محور مقاله: بیولوژی خاک و کودهای زیستی

ارزیابی همبستگی بین کاهش pH با انحلال فسفر و آزادسازی پتاسیم

بهمن خوشرو*[۱]، محمدرضا ساریخانی [۲] و شکوفه مرادی[۱]

[۱] دانشجوی دکترای بیولوژی و بیوتکنولوژی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز

[۲] دانشیار بیولوژی و بیوتکنولوژی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز

چکیده

در این پژوهش ۸ جدایه (Az1، Az2، P1، P2، P3، R1، R2 و R3) از بانک میکروبی مورد ارزیابی نیمه‌کمی و کمی توان انحلال فسفر و نیز ارزیابی کمی توان آزادسازی پتاسیم از کانی‌های موسکویت و بیوتیت قرار گرفتند. در ادامه همبستگی بین تغییرات pH با دو متغییر توان حل‌کنندگی فسفر و پتاسیم مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج آزمایش نشان داد که دو جدایه Az1 و Az2 توانایی بالایی در حل‌کنندگی فسفات کم‌محلول نسبت به سایر جدایه‌ها داشتند که برای حالت نیمه کمی به ترتیب مقادیر ۲/۳۴ و ۲/۲۷ برای نسبت قطر هاله به قطر کلنی و برای حالت کمی نیز مقادیر ۴۱۶/۰۷ و ۳۷۸/۸۴ میلی‌گرم بر لیتر بدست آمد. در ارزیابی توان آزادسازی پتاسیم نیز جدایه‌های Az1 و P1 به ترتیب با ۱۳/۷۰ و ۱۳/۰۳ میلی‌گرم بر لیتر از بیوتیت و جدایه‌های Az1، P2 و Az2 به ترتیب با ۴/۶۷، ۴/۵ و ۴/۳۳ میلی‌گرم بر لیتر از موسکویت بالاترین توان آزادکنندگی پتاسیم را نشان دادند. نتایج نشان داد که همبستگی معنی‌دار منفی قوی بین توان حل‌کنندگی فسفر با تغییرات pH محیط اسپربر مایع (R^2=0.96) و الکساندروف (R^2=0.7) وجود دارد. این همبستگی برای تغییرات pH و توان آزادسازی پتاسیم از کانی‌های میکا غیرمعنی‌دار، منفی و ضعیف بود (R^2=0.4). از نتایج دیگر این آزمایش معرفی محیط MS بود که برای آزمون نیمه‌کمی انحلال فسفر ارائه شده و دارای مزیت‌هایی نسبت به سایر محیط‌های مورد استفاده برای این آزمون می‌باشد.

