



## مدیریت جامع نگر و هوشمند خاک و آب

## Holistic and Smart Soil and Water Management

دانشکده‌گان کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران

College of Agriculture &amp; Natural Resources, University of Tehran



## راستی آزمایشی روش الکساندروف در محیط کشت جامد برای سنجش توان ریزوباکتری‌ها در آزادسازی پتاسیم از کانی‌های میکا

هوشنگ خسروی<sup>۱\*</sup>، بهمن خوشرو<sup>۲</sup>، ندا علیزاده<sup>۲</sup>، اکرم اوتادی<sup>۲</sup>

- ۱- دانشیار پژوهشی، موسسه تحقیقات خاک و آب کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران.  
 ۲- محقق پسادکتری، موسسه تحقیقات خاک و آب کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران.  
 ۳- کارشناس آزمایشگاه، موسسه تحقیقات خاک و آب کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران.  
 نویسنده مسئول: E-mail: hkhosravi@areeo.ac.ir

## چکیده

در این پژوهش، روش اندازه‌گیری توانایی ریزوباکتری‌ها در آزادسازی پتاسیم از میکا در محیط کشت جامد الکساندروف مورد ارزیابی قرار گرفت. برای این منظور، شش سویه منتخب از باکتری‌های محرک رشد بومی از نظر توانایی آزادسازی پتاسیم از کانی‌های موسکویت و بیوتیت در محیط کشت جامد الکساندروف بررسی و مقایسه شدند. این آزمایش در محیط تغییر یافته الکساندروف نیز انجام شد؛ به طوری که در آن عوامل کدورت‌زای  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$  و  $\text{CaCO}_3$  به ترتیب با  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$  و  $\text{CaCl}_2$  جایگزین گردیدند. در آزمایشی دیگر، برای ایجاد کدورت واقعی ناشی از کانی، غلظت‌های مختلف ۴، ۶، ۸، ۱۲، ۱۶ و ۲۰ گرم در لیتر از موسکویت و بیوتیت به محیط کشت افزوده شد و نسبت قطر **هاله تشکیل شده پیرامون کلنی به قطر کلنی** اندازه‌گیری شد. همچنین، توان حل‌کنندگی فسفات‌های نامحلول سویه‌ها در محیط کشت جامد اسپرر ارزیابی گردید. نتایج نشان داد که باکتری‌ها در هر دو محیط الکساندروف و اسپرر قادر به تشکیل هاله شفاف در اطراف کلنی بودند. تحلیل همبستگی پیرسون نشان داد که بین آزادسازی پتاسیم و حل‌کنندگی فسفات همبستگی بالای ۹۹ درصد وجود دارد. با این حال، حذف عوامل کدورت‌زا در محیط تغییر یافته الکساندروف سبب شفافیت محیط و در نتیجه عدم تشکیل هاله قابل مشاهده گردید؛ از این رو محاسبه نسبت قطر هاله به قطر کلنی در این محیط امکان‌پذیر نشد. در مجموع، نتایج نشان داد که روش محیط کشت جامد الکساندروف به دلیل تداخل با فعالیت حل‌کنندگی فسفات، دقت کافی برای سنجش توان آزادسازی پتاسیم از میکا را ندارد و استفاده از آن برای این منظور توصیه نمی‌شود.

کلمات کلیدی: بیوتیت، رس، مسکویت.

## ۱ مقدمه

پتاسیم در خاک به چهار شکل محلول، تبدالی، لایه‌ای و ساختمانی وجود دارد. غلظت پتاسیم محلول خاک بسیار کم که اغلب برای پاسخگویی به نیازهای گیاهان با عملکرد بالا کافی نیست (Rao and Srinivas 2017). پتاسیم ساختمانی بیشترین مقدار پتاسیم خاک را تشکیل می‌دهد و به‌طور میانگین حدود ۹۰ درصد و یا بیشتر بوده و در ساختار کانی‌های اولیه پتاسیم‌دار نظیر میکاها وجود دارد. این کانی‌ها منشأ اصلی تأمین پتاسیم و ذخیره این عنصر در خاک‌ها محسوب می‌شوند.



