



دانشگاه گورنر و منابع طبیعی

نشریه پژوهش‌های حفاظت آب و خاک
جلد بیست و یکم، شماره چهارم، ۱۳۹۳
<http://jwsc.gau.ac.ir>

بررسی آزادسازی پتاسیم و هوادیدگی از دو کانی خالص موسکویت و بیوتیت در دو اندازه متفاوت تحت تأثیر ریزوسفر کلزا (*Brassica napus*)

*ناژین کاویانی^۱، فرهاد خرمالی^۲، احمد جلالیان^۳، فرهاد مشیری^۴ و ناصر هنرجو^۵
^۱دانشجوی دکتری گروه خاکشناسی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد خوراسگان، اصفهان، ایران، ^۲استاد گروه خاکشناسی،
دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران، ^۳استاد گروه خاکشناسی، دانشگاه آزاد اسلامی،
واحد خوراسگان، اصفهان، ایران، ^۴استادیار گروه خاکشناسی، مؤسسه تحقیقات خاک و آب، کرج، ایران،
^۵استادیار گروه خاکشناسی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد خوراسگان، اصفهان، ایران
تاریخ دریافت: ۹۲/۳/۳۱؛ تاریخ پذیرش: ۹۲/۱۱/۲۵

چکیده

این مطالعه با هدف بررسی توانایی گیاه کلزا در استفاده از پتاسیم ساختاری موسکویت و بیوتیت انجام شد. در این پژوهش از آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۳ تکرار استفاده شد. بستر کشت، مخلوطی از شن کوارتزی، موسکویت و بیوتیت در دو اندازه: با قطر کوچک‌تر از ۴ میکرون و قطر ۶۰-۴ میکرون بوده و گیاهان با دو نوع محلول غذایی (K^+ و K^-) در دوره ۳ ماهه کشت، تغذیه شدند. در پایان دوره کشت، بخش هوایی گیاه برداشت و مقدار پتاسیم با شعله‌سنج تعیین گردید. در تیمارهای بدون پتاسیم، مقدار پتاسیم جذب شده توسط گیاه به‌طور معنی‌داری وابسته به نوع بستر کشت بود. به‌طوری‌که بیش‌ترین جذب مربوط به بستر شامل بیوتیت و کم‌ترین جذب مربوط به موسکویت و کوارتز (شاهد) با محلول غذایی بدون پتاسیم بوده است. براساس نتایج مطالعات کانی‌شناسی پس از اعمال تیمارها، کانی بیوتیت در اندازه کوچک‌تر از ۲ میکرون در شرایط تغذیه شده با محلول غذایی بدون پتاسیم، هوادیدگی بیش‌تری نسبت به بیوتیت در اندازه ۶۰-۴ میکرون نشان داد زیرا در اندازه کوچک‌تر شرایط برای هوازدگی لایه‌های محبوس‌کننده پتاسیم بیش‌تر مهیا می‌شود و

* مسئول مکاتبه: n_pedologist@yahoo.com

کانی با سرعت بیش‌تری پتاسیم خود را آزاد نموده و در دسترس گیاه قرار می‌دهد و در نهایت به کانی ورمی‌کولیت تبدیل می‌شود. در حالی‌که در کانی موسکویت در شرایط تغذیه شده با محلول غذایی (K^+ و K^-) در دو اندازه گفته شده، تفاوت چندانی در هوادیدگی قبل و بعد از کشت مشاهده نشد و این بیانگر مقاومت کانی موسکویت در برابر هوادیدگی در منطقه ریزوسفر کلزا می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: موسکویت، بیوتیت، ریزوسفر، کانی‌شناسی، پتاسیم، کلزا

مقدمه

پتاسیم به‌عنوان یکی از ترکیبات اصلی پوسته زمین به‌طور متوسط ۲/۵۸ درصد جرم پوسته را تشکیل می‌دهد. میانگین مقدار پتاسیم در خاک‌ها ۱/۲ درصد است و از نظر فراوانی عنصری، هفتمین و از نظر عناصر غذایی ضروری برای گیاه، چهارمین عنصر شیمیایی موجود در سنگ کره محسوب می‌شود (شرایدر، ۱۹۸۷). پتاسیم یکی از عناصر ضروری برای رشد گیاه بوده و اهمیت آن در کشاورزی به خوبی شناخته شده است (اسپارک و هوارک، ۱۹۸۵). پتاسیم خاک به‌طور معمول به چهار شکل: محلول، تبادلی، غیرتبادلی و ساختمانی تقسیم می‌شود. پتاسیم ساختمانی همان پتاسیم حبس شده بین لایه‌های رسی می‌باشد که منبعی برای پتاسیم مورد نیاز گیاهان است تعادل موجود بین شکل‌های مختلف پتاسیم خاک باعث تداوم تأمین پتاسیم مورد نیاز گیاه شده و این روابط تعادلی در تغذیه گیاه از اهمیت بالایی برخوردارند (ملکوتی و همکاران، ۲۰۰۵). بخش عمده پتاسیم خاک درون کانی‌ها به‌ویژه میکاها، فلدسپارها و فرآورده‌های به‌دست آمده از هوادیدگی آن‌ها واقع شده است. میکاها به دو دسته دی‌اکتاهدرا (موسکویت و گلوکونیت) و تری‌اکتاهدرا (بیوتیت و فلوگوپیت) تقسیم‌بندی می‌شوند که موسکویت و بیوتیت از مهم‌ترین کانی‌ها در سنگ‌های آذرین و دگرگونی می‌باشند و فلوگوپیت به‌عنوان محصول دگرگونی سنگ آهک منیزیمی یا دولومیتی بوده و در سنگ‌های سرپانتینی وجود دارد. ملکوتی و همکاران (۲۰۰۵) بیان کردند که منشأ میکا در بیش‌تر خاک‌ها به‌طور اساسی از مواد مادری است که با گذشت زمان به کانی‌های دیگر هوادیده می‌شوند. اسپارک و همکاران (۱۹۸۵) بیان داشتند پتاسیم ساختمانی در شرایط کمبود پتاسیم اهمیت ویژه‌ای دارد (موریتسوکا، ۲۰۰۴). رهاسازی پتاسیم از میکاها می‌تواند به‌وسیله دو فرآیند، شامل انحلال ساختار بلور و یا تبادل پتاسیم بین لایه‌ای با کاتیون آب پوشیده انجام شود. تغذیه مناسب گیاه، تحت تأثیر جایگزینی پتاسیم محلول خاک از طریق آزادسازی پتاسیم غیرتبادلی از کانی‌های میکایی است (اوگارد و

