شانزدهمین کنگره علوم خاک ایران

دانشگاه زنجان، ۵ تا ۷ شهریور ۱۳۹۸

محور مقاله: بیولوژی خاک و کودهای زیستی

تأثیر نوع محیط کشت و زمان بر حلالیت کانی سیلیسی در حضور سویه‌های مختلف باکتری

ریحانه نژاد اسدی[۱*]، عیسی اسفندیارپور بروجنی[۲]، محسن حمیدپور[۲]، پیمان عباس‌زاده دهجی[۳]، سید جواد حسینی‌فرد[۴]

[۱] دانشجوی دکترای گروه علوم و مهندسی خاک دانشکده کشاورزی، دانشگاه ولی‌عصر رفسنجان

[۲] دانشیار گروه علوم و مهندسی خاک دانشکده کشاورزی، دانشگاه ولی‌عصر رفسنجان

[۳] استادیار گروه علوم و مهندسی خاک دانشکده کشاورزی، دانشگاه ولی‌عصر رفسنجان

[۴] استادیار پژوهشکده پسته ایران، رفسنجان

چکیده

شناخت و مطالعه کانی‌های رسی برای اطلاع از ساختار خاک و بررسی فرآیندهای هوادیدگی که منجر به تشکیل خاک می‌شوند، ضروری است. پژوهش حاضر با هدف بررسی کارایی باکتری‌های ریزوسفری در آزادسازی عناصر از کانی سپیولیت در شرایط آزمایشگاهی انجام گردید. آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار سویه باکتری شامل *Pseudomonas* sp. (D1)، *Bacillus* sp. (K1)، *Pseudomonas* sp. (K2) و *P.fluorescens* (A11) و شاهد (بدون تلقیح باکتری) در دو دوره زمانی (۷ و ۱۴ روز) در سه تکرار انجام شد. نتایج پژوهش حاضر، نشان‌دهنده معنی‌داری اثر متقابل باکتری، محیط کشت و زمان بر آزادسازی عناصر از کانی سپیولیت بود. در هر دو زمان میزان قابل توجهی منیزیم از کانی سپیولیت آزاد شد که این آزادسازی، تحت تأثیر نوع محیط کشت (غنی و فقیر) و زمان نبود. بیشترین میزان آزادسازی منیزیم به سویه‌های A11 و D1 (به‌ترتیب ۱۲۰ و ۱۱۰ میلی‌گرم در لیتر) اختصاص داشت. بیشترین مقدار سیلسیم رهاشده از کانی نیز در حضور سویه K1 بود. برخلاف آزادسازی مقدار قابل توجه عناصر از کانی سپیولیت، سویه‌های باکتری قادر به تغییر ساختار کانی در مدت زمان ۱۴ روز نبودند. به‌نظر می‌رسد که مدت زمان بیشتری برای برهمکنش کانی و باکتری در راستای تغییر ساختار کانی سپیولیت، مورد نیاز است.

کلمات کلیدی: باکتری‌های ریزوسفری محرک رشد گیاه، پراش پرتو ایکس، کانی‌های رسی رشته‌ای، هوادیدگی

مقدمه

شناخت و مطالعه کانی‌های رسی برای اطلاع از ساختار خاک، مکانیسم آزاد شدن و تبادل عناصر غذایی مورد نیاز گیاهان در خاک و نیز بررسی فرآیندهای هوادیدگی که منجر به تشکیل خاک می‌شود، ضروری است (Velde, 1992). سپیولیت از جمله کانی‌های سیلیکاتی تری‌اکتاهدرل و آب‌دار محسوب می‌شود که هر واحد ساختمانی آن از دو صفحه چهاروجهی در اطراف و یک صفحه هشت‌وجهی غنی از منیزیم در مرکز تشکیل شده است (Galan, 1996). باکتری‌ها از طریق هوادیدگی کانی‌های سیلیکاتی در خاک، بر چرخه عناصر موجود در پوسته زمین اثرگذار هستند. تعداد زیادی از مطالعات نشان داده‌اند که میکروارگانیسم‌ها می‌توانند با مکانیسم‌هایی چون تولید اسید آلی (Bigham و همکاران ۲۰۰۱، Uroz و همکاران ۲۰۰۹)، تراوش عوامل کلات‌کننده (Brunstad , Adeyemi and Gadd, 2005 و همکاران ۲۰۰۸)، جذب یون‌های حل‌شده توسط دیواره‌های سلولی باکتری (Cuadros و همکاران، ۲۰۱۳) و اکسیداسیون و احیای عناصر (Bigham و همکاران، ۲۰۰۱؛ Hopf و همکاران، ۲۰۰۹)، حلالیت کانی‌ها را افزایش دهند (Cuadros, 2017) و آزادسازی عناصر از کانی‌ها را در شرایط هوازی تسریع کنند (Singh, 2010، Dai و همکاران ۲۰۱۴، Ren و همکاران Parmar و همکاران ۲۰۱۶). باکتری‌های ریزوسفری محرک رشد گیاه (PGPR)[1]گروهی از باکتری‌ها هستند که با تولید هورمون‌های گیاهی، سیدروفور، اسیدهای آلی و سیانید هیدروژن باعث انحلال ترکیبات کم‌محلول و فراهمی عناصر غذایی از جمله فسفر، روی و آهن در خاک می‌شوند و از طرف دیگر با تولید آنزیم ACC-دآمیناز، مقاومت گیاهان را در برابر تنش‌های زیستی و غیرزیستی افزایش می‌دهند (Karlidag et al., 2007). اگرچه در رابطه با رهاسازی عناصر از کانی‌های رشته‌ای (فیبری)، پژوهش‌هایی انجام شده است؛ لیکن تغییر و تحول کانی سپیولیت در ارتباط با باکتری‌های محرک رشد، کمتر مورد پژوهش قرار گرفته است. بنابراین، پژوهش حاضر با هدف بررسی تأثیر ترکیب محیط کشت و زمان تعامل کانی و باکتری بر حلالیت کانی سپیولیت و آزادسازی عناصر از آن انجام گرفت.

