نشریه مدیریت خاک و تولید پایدار
جلد سوم، شماره دوم، ۱۳۹۲
http://ejsms.gau.ac.ir

# اثر باکتری‌های حل‌کننده سیلیکات بر آزادسازی پتاسیم از کانی میکایی گلوکونیت در ریزوسفر گیاه کلزا (*Brassica napus*)

*ندا رحیم‌زاده[۱]، محسن علمائی[۲]، فرهاد خرمالی[۳]، اسماعیل دردی‌پور[۴] و آرش امینی[۵]

[۱]دانشجوی کارشناسی‌ارشد گروه علوم خاک، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، [۲]استادیار گروه علوم خاک، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، [۳]استاد گروه علوم خاک، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، [۴]دانشیار گروه علوم خاک، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، [۵]استادیار گروه زمین‌شناسی، دانشگاه گلستان

تاریخ دریافت: ۹۱/۱۲/۲۲ ؛ تاریخ پذیرش: ۹۲/۵/۲۷

## چکیده

هوادیدگی کانی‌های موجود در خاک، منبع اولیه بسیاری از عناصر غذایی ضروری رشد گیاه از جمله پتاسیم هستند. کانی‌های میکایی به‌عنوان منبع اصلی تأمین‌کننده پتاسیم در خاک‌های کشورمان غالب هستند. این مطالعه در شرایط گلخانه‌ای با آرایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در ۳ تکرار با هدف بررسی تأثیر باکتری‌های حل‌کننده سیلیکات و ریزوسفر گیاه کلزا در استفاده از پتاسیم ساختاری کانی میکایی گلوکونیت انجام شد. فاکتورهای آزمایش شامل محلول غذایی (محلول غذایی کامل و محلول غذایی عاری از پتاسیم) و باکتری (حضور و نداشتن حضور باکتری) بود. محیط کشت مخلوطی از شن کوارتزی (به‌عنوان ماده پرکننده) و کانی گلوکونیت به‌دست آمده از شیل گلوکونیتی بود. در طول دوره ۱۰۰ روزه کشت گلدان‌ها به‌وسیله آب مقطر و محلول غذایی استگنر در دو نوع شامل و عاری از پتاسیم، آبیاری و تغذیه شدند. در پایان دوره کشت گیاه برداشت و به روش خاکستر خشک تجزیه و مقدار پتاسیم آن توسط شعله‌سنج تعیین شد. در تیمارهای بدون پتاسیم مقدار پتاسیم جذب شده توسط گیاه، در سطح ۱ درصد به‌طور معنی‌داری تحت‌تأثیر باکتری حل‌کننده سیلیکات قرار داشت. به‌طوری‌که بیش‌ترین جذب به گیاهان رشد کرده در تیمار تغذیه شده با محلول غذایی کامل و شامل باکتری حل‌کننده سیلیکات مربوط بوده است. غلظت پتاسیم در تیمار تغذیه شده با محلول غذایی کامل و عاری از باکتری و تیمار تغذیه شده با محلول غذایی بدون پتاسیم و شامل باکتری اختلاف معنی‌داری نداشته است که این مسأله نشان‌دهنده تأثیر قابل‌توجه باکتری حل‌کننده سیلیکات در تأمین پتاسیم برای گیاه است.

***واژه‌های کلیدی:*** گلوکونیت، باکتری حل‌کننده سیلیکات، اثرات ریزوسفری

* مسئول مکاتبه: nrahimzadeh17@gmail.com

**مقدمه**

پتاسیم یکی از عناصر ضروری رشد گیاه بوده و اهمیت آن در کشاورزی به خوبی شناخته شده است. گیاه، پتاسیم مورد نیاز خود را از پتاسیم ناشی از اضافه کردن کودهای شیمیایی و یا پتاسیم موجود در خاک تأمین می‌نماید. مهم‌ترین منابع پتاسیم در خاک‌های معدنی آلومینوسیلیکات‌های اولیه شامل فلدسپارها و میکاها می‌باشند. پتاسیم هم‌چنین در ایلایت و ورمی‌کولایت نیز وجود دارد (اسپارکس و هوانگ، ۱۹۸۵). میکاها مهم‌ترین منبع طبیعی پتاسیم در خاک‌ها هستند (ملکوتی و همکاران، ۲۰۰۵). بسته به کاتیون موجود در لایه اکتاهدرال، میکاها به دی‌اکتاهدرال و تری‌اکتاهدرال تقسیم‌بندی می‌شوند. شدت آزادسازی پتاسیم از میکاهای تری‌اکتاهدرال بیش از میکاهای دی‌اکتاهدرال است به‌گونه‌ای که شدت آزادسازی پتاسیم از بیوتیت که یک میکای تری‌اکتاهدرال است به‌ترتیب ۱۶-۱۳، ۱۰۵-۷۵ و ۱۹۰-۱۱۸ برابر فلوگوپیت، موسکویت و فلدسپار پتاسیم یا میکروکلین گزارش شده است (تیسدل و همکاران، ۲۰۰۳). هوانگ (۲۰۰۵) ترتیب آزاد شدن پتاسیم از کانی‌های خاک در شرایطی که پتاسیم خاک کاهش می‌یابد را به‌صورت میکاهای تری‌اکتاهدرال، میکاهای دی‌اکتاهدرال و فلدسپارهای پتاسیم می‌توان بیان کرد. فنینگ و همکاران (۱۹۸۹) نیز در نتیجه مشابهی گزارش کردند میکاهای تری‌اکتاهدرال مانند بیوتیت و فلوگوپیت بیش از میکاهای دی‌اکتاهدرال مانند مسکویت پتاسیم آزاد می‌کنند. پتاسیم در خاک می‌تواند به بخش‌های مختلفی تقسیم شود که به‌ترتیب کاهش قابلیت استفاده برای گیاه عبارتند از: بخش‌های محلول، تبادلی، غیرتبادلی و ساختمانی (مارتین و اسپارکس، ۱۹۸۵). عوامل فیزیکی، شیمیایی، بیولوژیکی و اقلیمی زیادی بر اشکال مختلف پتاسیم و تعادل بین آن‌ها در خاک تأثیر می‌گذارند که می‌توانند به کانی‌شناسی رس‌ها مربوط شوند (بره و همکاران، ۲۰۰۸). بیش‌تر خاک‌ها دارای مقادیر به‌نسبت زیادی پتاسیم کل هستند، ولی مقدار پتاسیم قابل استفاده آن‌ها به‌نسبت کم است. از بین شکل‌های مختلف پتاسیم، شکل محلول و تبادلی آن قابل استفاده گیاه هستند و بقیه شکل‌ها تقریباً غیرقابل استفاده می‌باشند، بنابراین به‌منظور تأمین پتاسیم مورد نیاز گیاه، این عنصر باید به طریقی از شکل‌های تثبیت شده و معدنی به شکل‌های تبادلی و محلول تبدیل شود (هبی و همکاران، ۱۹۹۰).

