجود مزایا و معایب محیط‌های رایج، چالش‌هایی نظیر عدم تطابق با شرایط خاک همچنان باقی است. تحقیقات آتی باید بر توسعه محیط‌های کارآمدتر، استانداردتر و نزدیک‌تر به شرایط واقعی خاک، با تلفیق رویکردهای نوین، متمرکز شود تا به دستیابی به کودهای زیستی مؤثرتر کمک نماید.

منابع

Abdelgalil, S. A., Kaddah, M. M. Y., & Duab, M. E. A. (2022). A sustainable and effective bioprocessing approach for improvement of acid phosphatase production and rock phosphate solubilization by *Bacillus haynesii* strain ACP1. *Scientific Reports*, *12*(1), 12703.

Alewell, C., Ringeval, B., Ballabio, C., Robinson, D. A., Panagos, P., & Borrelli, P. (2020). Global phosphorus shortage will be aggravated by soil erosion. *Nature Communications*, *11*(1), 4546.

Aloo, B. N., Tripathi, V., Makumba, B. A., & Mbega, E. R. (2022). Plant growth-promoting rhizobacterial biofertilizers for crop production: The past, present, and future. *Frontiers in Plant Science*, *13*, 1002448.

Bashan, Y., Kamnev, A. A., & de-Bashan, L. E. (2013). Tricalcium phosphate is inappropriate as a universal selection factor for isolating and testing phosphate-solubilizing bacteria that enhance plant growth: a proposal for an alternative procedure. *Biology and Fertility of Soils*, *49*, 465-479.

Bashan, Y., Kamnev, A. A., & de-Bashan, L. E. (2024). Limitations of Standard Media for Isolating Diverse Phosphate-Solubilizing Microorganisms and the Recommendation to Use Multiple Insoluble P Sources. *Microorganisms*, *12*(4), 741.

Bonatelli, M. L., Li, J., Dumaresq, A., Quecine, M. C., & Settles, M. L. (2020). Complete genome sequence of *Bacillus* sp. Strain RZ2MS9, a multitrait plant growth promoter. *Microbiology Resource Announcements*, *9*(29), e00623-20.

[6] In vitro
[7] In vivo
[8] Multi-trait screening

Debnath, A., Das, P., Saha, A. K., & Saha, D. (2022). Solubilization of inorganic rock phosphate by rhizobacteria of *Allium hookeri* Thwaites and influence of carbon and nitrogen sources amendments. *Journal of Pure and Applied Microbiology*, *16*(4), 2697-2708.

Khan, M. S., Zaidi, A., & Ahmad, E. (2014). Mechanism of phosphate solubilization and physiological functions of phosphate-solubilizing microorganisms. In M. S. Khan, A. Zaidi, & J. Musarrat (Eds.), *Phosphate Solubilizing Microorganisms* (pp. 31–62). Springer, Cham.

Le Moal, M., Gascuel-Odoux, C., Ménesguen, A., Souchon, Y., Étrillard, C., Levain, A., ... & Pinay, G. (2019). Eutrophication: A new wine in an old bottle?. *Science of the Total Environment*, *651*, 1-11.

Liu, J., Wang, R., Zhang, Y., Wang, Y., Lin, R., Wang, Q., ... & Wang, G. (2023). Phosphate-Solubilizing Bacteria: Advances in Their Physiology, Molecular Mechanisms and Microbial Community Effects. *International Journal of Molecular Sciences*, *24*(24), 17273.

Mitter, B., Brader, G., Pfaffenbichler, N., & Sessitsch, A. (2022). Improved Culturability of Soil Bacteria by Gellan Gum-Based Media and Modified Sterilization. *Applied and Environmental Microbiology*, *88*(10), e00078-22.

Nautiyal, C. S. (1999). An efficient microbiological growth medium for screening phosphate solubilizing microorganisms. *FEMS Microbiology Letters*, *170*(1), 265-270.

Pathak, D. V., Kumar, M., & Saikia, R. (2023). Isolation, Identification and Characterization of Phosphate Solubilizing Microorganisms (PSM) from Rock Samples of Western Ghats. *International Journal of Scientific Research in Multidisciplinary Studies*, *9*(1), 1-7.

Pikovskaya, R. I. (1948). Mobilization of phosphorus in soil in connection with vital activity of some microbial species. *Mikrobiologiya*, *17*, 362-370.

Rawat, P., Das, S., Shankhdhar, D., & Shankhdhar, S. C. (2021). Phosphate-solubilizing microorganisms: Mechanism and their role in phosphate solubilization and uptake. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, *21*(1), 49–68.

Rodríguez, H., & Fraga, R. (1999). Phosphate solubilizing bacteria and their role in plant growth promotion. *Biotechnology Advances*, *17*(4-5), 319-339.

Saidi, S., Mnasri, B., & Mhamdi, R. (2021). Isolation and characterization of salt-tolerant phosphate and zinc-solubilizing *Bacillus* isolates for plant protection and plant-stimulation use in sustainable agriculture. *International Journal of Plant Biology Research*, *9*(1), 1131.

Sperber, J. I. (1958). The incidence of apatite-solubilizing organisms in the rhizosphere and soil. *Australian Journal of Agricultural Research*, *9*(6), 778-787.

Sundara Rao, W. V. B., & Sinha, M. K. (1963). Phosphate dissolving organisms in soil and rhizosphere. *Indian Journal of Agricultural Science*, *33*, 272-278.

Zhang, Y., Shi, W., Chen, J., Chen, Y., & Chen, L. (2024). Isolation, Characterization and Growth-Promoting Properties of Phosphate-Solubilizing Bacteria (PSBs) Derived from Peach Tree Rhizosphere. *Microorganisms*, *12*(4), 718.

Culture Media for Screening and Evaluation of Phosphate-Solubilizing Bacteria: A Review of Types, Compositions, Performance, and Challenges

Alireza Fallah Nosratabad[1], Bahman Khoshru[1*], Hossein, Shakiba Reisi[2], and Ali Alikhani[2]

1-Soil and Water Research Institute (SWRI), Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran.
2-Department of Soil Science and Engineering, Faculty of Agriculture, University of Tehran, Karaj, Iran.
*Corresponding author: E-mail: bahmankhoshru@yahoo.com

Abstract

Phosphate-solubilizing bacteria (PSB) play a vital role in enhancing phosphorus availability to plants and promoting sustainable agriculture. The efficient identification and evaluation of these bacteria are heavily dependent on the quality and suitability of the culture media used. This review examines and compares common culture media utilized for PSB screening, including Pikovskaya's, NBRIP, and Sperber's media, focusing on their key components, principles of action, advantages, and disadvantages. Fundamental differences in these media regarding the choice of insoluble phosphate source, carbon and nitrogen sources, and the presence or absence of pH indicators are discussed. Furthermore, factors influencing the results of PSB evaluation in these media, and the current limitations of culture-based methods, such as the poor correlation with complex in-situ soil conditions and difficulties in accurately differentiating solubilization mechanisms, are addressed. Finally, novel approaches and future prospects for developing more optimal, standardized, and efficient culture media for screening and identifying effective PSBs are presented. The appropriate selection and continuous improvement of culture media are crucial steps towards the effective identification and utilization of PSB potential as biofertilizers in agricultural systems.

Keywords: PSB, Screening, Evaluation, Pikovskaya's medium, Phosphate solubilization, Biofertilizer.