کروگستاد، ۲۰۰۵). بنابراین، برای حداکثر رشد گیاه، پتاسیم محلول و تبادل‌لی خاک باید به‌طور مداوم از طریق آزادسازی پتاسیم غیرتبادل‌لی در اثر هوادیدگی ذخایر پتاسیم یا افزودن کودهای پتاسیمی جایگزین شود (اسپارک، ۱۹۸۷). میزان نیاز گیاه به پتاسیم، شکل ظاهری و فعالیت ریشه و همچنین قدرت اسیدی کردن ریزوسفر از عوامل تأثیرگذار بر آزادسازی پتاسیم معدنی از کانی‌های پتاسیم‌دار هستند (وانگ و همکاران، ۲۰۰۵a). میر و جونگ (۱۹۹۳) در پژوهشی دریافتند که گیاه در نزدیک ریزوسفر خود پتاسیم غیرتبادل‌لی را بیش‌تر از پتاسیم تبادل‌لی و محلول استفاده می‌کند. موجودات زنده مانند باکتری‌ها و قارچ‌ها و ریشه گیاهان هر یک با مکانیسم‌های خاصی بر پدیده هوادیدگی سنگ‌ها و کانی‌های موجود در آن‌ها اثر می‌گذارند. هوادیدگی کانی‌ها در ریزوسفر می‌تواند مرتبط با یک‌سری از فرآیندها مثل آزادسازی یون هیدروژن و دی‌اکسیدکربن، ترشحات اسیدهای آلی و تجمع و تغییر شکل ترکیبات آلی گیاهان یا منابع میکروبی همراه باشد (نوروزی و خادمی، ۲۰۱۰). اسیدپته، ماده آلی و ریزجانداران خاک بر هوادیدگی کانی‌ها در ریزوسفر مؤثرند (لیندزی، ۱۹۷۹). خرمالی و همکاران (۲۰۱۱) در پژوهشی تأثیر ریزوسفر گیاه سورگوم و باکتری‌های باسیلوس بر آزادسازی پتاسیم از کانی گلوکونیت را بررسی کردند.

هینسینجر و همکاران (۱۹۹۳) نشان دادند که گیاه کلم توانسته است در محیطی که کانی فلوگوپیت تنها منبع تأمین پتاسیم و منیزیم برای گیاه بوده است، آزادسازی این دو عنصر را پس از ۴ روز افزایش دهد. بدرائویی و همکاران (۱۹۹۲) نیز از گیاه چاودار برای تعیین سهم پتاسیم غیرتبادل‌لی در تأمین نیاز گیاهان استفاده کردند و نتیجه گرفتند که ظرفیت یک خاک برای فراهم کردن پتاسیم برای رشد گیاهان بستگی به توانایی آن خاک در آزاد کردن پتاسیم از بین لایه‌های کانی‌های سیلیکاتی لایه‌ای دارد. گویران و همکاران (۲۰۰۵) هوادیدگی کانی‌ها در ریزوسفر خاک‌های جنگلی جنوب‌غربی و شمال سوئد را بررسی کردند و به این نتیجه رسیدند که آمفیبول و پلاژیوکلاز به راحتی در ریزوسفر هوادیده می‌شوند و بیش‌تر تحت تأثیر ترشحات ریشه‌ای هستند.

مطالعات مختلفی اثر فرآیندهای بیولوژیکی و مواد مترشح‌ه از ریشه گیاهان را بر روی هوادیدگی کانی‌ها در ریزوسفر گزارش کرده‌اند (کوچکی و خیابانی، ۱۹۹۰؛ پارسایان، ۲۰۰۳؛ سبزیلیان، ۲۰۰۳؛ خوشگفتارمنش، ۲۰۰۳). پژوهش‌های جامعی نیز پیرامون تأثیر ریزوسفر گیاه کلزا روی هوادیدگی کانی‌های میکایی با اندازه متفاوت و تبدیل آن‌ها به کانی جدید صورت نگرفته است. کلزا قدرت جذب پتاسیم بالایی داشته (برنان و بولاند، ۲۰۰۷) و از مهم‌ترین دانه‌های روغنی در دنیا است که کشت آن اخیراً در کشور ما نیز افزایش یافته است. بنابراین این پژوهش با هدف تعیین اثر ریزوسفر

گیاه کلزا در آزادسازی پتاسیم از کانی‌های میکایی (موسکویت و بیوتیت) و تبدیل کانی‌ها با اندازه (رس و سیلت) به کانی‌های جدید انجام شد.