فرآیندهای بیوشیمیایی که در هوادیدگی کانی‌ها دخالت دارند به‌طور عمده در محیط‌های میکروبی خاک رخ می‌دهند و توسط میکروارگانیسم‌ها تحت‌تأثیر قرار می‌گیرند. فرآیندهای شیمیایی خاک در این محیط‌های کوچک می‌تواند به‌علت فرآیندهای بیولوژیکی متنوع به‌طور چشم‌گیری متفاوت باشند

(آیرس و همکاران، ۱۹٤۷). مطالعات مختلفی اثر فرآیندهای بیولوژیکی و مواد مترشحه از ریشه گیاهان و قارچ‌ها را بر روی هوادیدگی کانی‌ها در ناحیه ریزوسفر گزارش کردند (شیدی و همکاران، ۱۹۸٤؛ نوروزی و خادمی، ۲۰۱۰؛ مانیب و همکاران، ۱۹۸٤). زمانی‌که پتاسیم محلول و تبادلی خاک به کم‌تر از حد کفایت گیاه کاهش می‌یابد، پتاسیم غیرتبادلی می‌تواند از بین لایه‌های کانی‌های رسی آزاد شود (تریبوت و همکاران، ۱۹۸۷). مقدار پتاسیم آزاد شده در این شرایط تحت‌تأثیر مقدار و نوع کانی‌های پتاسیم‌دار مانند میکاها، فلدسپارهای پتاسیم و ورمی‌کولیت می‌باشد (ساها و همکاران، ۱۹۸۸).

میکروارگانیسم‌های مختلف شامل باکتری‌ها، قارچ‌ها، مخمرها، جلبک‌ها و نیز گل‌سنگ‌ها قادرند سیلیکات‌ها را تجزیه کرده و عناصری چون پتاسیم، فسفر، آهن، روی و سیلیسیم را آزاد کنند که در این میان باکتری‌ها از اهمیت بیش‌تری برخوردارند (شیدی و همکاران، ۱۹۸٤). شنگ (۲۰۰۵) با اضافه کردن باکتری *Bacillus edaphicus* به خاک پنبه (*Gossypium hirsutum* L.) و کلزا (*Brassica napus* L.) در یک آزمایش گلدانی به‌ترتیب افزایش ۲٤–۱۹ درصد و ۲۱–۱۹ درصد در وزن خشک ریشه و اندام هوایی مشاهده کرد. هم‌چنین غلظت پتاسیم در پنبه ۳٤–۳۱ درصد و در کلزا ۳۱–۲۸ درصد نسبت به شاهد افزایش نشان داد. تلقیح با باکتری همچنین موجب افزایش غلظت ازت و فسفر در گیاه شد. فانگ‌شنگ و یان‌هی (۲۰۰٦)، تأثیر باکتری *Bacillus edaphicus* را بر کانی ایلایت و فلدسپار بررسی کردند. آن‌ها مشاهده کردند که در نتیجه ترشح پلی‌ساکاریدها و اسیدهای آلی میزان پتاس آزاد شده از هر دو کانی افزایش یافت. به‌نظر می‌رسد اسیدهای آلی از طریق کئوردیناسیون گروه‌های کربوکسیلیک و هیدروکسیل با کاتیون‌های فلزی جذب کانی‌ها شده و کئوردیناسیون قوی اسیدهای آلی، آزادسازی پتاسیم به محلول را افزایش می‌دهد (نوروزی و خادمی، ۲۰۰۹). آزمایش‌ها نشان دادند که در اثر تلقیح *Bacillus exlorguen* به محیط‌های تجدید نشده در مدت ۱۵ روز تا حدود ۱۲ درصد $K_2O$ از ارتوکلاز آزاد می‌شود، ولی در محلول تجدیدشونده حدود ۲۷ درصد $K_2O$، ۲۳ درصد $Al_2O_3$ و ۱۳ درصد $SiO_2$ آزاد می‌گردد (میشوستین و همکاران، ۱۹۸۱). چن و چن (۱۹٦۰) نشان دادند که با تلقیح باکتری‌های حل‌کننده سیلیکات همراه با کانی‌های پتاسیم‌دار خاک غلظت پتاسیم در محیط ریشه ۸۷–۲۵ درصد افزایش یافت. مانیب و همکاران (۱۹۸٤) به بررسی تأثیر باکتری‌های سیلیکاته بر دو کانی ارتوکلاز و میکا پرداختند و نشان دادند که این باکتری‌ها قادر به آزاد کردن عناصر سیلیسیم و پتاسیم از این کانی‌ها هستند. لیان (۱۹۹۸) با کشت باکتری‌های سیلیکاتی در حضور میکا افزایش ۱٦–۸ درصدی در پتاسیم محلول را گزارش کرد.

شی و همکاران (۲۰۰٤) برای بررسی میزان جذب پتاسیم خاک در محیط ریزوسفری از ۵ ژنوتیپ کلزا استفاده کرده و نشان دادند که میزان تخلیه پتاسیم در فاصله ۱۰ میلی‌متری ریشه بین ٤۸-۳۱ درصد بوده و ارقام پرمحصول نسبت به ارقام کم‌بازده ظرفیت جذب بالاتری داشتند. خرمالی و همکاران (۲۰۱۱) در پژوهشی تأثیر ریزوسفر گیاه سورگوم و باکتری‌های باسیلوس بر آزادسازی پتاسیم از کانی گلوکونیت را بررسی کردند. مطالعات نشان داد در بسترهایی که محلول غذایی پتاسیم‌دار و محلول غذایی بدون پتاسیم دریافت کرده‌اند عمل هوادیدگی در جزء رس صورت گرفته است که این تغییر در تیمار محلول غذایی بدون پتاسیم بیش‌تر بوده است. خیامیم و همکاران (۲۰۱۰) تغییرات کانی‌شناسی فلوگوپیت و مسکویت را در اثر هم‌زیستی قارچ اندوفایت بررسی نمودند و نتایج به‌دست آمده ورمی‌کولیتی شدن کانی فلوگوپیت را در هر دو شرایط تغذیه‌ای کامل و بدون پتاسیم نشان داد. شدت تغییرات کانی‌شناسی در شرایط تغذیه‌ای بدون پتاسیم بسیار بیش‌تر از شرایط تغذیه‌ای با پتاسیم بود. در شرایط تغذیه‌ای بدون پتاسیم و در کانی فلوگوپیت، نسبت قله ۱/٤ به ۱/۰ نانومتر تقریباً ٤ برابر بیش‌تر از شرایط حضور نداشتن اندوفایت بود. این اختلاف معنی‌دار را می‌توان به تأثیر رابطه هم‌زیستی قارچ اندوفایت بر میزان و نوع تراوه‌های ریشه و در نهایت، تغییر کانی فلوگوپیت مرتبط دانست. مطالعه رضایی (۲۰۱۰) بر روی هوادیدگی کانی‌ها در ریزوسفر ذرت نشان داد که خاک توانسته است مقدار قابل‌توجهی از نیاز گیاه به پتاسیم را تأمین نماید. در این مطالعه با اعمال محلول غذایی بدون پتاسیم کانی ورمی‌کولیت تشکیل شد که نشان‌دهنده خروج پتاسیم بین لایه‌ای از بین لایه‌های کانی میکا و هوادیدگی آن می‌باشد. بخشنده و همکاران (۲۰۱۱) در بررسی هوادیدگی کانی پالیگورسکیت در ریزوسفر گیاه سورگوم، مشاهده نمودند که فعالیت ریشه و باکتری حل‌کننده سیلیکات منجر به افزایش اسیدیته محیط ریزوسفر و در نهایت باعث آزادسازی منیزیم ساختمانی از بین لایه‌های کانی می‌شود.