* ایمیل نویسنده مسئول: r_nejadasadi@yahoo.com

[1] Plant Growth Promoting Rhizobacteria

مواد و روش‌ها

کانی سپیولیت استفاده‌شده در این پژوهش از معدن سپیولیت یزد تهیه شد و قبل از انجام مطالعات مورد نظر به‌منظور اطمینان از خالص‌بودن آن، آنالیز تجزیه عنصری (XRF)[2]بر روی آن انجام گرفت و خالص‌سازی کانی به روش Kittrik and Hope (۱۹۶۳) انجام شد. به این‌صورت که در مرحله اول برای حذف املاح محلول، ۵۰ گرم از کانی مورد نظر در سیلندرهای یک لیتری ریخته شد و با آب مقطر در چند مرحله شست‌و شو گردید. در مرحله دوم به‌منظور جدا کردن کربنات‌ها از کانی مورد نظر، از بافر استات سدیم با pH ۵ استفاده شد. به‌دلیل اینکه این بافر، یک اسید ضعیف است؛ حذف کامل کربنات‌ها به‌کندی صورت گرفته و این مرحله، چندین بار تکرار شد. برای حذف اکسیدهای آهن احتمالی نیز از محلول بافر سیترات سدیم با pH ۷/۳ در حضور دی‌تیونات سدیم استفاده شد.

در این پژوهش از چهار سویه باکتری دارای توانایی حل‌کنندگی ترکیبات کم‌محلول فسفر و روی موجود در بانک باکتری گروه علوم و مهندسی خاک دانشگاه ولی‌عصر رفسنجان استفاده شد. اطلاعات مربوط به سویه‌های استفاده شده در این پژوهش و برخی از خصوصیات محرک رشدی آن‌ها در جدول ۱ آورده شده است. به‌منظور شناسایی سویه برتر باکتری از بین سویه‌های مورد نظر در انحلال و آزادسازی عناصر از کانی سپیولیت، یک مطالعه آزمایشگاهی فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار انجام گرفت. برای این منظور، دو محیط کشت الکساندروف غنی و فقیر تهیه شد. ترکیب محیط کشت غنی شامل گلوکز ۶ گرم بر لیتر، عصاره مخمر ۳ گرم بر لیتر، پپتون ۱۰ گرم بر لیتر و کلرید سدیم ۵ گرم بر لیتر بود و pH محیط بر روی ۷ تنظیم شد (Dai و همکاران، ۲۰۱۴). محیط کشت فقیر نیز با ترکیب سوکروز ۱۰ گرم بر لیتر، فسفات سدیم ۱ گرم بر لیتر، سولفات آمونیوم ۰/۵ گرم بر لیتر و عصاره مخمر ۰/۵ گرم بر لیتر تهیه شد (Liu و همکاران ۲۰۰۶). ارلن‌های حاوی ۵۰ میلی‌لیتر محیط کشت و یک گرم کانی سپیولیت، پس از تلقیح با باکتری‌های مورد نظر، به‌مدت ۷ و ۱۴ روز در دمای ۲۶ درجه سیلسیوس بر روی شیکر قرار داده شدند. پس از گذشت مدت زمان مزبور، ارلن‌ها از روی شیکر برداشته و در عصاره رویی، میزان pH با استفاده از دستگاه pH متر (Richards, 1954)، میزان کلسیم و منیزیم به روش کمپلکسومتری (Klute, 1986) و میزان عناصر آهن، آلومینیم و سیلیسیم آزادشده از کانی با دستگاه جذب اتمی (GBC Avanta) اندازه‌گیری شد. به‌منظور بررسی تأثیر فعالیت باکتری بر تغییر و تبدیل کانی، بعد از گذشت مدت زمان معین، کانی را از محیط کشت با استفاده از دستگاه سانتریفیوژ جدا نموده و باکتری‌های باقی‌مانده در نمونه با استفاده از آب‌اکسیژنه از بین برده شدند و سپس تیمارهای اشباع با منیزیم با استفاده از محلول کلرید منیزیم نرمال و اشباع با پتاسیم با استفاده از محلول کلرید پتاسیم نرمال بر روی آن‌ها اعمال و بعد از تهیه سوسپانسیون، پراش‌نگار پرتو ایکس آن‌ها توسط دستگاه پراش‌سنج پرتو ایکس فیلیپس مدل PW1840 در محدوده زوایای پراش (۲θ) ۳ تا ۶۰ درجه با ولتاژ ۴۰ کیلوولت و آمپراژ ۴۰ میلی‌آمپر توسط لامپ پرتوی ایکس با فلز هدف مس تهیه گردید.