مواد و روش‌ها

در این پژوهش از آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۳ تکرار استفاده شد. فاکتورهای آزمایش شامل: در ۳ سطح شاهد (شن کوارتزی)، دو نوع کانی پتاسیم‌دار (موسکویت و بیوتیت) و نوع محلول غذایی در دو سطح بدون پتاسیم و محلول غذایی کامل بود. آزمایش گلدانی در گلدان‌های ۱۰۰۰ گرمی شامل مخلوط شن کوارتزی به‌عنوان ماده پرکننده و کانی میکایی انجام شد. شن کوارتزی و کانی‌های میکایی از معادنی در همدان تهیه گردید و به‌منظور بررسی ترکیب عنصری هر کدام از مواد ذکر شده، تجزیه عنصری با استفاده از فلورسانس اشعه ایکس (XRF) انجام شد. پس از آگاهی از این‌که شن کوارتزی شامل مقادیر بسیار ناچیز پتاسیم است، از این ماده به‌عنوان ماده پرکننده محیط کشت استفاده شد (جدول ۱). شن کوارتزی کوچک‌تر از ۲۰۰ مش مورد شستشو با آب قرار گرفت. سپس سه بار با اسیدکلریدریک ۰/۲ نرمال و ۷ مرتبه با آب مقطر برای حذف کلر اضافی شستشو و در نهایت در دمای ۱۰۵ درجه سلسیوس خشک و استفاده گردید. از کانی‌های میکایی موسکویت و بیوتیت به‌منظور منبع تأمین نیاز پتاسیم گیاهان در این پژوهش استفاده شد. به این منظور کانی میکایی را پودر نموده، از الک ۲۷۰ و ۶۰ مش عبور داده که در نتیجه اندازه ذرات کم‌تر از ۴ میکرون و ۶۰-۴ میکرون (در حد سیلت) قرار می‌گیرد. مقدار کانی اضافه شده به هر گلدان به‌گونه‌ای بود که به‌میزان مساوی ۰/۳۵ درصد K_2O تأمین کند (نادری‌زاده و خادمی، ۲۰۱۰)، به گلدان‌ها اضافه و به‌طور کامل با شن کوارتزی مخلوط گردید. برای حذف پتاسیم تبادلی موجود در کانی‌ها، سطوح تبادلی آن‌ها با کلسیم اشباع شد. برای این منظور از محلول ۱ نرمال $CaCl_2$ به نسبت ۱۰ به ۱ محلول به کانی استفاده شد. برای اشباع نمودن، به‌مدت ۲۴ ساعت محلول کلرید کلسیم روی نمونه‌ها قرار گرفت. برای خارج نمودن کلر اضافی، نمونه‌ها با آب مقطر شستشو شده و هر بار به‌مدت ۱۰ دقیقه در ۴۵۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ شدند. در نهایت، کانی‌ها به‌مدت ۲۴ ساعت و در دمای ۱۰۵ درجه سلسیوس خشک و در گلدان‌ها استفاده شدند (خیامیم، ۲۰۰۹). برای انجام کشت از رقم هایولا که از ارقام پرکاربرد کلزا در استان گلستان است، استفاده شد. در طول دوره ۱۰۰ روزه کشت از آب مقطر به‌منظور آبیاری و از محلول غذایی (استگنر، ۲۰۰۲) برای تغذیه گیاهان استفاده شد.

پس از اتمام دوره کشت اندام هوایی گیاه جدا و در آون با دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۷۲ ساعت خشک شد. وزن خشک اندام هوایی گیاه اندازه‌گیری و عصاره‌گیری از گیاه به روش خاکسترگیری خشک انجام شد (سبزیلیان، ۲۰۰۳). غلظت پتاسیم موجود در عصاره گیاه به وسیله شعله‌سنج تعیین شد. داده‌های به دست آمده از آزمایش با استفاده از نرم‌افزار SAS مورد تجزیه و تحلیل آماری و مقایسه میانگین‌ها با آزمون LSD انجام شد.

به منظور بررسی تغییر و تحولات کانی‌های میکایی تحت کشت، نمونه‌برداری از محیط کشت پس از اتمام دوره کشت به عمل آمد. به این منظور از تیمارهای شامل کانی میکایی (بیوتیت و موسکویت) نمونه‌برداری انجام شد. برای نمونه‌برداری از بستر کشت، تمامی محتویات گلدان خارج گردید و پس از برش دادن قسمت‌های رویی و انتهایی که شامل شن کوآرتزی خالص بوده، از قسمت وسط گلدان به‌ویژه از اطراف ریشه اصلی نمونه‌برداری انجام شد. سپس، نمونه تهیه شده را بر روی الک مخصوص (۶۰ و ۲۷۰ مش) قرار داده شد تا ذرات کانی با اندازه مورد نظر جدا شود. به منظور عمل اشباع‌سازی اسلایدهایی از نمونه‌های اشباع از منیزیم، اتیلن گلیکول، پتاسیم و پتاسیم با حرارت ۵۵۰ درجه تهیه شدند و با استفاده از دستگاه اشعه ایکس نوع شیمادزو مدل D8 ADVANCE و در زوایای ۲θ بین ۲-۳۰ درجه، ولتاژ ۴۰ کیلوولت و جریان ۳۰ میلی‌آمپر و دارای لامپ مس ($\lambda = 1/54 \text{ \AA}$) مورد بررسی قرار گرفتند.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه عنصری کانی‌های میکایی (XRF) در جدول ۱ بیانگر مقدار به نسبت بالای عنصر پتاسیم در این دو کانی است. نتایج نشان می‌دهد که مقدار Al در کانی مسکویت بیش‌تر از کانی بیوتیت می‌باشد که این مسأله وجود آلومینیوم در کانی‌های دی‌اکتاهدرال را تأیید می‌کند. میزان منیزیم و آهن نیز در کانی‌های تری‌اکتاهدرال بیش‌تر است.

جدول ۱- تجزیه عنصری کانی‌های میکایی مورد استفاده در آزمایش براساس تجزیه XRF.