این پژوهش با هدف بررسی تأثیر باکتری‌های حل‌کننده سیلیکات بر آزادسازی پتاسیم و توانایی عرضه پتاسیم توسط کانی میکایی گلوکونیت انجام شد.

## مواد و روش‌ها

در این پژوهش از آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۳ تکرار استفاده شد. فاکتورهای آزمایش شامل محلول غذایی (محلول غذایی کامل و محلول غذایی عاری از پتاسیم) و باکتری (حضور و حضور نداشتن باکتری) بود.

آزمایش گلدانی در گلدان‌های ۱ کیلویی شامل مخلوط شن کوارتزی (به‌عنوان ماده پرکننده) و گلوکونیت به‌دست آمده از شیل گلوکونیتی انجام شد. شن کوارتزی از معدنی در همدان تهیه گردید. با توجه به سهولت و دسترسی به منابع گلوکونیت از سازند اتامیر، نمونه‌برداری از این سازند صورت گرفت. برای آماده کردن بستر کشت جداسازی اندازه ذرات روی پودر شیل گلوکونیت‌دار به روش‌هایی که در زیر آمده است اقدام گردید.

حذف شیمیایی مواد ملاتی و جداسازی اجزاء رس از خاک نمونه‌برداری شده با روش کیتریک و هوپ (۱۹٦۳) انجام شد. کربنات‌ها در ابتدا توسط استات آمونیوم بافر شده یک نرمال در pH=۵ حذف شدند. اضافه کردن استات سدیم یک نرمال تا هنگامی صورت گرفت که دیگر اثر واکنش با اسید کلریدریک یک نرمال دیده نشد. سپس مواد آلی به‌وسیله آب اکسیژنه ۳۰ درصد در حمام آب هضم شدند. اکسیدهای آهن آزاد از نمونه‌ها به‌وسیله روش مهرا و جکسون (۱۹٦۰) حذف شدند. سپس ذرات سنگ در دو اندازه مختلف شامل بخش شن و سیلت درشت و نیز بخش رس و سیلت ریز توسط روش ترسیب جدا شدند و از بخش ریز در این آزمایش استفاده گردید. براساس آنالیز فلورسانس پرتوایکس و آگاهی از این‌که شن کوارتزی شامل مقادیر بسیار ناچیز پتاسیم است، از این ماده به‌عنوان ماده پرکننده محیط کشت استفاده شد. به‌منظور استفاده از شن کوارتزی ابتدا ذرات بزرگ‌تر از ۲۰۰ مش با اسید کلریدریک ۰/۲ نرمال و سپس با آب مقطر به خوبی شستشو شده و در آون با دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد خشک شد. برای حذف ناخالصی‌های موجود در سطوح تبادلی کانی میکایی و هم‌چنین اطمینان از نبود پتاسیم محلول و تبادلی، کانی موردنظر ابتدا با کلرور کلسیم ۰/۵ نرمال اشباع شد و سپس پس از شستشو مورد استفاده قرار گرفت. از کانی میکایی به‌منظور منبع تأمین نیاز پتاسیم گیاهان در این پژوهش استفاده شد، به این منظور به‌میزان مساوی از کانی میکایی برای تأمین ۰/۲۵ درصد $K_2O$ به گلدان‌ها اضافه و به خوبی با شن کوارتزی مخلوط گردید.

از باکتری‌های حل‌کننده سیلیکات (*Bacillus spp*) در این آزمایش استفاده شد. باکتری‌های موردنظر از بانک میکروبی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان تهیه شد. برای تلقیح این باکتری‌ها، ابتدا آن‌ها را در محیط نوترین براث[1] در دمای ۲۷ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ٤۸ ساعت با

1- Nutrient Broth

سرعت ۱۵۰ دور در دقیقه شیک شده و به‌منظور حذف پتاسیم، محیط کشت شده، در سانتریفوژ با دور ۱۰ هزار دور در دقیقه، به‌مدت ۱۵ دقیقه سانتریفوژ گردید. با به‌هم زدن و یکنواخت کردن رسوب تشکیل شده در محلول سرم فیزیولوژیک به مقدار ۱ میلی‌لیتر مایه تلقیح به هر گلدان اضافه شد.

برای انجام کشت از رقم هایولا که از ارقام پرکاربرد کلزا در استان گلستان است، استفاده شد. این مطالعه در گلدان‌های ۱ کیلوگرمی انجام شد. ابتدا در ته هر گلدان ۲ برگ کاغذ صافی قرار داده شد، سپس ۲۵۰ گرم شن کوارتزی روی آن ریخته شد، پس از آن مخلوط شن کوارتزی و کانی میکایی به‌میزان ۷۵۰ گرم اضافه گردید، سپس ۸ عدد بذر کلزا در سطح آن قرار گرفت و دوباره ۲۵۰ گرم از شن کوارتزی روی بذرها ریخته شد و بر روی هر گلدان یک عدد کاغذ صافی قرار داده شد. در طول دوره ۱۰۰ روزه کشت از آب مقطر به‌منظور آبیاری و از محلول غذایی استگنر برای تغذیه گیاهان استفاده شد. به‌منظور ارزیابی وضعیت محیط کشت از نظر میزان پتاسیم محلول در طول دوره کشت سه مرتبه زه‌کش گلدان‌ها جمع‌آوری شد. به این گونه که ابتدا گلدان‌ها را از نظر رطوبتی به حد اشباع رسانده و پس از خروج مقدار مشابه آب از تمام گلدان‌ها به‌میزان مساوی آب به گلدان‌ها اضافه و عصاره محیط کشت از ته گلدان جمع‌آوری شد. در عصاره به‌دست آمده غلظت پتاسیم مورد ارزیابی قرار گرفت. پس از اتمام دوره کشت اندام هوایی گیاه جدا و در آون با دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۷۲ ساعت خشک شد. وزن خشک اندام هوایی گیاه اندازه‌گیری و عصاره‌گیری از گیاه به روش خاکسترگیری خشک انجام شد (خوشگفتارمنش، ۲۰۰۷). غلظت پتاسیم موجود در عصاره گیاه به‌وسیله شعله‌سنج تعیین شد. داده‌های به‌دست آمده از آزمایش با استفاده از نرم‌افزار SAS مورد تجزیه و تحلیل آماری و مقایسه میانگین‌ها با آزمون LSD انجام شد.