19<sup>th</sup> Iranian Soil Science Congress

2-4 December, 2025



نوزدهمین کنگره علوم خاک ایران

۱۱ تا ۱۳ آذرماه ۱۴۰۴



۰۴۲۵۰-۳۲۰۳۱

مدیریت جامع نگر و هوشمند خاک و آب

Holistic and Smart Soil and Water Management

دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران

College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran



زمانی که پتاسیم محلول و تبادل خاک به کمتر از حد کفایت گیاه کاهش می‌یابد، پتاسیم غیرتبادلی می‌تواند از درون ساختار کانی‌های رسی آزاد شود. آزادسازی پتاسیم ساختمانی به شرایط خاک، نوع کانی و وجود باکتری‌های آزادکننده پتاسیم (به اختصار KRB) وابسته است. کمبود پتاسیم یکی از محدودیت‌های تغذیه‌ای رایج در سطح جهانی محسوب می‌شود و به‌ویژه در مناطق گرمسیری و نیمه گرمسیری با کشاورزی فشرده که در آن‌ها ذخایر پتاسیم خاک به سرعت تخلیه می‌شوند تحت تأثیر قرار می‌دهد (Rawat et al. 2016). گرچه کودهای شیمیایی برای رفع نیاز پتاسیمی گیاهان مؤثر هستند، استفاده گسترده از آن‌ها موجب بروز مشکلات زیست‌محیطی مانند اثرات سوء بر جامعه زنده خاک، تخریب خاک، تجمع مواد شیمیایی در محصولات کشاورزی، آلودگی منابع آبی و انتشار گازهای گلخانه‌ای می‌شود (Pahalvi et al. 2021; Wu et al. 2021). با توجه به نیاز مبرم خاک‌های کشور به تغذیه پتاسیمی، بنابراین، مصرف کودهای شیمیایی پتاسیمی در حال افزایش بوده بطوریکه سالیانه حدود ۵۰۰ هزار تن کود پتاسیمی در ایران مصرف می‌شود که عمده آن نیز با قیمت بالا از خارج از کشور وارد می‌شود.

برای غلبه بر این محدودیت، تحقیقات روزافزونی به دنبال روش‌های جایگزین برای افزایش زیست‌فراهمی پتاسیم بوده‌اند که در این میان، مداخلات زیستی، نویدبخش نشان داده‌اند. گروه KRB به دلیل توانایی‌شان در تبدیل پتاسیم غیرقابل تبادل به فرم‌های قابل استفاده برای گیاه، توجه پژوهشگران را به خود جلب کرده‌اند (Fatharani and Rahayu 2018; Zhao et al. 2024). گروه KRB از طریق سازوکارهایی مانند تولید اسیدهای آلی، آنزیمی ساکاریدها و سیدروفورها موجب تجزیه مواد معدنی و آزادسازی یون‌های پتاسیم می‌شوند (Saeed et al. 2021; Nawaz et al. 2023). مطالعات نشان داده که کاربرد KRB می‌تواند پتاسیم زیست‌فراهم موجود در خاک را افزایش دهد؛ هرچند این اثرات به نوع محصول و شرایط خاک بستگی دارد (Ali et al. 2021; Nawaz et al. 2023; El-Egami et al. 2024). استفاده از KRB و وارد کردن آن‌ها در کشاورزی به‌عنوان راهبردی عملی برای افزایش دسترسی گیاه به پتاسیم و کاهش وابستگی به کودهای شیمیایی در نظر گرفته می‌شود (Meena et al. 2015; Sarikhani et al. 2016; Zhao et al. 2024).