Total	LOI*	TiO ₂	P ₂ O ₅	MnO	Fe ₂ O ₃	CaO	K ₂ O	SiO ₂	Al ₂ O ₃	MgO	Na ₂ O	نوع کانی
۹۹/۴۹	۴/۱۹	۰/۰۶	۰/۰۳	۰/۱۰	۱/۸۶	۰/۰۴	۱۱/۲۳	۴۵/۷۶	۳۵/۳۷	۰/۰۸	۰/۷۷	مسکویت
۹۹/۲۰	۱/۱۴	۰/۱۹	۰/۰۵	۰/۴۳	۱۴/۰۹	۱/۰۲	۶/۱۸	۴۸/۰۶	۱۷/۵۱	۱۰/۲۰	۰/۳۷	بیوتیت
۹۹/۸۶	۰/۴۸	-	-	-	۰/۵۷	۰/۶۱	<۰/۱	۹۷/۵۳	۰/۳۶	۰/۱۱	<۰/۱	کوآرتز

جدول ۲، تجزیه واریانس وزن خشک، غلظت پتاسیم و جذب پتاسیم اندام هوایی را نشان می‌دهد. تأثیر دو فاکتور، نوع بستر کشت و نوع محلول غذایی بر مقادیر وزن خشک، غلظت و جذب پتاسیم اندام هوایی در سطح ۹۹ درصد معنی‌دار شده است. همچنین اثر متقابل بستر کشت و محلول غذایی در هر سه صفت در اندام هوایی در سطح ($P < 0/01$) معنی‌دار می‌باشد (جدول ۲).

جدول ۲- تجزیه واریانس وزن خشک، غلظت پتاسیم و جذب پتاسیم اندام هوایی.

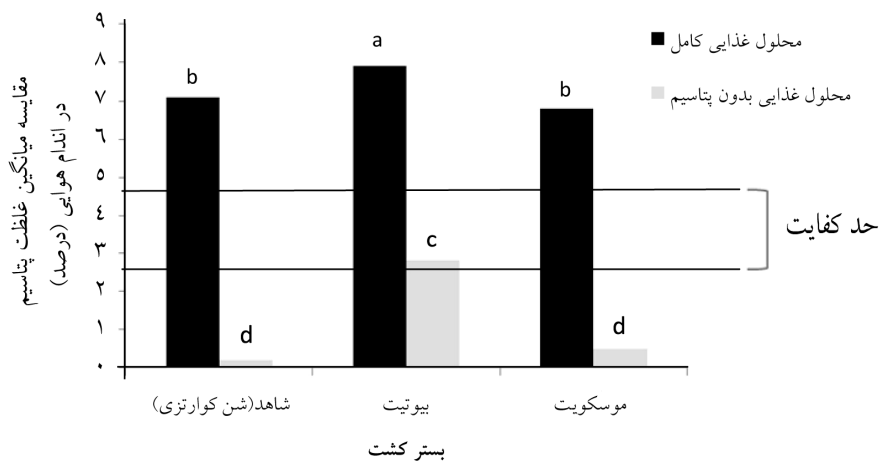
منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات	
		وزن خشک اندام هوایی	غلظت پتاسیم
نوع بسترکشت	۲	۵/۲۰**	۷/۲۵**
نوع محلول غذایی	۱	۹/۵۴**	۳۹/۱۶**
نوع بستر کشت × محلول غذایی	۲	۲/۳۴**	۰/۷۷**
خطا	۱۲	۰/۰۴۳	۰/۰۱۵

** معنی‌دار بودن در سطح احتمال ۹۹ درصد را نشان می‌دهد.

غلظت پتاسیم اندام هوایی: شکل ۱ غلظت پتاسیم اندام هوایی را بر حسب درصد نشان می‌دهد. بیش‌ترین غلظت پتاسیم مربوط به بستر کشت بیوتیت می‌باشد. در بستر کشت بیوتیت بین دو حالت تغذیه‌ای با و بدون پتاسیم اختلاف معنی‌دار وجود دارد ($P < 0/05$).

بعد از بیوتیت بیش‌ترین غلظت پتاسیم به موسکویت تغذیه شده با محلول غذایی همراه با پتاسیم و کوارتز تغذیه شده با محلول غذایی کامل اختصاص دارد و کم‌ترین مقدار پتاسیم در نمونه گیاهی مربوط به محیط کشت موسکویت تغذیه شده با محلول غذایی بدون پتاسیم و کوارتز تغذیه شده با محلول غذایی بدون پتاسیم مشاهده شد. بنابراین اختلاف معنی‌داری ($P < 0/05$) در بین این دو تیمار اخیر مشاهده نمی‌شود و درصد پتاسیم در این دو محیط کشت بسیار ناچیز است. بین دو حالت تغذیه شده با و بدون پتاسیم در بستر کشت موسکویت اختلاف معنی‌دار وجود دارد. در مقابل، به‌نظر می‌رسد که بستر کشت موسکویت در مقایسه با بیوتیت قادر به تامین نیاز پتاسیمی گیاه نبوده است و در محیط تغذیه شده با محلول غذایی بدون پتاسیم علائم کمبود دیده می‌شود. به‌نظر می‌رسد که در محیط عاری از پتاسیم، بیوتیت توانسته کمبود پتاسیم را تا حدی برای گیاه کلزا تامین کند چرا که علائم کمبود در این تیمار دیده نمی‌شود. حدکفایت پتاسیم برای کلزا حدود (۲/۸-۴/۵) درصد می‌باشد، با توجه به

حدود ذکر شده غلظت پتاسیم گیاهان رشد کرده در بستر کشت بیوتیت و محلول غذایی کامل از حد کفایت بالاتر بوده و در مورد موسکویت و کوارتز تغذیه شده با محلول کامل نیز به همین صورت بوده است. ولی در مورد موسکویت و کوارتز تغذیه شده با محلول غذایی بدون پتاسیم زیر حدکفایت قرار دارد و آثار کمبود مشاهده می‌شود (شکل ۱). بخش عمده اختلاف بین بسترهای کشت مربوط به تفاوت در رهاسازی پتاسیم غیرتبادلی و ساختمانی آن‌هاست. کانی بیوتیت که از گروه تری‌اکتاهدرال می‌باشد نسبت به میکای دی‌اکتاهدرال یعنی موسکویت راحت‌تر هواده شده و توانسته پتاسیم موجود در بین ورقه‌های ساختمانی خود را آزاد کنند و این پتاسیم ساختمانی به‌عنوان منبعی برای تغذیه گیاهان به اثبات رسیده است. در این آزمایش در نمونه‌های تغذیه شده با محلول غذایی بدون پتاسیم، موسکویت توانسته پتاسیم کمی آزاد کند، در نتیجه گیاه رشد کمی داشته و کمبود شدید نشان داده است. این اختلاف مربوط به تفاوت در رهاسازی پتاسیم غیرتبادلی و ساختمانی آن‌هاست. خالی بودن یک موقعیت از سه موقعیت ورقه اکتاهدرال در موسکویت، باعث می‌شود، یون هیدروژن از موقعیت عمودی فاصله گرفته و به طرف موضع خالی متمایل شود. این امر باعث می‌شود که پتاسیم در این نوع از میکا نسبت به میکاهای تری‌اکتاهدرال (بیوتیت) بیش‌تر تحت تأثیر میدان الکتریکی مربوط به یون هیدروکسیل قرار گرفته و آزادسازی پتاسیم بین‌لایه‌ای مشکل‌تر شود (خیامیم و همکاران، ۲۰۱۰).