## نتایج و بحث

جدول ۱ تجزیه واریانس وزن خشک، غلظت و جذب پتاسیم اندام هوایی گیاه را نشان می‌دهد. تأثیر دو فاکتور آزمایش، باکتری حل‌کننده سیلیکات و نوع محلول غذایی بر مقادیر وزن خشک، غلظت و جذب پتاسیم اندام هوایی در سطح ۱ درصد معنی‌دار است. همچنین اثر متقابل دو فاکتور یاد شده در هر سه صفت مورد بررسی اندام هوایی معنی‌دار ($P<۰/۰۱$) می‌باشد.

**جدول ۱- تجزیه واریانس وزن خشک، غلظت پتاسیم و جذب پتاسیم اندام هوایی.**

| منابع تغییرات | درجه آزادی | میانگین مربعات | | |
|---|---|---|---|---|
| | | وزن خشک اندام هوایی | غلظت پتاسیم | جذب پتاسیم |
| باکتری حل‌کننده سیلیکات | ۱ | ۳/۹۹۰۵** | ۰/۰۰۶۱** | ۰/۰۰۰۲** |
| محلول غذایی | ۱ | ٤/۹٦٦٥** | ۰/۰۰٦٦** | ۰/۰۰۰۱** |
| باکتری حل‌کننده سیلیکات × محلول غذایی | ۱ | ۲/۳۹٤٤** | ۰/۰۰۰۳** | ۰/۰۰۰۰۸** |
| خطا | ۸ | ۰/۱۲ | ۰/۰۰۰۰۳ | ۰/۰۰۰۸ |

**معنی‌دار بودن در سطح احتمال ۱ درصد را نشان می‌دهد.

**ترکیب عنصری شن کوارتزی و گلوکونیت قبل از آزمایش:** ترکیب عنصری شن کوارتزی و گلوکونیت مورد استفاده در جدول ۲ آمده است. نتایج نشان داد مقدار پتاسیم موجود در شن کوارتزی بسیار ناچیز می‌باشد و از این نظر برای آزمایش بسیار مناسب بود. طبق نتایج این جدول مقدار پتاسیم گلوکونیت ۲/۲٤ درصد می‌باشد.

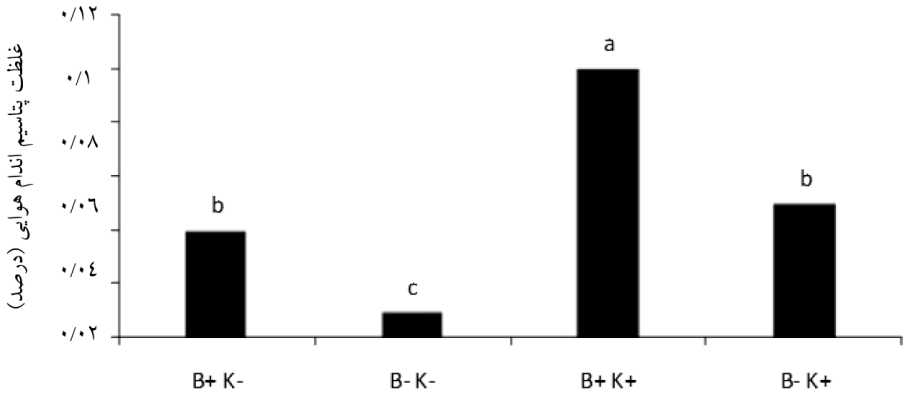
**جدول ۲- تجزیه عنصری شن کوارتزی و شیل گلوکونیتی مورد استفاده با استفاده از فلورسانس پرتو ایکس.**

| کانی | $Na_2O$ | MgO | $Al_2O_3$ | $SiO_2$ | $K_2O$ | CaO | $Fe_2O_3$ | MnO | $P_2O_5$ | $TiO_2$ | LOI* | Total |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | (درصد) | | | | | | |
| گلوکونیت | ۱/٤۹ | ۲/۲٤ | ۱۵/٦۷ | ٤۸/۸٦ | ٤/۸۵ | ۱/۲٤ | ۱۲/۸۵ | ۰/۰۳۵ | ۰/۲۱٤ | ۱/۳۲۱ | ۱۰/۵٤ | ۹۹/۳۱ |
| شن کوارتزی | <۰/۱۰ | ۰/۱۱ | ۰/۳٦ | ۹۷/۵۰ | <۰/۱۰ | ۰/٦۱ | ۰/۵۷ | - | - | - | ۰/٤۸ | ۹۹/۸٦ |

* LOI: کاهش وزن در دمای بالا.

**غلظت پتاسیم اندام هوایی:** شکل ۱ غلظت پتاسیم اندام هوایی را بر حسب درصد نشان می‌دهد. بیش‌ترین غلظت پتاسیم گیاه در گلدان‌های تغذیه شده با محلول غذایی کامل دیده می‌شود که امری کاملاً بدیهی است. در شرایط تغذیه‌ای با پتاسیم اختلاف معنی‌دار در بین گیاهان شامل و عاری از باکتری حل‌کننده سیلیکات مشاهده می‌شود. در بین تیمارهای موردنظر، بیش‌ترین مقدار غلظت پتاسیم به تیمار تغذیه شده با محلول غذایی کامل و شامل باکتری حل‌کننده سیلیکات اختصاص دارد و پس از آن تیمار تغذیه شده با محلول غذایی کامل و عاری از باکتری و تیمار تغذیه شده با محلول غذایی

بدون پتاسیم و شامل باکتری قرار می‌گیرند که اختلاف معنی‌داری در بین این دو تیمار مشاهده نمی‌شود و نشان‌دهنده تأثیر قابل‌توجه باکتری حل‌کننده سیلیکات در تأمین پتاسیم برای گیاه است. در شرایط تغذیه‌ای بدون پتاسیم، گیاهان شامل باکتری حل‌کننده سیلیکات جذب پتاسیم بالاتری در مقایسه با گیاهان عاری از باکتری دارند که این اختلاف از نظر آماری معنی‌دار است. در تیمار عاری از باکتری حل‌کننده سیلیکات و تغذیه شده با محلول غذایی بدون پتاسیم غلظت پتاسیم در گیاه بسیار کم بوده و علایم کمبود پتاسیم نیز در گیاهان در این بستر کشت به وضوح قابل رویت بود.