برای ارزیابی پتانسیل آزادسازی پتاسیم توسط باکتری‌ها به‌طور معمول، محیط کشت الکساندروف (Aleksandrow et al. 1967) و به دو روش بررسی در محیط‌های جامد و مایع استفاده می‌شود. در این مطالعه، روش محیط کشت جامد الکساندروف از نظر صحت سنجی، بررسی شد. در این روش نیمه کمی از محاسبه نسبت قطر هاله شفاف به قطر کلنی در درون پتری دیش‌های حاوی محیط کشت جامد باکتری‌ها از نظر توان آزادسازی پتاسیم گروه‌بندی شدند. در مطالعات متعددی از محیط کشت جامد الکساندروف برای ارزیابی میزان آزادسازی پتاسیم توسط سویه‌های باکتریایی استفاده کرده‌اند و نتایج مختلفی هم گزارش شده است (Ashrafi Saeidloo and Rasouli Sadaghiani; Setiawati and Mutmainnah 2016; Sukumar et al. 2023; Rasouli Sadaghiani et al. 2017; Yongmei and Panpan 2021; 2017).



۰۴۲۵۰-۳۲۰۳۱

## مدیریت جامع نگر و هوشمند خاک و آب

## Holistic and Smart Soil and Water Management

دانشکده‌گان کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران

College of Agriculture &amp; Natural Resources, University of Tehran



نگاهی دقیق به اجزای محیط کشت مذکور نشان می‌دهد که این محیط دارای محدودیت‌هایی برای ارزیابی درست برای توان آزادسازی پتاسیم از میکا است. در مطالعه حاضر، صحت سنجی این روش با نگاهی انتقادی بررسی و به‌اصطلاح راستی آزمایی شد. در این پژوهش فرضیه اصلی این است که هاله تشکیل شده دارای ابهام است و مربوط به فسفر است و نه پتاسیم.

## ۲ مواد و روش‌ها

در این مطالعه، شش سویه بومی از ریزوباکتری‌های محرک رشد گیاه منتخب (PGPR) شامل *Pseudomonas putida*، *Bacillus subtilis*، *Bacillus velezensis*، *Pantoea agglomerans*، *Pseudomonas sp.*، *Bacillus subtilis* پروهش‌های قبلی و با روشهای سنتی موجود از نظر توان حل‌کنندگی فسفر و توان آزادسازی پتاسیم انتخاب شدند. همچنین برای بررسی توانایی محلول‌سازی فسفات‌های نامحلول توسط باکتری‌ها، از محیط اسپربر (Sperber 1958) استفاده شد. در این پژوهش کانی‌های رس موسکویت (میکای سفید) و بیوتیت (میکای سیاه) تهیه‌شده از معادن ایران استفاده شدند. این کانی‌ها با آسیاب آزمایشگاهی (RETSCH (آلمان)، به ذراتی با اندازه کمتر از  $0.05$  میلی‌متر خرد شده و از الک با قطر مشابه عبور داده شدند. برای حذف پتاسیم قابل دسترس از سطح این کانی‌ها، فرآیند شست‌وشوی اسیدی انجام شد. در این فرآیند،  $0.4$  گرم از پودر کانی با  $30$  میلی‌لیتر اسید کلریدریک  $0.1$  مولار (HCl) مخلوط شده و به مدت  $30$  دقیقه با سرعت  $150$  دور در دقیقه تکان داده شد. سپس مخلوط با سرعت  $6000$  دور در دقیقه به مدت  $5$  دقیقه سانتریفیوژ و محلول رویی دور ریخته شد. رسوب باقیمانده با  $30$  میلی‌لیتر آب مقطر، شسته و دوباره سانتریفیوژ شد و محلول بالایی دور ریخته شد. در نهایت، مواد معدنی شسته‌شده با اسید در دمای  $60$  درجه سانتی‌گراد به مدت یک شب خشک شده و در محیط‌های کشت مورد استفاده قرار گرفتند (Hu et al. 2006). ابتدا باکتری‌ها بر روی محیط آگار مغذی  $3$  (NA) کشت شدند. سپس  $5$  میکرولیتر از یک کلنی منفرد باکتری (با جمعیت‌های تقریباً یکسان) به مرکز پلیت‌های حاوی محیط جامد الکساندروف منتقل و پس از  $7$  روز گرم‌خانه‌گذاری در دمای  $30$  درجه، نسبت قطر هاله شفاف اطراف کلنی به قطر خود کلنی محاسبه شد. برای هر مورد سه تکرار در نظر گرفته شد.