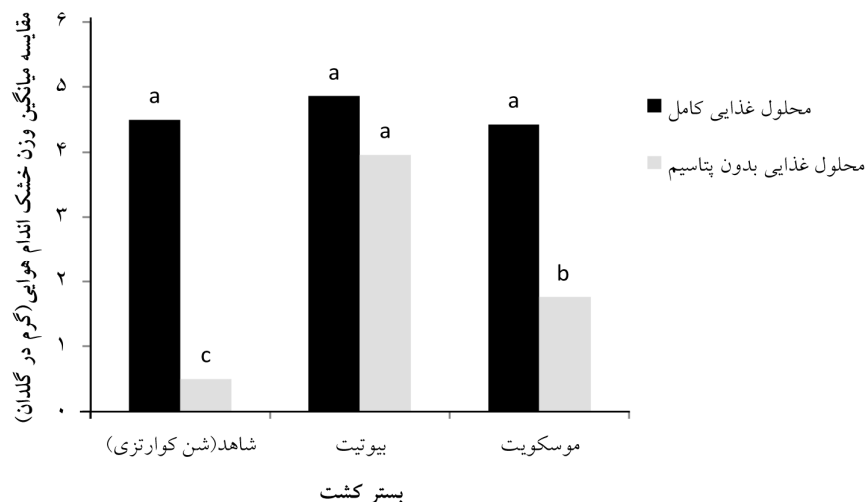


شکل ۱- مقایسه میانگین غلظت پتاسیم در اندام هوایی گیاهان رشد یافته در بسترهای شامل موسکویت و بیوتیت با شاهد و حروف مشابه در هر نوع محلول غذایی نمایانگر نبود اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد می‌باشد.

ونتوورد و روسی (۱۹۷۲) گیاه جو را در شرایط گلخانه‌ای به مدت ۱۰ هفته در بستر شن کوارتزی و کانی‌های موسکویت، فلوگوپیت، بیوتیت، ایلیت و ورمیکولیت تحت کشت قرار دادند. نتایج نشان داد که بیش‌ترین جذب پتاسیم توسط گیاه به بسترهای ورمیکولیت، ایلیت و بیوتیت اختصاص دارد و کم‌ترین جذب پتاسیم مربوط به بسترهای موسکویت و فلوگوپیت است.

نادری‌زاده و خادمی (۲۰۱۲) بیان کردند حضور ماده آلی در محیط کشت دارای فلوگوپیت، در شرایطی که گیاهان با محلول غذایی بدون پتاسیم تغذیه شده بودند باعث افزایش معنی‌دار عملکرد ریشه و اندام هوایی نسبت به تیمار بدون ماده آلی شد. همچنین در این شرایط تغذیه‌ای تنها کانی فلوگوپیت توانست غلظت پتاسیم اندام هوایی را به حد کفایت برساند و از نظر غلظت پتاسیم، بین سطوح مختلف ماده آلی در تیمار بدون کانی میکایی و تیمار دارای موسکویت در شرایط بدون پتاسیم تفاوت معنی‌داری دیده نشد. وانگ و همکاران (۲۰۰۰a)، تأثیر نوع گیاه بر رهاسازی پتاسیم از گنایس را بررسی کرده و نشان دادند که میزان رهاسازی به‌طور مستقیم به گونه گیاهی وابسته بوده و بیش‌ترین رهاسازی توسط ذرت و چاودار انجام شده است. این پژوهشگران در بررسی دیگری رهاسازی پتاسیم از کانی‌های پتاسیم‌دار را تحت تأثیر ریشه گیاه در شرایط کمبود فسفر، مطالعه کرده و نشان دادند که در شرایط کمبود فسفر برای هر دو گیاه ذرت و کلزا مقدار غلظت پتاسیم اندام هوایی به‌طور معنی‌داری افزایش می‌یابد (وانگ و همکاران، ۲۰۰۰b).

وزن خشک اندام هوایی: میانگین وزن خشک اندام هوایی در شکل ۲ نشان داده شده است. وزن خشک در گیاهان تغذیه شده با محلول غذایی کامل بیش‌تر از گیاهان تغذیه شده بدون پتاسیم می‌باشد و از نظر وزن خشک اندام هوایی اختلاف معنی‌داری بین بیوتیت و موسکویت تغذیه شده با محلول غذایی کامل وجود ندارد ($P < 0/05$). در بستر کشت بیوتیت در سطح ۵ درصد اختلاف معنی‌داری بین محلول غذایی کامل و بدون پتاسیم مشاهده نشد. این امر نشان می‌دهد که بیوتیت توانسته نیاز پتاسیمی گیاه را تامین کند و گیاه در طول دوره رشد ظاهری شاداب داشته باشد و علایم کمبود بروز نکرده و ظاهری مشابه حالت تغذیه شده با محلول غذایی کامل را داشته باشد. به‌طور مشابه در مورد موسکویت تغذیه شده با محلول کامل و کوارتز تغذیه شده با محلول غذایی کامل نیز علایم کمبود مشاهده نشد.