جدول ۱. برخی خصوصیات محرک رشدی سویه‌های باکتری استفاده‌شده در پژوهش حاضر

سویه باکتری	حل‌کنندگی فسفر	حل‌کنندگی روی		سیدروفور	حل‌کنندگی فسفر	حل‌کنندگی روی	
		$ZnCO_3$	ZnO			$ZnCO_3$	ZnO
	میلی‌گرم در لیتر			قطر هاله به قطر کلونی			
Pseudomonas sp. D1	۶۵۰	۰/۰۰	۵/۷۱	۲/۱۸	۱/۶۲	۰/۰۰	۱/۷۸
Bacillus sp. K1	۷۰۶	۰/۰۰	۰/۰۰	۱/۰۰	۱/۸۵	۰/۰۰	۰/۰۰
Pseudomonas sp. k2	۶۶۱	۰/۰۰	۰/۰۰	۱/۰۰	۱/۷۲	۰/۰۰	۰/۰۰
Pseudomonas fluorescens A11	۶۰۰	۳۰/۵	۶۵/۰	۱/۲۰	۰/۰۰	۱/۷۰	۱/۴۰

نتایج و بحث

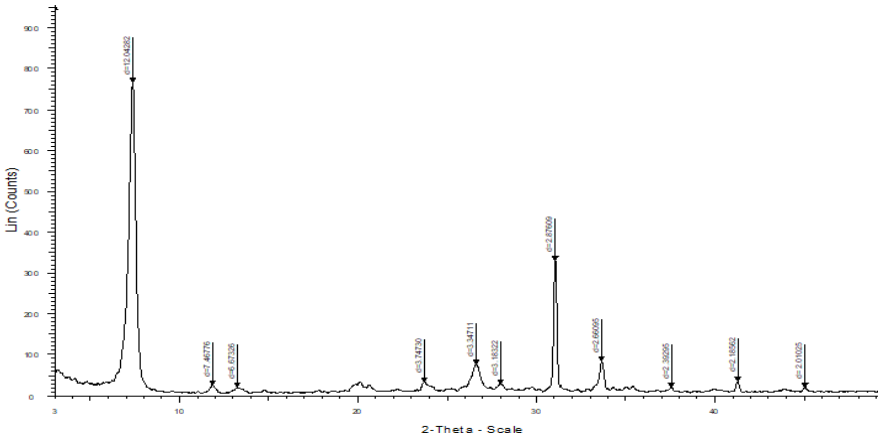
نتایج مربوط به ترکیب عنصری کانی مورد مطالعه در جدول ۲ ارائه گردیده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود بر پایه ترکیب عنصری این کانی میزان آلومینیم، سدیم، پتاسیم و تیتانیم در این نمونه کانی ناچیز است، حال آنکه مقادیر قابل توجهی سیلیسیم و منیزیم در این کانی دیده

[2] X-ray fluorescence

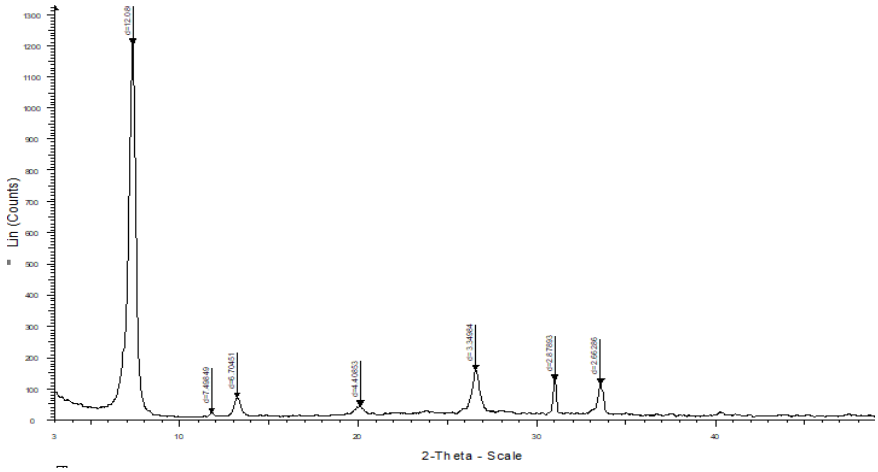
می‌شود. با توجه به نتایج حاصل از مطالعه پراش پرتو ایکس، بخشی از کلسیم نمونه به‌واسطه وجود کانی دولومیت همراه با کانی سپیولیت است و از آنجا که کانی سپیولیت به‌طور عمده در محیط‌های شور و قلیایی و فعالیت زیاد سیلیسیم ولی فعالیت بسیار کم آلومینیم تشکیل می‌شود (Singer, 1989)؛ بنابراین با مقایسه نتایج XRF و XRD این کانی در دو حالت خالص و ناخالص (جدول ۲ و شکل‌های ۱ و ۲)، به‌نظر می‌رسد که کانی دولومیت به‌عنوان کانی همراه سپیولیت حضور داشته و با روش معمول حذف ناخالصی‌ها از بین نرفته است. کریمی و همکاران (۱۳۹۶) نیز به نتیجه مشابهی در این ارتباط دست یافتند.