مشخصات محیط کشت الکساندروف اصلی در جدول ۱ نشان داده شده است.

جدول ۱- محیط الکساندروف اصلی مورداستفاده در ارزیابی آزادکنندگی پتاسیم (Aleksandrow et al. 1967)

اجزای محیط کشت*	مقدار (گرم در لیتر)
Glucose	۵
Ca <sub>3</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub>	۲

2. Plant Growth-Promoting Rhizobacteria
3. ۳- Nutrient Agar

مدیریت جامع نگر و هوشمند خاک و آب

Holistic and Smart Soil and Water Management

دانشکده‌گان کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران

College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran

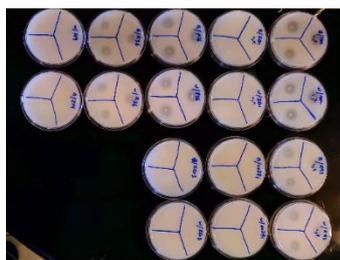
۰/۵	MgSO <sub>4</sub> .7H <sub>2</sub> O
۰/۰۰۵	FeCl <sub>3</sub>
۰/۱	CaCO <sub>3</sub>
۲	Mica
* pH محیط در حدود ۷	

برای تفکیک شفافیت عوامل کدورت‌زای ناشی از غیر از میکاها از محیط الکساندروف، تری کلسیم فسفات (Ca<sub>3</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>) و کربنات کلسیم (CaCO<sub>3</sub>) به ترتیب با فسفات هیدروژن دی سدیم (Na<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub>) و کلرید کلسیم (CaCl<sub>2</sub>) محلول به طور همزمان جایگزین شدند. در اثر حذف عوامل کدورت‌زای ثانویه، پلیت‌های حاوی مقادیر مختلف موسکویت و بیوتیت شامل ۲، ۴، ۶، ۸، ۱۲ و ۱۶ و ۲۰ گرم در لیتر تهیه و ایجاد کلونی و هاله اطراف آن بررسی شد.

۳ نتایج و بحث

۳،۱ آزمایش آزادسازی پتاسیم در محیط کشت اصلی جامد الکساندروف

نتایج آزمون آزادسازی پتاسیم در محیط کشت اصلی جامد الکساندروف حاوی موسکویت و بیوتیت نشان داد که برخی از سویه‌های باکتریایی قادر به تشکیل هاله‌ای اطراف کلنی‌های خود بودند (شکل ۱).



شکل ۱- تشکیل هاله پیرامون کلونی در محیط کشت الکساندروف حاوی موسکویت (W) و بیوتیت (B)

نسبت قطر هاله (HD) به قطر کلنی (HC) در دو کانی موسکویت و بیوتیت در محیط کشت الکساندروف و در محیط کشت اسپریبر (Sperber, 1958) در جدول ۲ آمده است.