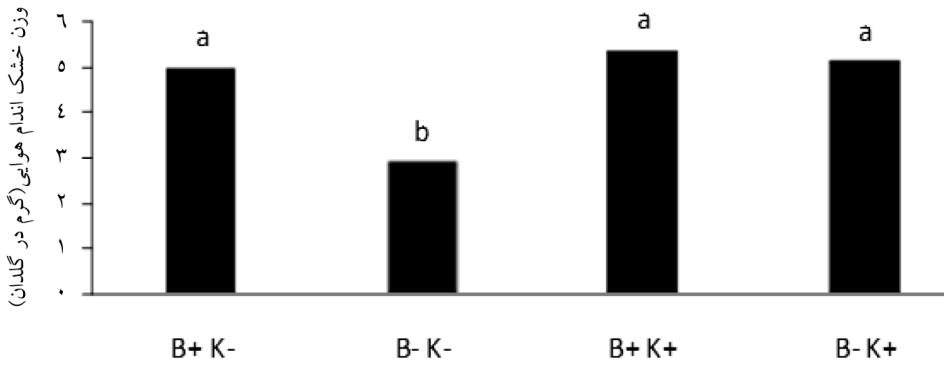



**شکل ۱- مقایسه غلظت پتاسیم در اندام هوایی. +B و -B به‌ترتیب حضور و حضور نداشتن باکتری حل‌کننده سیلیکات و +K و -K به‌ترتیب محلول غذایی شامل و عاری از پتاسیم را نشان می‌دهند. حروف مشابه در هر نوع محلول غذایی نمایانگر نبود اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد می‌باشد.**

در تیمارهای بدون پتاسیم دلایل متعددی در کاهش معنی‌دار غلظت پتاسیم در گیاه نقش دارند. به‌نظر می‌رسد پیر شدن گیاه و خشبی شدن ریشه و مهم‌تر از آن تخلیه بخش سهل‌الوصول پتاسیم بین‌لایه‌ای، از مهم‌ترین عوامل کاهش غلظت پتاسیم گیاه باشند. با توجه به این‌که در تیمارهای بدون پتاسیم تنها منبع تأمین پتاسیم، کانی گلوکونیت بوده است، بنابراین، مهم‌ترین دلیل کاهش غلظت پتاسیم در گیاه را می‌توان کاهش پتاسیم سهل‌الوصول بین‌لایه‌ای دانست. در هر حال، گیاه از طریق جذب پتاسیم غیرتبادلی گلوکونیت توانسته است نیاز خود را در حد کفایت تأمین نماید. اگرچه گیاه در این بستر کشت با محلول غذایی بدون پتاسیم تغذیه شده است و هیچ‌گونه پتاسیمی از منبع خارجی

دریافت نکرده است اما ریشه گیاه به همراه باکتری حل‌کننده سیلیکات با ترشح اسیدهای آلی و کاهش pH و ایجاد محیط ریزوسفری توانسته است کانی را هوادیده نموده و پتاسیم غیرتبادلی آن را جذب کند. مطالعات دیگر هم فراهمی عناصر غذایی را معمولاً تحت‌تأثیر مقدار و ترشحات ریشه، رس و pH دانسته‌اند (منگل و اولن‌بکر، ۱۹۹۳). بخشنده و همکاران (۲۰۱۱) در مطالعه خود دریافتند که در تیمار محلول غذایی بدون منیزیم، افزایش قابل‌توجهی در غلظت منیزیم در گلدان‌های شامل باکتری حل‌کننده سیلیکات دیده می‌شود. خیامیم و همکاران (۲۰۰۹) در مطالعه خود مشاهده کردند که فلوگوپیت توانست نیاز پتاسیمی گیاهان تحت کشت را به خوبی تأمین نماید به‌طوری‌که غلظت پتاسیم شاخسار جو در محدوده کفایت این عنصر قرار داشت. لطفی‌پارسا و همکاران (۲۰۱۲) در آزمایش خود به این نکته رسیدند که غلظت پتاسیم با گذشت زمان به‌صورت معنی‌داری کم می‌شود. هم‌چنین آن‌ها مشاهده نمودند که فلوگوپیت توانسته است تا بیش از ۱۱۰ روز پتاسیم گیاه را در محدوده کفایت نگه دارد.

**وزن خشک اندام هوایی:** میانگین وزن خشک اندام هوایی در شکل ۲ نشان داده شده است. به طور کلی وزن خشک اندام هوایی در گیاهان تغذیه شده با محلول غذایی کامل بیشتر از گیاهان تغذیه شده با محلول غذایی بدون پتاسیم است. بیشترین زیست‌توده به تیمار تغذیه شده با محلول غذایی کامل و باکتری حل‌کننده سیلیکات اختصاص دارد. از لحاظ وزن خشک اندام هوایی در بین تیمار تغذیه شده با محلول غذایی کامل و باکتری، تیمار تغذیه شده با محلول غذایی کامل و عدم حضور باکتری و تیمار تغذیه شده با محلول غذایی بدون پتاسیم و باکتری اختلاف معنی‌داری مشاهده نمی‌شود. در تیمار حاوی باکتری و به تفکیک محلول غذایی کامل و بدون پتاسیم اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ درصد بین وزن خشک گیاهان مشاهده نمی‌شود. این حکایت از این واقعیت دارد که باکتری حل‌کننده سیلیکات توانسته است نیاز گیاه به پتاسیم را تأمین نموده و گیاه تا اواخر دوره ۱۰۰ روزه ظاهری مشابه با نمونه‌های تغذیه شده با محلول غذایی کامل را داشته باشد. کمترین زیست توده مربوط به تیمار تغذیه شده با محلول غذایی بدون پتاسیم و عاری از باکتری می‌باشد که از لحاظ آماری با سایر تیمارها اختلاف معنی‌داری داشته و گیاهان از نظر تأمین پتاسیم دچار مشکل بوده و در اثر کمبود پتاسیم قادر به تولید زیست توده قابل توجهی نبوده و در اواخر دوره ۱۰۰ روزه کمبود پتاسیم در این تیمارها قابل مشاهده بود.

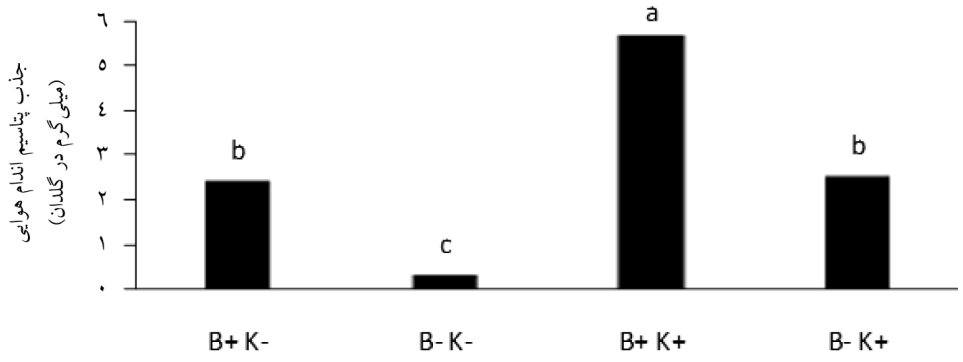



**شکل ۲- مقایسه وزن خشک در اندام هوایی. +B و -B به‌ترتیب حضور و حضور نداشتن باکتری حل‌کننده سیلیکات و +K و -K به‌ترتیب محلول غذایی شامل و عاری از پتاسیم را نشان می‌دهند. حروف مشابه در هر نوع محلول غذایی نمایانگر نبود اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد می‌باشد.**

خرمالی و همکاران (۲۰۱۱) در پژوهشی تأثیر ریزوسفر گیاه سورگوم و باکتری‌های باسیلوس بر آزادسازی پتاسیم از کانی گلوکونیت را بررسی کردند. مطالعات نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین تیمار کود پتاسیم بر وزن خشک گیاه نداشته که نشان‌دهنده برآورده شدن نیاز گیاه به پتاسیم از منبع گلوکونیت است. منبع گلوکونیت توانسته مقدار مورد نیاز پتاسیم گیاه را تأمین نماید. خیامیم و خادمی (۲۰۱۰) گزارش نمودند که بین وزن خشک گیاهان کشت شده در محیط فلوگوپیت در دو حالت تغذیه‌ای کامل و بدون پتاسیم در دو گیاه یونجه و فسیکوی بلند اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد و این بیانگر این واقعیت است که فلوگوپیت توانسته است نیاز گیاهان به پتاسیم را تأمین نماید، در حالی‌که کم‌ترین مقدار وزن خشک اندام هوایی در گیاهان کشت شده در بستر شن کوارتزی و تغذیه شده با محلول غذایی بدون پتاسیم دیده شد.