جدول ۲. نتایج **XRF** کانی سپیولیت قبل و بعد از خالص‌سازی

اکسید عناصر (درصد)	Fe_2O_3	MnO	TiO_2	CaO	K_2O	P_2O_5	SiO_2	Al_2O_3	MgO	Na_2O
سپیولیت ناخالص	۰/۲۳	۰/۰۱	۰/۰۱	۳۰/۲	۰/۰۳	۰/۰۱	۳۵/۸	۰/۱۵	۳۳/۶	۰/۰۱
سپیولیت خالص‌سازی شده	۰/۲۶	۰/۰۱	۰/۰۱	۲۴/۱	۰/۰۳	۰/۰۱	۴۲/۰	۰/۰۱۴	۳۳/۴	۰/۰۴



شکل ۱. پراش‌نگار پرتو ایکس نمونه کانی سپیولیت قبل از خالص‌سازی



شکل ۲. پراش‌نگار پرتو ایکس نمونه کانی سپیولیت بعد از خالص‌سازی

خلاصه آماری برخی از ویژگی‌های اندازه‌گیری‌شده در محیط کشت غنی و فقیر در جدول‌های ۳ و ۴ آورده شده است. همان‌گونه که در جدول ۳ مشاهده می‌شود در محیط غنی، میزان آزادسازی منیزیم و سیلیسیم از کانی سپیولیت با گذشت زمان به‌ترتیب ۱۹ و ۱۷ درصد نسبت به مدت زمان ۷ روز افزایش یافته است؛ در صورتی که این آزادسازی در مورد عناصر آهن، کلسیم و آلومینیم روند کاهشی داشته است. در محیط کشت فقیر نیز میزان آزادسازی منیزیم و کلسیم از کانی سپیولیت با گذشت زمان به‌ترتیب ۲۰ و ۱۶ درصد نسبت به مدت زمان ۷ روز افزایش یافته است؛ اما میزان آزادسازی

سیلسیم و آهن، کاهش ۵۰ درصدی را با گذشت زمان نشان می‌دهد. نتایج حاصل از تجزیه واریانس حاکی از اثر معنی‌دار سویه‌های باکتری بر همه ویژگی‌های تعیین‌شده می‌باشد. اثر متقابل باکتری، نوع محیط کشت و زمان نیز به‌جزء عنصر منیزیم بر سایر ویژگی‌ها معنی‌دار بوده است. در محیط غنی به‌دلیل تجزیه پروتئین‌های موجود در محیط (از جمله، پپتون، pH محیط افزایش یافته است؛ در صورتی که در محیط فقیر به‌دلیل آزاد شدن اسیدهای آلی ناشی از تجزیه قندها، کاهش pH مشاهده می‌شود. همچنین، با گذشت زمان در محیط فقیر، pH تغییر معنی‌داری نداشته است اما در محیط غنی به‌طور معنی‌داری افزایش یافته است (شکل ۳). Cheng و همکاران (۲۰۱۷) نیز در پژوهشی تولید اسیدهای آلی در محیط فقیر توسط باکتری و کاهش معنی‌دار pH و حل‌شدن کانی بیوتیت را گزارش نموده‌اند.

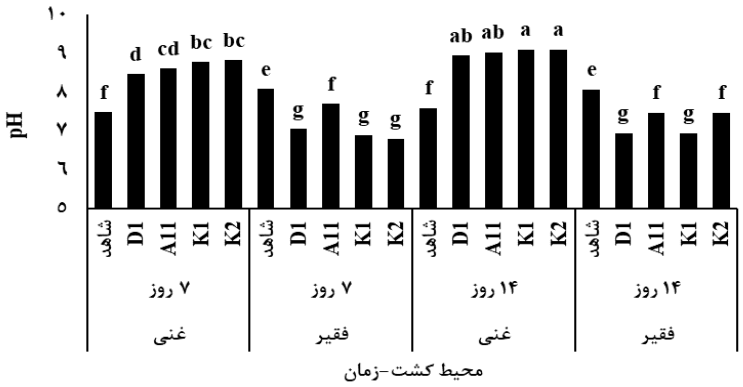
جدول ۳. خلاصه آماری برخی ویژگی‌های اندازه‌گیری‌شده در محیط کشت غنی بعد از گذشت ۷ و ۱۴ روز