جدول ۲. مقایسه نسبت قطر هاله به کلونی در دو کانی موسکویت و بیوتیت در محیط کشت الکساندروف و در محیط کشت اسپریبر

Sperber (HD/CD)	Aleksandrow – Biotite (HD/CD)	Aleksandrow –Muscovite (HD/CD)	Bacterial Strains
۱	۱	۱	B271
۱/۲	۱	۱	P214



۰۴۲۵۰-۳۲۰۳۱

## مدیریت جامع نگر و هوشمند خاک و آب

## Holistic and Smart Soil and Water Management

## دانشکده‌گان کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران

## College of Agriculture &amp; Natural Resources, University of Tehran



۲/۱	۱/۹	۲	R93
۲/۹	۲/۳	۲/۵	Tea
۱	۱	۱	ZG1
۱	۱	۱	ZG3

“1” نشانه عدم تشکیل کلونی؛ HD: قطر هاله؛ CD: قطر کلونی

تجزیه همبستگی پیرسون نشان داد که نتایج مربوط به تشکیل هاله در محیط‌های الکساندروف و اسپربر هم‌راستا بوده و ضرایب همبستگی‌های قوی‌ای دارند.

ضریب همبستگی ۰/۹۹۹۸ برای الکساندروف-موسکوویت و الکساندروف-بیوتیت، ۰/۹۹۱۶ برای الکساندروف-موسکوویت و اسپربر و ۰/۹۸۹۶ برای الکساندروف-بیوتیت و اسپربر به دست آمد. همه ضرایب مذکور دارای مقدار  $p$  کمتر از ۰/۰۰۰۲ بودند (جدول ۳). این یافته‌ها نشان می‌دهد که هاله‌های مشاهده‌شده در محیط الکساندروف عمدتاً ناشی از حل تری‌کلسیم فسفات و کربنات کلسیم بوده‌اند و نه آزادسازی پتاسیم از موسکوویت یا بیوتیت. این نتیجه با داده‌های مقایسه‌ای به دست آمده از محیط اسپربر نیز تأیید می‌شود، جایی که حل شدن پتاسیم منجر به تشکیل هاله نشد.

## جدول ۳. تجزیه همبستگی پیرسون تشکیل هاله در الکساندروف و اسپربر

سطح معنی‌داری (p-value)	ضریب همبستگی پیرسون	مقایسه
<۰/۰۰۰۱	۰/۹۹۹۸	Aleksandrow - Biotite و Aleksandrow - Muscovite
<۰/۰۰۰۲	۰/۹۹۱۶	Sperber و Aleksandrow - Muscovite
<۰/۰۰۰۲	۰/۹۸۹۶	Sperber و Aleksandrow - Biotite

## ۳،۲ افزایش شفافیت از طریق حذف عوامل کدورت‌زا

با حذف عوامل کدورت‌زای تری‌کلسیم فسفات و کربنات کلسیم از محیط الکساندروف، شفافیت محیط افزایش یافت. نتایج کشت باکتری‌ها در این محیط اصلاح‌شده در شکل ۲ نشان داده شده است. در این محیط، در صورت آزاد شدن پتاسیم، به دلیل شفاف بودن محیط، هاله‌ای اطراف کلنی‌ها تشکیل نمی‌شود یا اینکه اگر هم تشکیل شود طبیعتاً قابل مشاهده نخواهد بود (شکل ۲)؛ بنابراین، محاسبه نسبت قطر هاله به کلنی در این محیط ممکن نبود.

## مدیریت جامع نگر و هوشمند خاک و آب

## Holistic and Smart Soil and Water Management

دانشکده‌گان کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران

College of Agriculture &amp; Natural Resources, University of Tehran



شکل ۲- افزایش شفافیت در محیط کشت الکساندروف حاوی مسکویت (W) و بیوتیت (B) با حذف تری کلسیم فسفات و کربنات کلسیم

اساساً کربنات کلسیم می‌تواند هم به صورت ذرات معلق و رسوبی در محیط کشت نور را پراکنده کرده و به طور مستقیم کدورت ظاهری ایجاد کند و هم به صورت غیرمستقیم از طریق فرآیندهای میکروبی یا تغییرات pH رسوب گذاری یا حل شدگی کربنات را تحریک کند؛ چون این رسوبات ذرات جامد هستند، خوانش‌های مبتنی بر OD می‌توانند به خاطر «کدورت ذراتی» با مقدار واقعی رشد سلولی اشتباه شوند و لذا به کار بردن منابع کلسیم محلول به جای آن خطای کدورت را کاهش می‌دهد (Jain et al., 2021).