**پتاسیم جذب شده در اندام هوایی:** میانگین پتاسیم جذب شده در اندام هوایی گیاه کلزا تحت‌تأثیر تیمارهای مختلف در شکل ۳ نشان داده شده است. بیش‌ترین مقدار جذب پتاسیم ۵/٦ میلی‌گرم در گلدان در گیاهان تغذیه شده با محلول غذایی کامل و شامل باکتری حل‌کننده سیلیکات دیده می‌شود. عمده‌ترین دلیل این افزایش جذب را می‌توان افزایش وزن خشک و افزایش غلظت پتاسیم در گیاه دانست. پس از آن گیاهان تغذیه شده با محلول غذایی کامل و عاری از باکتری بیش‌ترین جذب پتاسیم

را داشته‌اند. تیمارهای تغذیه شده با محلول غذایی کامل و عاری از باکتری و تیمار تغذیه شده با محلول غذایی بدون پتاسیم و شامل باکتری اختلاف معنی‌داری از نظر جذب پتاسیم با یکدیگر نداشته که نشان‌دهنده تأثیر مثبت باکتری‌های حل‌کننده سیلیکات در آزادسازی پتاسیم از کانی و جذب پتاسیم توسط گیاه می‌باشد. کم‌ترین جذب پتاسیم مربوط به تیمار تغذیه شده با محلول غذایی بدون پتاسیم و عاری از باکتری است که مقدار جذب پتاسیم در این تیمار بسیار ناچیز بوده و با سایر تیمارها اختلاف معنی‌داری نشان می‌دهد. در تیمارهای تغذیه شده با محلول غذایی بدون پتاسیم، با توجه به این‌که پتاسیم مورد نیاز گیاه توسط کانی تأمین می‌شود، این کم بودن میزان جذب را می‌توان به کم بودن زیست‌توده یا به‌عبارتی کوچک بودن سیستم ریشه ربط داد.

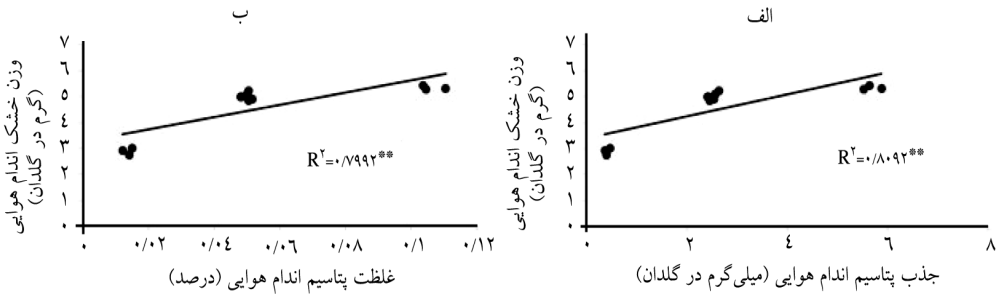



**شکل ۳- مقایسه کل پتاسیم جذب شده در اندام هوایی. +B و -B به‌ترتیب حضور و حضور نداشتن باکتری حل‌کننده سیلیکات و +K و -K به‌ترتیب محلول غذایی شامل و عاری از پتاسیم را نشان می‌دهند. حروف مشابه در هر نوع محلول غذایی نمایانگر نبود اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد می‌باشد.**

هینسینجر و جیلارد (۱۹۹۳) از گیاه کلزا به‌عنوان گونه گیاهی شناخته شده با توانمندی بالا در تولید پروتون استفاده کرده و آزادسازی پتاسیم از کانی فلوگوپیت را در محیط ریزوسفری این گیاه مورد بررسی قرار دادند. این پژوهش‌گران پس از ۳۲ روز کشت مشاهده کردند که مقدار پتاسیم جذب شده توسط گیاه ۸۱ میلی‌مول در هر گلدان است. این پژوهش‌گران هم‌چنین مقادیر pH ریزوسفر را مورد بررسی قرار داده و مشاهده نمودند که pH از حدود خنثی به حدود ٤ کاهش یافته است. بخشنده و همکاران (۲۰۱۱) هوادیدگی خاک و کانی پالیگورسکیت را در ناحیه ریزوسفر مقایسه کردند. این

پژوهش‌گران ذکر کردند که جذب پتاسیم در کانی پالیگورسکیت با اضافه کردن باکتری حل‌کننده سیلیکات افزایش می‌یابد. آن‌ها در مطالعات XRD مشاهده نمودند که کانی پالیگورسکیت نسبت به خاک پالیگورسکیت ناپایدارتر بوده و در نتیجه میزان آزادسازی منیزیم و در نهایت جذب منیزیم توسط سورگوم از کانی بیش‌تر است. رضایی (۲۰۱۰) رهاسازی پتاسیم از جزء رس خاک‌هایی با کانی‌شناسی متفاوت را در ریزوسفر گیاه ذرت بررسی کردند. این پژوهش‌گران ذکر کردند که بیش‌ترین میزان پتاسیم جذب شده در اندام هوایی مربوط به تیمار ایلایت- ورمی‌کولیت بود که دلیل آن درصد پتاسیم و درصد رس بالا در این کانی‌ها می‌باشد.

شکل‌های ٤- الف و ٤- ب همبستگی بین مقدار وزن خشک اندام هوایی را با پتاسیم جذب شده و غلظت پتاسیم در اندام هوایی نشان می‌دهد. همبستگی معنی‌دار در سطح ۱ درصد نشان می‌دهد که با افزایش غلظت و مقدار جذب پتاسیم اندام هوایی عملکرد گیاه افزایش یافته است، به‌عبارت دیگر کمبود پتاسیم مهم‌ترین عامل محدودکننده رشد بوده است.