کلمات کلیدی: PGPR، باکتری‌های حل‌کننده فسفات، باکتری‌های حل‌کننده پتاسیم، میکا

مقدمه

اگرچه فسفر به مقدار فراوان در خاکها به دو شکل آلی و معدنی یافت می‌شوند، اما در بسیاری از خاک‌ها تحرک و فراهمی کمی دارد. ریزجانداران خاک نقش مهمی در پویایی فسفر خاک و قابل دسترس کردن آن برای گیاهان دارند و اغلب به عنوان ریزجانداران حل‌کننده فسفات (PSB) نامیده می‌شوند (Khan وهمکاران ۲۰۰۷). گزارش‌های متفاوتی توانایی گونه‌های مختلف باکتری در انحلال فسفات معدنی نامحلول از قبیل تری‌کلسیم‌فسفات، دی‌کلسیم‌فسفات، هیدروکسی‌آپاتیت و سنگ فسفات را عنوان کردند. در بین باکتری‌های با این قابلیت، جنس‌های Pseudomonas، Bacillus، Rhizobium، Pantoea و Flavobacterium مشاهده می‌شود (Illmer and Schinner, 1995). جمعیت‌های قابل توجهی از باکتری‌های حل‌کننده فسفات در خاک و ریزوسفر گیاه وجود دارند که شامل گونه‌های هوازی و بی‌هوازی با غالبیت گونه‌های هوازی است، همچنین جمعیت آنها در ریزوسفر در مقایسه با خاک غیرریزوسفری به مراتب بیشتر بوده‌است. باکتری‌های حل‌کننده فسفات را می‌توان به روش تهیه سری‌های رقت یا روش‌های کشت غنی‌شده از نمونه‌های خاک ریزوسفری، غیرریزوسفری و همچنین از مناطق رسوبات سنگ‌های فسفاته جداسازی نمود. معمولاً جداسازی اولیه در محیط جامد انجام گرفته و توانایی آن در انحلال فسفات در محیط مایع آزمایش شده و بعد از انتخاب باکتری حل‌کننده فسفات کارآمد، زادمایه آن تهیه می‌شود و در شرایط آزمایش گلخانه‌ای و مزرعه‌ای آزمایش‌های تکمیلی بر روی آنها در حضور گیاهان مختلف انجام می‌گیرد (ساریخانی و همکاران، ۱۳۹۲). تشخیص چشمی و حتی برآورد نیمه‌کمی توانایی انحلال فسفات ریزجانداران به وسیله غربالگری در پلیت امکان‌پذیر است که در آن تولید منطقه شفاف در اطراف کلنی‌های میکروبی در محیط کشت حاوی ترکیبات فسفات نامحلول (به عنوان عتنها منبع فسفر) مورد بررسی قرار می‌گیرد. این روش به روش هاله نیز معروف است. همچنین روش اصلاح‌یافته‌ای با استفاده از محیط حاوی برموفنل بلو ارائه شده‌است که در این محیط، رنگ آبی در اطراف کلنی‌ها به دلیل کاهش pH در نتیجه آزادسازی اسیدهای آلی، بی‌رنگ می‌شود (Rodriguez and Fraga, 1999). توجه به ایراداتی که برای روش مشاهده منطقه شفاف در اطراف کلنی در محیط پیکووسکایا (PKV) گرفته می‌شود (به عنوان نمونه برخی از باکتری‌هایی که فاقد هاله شفاف هستند ممکن است در محیط‌های مایع حل‌کنندگان خوبی باشند)، محیط جدیدی را به نام (NBRIP[2]) ارائه دادند که

*ایمیل نویسنده مسئول: bahmankhoshru@yahoo.com

[2] National Botanical Research Institute's Phosphate growth medium

این روش حدود سه برابر در مقایسه با PKV کارآمدتر است (ساریخانی و همکاران، ۱۳۹۲). از جمله محیط کشت‌های جامد موجود برای بررسی توان حل‌کنندگی فسفات، Sperber، PKV، NBRIP، AYG و NBRIY هستند (Nautiyal, 1999).باکتری‌های حل‌کننده فسفات از طریق ترشح اسیدهای آلی مانند اسیدگلوکونیک، اسیداگزالیک و اسیدسیتریک موجب کاهش pH خاک در منطقه ریزوسفر شده و در نتیجه سبب افزایش حلالیت فسفر نامحلول می‌شوند (Illmer and Schinner, 1995). با توجه به اینکه ریزجانداران خاک می‌توانند از طریق کاهش pH و ترشح اسیدهای آلی، کانی‌های فسفره نامحلول در ریزوسفر را به شکل‌های قابل جذب فسفر برای گیاه تبدیل کنند، این مطالعه با هدف ارزیابی هم‌بستگی بین تولید اسید توسط PSBها و حل‌کنندگی فسفر معدنی انجام گرفته‌است.

مواد و روش‌ها

۸ باکتری (Az1، Az2، P1، P2، P3، R1، R2 و R3) از بانک میکروبی آزمایشگاه میکروبیولوژی خاک گروه علوم و مهندسی خاک دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز دریافت شد که این باکتری‌ها در یک تحقیقی از کودهای زیستی جدا شده‌اند (کودهای زیستی ازتوبارور، فسکو و رویین). در این آزمایش توان حل‌کنندگی فسفر کم‌محلول تری‌کلسیم‌فسفات توسط این جدایه‌های باکتریایی در محیط اسپربر جامد و مایع و نیز الکساندروف مایع ارزیابی شد. در این دو محیط مایع سعی شد تا ضمن اندازه‌گیری فسفر و پتاسیم محلول، pH محیط مایع نیز اندازه‌گیری گردد و در ادامه هم‌بستگی بین این دو مورد بررسی قرار گرفت.