## ۳،۳ افزایش غلظت میکا برای ایجاد کدورت بیشتر

میزان کدورت در غلظت‌های مختلف میکا در شکل ۳ نشان داده شده است. با وجود افزایش کدورت، در این غلظت‌ها هیچ‌گونه هاله‌ای اطراف کلنی‌ها تشکیل نشد. در غلظت‌های بالاتر میکا، رشد باکتری بسیار کاهش یا متوقف شد (داده‌ها نشان داده نشده است).



شکل ۳. میزان کدورت در محیط کشت جامد الکساندروف بدون تری کلسیم فسفات و کربنات کلسیم، در غلظت‌های ۲، ۴، ۶، ۸، ۱۲، ۱۶ و ۲۰ گرم در لیتر (به ترتیب از راست به چپ)

این نتایج فقط برای دو کانی میکایی مورد آزمایش (مسکویت، بیوتیت) و سویه‌های باکتریایی مورد استفاده صادق است. اگرچه تعمیم‌پذیری آن به سایر کانی‌های K<sub>2</sub>O دار و سویه‌ها محتمل است، اما این یک محدودیت ذاتی مطالعه است. همچنین، این مطالعه فقط روش جامد الکساندروف را بررسی کرده است و شامل محیط مایع نمی‌باشد.



19<sup>th</sup> Iranian Soil Science Congress

2-4 December, 2025



نوزدهمین کنگره علوم خاک ایران

۱۱ تا ۱۳ آذرماه ۱۴۰۴



۰۴۲۵۰-۳۲۰۳۱

مدیریت جامع نگر و هوشمند خاک و آب

Holistic and Smart Soil and Water Management

دانشکده‌گان کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران

College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran



#### ۴ نتیجه‌گیری

یافته‌های پژوهش نشان داد که هاله‌های مشاهده‌شده اطراف کلونی ممکن است عمدتاً مربوط به فسفر باشد نه پتاسیم. این ناسازگاری می‌تواند منجر به نتایج گمراه‌کننده شود، چراکه سویه‌هایی که بر اساس توانایی حل‌کنندگی فسفر انتخاب می‌شوند، ممکن است در آزادسازی پتاسیم مؤثر نباشند؛ و لذا تفسیر غربالگری‌ها را دشوار می‌سازد؛ بنابراین می‌توان نتیجه‌گیری نمود که روش الکساندروف در محیط جامد یک روش قابل‌اعتماد برای ارزیابی توان باکتری‌ها در آزادسازی پتاسیم از کانی‌های میکا نیست. این نتایج مستقیماً فقط برای دو کانی میکایی مورد آزمایش (مسکویت، بیوتیت) و سویه‌های باکتریایی مورد استفاده صادق است. اگرچه تعمیم‌پذیری آن به سایر کانی‌های K دار و سویه‌ها محتمل است، اما این یک محدودیت ذاتی مطالعه است. همچنین، این مطالعه فقط روش جامد الکساندروف را بررسی کرده است.

#### ۵ منابع

Aleksandrow VG, Blagodyr RN, Iiev IP. 1967. Liberation of phosphoric acid from apatite by silicate bacteria. *Mikrobiolohichnyi Zhurnal*. 29:111-114.