**شکل ٤- همبستگی بین مقدار وزن خشک با پتاسیم جذب شده (الف) و غلظت پتاسیم (ب) در اندام هوایی (** معنی‌دار در سطح ۱ درصد).**

**غلظت پتاسیم موجود در زه‌کش:** مقادیر غلظت پتاسیم زه‌کش گلدان‌ها در جدول ۳ نشان داده شده است. مقادیر پتاسیم موجود در عصاره گیاهان تغذیه شده با محلول غذایی بدون پتاسیم بسیار ناچیز است. پتاسیم موجود در محیط کشت در تیمارهای تغذیه شده با محلول غذایی کامل بیش‌تر است که این امری کاملاً بدیهی است. هم‌چنین تیمارهای مربوط به باکتری‌های حل‌کننده سیلیکات مقدار پتاسیم بیش‌تری در مقایسه با سایر تیمارها دارا می‌باشد که علت این امر به دلایل زیر می‌باشد:

۱- تجزیه کانی در اثر کاهش pH محیط کشت (با ترشح اسیدهای آلی) ۲- تشکیل کمپلکس با کاتیون‌های سطحی کانی (از طریق سیدروفور و اسید آلی) ۳- پلی‌ساکاریدهای تولید شده توسط باکتری‌ها که به‌طور غیرمستقیم در آزادسازی عناصر نقش دارند: این پلی‌ساکاریدها، اسیدهای آلی و سیدروفرها را به‌شدت جذب کرده و منجر به تشکیل غلظت بالائی از اسیدهای آلی و سیدروفرها در نزدیکی سطح کانی شده و با اکسید سیلیسیم موجود در سطح کانی کمپلکس کرده است و این عناصر از سطح کانی آزاد شده و وارد محیط کشت محلول شده است، از طرفی پلی‌ساکاریدهای موجود در محیط کشت این عنصر را جذب کرده و باعث به هم خوردن تعادل سیلیسیم بین کانی و فاز مایع شده است و در نهایت منجر به آزاد شدن عناصری مثل پتاسیم و آهن گردیده است (لیو و همکاران، ۲۰۰٦؛ دریور و ستلینگز، ۱۹۹۷).

**جدول ۳- غلظت پتاسیم (میلی‌گرم بر لیتر) زه‌کش گلدان‌ها در طول دوره کشت.**

| نوع بستر کشت | (-K)Q | (+K)Q | (+K)+B | (-K)+B | (+K)-B | (-K)-B |
|---|---|---|---|---|---|---|
| اولین زه‌کش (۳۰ روز پس از شروع کشت) | ۰/۷۲ | ۵/۱۳ | ۸/۵٤ | ۳/٦۳ | ٦/٦۳ | ۱/۸۲ |
| دومین زه‌کش (٦۰ روز پس از شروع کشت) | ۰/۳٤ | ۲/۹۰ | ۷/۹٤ | ۳/۸٦ | ۵/۸۷ | ۱/۹۰ |
| سومین زه‌کش (۱۰۰ روز پس از شروع کشت) | ۰/۵۵ | ۳/۱ | ۸/۱۲ | ۲/۹۲ | ۵/۵۹ | ۱/٤۹ |

+K و -K به‌ترتیب بیانگر محلول غذایی کامل (شامل پتاسیم) و محلول غذایی بدون پتاسیم و +B و -B به‌ترتیب بیانگر وجود و نبود باکتری حل‌کننده سیلیکات و Q بیانگر شن کوارتزی می‌باشند.

## نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج به‌دست آمده در این پژوهش می‌توان دریافت که گیاه کلزا در شرایط تغذیه‌ای بدون پتاسیم در محیط گلوکونیت به خوبی توانسته است از پتاسیم موجود در بین لایه‌های این کانی استفاده کند. به‌عبارت دیگر وقتی گیاهان کشت شده با محلول غذایی بدون پتاسیم تغذیه می‌شوند، تنها منبع پتاسیم مورد نیاز گیاهان کانی گلوکونیت می‌باشد. هنگامی‌که کمبود پتاسیم رخ می‌دهد با واکنش‌هایی که در محیط ریزوسفر رخ می‌دهد کانی گلوکونیت هوادیده شده و پتاسیم خود را در اختیار گیاه قرار می‌دهند. علاوه‌بر نقش گیاه در استفاده از پتاسیم ساختمانی، میزان آزادسازی پتاسیم از بین لایه‌های کانی تحت‌تأثیر میکروارگانیسم‌های خاک نیز می‌باشد. در واقع باکتری‌های حل‌کننده سیلیکات با کاهش pH ریزوسفر،ترشح آنیون‌های آلی و تشکیل کمپلکس با کاتیون‌های سطحی کانی

منجر به آزادسازی پتاسیم ساختمانی از کانی گلوکونیت می‌شود. در مجموع به‌نظر می‌رسد با توجه به این‌که میزان کانی گلوکونیت در استان گلستان بسیار بالاست و این کانی منبع سرشاری از پتاسیم برای گیاه است، لازم است منابع این کانی به‌طور دقیق مشخص شده و در جهت افزایش تولید به‌عنوان کود پتاسه براساس برآورد مقدار نیاز پتاسیم محصولات مختلف و پتانسیل خاک استفاده شود.

## منابع


1.Ayers, A.S., Takashi, M., and Kanechiro, P. 1947. Conversion of nonexchangeable potassium to exchangeable forms in Hawaii. Soil Science Society of America Proceeding. 11: 175-181.

2.Bakhshandeh, S., 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.

3.Barre, P., Velde, B., Fontaine, C., Catel, N., and Abbadie, L. 2008. Which 2:1 clays minerals are involved in the soil potassium reservoir? Insights from potassium addition or removal expriments on three temperate grassland soil clay assemblages. Geoderma. 146: 216-223.

4.Chen, H., and Chen, T. 1960. Characteristic of morphology and physiology and ability to weather mineral bearing phosphorus and potassium of silicate bacteria. Microorganism. 3: 104-112.

5.Drever, J.I., and Stillings, L.L. 1997. The role of organic acids in mineral weathering. Colloids Surf. 120: 167-181.

6.Fang Sheng, X., and Yan He, L. 2006. Solubilization of potassium-bearing minerals by wild-type strain of *Bacillus edaphicus* and its mutants and increased potassium uptake by wheat. Can. J. Microbiol. 52: 66-72.

7.Fanning, D.S., Keramidas, V.Z., and El-desoky, M.A. 1989. Micas. P 551-634, In: Dixon, J.B., and Weed, S.B. (Eds.), Minerals in Soil Enviroments. Soil Sci. Soc. Am. Madison. WI.

8.Haby, V.A., Russelle, M.D., and Skogley, E.O. 1990. Testing soils for potassium, calcium and magnesium. P 181-227, In: S.H. Mickelson (Ed.), Soil Testing and plant analysis. Madison. WI., USA.

9.Hinsinger, P., and Jaillard, B. 1993. Root-induced release of interlayer potassium and vermiculitization of phlogopite as related to potassium depletion in the rhizosphere of ryegrass. J. Soil Sci. 44: 525-534.

10.Huang, P.M. 2005. Chemistry of soil potassium. P 227-292, In: Tabatabai, M.A,. and Sparks, D.L. (Eds.), Chemical Processes in Soils. Soil Sci. Soc. Am. Madison, WI.

11.Khayamim, F., Khademi, H., Khoshgoftarmanesh, A.H., and Ayoubi, Sh. 2009. Ability of barley (Hordeum vulgare L.) to take up potassium from di- and tri-octahedral micas. J. Water Soil. 23: 4. 170-178.