روش نیمه کمی حل‌کنندگی فسفات معدنی نامحلول (تری‌کلسیم فسفات)

برای انجام این آزمون از محیط کشت اسپربر (اسپربر ۱۹۵۸) استفاده شد که در این محیط تری‌کلسیم فسفات به عنوان تنها منبع فسفر بود. برای هر سویه باکتری یک ظرف پتری در نظر گرفته و سطح هر پتری به سه قسمت مساوی تقسیم شد، مرکز هر قسمت با ۵ میکرولیتر از کشت شبانه باکتری تلقیح و ظروف پتری تلقیح شده درون انکوباتور با دمای ۲۸ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند. تمامی پلیت‌ها در چهار نوبت ۳، ۵، ۷ و ۱۲ روز پس از تلقیح از انکوباتور خارج شده و قطر کلنی رشد یافته (Colony Diameter) و نیز قطر هاله شفاف (شامل قطر کلنی و بخش شفاف اطراف آن) حاصل از انحلال فسفات (HD) به دقت اندازه‌گیری شد، متوسط نسبت قطر هاله به قطر کلنی (HD/CD) در هر نوبت برای هر جدایه محاسبه گردید (Sperber, 2010).

ارزیابی انحلال فسفر در محیط مایع اسپربر و الکساندروف

از جدایه‌ها کشت شبانه در محیط مایع NB تهیه و از سوسپانسیون باکتریایی ۵۰۰ میکرولیتر به هر ارلن حاوی ۳۰ میلی‌لیتر محیط کشت اسپربر و برای ارزیابی در محیط الکساندروف، به محیط کشت الکساندروف (جدول۱) افزوده شد (SubbaRao, 1988). ارلن‌ها به مدت شش روز در شیکر انکوباتور با دمای ۲۶ درجه سانتی‌گراد و شیک ۱۲۰ دور در دقیقه نگهداری شدند. پس از انکوباسیون، ارلن‌ها از شیکر خارج شدند و با ۵۰۰۰ دور به مدت پنج دقیقه با استفاده از سانتریفیوژ رسوب داده شدند. سپس دو میلی‌لیتر از محلول زلال رویی به لوله‌های شیشه‌ای تمیز انتقال داده شد و پس از اندازه‌گیری pH محلول روشناور با استفاده از pH متر، میزان فسفر محلول در محیط اسپربر و الکساندروف توسط جدایه‌های باکتریایی اندازه‌گیری شد. به هر کدام شش میلی‌لیتر آب مقطر و دو میلی‌لیتر معرف زرد (معرف نیتروواناد و مولیبدات) افزوده شد. پس از گذشت ۳۰-۲۰ دقیقه با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۴۳۰ نانومتر، میزان جذب نمونه‌ها قرائت شد. در پایان میزان حلالیت فسفر جدایه‌ها از طریق مقایسه با منحنی استاندارد تهیه شده توسط KH2PO4 محاسبه شد.

ارزیابی انحلال فسفر در محیط جامد MS[1]

محیط MS با تغییراتی در اجزای محیط Sperber تهیه شد و علاوه بر تعیین HD/CD، دارای مزیت تعیین کارایی اسید تولید شده توسط باکتری نیز می‌باشد. در این محیط کشت از منبع تری‌کلسیم فسفات و معرف متیل‌رد استفاده شده‌است. پلیت‌های حاوی محیط کشت MS را به چهار قسمت تقسیم کرده و در هر قسمت ۱۰ میکرولیتر از کشت شبانه باکتری‌ها اضافه و در دمای ۲۸ درجه سانتیگراد به مدت هفت روز خوابانیده شدند. پس از انکوباسیون قطر کلنی‌های رشدیافته و قطر هاله‌های شفاف اندازه‌گیری شدند و متوسط نسبت قطر هاله به قطر کلنی برای هرکدام از جدایه‌ها