Ali AM, Awad MY, Hegab SA, Gawad AMA, Eissa MA. 2021. Effect of potassium solubilizing bacteria (*Bacillus cereus*) on growth and yield of potato. *J Plant Nutr*. 44(3):411-420. <https://doi.org/10.1080/01904167.2020.1822399>

Ashrafi Saeidloo S, Rasouli Sadaghiani M. 2017. The role of silicate-solubilizing microorganisms on potassium release kinetics from K-bearing minerals. *Iran J Soil Water Res*. 48(3):639-649. [https://ijswr.ut.ac.ir/article\\_63449.html](https://ijswr.ut.ac.ir/article_63449.html)

El-Egami HM, Hegab RH, Montaser H, El-Hawary MM, Hasanuzzaman M. 2024. Impact of potassium-solubilizing microorganisms with potassium sources on the growth, physiology, and productivity of wheat crop under salt-affected soil conditions. *Agronomy*. 14(3):423. <https://doi.org/10.3390/agronomy14030423>

Fatharani R, Rahayu YS. 2018. Isolation and characterization of potassium-solubilizing bacteria from paddy rhizosphere (*Oryza sativa* L.). *J Phys Conf Ser*. 1108(1):012105. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1108/1/012105>.

Jain, S., Fang, C. and Achal, V., 2021. A critical review on microbial carbonate precipitation via denitrification process in building materials. *Bioengineered*, 12(1), pp.7529-7551.

Meena VS, Maurya BR, Verma JP, Aeron A, Kumar A, Kim K, Bajpai V. 2015. Potassium solubilizing rhizobacteria (KSR): isolation, identification, and K-release dynamics from waste mica. *Ecol Eng*. 81:340-347. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2015.04.065>

Nawaz A, Qamar ZU, Marghoob MU, Imtiaz M, Imran A, Mubeen F. 2023. Contribution of potassium solubilizing bacteria in improved potassium assimilation and cytosolic K<sup>+</sup>/Na<sup>+</sup> ratio in rice (*Oryza sativa* L.) under saline-sodic conditions. *Front Microbiol*. 14:1196024. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2023.1196024>

Pahalvi HN, Rafiyya L, Rashid S, Nisar B, Kamili AN. 2021. Chemical fertilizers and their impact on soil health. In: *Microbiota and biofertilizers*. Vol 2: Ecofriendly tools for reclamation of degraded soil environs, pp.1-20. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-61010-41>



19<sup>th</sup> Iranian Soil Science Congress

2-4 December, 2025



نوزدهمین کنگره علوم خاک ایران

۱۱ تا ۱۳ آذرماه ۱۴۰۴



۰۴۲۵۰-۳۲۰۳۱

مدیریت جامع نگر و هوشمند خاک و آب

Holistic and Smart Soil and Water Management

دانشکده‌گان کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران

College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran



Rao CS, Srinivas K. 2017. Potassium dynamics and role of non-exchangeable potassium in crop nutrition. *Indian J Fert.* 13(4):80–94

Rasouli Sadaghiani M, Sadeghi S, Barin M, Sepehr E, Dovlati B. 2017. The effect of silicate solubilizing bacteria on potassium release from mica minerals and its uptake by corn plants. *J Water Soil Sci.* 20(78):89–102. <http://dx.doi.org/10.18869/acadpub.jstnar.20.78.89>

Rawat J, Sanwal P, Saxena J. 2016. Potassium and its role in sustainable agriculture. In: Potassium solubilizing microorganisms for sustainable agriculture. Springer India, New Delhi, pp.235–253. [https://doi.org/10.1007/978-81-322-2776-2\\_17](https://doi.org/10.1007/978-81-322-2776-2_17)

Saeed Q, Xiukang W, Haider FU, Kučerik J, Mumtaz MZ, Holatko J, Naseem M, Kintl A, Ejaz M, Naveed M, Brtnicky M. 2021. Rhizosphere bacteria in plant growth promotion, biocontrol, and bioremediation of contaminated sites: a comprehensive review of effects and mechanisms. *Int J Mol Sci.* 22(19):10529. <https://doi.org/10.3390/ijms221910529>