پارامترها	مینیمم	ماکزیمم	میانگین	انحراف معیار	واریانس	چولگی	افراشتگی
۷ روز							
pH	۷/۴۵	۸/۸۹	۸/۴۲	۰/۵۲	۰/۲۷	-۱/۳۲	۰/۲۱
منیزیم ($mg\ L^{-1}$)	۵۰	۱۱۶	۷۲	۱۸/۵	۳۴۲	۱/۰۵	۰/۸۹
کلسیم ($mg\ L^{-1}$)	۴۰	۱۵۰	۸۱/۳	۲۹/۵	۸۶۹	۰/۵۶	۱/۰۹
آهن ($mg\ L^{-1}$)	۱/۲۱	۲/۴۵	۱/۵۳	۰/۳۳	۰/۱۱	۱/۸۲	۱/۷۰
آلومینیم ($mg\ L^{-1}$)	۰/۰۵	۰/۲۶	۰/۱۶	۰/۰۷	۰/۰۱	-۰/۲۶	-۰/۹۴
سیلیسیم ($mg\ L^{-1}$)	۵/۴۳	۳۲/۸	۱۶	۸/۹	۷۹/۱	۰/۴۱	-۱/۱۷
۱۴ روز							
pH	۷/۵۸	۹/۱	۸/۷۴	۰/۶	۰/۳۶	-۱/۶۲	۰/۸۱
منیزیم ($mg\ L^{-1}$)	۵۶	۱۴۰	۸۸/۸	۲۵/۱	۶۳۱	۰/۶۴	-۰/۴۵
کلسیم ($mg\ L^{-1}$)	۵۰	۹۰	۷۳/۳	۱۱/۷	۱۳۸	-۰/۴۵	-۰/۵۶
آهن ($mg\ L^{-1}$)	۰/۴۶	۲/۴۹	۱/۳۲	۰/۵۹	۰/۳۵	۰/۶۷	-۰/۱۳
آلومینیم ($mg\ L^{-1}$)	۰/۰۹	۰/۲۲	۰/۱۵	۰/۰۴	۰/۰۱	۰/۱۵	-۰/۱۲
سیلیسیم ($mg\ L^{-1}$)	۱۱/۳	۳۵/۷	۱۹/۳	۶/۳۹	۴۰/۹	۱/۰۸	۱/۸۴

جدول ۴. خلاصه آماری برخی ویژگی‌های اندازه‌گیری‌شده در محیط کشت فقیر بعد از گذشت ۷ و ۱۴ روز

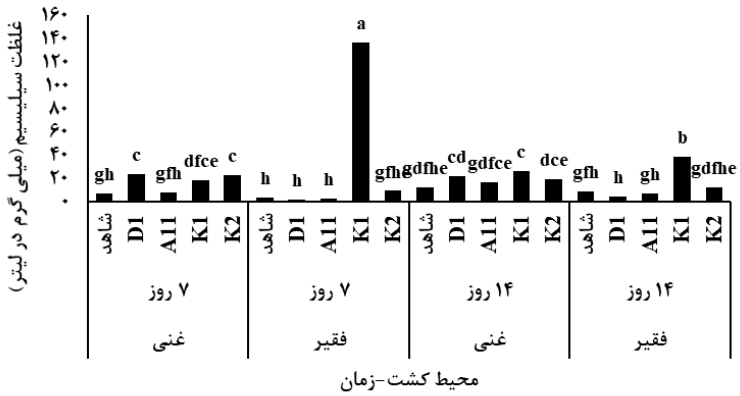
پارامترها	مینیمم	ماکزیمم	میانگین	انحراف معیار	واریانس	چولگی	افراشتگی
۷ روز							
pH	۶/۷۵	۸/۱۲	۷/۳۰	۰/۵۱	۰/۲۶	۰/۵۶	-۱/۵۱
منیزیم ($mg\ L^{-1}$)	۲۶	۱۱۶	۶۶	۲۵/۶	۶۵۶	۰/۰۹	-۰/۷۲
کلسیم ($mg\ L^{-1}$)	۵۰	۱۴۰	۱۰۰	۲۳/۴	۵۴۹	-۰/۳۶	۰/۱۰
آهن ($mg\ L^{-1}$)	۰/۰۵	۱/۲۰	۰/۳۴	۰/۳۸	۰/۱۵	۱/۴۹	۰/۸۶
آلومینیم ($mg\ L^{-1}$)	۰/۱۳	۰/۷۴	۰/۳۴	۰/۲۲	۰/۰۵	۰/۹۳	-۰/۷۵
سیلیسیم ($mg\ L^{-1}$)	۱/۱۶	۱۵۵	۳۰/۷	۵۵	۳۰۲۹	۱/۷۲	۱/۲۴
۱۴ روز							
pH	۶/۷۹	۸/۱۲	۷/۳۷	۰/۴۹	۰/۲۴	۰/۳۰	-۱/۵۷
منیزیم ($mg\ L^{-1}$)	۳۸	۱۴۰	۸۲/۴	۲۸/۴	۸۰۶	۰/۲۲	-۰/۳۸
کلسیم ($mg\ L^{-1}$)	۷۰	۱۸۰	۱۱۹	۴۲/۵	۱۸۰۷	-۰/۰۴	-۱/۹۶
آهن ($mg\ L^{-1}$)	۰/۰۲	۰/۳۳	۰/۱۴	۰/۱۳	۰/۰۲	۰/۴۸	-۱/۸۷
آلومینیم ($mg\ L^{-1}$)	۰/۱۴	۱/۱۱	۰/۴۲	۰/۳۵	۰/۱۳	۱/۰۲	-۰/۳۸
سیلیسیم ($mg\ L^{-1}$)	۴/۶۱	۴۰/۴	۱۴/۳	۱۳/۰۱	۱۶۹/۲	۱/۴۹	۰/۵۸