[1] Modified Sperber

محاسبه شد. کارایی اسید (Acid Efficiency) هرکدام از جدایه‌ها با استفاده از معادله (۱) بدست آمد (شعاع هاله (HR)[1]، شعاع کلنی (CR)[2] و شعاع اسید (AR)[3]):

$$\%AE= ((HR-CR)/AR) \times 100$$ معادله ۱

میزان آزادسازی پتاسیم از کانی‌های میکا

برای انجام این آزمون در محیط مایع، ابتدا کشت شبانه باکتری‌ها در محیط NB انجام پذیرفت و به مقدار ۵۰۰ میکرولیتر از این کشت برای تلقیح در ۲۵ میلی‌لیتر محیط الکساندروف مایع حاوی کانی میکای سفید (موسکویت) یا سیاه (بیوتیت) استفاده شد. برای نمونه شاهد بدون تلقیح باکتری نیز ۵۰۰ میکرولیتر محیط NB استریل افزوده شد. پس از تلقیح میکروبی تحت شرایط فوق‌الذکر، انکوباسیون به مدت یک هفته در دمای ۲۶ درجه سانتی‌گراد با ۱۵۰ دور در دقیقه تکان داده شدند. بعد از اتمام زمان انکوباسیون اجزای محیط با ۶۰۰۰ دور به مدت پنج دقیقه سانتریفیوژ و رسوب داده شد و از محلول رویی برای تعیین میزان پتاسیم آزاد شده استفاده شد (ساریخانی و همکاران ۲۰۱۶).

جدول ۱- اجزای محیط کشت‌های مورد استفاده در آزمون‌ها

محیط کشت	اجزای محیط کشت (گرم بر لیتر)
NB	Peptone 5; NaCl 5; Yeast Extract 1.5; Meat extract 1.5
Sperber	Glucose 10; Yeast extract 0.5; $CaCl_2$ 0.1; $MgSO_4.7H_2O$ 0.25; $Ca_3(PO4)_2$ 2.5; Agar 15.
Aleksandrov	Glucose 5; $Ca_3(PO_4)_2$ 2; $MgSO_4.7H_2O$ 0.5; $FeCl_3$ 0.005; $CaCO_3$ 0.1; Mica 2
MS	Glucose 10; Yeast extract 0.5; $MgSO_4.7H_2O$ 0.25; $Ca_3(PO4)_2$ 2.5; Methyl red (%1) 1.5ml ; Agar 15.

تجزیه آماری داده‌ها

آزمایش به صورت درون‌شیشه‌ای و در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار انجام شد. داده‌ها از طریق نرم افزار آماری SPSS آنالیز شده و نمودارها نیز از طریق نرم افزار Excel ترسیم شد.