شکل ۲- مقایسه میانگین وزن خشک در اندام هوایی گیاهان رشد یافته در بسترهای شامل موسکوویت و بیوتیت با شاهد و حروف مشابه در هر نوع محلول غذایی نمایانگر نبود اختلاف معنی دار در سطح ۵ درصد می باشد.

ولی در بستر کشت موسکویت تغذیه شده با محلول غذایی بدون پتاسیم علایم کمبود در اواسط کشت شروع به بروز کرد و کمترین توده زیستی در این تیمارها و در کوارتر تغذیه شده با محلول غذایی بدون پتاسیم مشاهده شد. بنابراین بر اثر شدت کمبود پتاسیم عملکرد به شدت کاهش یافته و علایم ظاهری کمبود مشاهده می شود و از شادی و طراوت کمتری برخوردارند و مقاومت به شوری، سرما، آفات و بیماریها در آنها کم تر است. لازم به ذکر است که گیاهان مبتلا به کمبود پتاسیم آثار کمبود را بر روی برگهای جوان خود نمایان می کنند و در شرایط کم آبی به سرعت پژمرده می شوند (ملکوتی، ۲۰۰۵). آثار لکه سوختگی حاشیه برگها که نشان دهنده کمبود پتاسیم می باشد به وضوح در بستر کشت موسکویت با محلول غذایی بدون پتاسیم دیده شد (شکل ۳).



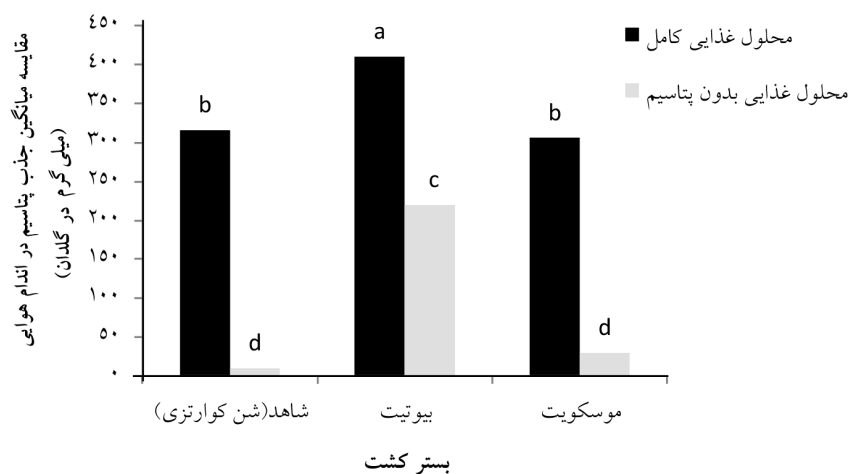
شکل ۳- نمایی از اثر کمبود پتاسیم بر روی برگ‌های گیاه در بستر کشت موسکویت.

موریتسوکا و همکاران (۲۰۰۴) رهاسازی پتاسیم از دو کانی بیوتیت و ارتوکلاز را در محیط ریزوسفری ذرت در مدت ۱۷ روز مطالعه کرده و نشان دادند که اگرچه وزن خشک گیاهان در گلدان‌های شامل ارتوکلاز بیش‌تر از بیوتیت و شاهد بود، اما غلظت پتاسیم در گلدان‌های شامل بیوتیت بیش‌تر از ارتوکلاز بوده و میزان جذب پتاسیم نیز در این تیمار بیش‌تر از ارتوکلاز و تیمار شاهد بوده است. نادری‌زاده و خادمی (۲۰۱۲) بیان کردند در شرایط تغذیه با محلول غذایی بدون پتاسیم، افزودن ماده آلی به بستر کشت دارای موسکویت و بستر بدون کانی میکایی (شاهد) تفاوت معنی‌داری در وزن خشک ریشه در مقایسه با شرایط بدون ماده آلی این دو بستر ایجاد نکرده است. در این شرایط تغذیه‌ای عملکرد اندام هوایی در بستر شامل کانی دی‌اکتاهدرال موسکویت در مقایسه با بستر بدون کانی میکایی (شاهد) به‌طور معنی‌داری بیش‌تر شده است. در شرایطی که گیاهان با محلول غذایی بدون پتاسیم تغذیه شده بودند، کمبود پتاسیم در تیمار بدون کانی میکایی (شاهد) و تیمار دارای موسکویت باعث کاهش معنی‌دار عملکرد اندام هوایی نسبت به شرایط تغذیه با محلول غذایی کامل شد.

جذب پتاسیم در اندام هوایی: میانگین پتاسیم جذب شده به‌وسیله اندام هوایی کلزا در بستر کشت بیوتیت و موسکویت و کوارتز در شکل ۴ نشان داده شده است. بیش‌ترین جذب پتاسیم را در بستر