12.Khayamim, F., Khademi, H., and Salehi, M.H. 2010. Mineralogical changes in clay-sized phlogopite and muscovite as affected by endophyte fungi-tall fescue symbiosis. J. Water Soil. 24: 3. 545-556.
13.Khayamim, F., and Khademi, H. 2010. The ability of three plant species to take up potassium from phlogopite. J. Plant Prod. 17: 4. 91-109.
14.Khormali, F., Dordipour, E., Amini, A., Ghorbani, R., and Ajami, M. 2011. Analysis of the indigenous Glauconitic sandstone for its K supplying power and investigating its chemical and biological weathering by mineralogical and microscopic studies. Research Report. Gorgan University of Agricultural Science and Natural Resources, 46p.
15.Khoshgoftarmanesh, A.H. 2007. Evaluation of plant nutrition status and optimum fertilizer management. Isfahan University of technology. Press, 185p.
16.Kittrick, J.A., and Hope, E.W. 1963. A procedure for the particle size separation of soil for X-ray diffraction analysis. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 37: 201-205.
17.Lian, B. 1998. A study on how silicate bacteria GY92 dissolve potassium from illite. Acta Mineral Sin. 18: 234-238.
18.Liu, W., Xu, X., Wu, X., Yang, Q., Luo, Y., and Christie, P. 2006. Decomposition of silicate minerals by *Bacillus mucilaginosus* in liquid culture. Environ Geochemistry and Health. 28: 133-140.
19.Lotfi Parsa, H., Khademi, H., Ayoubi, S., and Hadinejad, A. 2012. Temporal changes in potassium release from phlogopite in the rhizosphere of Alfalfa (Medicago sativa L.). J. Soil Res. (Soil and Water Sciences). 26: 1. 111-122.
20.Malakouti, M.J., Shahabi, A., and Bazargan, K. 2005. Potassium in Iran agriculture. Sana Press, 292p.
21.Martin, H.W., and Sparks, D.L. 1985. On the behavior of nonexchangeable potassium in soils. Commun. Soil Sci. Plant Anal. 16: 133-162.
22.Mehra, O.P., and Jackson, M.L. 1960. Iron oxide removal from soils and clays by a dithionite citrate system with sodium bicarbonate. Clay Miner. 7: 317-327.
23.Mengel, K., and Uhlenbecker, K. 1993. Determination of available interlayer potassium and its uptake by ryegrass. Soil Sci. Soc. Am. J. 57: 761-766.
24.Mishustin, E.N., Smirnova, G.A., and Lokhmachea, R.A. 1981. The decomposition of silicates by microorganisms and the use of silicate bacteria fertilizer. Biological Bulletin of Academic Science. 8: 400-409.
25.Monib, M., Zahra, M.K., Abdel, E.A., and Heggo, A. 1984. Role of silicate bacteria in releasing K and Si from biotite and orthoclase. Soil Biology and Conservation of the Biosphere, 2: 173-233.
26.Norouzi, S., and Khademi, H. 2009. Potassium release from muscovite and phlogopite as influenced by selected organic acids. J. Water Soil. 23: 1. 263-273.
27.Norouzi, S., and Khademi, H. 2010. Ability of alfalfa (*medicago sativa L.*) to take up potassium from different micaceous minerals and consequent vermiculitization. Plant Soil. 328: 83-93.

28. Rezaei, F. 2010. Weathering of minerals in clay and silt fraction of corn rhizosphere. M.Sc. Thesis. Gorgan University of Agricultural Science and Natural Resources.
29. Saha, D.C., Janchosen, M.A., and Johnson-Cicalese, J.M. 1988. A rapid staining method for detection of endophyte fungi in turf and forage grasses. Phytopatol. 78: 273-239.
30. Shady, M.A., Ibrahim, I., and Afify, A.H. 1984. Mobilization of elements and their effects on certain plant growth characteristics as influenced by some silicate bacteria. Egypt. J. Bot. 27: 1-7. 17-30.
31. Sheng, X.F. 2005. Growth promotion and increased potassium uptake of cotton and rape by a potassium releasing strain of *Bacillus edaphicus*. Soil Biology and Biochemistry. 37: 1918-1922.
32. Shi, W., Wang, X., and Yan, W. 2004. Distribution patterns of available P and K in rape rhizosphere in relation to genotypic difference. Plant Soil. 261: 11-16.
33. Sparks, D.L., and Huang, P.M. 1985. Physical chemistry of soil potassium. P 201-276, In: R.D. Munson (Ed.), Potassium in agriculture. Am. Soc. Agron. Crop Sci. Soc. Am. Soil Sci. Soc. Am. Madison, WI.
34. Tisdale, S.L., Nelson, W.L., Beaton, J.D., and Havlin, J.L. 2003. Soil Fertility and Fertilizers, 5th eds. Prentice-Hall of India Limited. New Delhi, India, 634p.
35. Tributh, H., Boguslawski, E.V., Lieres, A.V., Steffens, D., and Mengel, K. 1987. Effect of potassium removal by crops on transformation of illitic clay mineral. J. Soil. Sci. 143: 404-409.

*J. of Soil Management and Sustainable Production, Vol. 3(2), 2013*
*http://ejsms.gau.ac.ir*

Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

# The effect of silicate dissolving bacteria on potassium release from glauconite in Canola (*Brassica napus*) rhizosphere

***N. Rahimzadeh[1], M. Olamaei[2], F. Khormali[3], E. Dordipour[4] and A. Amini[5]**

[1]M.Sc. Student, Dept. of Soil Science, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, [2]Assistant Prof., Dept. of Soil Science, Gorgan University of Agricultural Science and Natural Resources, [3]Professor, Dept. of Soil Science, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, [4]Associate Prof., Dept. of Soil Science, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, [5]Assistant Prof., Dept. of Geology, Golestan University

Received: 03/12/2013; Accepted: 08/18/2013

## Abstract

Mineral weathering is a major source of most essential nutrients including potassium. The micaceous minerals, as the major source of potassium, are abundant in Iranian soils. The aim of this study was to investigate the effect of silicate dissolving bacteria and rhizosphere zone on using the structural potassium from glauconite. A pot experiment was carried out in a completely randomized design with factorial arrangment and three replicates under greenhouse condition. The factors of treatment were nutrient solution (complete or K-free nutrient solution) and silicate dissolving bacteria (with and without bacteria). The growth media was mixture of quartz sand (as the filling material) and glauconitic shale. During a period of 100 days, Pots were irrigated with distilled water and stegner nutrients solution. At the end of experiment, shoots were harvested and plant samples were prepared with dry ashing method and the concentration of potassium was determined with flame photometer. In K-free treatment, plant uptake was significantly affected by silicate dissolving bacteria at 1% level. In such a way the maximum uptake of potassium was belong to the complete nutrient solution and with silicate dissolving bacteria. No significant difference was found between complete nutrient solutions and without bacteria treatment and K-free nutrient solution and with bacteria treatment. In general, this indicates the effect of silicate dissolving bacteria on providing potassium for plant.

***Keywords:*** Glauconite, Silicate dissolving bacteria, Rhizosphere effects, Potassium releasing

* Corresponding Authors; Email: nrahimzadeh17@gmail.com