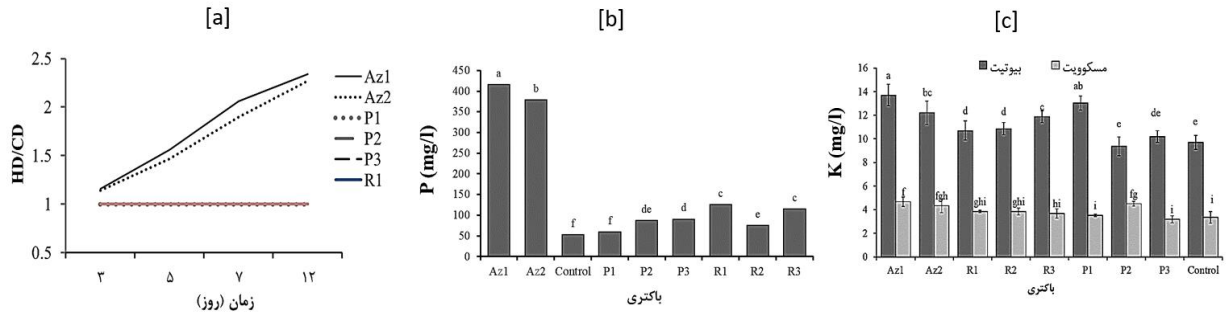
نتایج و بحث

توان حل‌کنندگی فسفات کم‌محلول و آزاد سازی پتاسیم

اندازه‌گیری قطر کلنی رشد یافته و قطر هاله شفاف حاصل از انحلال فسفات معدنی نامحلول و محاسبه متوسط نسبت قطر هاله به قطر کلنی (HD/CD) مشخص کرد که تنها دو جدایه Az1 و Az2 می‌توانند در محیط جامد اسپربر تشکیل هاله بدهند. جدایه‌های Az1 و Az2 به ترتیب با مقادیر ۲/۳۴ و ۲/۲۷ برای نسبت قطر هاله به قطر کلنی بعد از گذشت ۱۲ روز بیشترین توانایی انحلال فسفات معدنی را داشتند. در این دو جدایه نسبت قطر هاله به قطر کلنی با گذشت زمان افزایش یافت. جدایه‌های P1، P2، P3، R1، R2 و R3 نتایجی مشابهی داشتند و هیچگونه هاله‌ای در محیط جامد تشکیل ندادند (شکل ۱a). در بخش آزمون کمی، برای جدایه‌های Az1 و Az2 بیشترین میزان حل‌کنندگی فسفر به ترتیب با مقادیری برابر با ۴۱۶/۰۷ و ۳۷۸/۸۴ میلی‌گرم بر لیتر و کمترین میزان حل‌کنندگی در جدایه P1 (۵۹/۷۵ میلی‌گرم بر لیتر) بدست آمد (شکل۱b). همه باکتری‌های مورد آزمایش به غیر از جدایه P1 (پایین‌ترین میزان انحلال فسفر متعلق به این جدایه بود) با شاهد اختلاف معنی‌دار داشتند. با وجود آنکه جدایه های P1، P2، P3، R1، R2 و R3 در محیط جامد قادر به تشکیل هاله شفاف نبودند ولی در محیط مایع قادر به انحلال فسفات به مقدار اندکی بودند. علت این امر می‌تواند تفاوت شرایط انجام آزمایش در دو حالت جامد و مایع باشد به‌طوری‌که در حالت جامد مقدار کمتری از سوبسترا در اختیار باکتری قرار می‌گیرد در حالی که در حالت مایع به‌دلیل وجود تکان‌های شیکر دسترسی سوبسترا برای باکتری کاملاً فراهم شده و می‌تواند مقدار بیشتری از تری کلسیم فسفات را حل کند (خوشرو و همکاران، ۱۳۹۴). نتایج تجزیه واریانس داده‌های مربوط به قدرت رهاکنندگی پتاسیم از کانی‌های موسکویت و بیوتیت نیز نشان داد که سویه‌های مورد آزمایش دارای اثر معنی‌داری بر آزادسازی پتاسیم هستند ($p<0.01$). طبق انتظار، جدایه‌ها

[1] Halo Radius
[2] Colony Radius
[3] Acid Radius

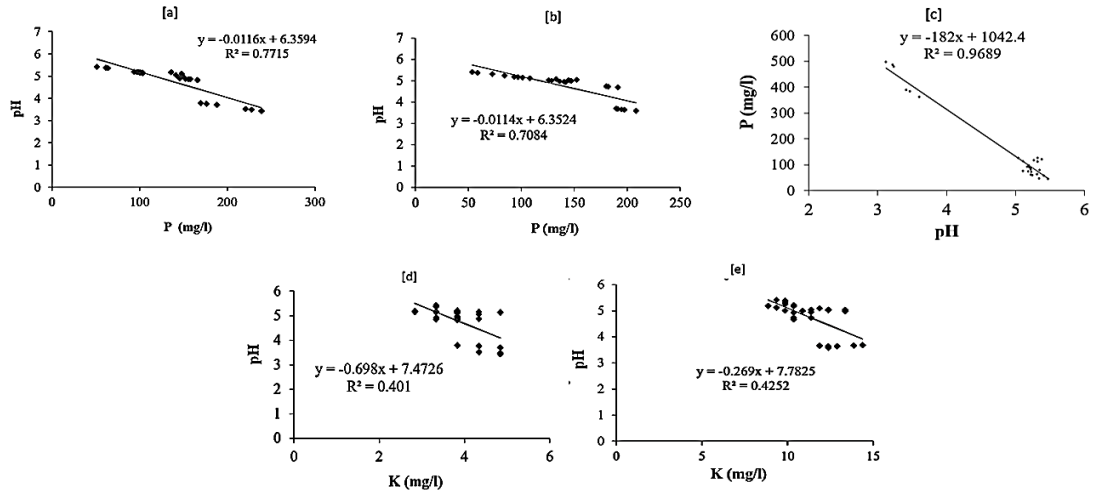
توانستند پتاسیم بیشتری از بیوتیت در مقایسه با موسکویت آزاد کنند. در میکای سیاه (بیوتیت) جدایه‌های Az1 و P1 به ترتیب با ۱۳/۷۰ و ۱۳/۰۳ میلی‌گرم بر لیتر بالاترین توان را در آزادکنندگی پتاسیم نشان دادند و در میکای سفید (موسکویت) جدایه‌های Az1، P2 و Az2 به ترتیب با ۴/۶۷، ۴/۵ و ۴/۳۳ میلی‌گرم بر لیتر بالاترین توان را در آزادکنندگی پتاسیم نشان دادند (شکل ۱c). در بین جدایه‌ها، جدایه Az1 در حضور هر دو منبع پتاسیم، بیشترین آزادسازی پتاسیم را داشت. کانی بیوتیت نسبت به موسکویت بیشتر مستعد تغییرات زیستی یا هوادیدگی بیولوژیکی از جانب باکتری-هاست. کارایی باکتری‌های حل‌کننده پتاسیم با توجه به نوع باکتری و طبیعت کانی‌های حاوی پتاسیم متفاوت می‌باشد. همچنین میزان آزادسازی پتاسیم از این منابع به شرایطی نظیر pH و میزان اکسیژن مرتبط است (مرادی و ساریخانی، ۱۳۹۶).