نتایج نشان داد که میزان آزادسازی منیزیم در هر دو محیط کشت با گذشت زمان، افزایش یافته است و این آزادسازی به سویه باکتری، ترکیب محیط کشت و زمان وابسته نبوده است. انحلال ترجیحی منیزیم در کانی سپیولیت نسبت به سایر فیلوسیلیکات‌ها ممکن است به‌دلیل ورقه‌های هشت‌وجهی غیرممتد موجود در ساختار این کانی باشد. به دیگر سخن، در سایر فیلوسیلیکات‌ها انحلال و آزادسازی منیزیم توسط ورقه چهاروجهی که به ورقه هشت‌وجهی متصل است، محدود شده است؛ این در حالی است که کانال‌های داخل سپیولیت، این ورقه‌های هشت‌وجهی را در معرض قرار داده و بدون نیاز به انحلال ورقه چهاروجهی، منیزیم از ساختار کانی آزاد می‌شود. علاوه بر این، باکتری‌ها با سازوکارهای مختلفی از جمله تراوش عوامل کلات‌کننده (مانند اگزالیک اسید، سیتریک اسید و سیدورفور) و اتصال آن‌ها به فلزات (به‌طور عمده، آهن و آلومینیم) حلالیت کانی‌ها را افزایش می‌دهند (Cuadros, 2017). همان‌طور که در جدول ۲ مشخص است تمامی سویه‌ها توانایی حل‌کنندگی ترکیبات کم‌محلول فسفر را داشته‌اند که از بین آن‌ها بیشترین حل‌کنندگی مربوط به سویه K1 و کمترین آن مربوط به سویه A11 بوده است. در مورد حل‌کنندگی روی نیز فقط سویه‌های D1 و A11 قادر به حل‌کنندگی ترکیبات کم‌محلول روی بوده‌اند و سایر جدایه‌ها این توانایی را دارا نمی‌باشند. توان انحلال فسفر و روی توسط باکتری‌های محرک رشد عمدتا در ارتباط با تولید اسیدهای آلی توسط این سویه‌ها و کاهش pH محیط می‌باشد. همچنین تمامی سویه‌ها توانایی بالایی در تولید سیدروفور داشته‌اند که یکی از ترکیبات مهم در مورد هوادیدگی کانی‌های آهن‌دار است. این لیگاند با تشکیل کمپلکس‌های محلول سیدروفور و آهن، منجر به حلالیت کانی و افزایش غلظت آهن قابل دسترس میکروارگانیسم‌ها و گیاهان می‌شود. به‌طور کلی، تأثیر سیدورفورها بر هوادیدگی کانی‌ها مؤثرتر از اسیدهای آلی است؛ زیرا کمپلکس ایجادشده بین سیدروفور و آهن پایدارتر می‌باشد (Ahmed and Holmstrom, 2014). Shirvani and Nourbakhsh (۲۰۱۰) نیز افزایش آزادسازی آهن از کانی‌های سپیولیت و پالیگورسکیت را با افزایش غلظت سیدروفور دسفرال گزارش نمودند.



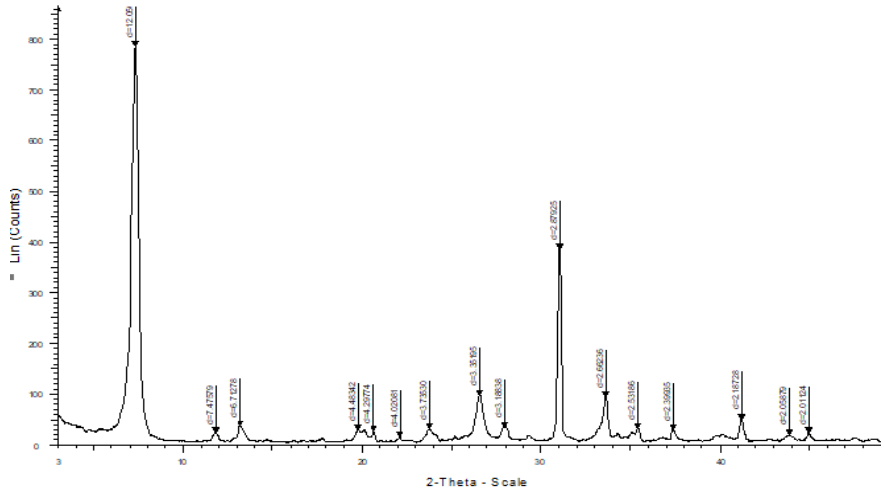
شکل ۳. مقایسه میانگین پی‌اچ در محیط کشت باکتری