Sarikhani MR, Khoshru B, Oustan S. 2016. Efficiency of some bacterial strains in potassium release from mica and phosphate solubilization under in vitro conditions. *Geomicrobiol J.* 33(9):832–838. <https://doi.org/10.1080/01490451.2015.1117548>

Setiawati TC, Mutmainnah L. 2016. Solubilization of potassium containing mineral by microorganisms from sugarcane rhizosphere. *Agric Agric Sci Procedia.* 9:108–117. <https://doi.org/10.1016/j.aaspro.2016.02.134>

Sperber JI. 1958. The incidence of apatite-solubilizing organisms in the rhizosphere and soil. *Aust J Agric Res* 9(6):778–781. <https://doi.org/10.1071/AR9580778>

Sukumar K, Swarnabala G, Gangatharan M. 2023. Experimental studies on isolation and characterization of silicate solubilizing *Bacillus tequilensis* SKSSB09. *J Appl Biol Biotechnol.* 11:135–140. <https://doi.org/10.7324/JABB.2023.119115>

Yongmei Z, Panpan W. 2021. Screening and preliminary identification of soil potassium and phosphorus-hydrolyzing bacteria WP1-3. In: E3S web of conferences. EDP Sciences, 293:02026. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202129302026>

Zhao Y, Liang H, Zhang J, Chen Y, Dhital YP, Zhao T, Wang Z. 2024. Isolation and characterization of potassium-solubilizing rhizobacteria (KSR) promoting cotton growth in saline-sodic regions. *Microorganisms.* 12(7):1474. <https://doi.org/10.3390/microorganisms12071474>

### Validation of the Aleksandrov Solid Medium Method for Assessing the Potassium-Releasing Ability of Rhizobacteria from Mica Minerals

Houshang Khosravi<sup>1\*</sup>, Bahman Khoshru<sup>2</sup>, Neda Alizadeh<sup>3</sup>, Akram Otadi<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Research Associate Professor, Soil and Water Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran.

<sup>2</sup>Postdoctoral Researcher, Soil and Water Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran.

<sup>3</sup>Laboratory Technician, Soil and Water Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran.

\* Corresponding author: E-mail: hkhosravi@areeo.ac.ir



19<sup>th</sup> Iranian Soil Science Congress

2-4 December, 2025



نوزدهمین کنگره علوم خاک ایران

۱۱ تا ۱۳ آذرماه ۱۴۰۴



۰۴۲۵۰-۳۲۰۳۱

مدیریت جامع نگر و هوشمند خاک و آب

Holistic and Smart Soil and Water Management

دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران

College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran



## Abstract

In this study, the ability of rhizobacteria to release potassium from mica minerals was evaluated using the Aleksandrov solid medium. Six selected indigenous plant growth-promoting bacterial strains were assessed for their capacity to solubilize potassium from muscovite and biotite in this medium. The experiment was also conducted in a modified Aleksandrov medium, in which the turbidity-causing components  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$  and  $\text{CaCO}_3$  were replaced with  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$  and  $\text{CaCl}_2$ , respectively. In a separate assay, actual mineral-induced turbidity was generated by supplementing the medium with different concentrations (4, 6, 8, 12, 16, and 20 g  $\text{L}^{-1}$ ) of muscovite and biotite, and the ratio of halo diameter to colony diameter was determined. In addition, the phosphate-solubilizing ability of the strains was tested in Sperber solid medium. The results showed that all strains formed clear halos around colonies in both Aleksandrov and Sperber media. Pearson's correlation analysis revealed a strong (>99%) positive correlation between potassium release and phosphate solubilization. However, in the modified Aleksandrov medium, the removal of turbidity-causing agents resulted in a transparent background, preventing halo formation and thereby making halo-to-colony diameter ratio calculation impossible. Overall, the findings indicate that the Aleksandrov solid medium lacks sufficient accuracy for assessing potassium release from mica due to interference with phosphate solubilization, and its use for this purpose is not recommended.

**Keywords:** Biotite, Clay, Muscovite