شکل ۱- حل کنندگی فسفات نامحلول در حالت کمی (a) و نیمه کمی (b) و توان آزادسازی پتاسیم (c)

همبستگی تغییرات pH با فسفر و پتاسیم محلول در محیط اسپربر و الکساندروف

ارزیابی همبستگی بین میزان انحلال فسفات و تغییرات pH نشان داد که بین تغییرات pH محیط کشت حاوی تری‌کلسیم‌فسفات و میزان فسفر محلول، هم‌بستگی معنی‌دار منفی و قوی (R2=0.96) در سطح یک درصد وجود دارد (شکل ۲a) به این معنی که با کاهش pH فسفر قابل جذب خاک به صورت خطی افزایش می‌یابد و در محیط الکساندروف حاوی موسکویت برابر R2=0.71 (شکل ۲b) و الکساندروف حاوی بیوتیت برابر R2=0.77 بود (شکل ۲c). هم در محیط اسپربر هم در محیط الکساندروف این رابطه معکوس مشاهده شد (شکل ۲). در بررسی هم‌بستگی pH با پتاسیم محلول در محیط الکساندروف نیز نتایج نشان داد که بین pH اندازه‌گیری شده و آزادسازی پتاسیم توسط جدایه‌های باکتریایی، در مقایسه با هم‌بستگی انحلال فسفر و pH، همبستگی غیرمعنی‌دار منفی و ضعیفی مشاهده شد که برای بیوتیت (R2=0.42) (شکل ۲e) از موسکویت (R2=0.40) (شکل ۲d) بیشتر بود.



شکل ۲- همبستگی pH با فسفر و پتاسیم محلول در محیط های اسپربر (a, b &c) و الکساندروف (d & e)

ارزیابی انحلال فسفات در محیط جدید MS

نتایج نشان داد که در محیط MS به غیر از جدایه‌های Az1 و Az2، هیچ‌یک از جدایه‌ها قادر به ایجاد هاله شفاف نبودند (همانند محیط اسپربر جامد-شکل ۳a). در محیط MS، رنگ محیط کشت پیش از رشد باکتری‌ها زرد متمایل به نارنجی بوده (pH تقریباً خنثی) و پس از رشد باکتری‌ها، اطراف کلنی‌های رشدیافته که توان انحلال فسفات داشتند، هاله قرمزرنگی که ناشی از اسیدی شدن محیط بود تشکیل گردید (شکل ۳a). علت تشکیل رنگ قرمز همان وجود معرف متیل رد بوده که یک شاخص pH است و در محدوده بین pH= 6 (زرد) و pH= 4.4 (قرمز) واکنش نشان می دهد. اسیدیته ای که در آن معرف متیل‌رد قادر است تا تغییر رنگ ایجاد نماید بسیار کمتر از سایر معرفهای بیولوژیکی بوده و تنها در مجاورت اسیدیته بالا، قادر به ایجاد واکنش است. کارایی اسید تولید شده برای این دو جدایه با استفاده از معادله۱ به دست آمد که برای Az1 برابر ۱۳/۸ و برای Az2 برابر ۱۰/۵۲ درصد محاسبه شد (جدول۲).