سویه باکتری K1 بیشترین آزادسازی سیلیسیم از سپیولیت را در محیط فقیر بعد از گذشت ۷ و ۱۴ روز (به‌ترتیب ۱۳۶ و ۳۸ میلی‌گرم بر لیتر) داشته است و این آزادسازی در ۷ روز اول، به میزان ۷۰ درصد، بیشتر از ۱۴ روز بوده و با گذشت زمان، باکتری سیلیسیم آزادشده از کانی را مصرف نموده است (شکل ۴). این سویه از نوع باسیلوس بوده که در منابع مختلف به‌عنوان باکتری حل‌کننده سیلیس شناخته شده و نقش آن در آزادسازی سیلیسیم از کانی به اثبات رسیده است (Bakhshandeh و همکاران، ۲۰۱۷؛ Bakhshandeh و همکاران، ۲۰۱۱؛ Parmar و همکاران، ۲۰۱۳)



شکل ۴. مقایسه میانگین غلظت سیلیسیم در محیط کشت باکتری

با مقایسه پراش‌نگارهای پرتو ایکس کانی سپیولیت، قبل و بعد از قرار گرفتن در محیط کشت باکتری، تغییر خاص و بارزی در آن‌ها مشاهده نشد (شکل‌های ۲ و ۵). به‌عبارت دیگر، نتایج حاکی از آن بود که برخلاف آزادسازی عناصر و کاهش pH محیط، ساختار کانی سپیولیت تغییر چندانی نکرده و باکتری قادر به تغییر ساختار این کانی در مدت زمان ۱۴ روز نبوده و برای این تغییر، نیازمند مدت زمان بیشتر و یا کاهش بیشتر pH می‌باشد.



شکل ۵. پراش‌نگار پرتو ایکس نمونه سپیولیت حاوی باکتری K1 در محیط فقیر بعد از ۱۴ روز

نتیجه‌گیری

هرچند چهار سویه باکتری ریزوسفری مورد استفاده در پژوهش حاضر، قادر به رهاسازی عناصر از کانی سپیولیت در شرایط آزمایشگاهی بودند؛ لیکن پتانسیل آزادسازی این عناصر بین باکتری‌های مورد آزمایش، متفاوت بود. همچنین ترکیب محیط کشت باکتری با تأثیر مستقیمی که بر تغییر pH می‌گذارد یک عامل مهم در تعیین مسیر انحلال کانی محسوب می‌شود. در بین سویه‌های مورد آزمایش، سویه .Bacillus sp در رهاسازی عناصر مختلف از کانی سپیولیت کارآمدتر بوده و می‌توان از آن در کارهای پژوهشی آتی استفاده کرد. البته برخلاف آزادسازی عناصر از کانی سپیولیت، باکتری به‌تنهایی قادر به انحلال کامل و یا تبدیل کانی در بازه زمانی ۱۴ روز نبوده است و برای این تغییر، نیازمند محیطی با شرایط مناسب‌تر (مانند ریزوسفر گیاه) و یا مدت زمان بیشتر برای برهمکنش باکتری و کانی می‌باشد.

منابع

کریمی، ع.، مومن، م.، حلاج‌نیا، ا. و میرحسینی موسوی، پ. ۱۳۹۶. یک روش ساده فیزیکی خالص‌سازی سپیولیت. نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)، جلد ۳۱ (شماره ۵): ۱۴۵۵-۱۴۴۷.

Ahmed, E. and Holmstrom, S. J. M. 2014. Siderophores in environmental research: roles and applications. Microbial Biotechnology,7(3): 196–208.

Bakhshandeh, E., Pirdashti, H., Shahsavarpour, KH. 2017. Lendeh Phosphate and potassium-solubilizing bacteria effect on the growth of rice. Ecological Engineering, 103: 164–169.

Bakhshandeh, S.H., Khormali, F., Dordipour, E., Olamaei, M. and Kehl, M. 2011. Comparing the weathering of soil and sedimentary palygorskite in the rhizosphere zone. Applied Clay Science, 54: 235–241.

Cheng, Ch., Qi, W., Linyan, H. and Xiafang, Sh. 2017. Change in mineral weathering behaviors of a bacterium *Chitinophaga jiangningensis* JN53 under different nutrition conditions. Journal of Basic Microbiology, 57 (4): 293-301.