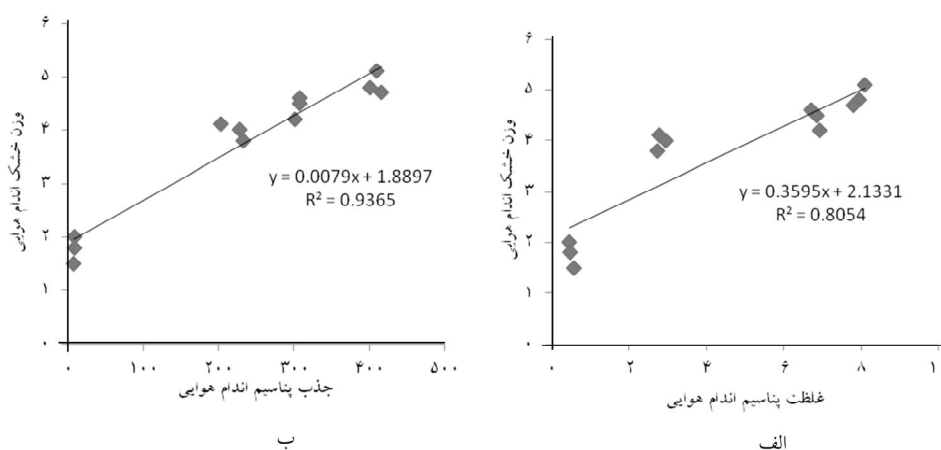
کشت بیوتیت با محلول غذایی کامل مشاهده می‌شود و بعد از آن، در محیط موسکویت با محلول غذایی کامل و کوارتز با محلول غذایی کامل بیش‌ترین میزان جذب مشاهده شده پس از آن، بستر کشت شامل بیوتیت و تغذیه شده با محلول غذایی بدون پتاسیم بیش‌ترین جذب را داشته است. کم‌ترین میزان جذب مربوط به تیمار موسکویت و کوارتز تغذیه شده با محلول غذایی بدون پتاسیم می‌باشد و بین آن‌ها از نظر آماری در سطح احتمال ۵ درصد ($P < 0.05$) اختلاف معنی‌داری وجود ندارد. در تیمارهای بدون پتاسیم، مقدار پتاسیم جذب شده توسط گیاه به‌طور معنی‌داری تحت‌تأثیر نوع بستر کشت قرار دارد. خیامیم و خادمی (۲۰۰۹) در پژوهشی بیان کردند که بیش‌ترین جذب به گیاهان رشدیافته در بستر شامل فلوگوپیت مربوط است؛ اما اختلاف معنی‌داری بین بسترهای موسکویت و کوارتز مشاهده نمی‌شود.

میر و جونگ (۱۹۹۳) در پژوهشی دریافتند که گیاه در نزدیک ریزوسفر خود پتاسیم غیرتبادلی را بیش‌تر از پتاسیم تبدلی و محلول استفاده می‌کند. این پژوهشگران همچنین نشان دادند که به‌ترتیب ۲۱ و ۳۶ درصد از پتاسیم جذب شده توسط چغندر قند و گندم به فرم غیرتبادلی بوده است. کاسمن و همکاران (۱۹۹۵) نیز با مطالعه روی برنج به این نتیجه رسیدند که این گیاه بیش‌تر نیاز پتاسیمی خود را از طریق پتاسیم غیرتبادلی تأمین می‌کند و دلیل آن را تراکم بالای ریشه برنج و غلظت کم پتاسیم محلول بیان کردند. همچنین منگل (۱۹۸۵) در پژوهشی که روی جذب پتاسیم غیرتبادلی توسط گیاه انجام داد، بیان کرد که بیش‌تر گیاهان، به‌ویژه تک‌لپه‌ای‌ها، از منبع پتاسیم غیرتبادلی استفاده می‌کنند.



شکل ۴- مقایسه میانگین جذب پتاسیم در اندام هوایی گیاهان رشدیافته در بسترهای شامل موسکویت و بیوتیت با شاهد و حروف مشابه در هر نوع محلول غذایی نمایانگر نبود اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد می‌باشد.

همبستگی بین وزن خشک با غلظت و جذب پتاسیم: شکل ۵ همبستگی بین مقدار وزن خشک اندام هوایی و غلظت پتاسیم و جذب پتاسیم را در اندام هوایی را نشان می‌دهد. همبستگی بالا و معنی‌دار نشان می‌دهد که با افزایش غلظت و مقدار جذب پتاسیم اندام هوایی، عملکرد گیاه نیز افزایش یافته و کمبود پتاسیم باعث کمبود عملکرد می‌شود. نشان می‌دهد که در این مطالعه کمبود پتاسیم مهم‌ترین عامل محدودکننده رشد می‌باشد. نادری‌زاده و خادمی (۲۰۱۲) بیان کردند، رابطه بین عملکرد و غلظت پتاسیم ریشه یونجه نیز بالاست، ولی نسبت به اندام هوایی کم‌تر است که این نشان می‌دهد نیاز پتاسیمی ریشه برای رسیدن به حداکثر عملکرد، نسبت به اندام هوایی کم‌تر است.

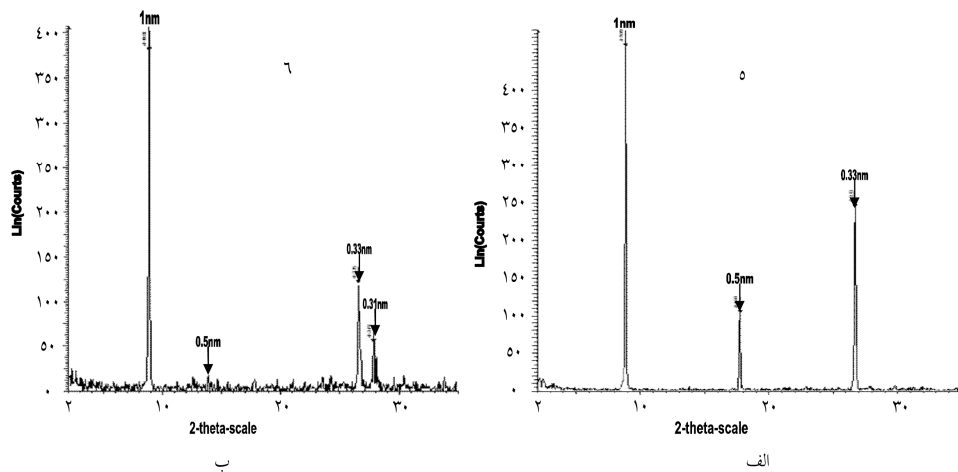


شکل ۵- همبستگی بین مقدار وزن خشک با غلظت پتاسیم (الف) و پتاسیم جذب شده (ب) در اندام هوایی.

نتایج آنالیزهای XRD کانی موسکویت و بیوتیت قبل از کشت: کانی مسکویت و بیوتیت قبل از کشت مورد آنالیز شیمیایی (XRF) و کانی‌شناسی (XRD) قرار گرفت. براساس نتایج به‌دست آمده، در نمونه موسکویت قله ۰۰۲ (۰/۵ نانومتر) دیده می‌شود که در میکاهای دی‌اکتاهدرال معمول می‌باشد (شکل ۶- الف).