[a] [b]

شکل۳- ارزیابی انحلال فسفر در محیط جامد MS

جدول۲- ارزیابی کارایی اسید در تشکیل هاله انحلال در محیط MS

جدایه باکتری	%AE	HD/CD	HR-CR(cm)	AR(cm)
Az1	۱۳/۸	۱/۷۹	۰/۲۵	۱/۸
Az2	۱۰/۵۲	۱/۵۷	۰/۲	۱/۹

رابطه منفی بین pH و میزان فسفر حل‌شده توسط پژوهشگران بسیاری گزارش شده است (Awasthi, و همکاران ۲۰۱۱). با افزایش جمعیت باکتری‌های حل‌کننده فسفات، مقدار pH ۳/۲ تا ۴ واحد کاهش می‌یابد که می‌توان گفت انحلال فسفات‌های نامحلول معدنی نتیجه‌ای از اثر ترکیبی کاهش pH و تولید اسیدهای آلی به ویژه اسید گلوکونیک (Gluconic acid) است (Krishnaveni, 2010). ریزجانداران حل‌کننده فسفات با تولید اسیدهای آلی موجب افزایش حلالیت فسفات‌های کم‌محلول معدنی می‌شوند. pH یکی از عوامل مهم در انحلال فسفر است و باکتریهای حل‌کننده فسفات، pH خاک را از طریق تولید انواع اسیدهای آلی کاهش داده و از این طریق سبب دسترسی بیشتر به عناصری مانند فسفر و پتاسیم می‌شوند و فسفات‌های موجود در مواد فسفردار مختلف را آزاد می‌کنند. این یافته‌ها نشان می‌دهد که کاهش pH می‌تواند مکانیسم غالب این جدایه‌ها در انحلال فسفات‌های نامحلول معدنی فسفات باشد (Rodríguez and Fraga 1999).

نتیجه‌گیری

ضرورت یافتن جایگزینی مناسب برای انحلال و آزادسازی فسفات و پتاسیم تجمع یافته در خاک زمانی بیش‌تر احساس می‌شود که بدانیم منابع فسفاته و پتاسه موجود در خاک قابلیت تامین فسفر و پتاسیم مورد نیاز گیاهان برای تولید بهینه آنها را تا ۱۰۰ سال دارا می‌باشد و می‌بایست این منبع عظیم فسفر و پتاسیم را به صورتی برای گیاه قابل جذب و استفاده نمود. استفاده از ریزجانداران خاکزی که توانایی انحلال فسفات‌ها و و آزادسازی پتاسیم را دارند یکی از راه‌های مؤثر برای افزایش قابلیت جذب فسفر و پتاسیم در خاک‌ها است. ارزیابی کمی و کیفی باکتری‌های حل‌کننده فسفر در مقالات مختلفی ارائه و گزارش شده است ولی در این مقاله بیشتر روی بهبود روش ارزیابی انحلال فسفات کم‌محلول (برای حالت نیمه کمی) و نیز بررسی وجود همبستگی بین تغییرات pH محیط ارزیابی با تغییرات فسفر و پتاسیم محلول (قابل جذب گیاه) تمرکز شد

که نتایج نسبتاً خوبی بدست آمد که نشان دهنده وجود همبستگی قوی و منفی بین pH با غلظت فسفر محلول و نیز ارائه محیط بهبود یافته اسپربر اصلاح شده (MS) بود.

منابع

خوشرو ب.، ساریخانی م ر.، علی‌اصغرزاد ن.، زارع پ. ۱۳۹۴. ارزیابی ویژگی‌های مهم افزایندگی رشد گیاه در باکتری‌های جدا شده از کودهای زیستی بارور۲، بیوسوپرفسفات، سوپرنیتروپلاس و نیتروکسین. تحقیقات کاربردی خاک. جلد۳، شماره۱، ۵۲-۳۹.

ساریخانی، م.ر.، ملبوبی، م.ع.، ابراهیمی، م. ۱۳۹۲. باکتری‌های حل‌کننده فسفات: جداسازی باکتریها و ژنهای رمزکننده حل‌کنندگی فسفات، مکانیسم و ژنتیک انحلال فسفات. بیوتکنولوژی کشاورزی. ۶(۱)، ۱۱۰-۷۸.