Cuadros, J. 2017. Clay minerals interaction with microorganisms: a review. Clay Minerals, 52: 235–261.

Dai, Q., Zhao, Y., Dong, F., Wang, B. and Huang, Y. 2014. Interaction between bentonite and Bacillus litoralis strain SWU9. Applied Clay Science, 100: 88–94.

Galan, E. 1996. Properties and applications of palygorskite – sepiolite clays. Clay Minerals, 31: 443-453.

Karlidag, H., Esitken, A., Turan, M. and Sahin, F. 2007. Effects of root inoculation of plantgrowth promoting rhizobacteria (PGPR) on yield, growth and nutrient elements contents ofleaves of apple. Scientia Horticulturae, 114: 16-20.

Kittrick, J. A. and Hope, E. W. 1963. A procedure for the particle size separation of soils for X-ray diffraction analysis. Soil Science, 96: 312–325.

Klute, A. 1986. *Methodes of Soils Analysis*. Part 1, Physical and mineralogical methods. Soil Science Society of America Book Series Number 5, Madison, WI.

Liu, W., Xu, X., Wu, X., Yang, Q., Luo, Y. and Christie, P. 2006. Decomposition of silicate minerals by Bacillus mucilaginosus in liquid culture. Environmental Geochemistry and Health, 28: 133–140.

Parmar, K. B., Mehta, B. P. and 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.

Parmar, P. and Sindhu, S. S. 2013. Potassium solubilization by rhizosphere bacteria: influence of nutritional and environmental conditions. Journal of Microbiology Research, 3: 25-31.

Ren, X., Li, F., Cai, Y., Li, Y., Jin, J., Li, X. and Chen, J. 2016. *Paenibacillus sp.* strain SB-6 induces weathering of Ca-montmorillonite: illitization and formation of calcite. Geomicrobiology Journal, 34 (1): 524-529.

Richards, L. A. 1954. *Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils*. Agriculture Handbook. No. 60. United States Department of Agriculture, Washington.

Shirvani, M. and Nourbakhsh, f. 2010. Desferrioxamine-B adsorption to and iron dissolution from palygorskite and sepiolite. Applied Clay Science, 48: 393–397.

Singer, A., 1989. Palygorskite and sepiolite group minerals. in: Dixon, J. B. & Weed, S. B. (eds.) Minerals in Soil Environments. Soil Science Society of America, Madison, WI, PP. 829–872.

Singh, G., Biswas, D. R. and Marwah, T. S. 2010. Mobilization of potassium from waste mica by plant growth promoting rhizobacteria and its assimilation by maize (*Zea Mays*) and wheat (*Triticum Aestivum* L.). Journal of Plant Nutrition, 33: 1236-1251.

Velde, B. 1992. *Introduction to Clay Minerals. Chemistry, Origins, Uses and Environmental Significance*. Chapman and Hall, New York, Melbourne, 198 pp.

16th Iranian Soil Science Congress

University of Zanjan, Iran, August 27-29, 2019

Topic for submission: Soil Biology and Biofertilizers

Effect of culture medium and time on solubility of sepiolite in presence of different strains of bacteria

Nejadasadi*[1], R., Esfandiarpour Boroujeni, I.[2], Hamidpour, M.[2], Abbaszadeh-dahaji, P.[3], Hosseinifard, S. J.[4]

[1] PhD Student, Soil Science Department, Vali-e-Asr University of Rafsanjan, Iran
[2] Associate Prof., Soil Science Department, Vali-e-Asr University of Rafsanjan, Iran
[3] Assistant Prof., Soil Science Department, Vali-e-Asr University of Rafsanjan, Iran
[4] Assistant Prof., Pistachio Research Center, Rafsanjan, Iran

Abstract

The study of clay minerals is essential for notice of soil structure and investigating the processes that lead to soil formation. This research was carried out to dissolve elements from sepiolite mineral by rhizospheric bacteria. The experiment was done as factorial with completely randomized design. Treatments with four strains of bacteria include *P.seudomonas sp*. (D1), *Bacillus sp.* (K1), *Pseudomonas sp.* (k2) and *P.fluorescens* (A11) and the control (without inoculation) during two time periods (7 and 14 days). The results showed significant interaction effects of strains, culture medium and time on elements release from sepiolite. At both 7 and 14 days, a significant amount of Mg was released from sepiolite that was not affected by the type of culture medium (rich and poor) and time and the highest amount was dedicated to A11 and D1 strains (120 and 110 mg L^{-1}, respectively). The highest release of Si from sepiolite was related to the presence of K1 strains. Contrary to the release of a considerable amount of elements from sepiolite, the bacteria can not change the mineral structure within 14 days. It seems that more time is needed for the interaction of mineral and bacteria in order to change the structure of sepiolite.

Keywords: Plant growth promoting rhizobacteria, X-ray diffraction, Fibrous clay minerals, Weathering

* Corresponding author, Email: r_nejadasadi@yahoo.com