مرادی، ش.، ساریخانی، م.ر. ۱۳۹۶. بررسی اثرات متقابل منابع مختلف فسفر و پتاسیم در رفتار انحلال فسفر و پتاسیم برخی از جدایه‌های باکتریایی. تحقیقات کاربردی خاک، ۵(۱)، ۳۴-۲۵.

Awasthi, R., Tewari, R. and Nayyar, H. 2011. Synergy between plants and P-solubilizing microbes in soils: effects on growth and physiology of crops. International Journal of Microbiology. 2, 484-503.

Illmer, P. and Schinner. F. 1995. Solubilization of inorganic calcium phosphates solubilization mechanisms. Soil Biology and Biochemistry, 27, 257–263.

Keshavarz Zarjani, J., Aliasgharzad, N., Oustan, S., Emadi, M. and Ahmadi, A. 2013. Isolation and characterization of potassium solubilizing bacteria in some Iranian soils. Archives of Agronomy and Soil Science, 59, 1713-1723.

Khan, M. S., Zaidi, A. and Wani, P. A. 2007. Role of phosphate-solubilizing microorganisms in sustainable agriculture-a review. Agronomy for sustainable development. Agronomy for Sustainable Development 27, 29-43.

Krishnaveni, M. S. 2010. Studies on phosphate solubilizing bacteria (PSB) in rhizosphere and non-rhizosphere soils in different varieties of foxtail millet (Setariaitalica). International Journal of Agriculture and Food Science Technology, 1, 23-39.

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

Rodriguez, H. and Fraga, R. 1999. Phosphate solubilizing bacteria and their role in plant growth promotion, Biotechnology Advances, 17, 319-339.

Sarikhani M.R., Khoshru, B. and Oustan, S. 2016. Efficiency of Some Bacterial Strains in Potassium Release from Mica and Phosphate Solubilization under In-Vitro Conditions. Geomicrobiology Journal, 33(9), 832-838.

Sperber, JI. 1958. The incidence of apatite solubilizing organisms in the rhizosphere. Australian Journal of Agricultural Research, 9, 778-781.

Topic for submission: Soil Biology and Biofertilizers

Correlation between pH reduction and phosphorus dissolution and potassium release

B Khoshru[1]*, MR Sarikhani[2] and Sh Moradi[1]

[1] Ph.D. Student of Soil Biology and Biotechnology, Faculty of Agriculture, Univ. of Tabriz, Iran

[2] Associate Prof. of Soil Biology and Biotechnology, Dept. of Soil Science, Univ. of Tabriz, Iran

Abstract

In this study, 8 isolates (Az1 ،Az2 ،P1 ،P2 ،P3 ،R1 ،R2, R3) from the microbial bank were evaluated for semi-quantitative and quantitative P dissolution, and also a quantitative assessment of the potential of potassium release from muscovite and biotite minerals. In the next step, the correlation between pH changes with two variables of phosphorus solubilizing and potassium releasing was evaluated. The results of the experiment showed that Az1 and Az2 isolates had high ability to dissolve low-soluble phosphate than other isolates, which for the semi-quantitative method were values of 2.34 and 2.27 for the ratio of the diameter of the halo to the colony diameter, and for the quantitative method, the values of 416.07 and 378.84 mg / ml. In assessing the potential for potassium release, the Az1 and P1 isolates were 13.13 and 13.03 mg / l, respectively, of biotite and Az1, P2 and Az2 isolates by 4.67, 4.5 and 4.33 mg / L, respectively from muscovite, showed the highest potassium releasing potential. The results showed that there is a significant negative correlation between the solubility of phosphorus with pH changes in the liquid Speber (R^2=0.96) and Aleksandrov (R^2=0.7). This correlation was non-significant, negative and weak (R^2=0.4) for pH changes and the ability to release potassium from mica minerals. Another result of this experimnt was the introduction of the MS medium for the semi- quantitative evaluation of phosphorus dissolution, and it has advantages over other media used for this method.

Keywords: PGPR, Phosphate solubilizing bacteria, Potassium solubilizing bacteria, Mica

*Corresponding Author: bahmankhoshru@yahoo.com