همان‌طور که مشاهده می‌شود در تیمار موسکویت علاوه بر دو قله معمول کانی‌های میکایی یعنی قله‌های رده اول (۱/۰ نانومتر) و سوم (۰/۳۳ نانومتر)، قله رده دوم (۰/۵ نانومتر) نیز به وضوح مشاهده

می‌شود. در واقع این یک روش مرسوم در تشخیص کانی‌های میکایی دی و تری‌اکتاهدراست است، به طوری که اگر قله ۰/۵ نانومتر به طور مشخص در پرتونگاشت کانی میکایی باشد، نشان‌دهنده دی‌اکتاهدراست بودن است و اگر ضعیف باشد نشان‌دهنده تری‌اکتاهدراست بودن است. در کانی بیوتیت قله ۰۰۱ و ۰۰۳ با وضوح بالایی دیده می‌شود و قله ۰۰۲ (۰/۵ نانومتر) بسیار ضعیف است که این نشان‌دهنده تری‌اکتاهدراست و بیوتیت بودن کانی می‌باشد (شکل ۵-ب) که درصد ترکیب شیمیایی به دست آمده از آنالیز XRF این گفته را تأیید می‌کند (جدول ۱).



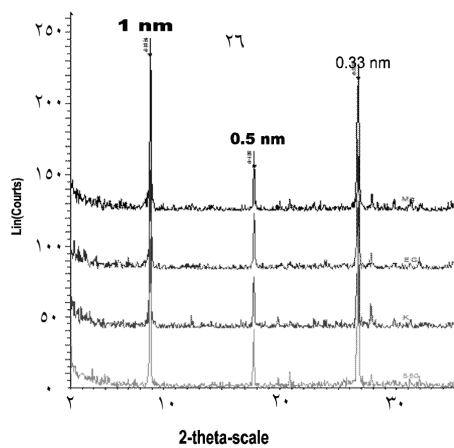
شکل ۶- پرتونگاشت‌های کانی‌های مورد استفاده در پژوهش الف- موسکویت و ب- بیوتیت.

نتایج آنالیزهای XRD کانی موسکویت و بیوتیت بعد از کشت: آنالیزهای XRD در نمونه‌های موسکویت در دو اندازه (۴ میکرون < قطر) و (۶۰-۴ میکرون) بعد از کشت گیاه کلزا در شرایط تغذیه شده با محلول غذایی کامل و بدون پتاسیم تفاوتی با نتایج XRD قبل از کشت گیاه نشان نمی‌دهد. همچنین نتایج به دست آمده از مطالعه پرتونگاشت‌های پرتو ایکس در دو اندازه سیلت و رس در مورد کانی موسکویت تفاوت چندانی در هوازگی نشان نداد (شکل ۷-الف و ۷-ب). از آنجایی که موسکویت یک کانی دی‌اکتاهدراست بوده و به هوادیدگی مقاوم است و تغییر کانی‌شناسی در بستر کشت مسکویت دیده نمی‌شود، حتی کاهش اندازه نیز نتوانسته در هوادیدگی

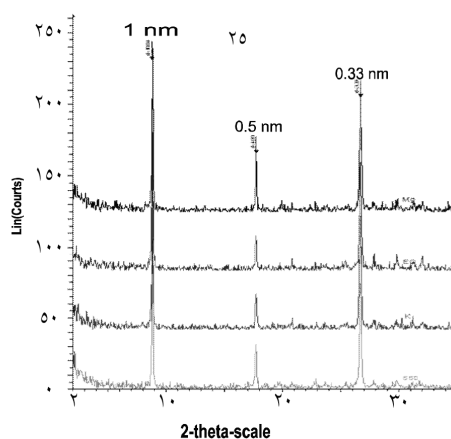
این کانی مقاوم در طول آزمایش مؤثر باشد (شکل ۷-الف و ۷-ب). در بستر کشت بیوتیت تغذیه شده با محلول غذایی بدون پتاسیم، روند هوادیدگی فراتر رفته و منجر به تشکیل کانی ورمی کولیت شده است (شکل ۷-ج و ۷-د). در نمونه کشت شده و تغذیه شده با محلول غذایی بدون پتاسیم، از آنجایی که گیاه نیاز پتاسیمی خود را با هوادیده کردن رس‌های ناحیه ریزوسفر و آزاد کردن پتاسیم میکاها تامین نموده است، تغییراتی در شدت پیک ۱/۰ نانومتر نسبت به ۱/۴۵ نانومتر به وجود آمده است، به طوری که شدت قله ۱/۴۵ نانومتر افزایش پیدا کرده است. در تیمار اشباع با پتاسیم، قله ۱/۴۵ نانومتر به طور کامل از بین رفته که ورمی کولیتی شدن میکا را در ریزوسفر کلزا نشان می‌دهد.

نتایج به دست آمده از آنالیز XRD نشان می‌دهد که کانی بیوتیت در اندازه (۴ میکرون < قطر) هوادیدگی بیشتری را نسبت به کانی بیوتیت در حد سیلت (۶۰-۴ میکرون) نشان می‌دهد (شکل ۷-ج و ۷-د). شدت قله ۱/۴۵ نانومتر در اندازه (۴ میکرون < قطر) بیوتیت بیش تر از اندازه (۶۰-۴ میکرون) بوده است (شکل ۷-ج و ۷-د). با کوچک تر شدن اندازه کانی بیوتیت، شرایط برای هوازگی لایه‌های محبوس کننده پتاسیم فراهم تر می‌شود و کانی با سرعت بیشتری پتاسیم خود را آزاد نموده و در دسترس گیاه قرار می‌دهد. بنابراین در صورتی که هدف تأمین طولانی مدت پتاسیم باشد، استفاده از کانی با اندازه درشت مطلوب خواهد بود. در مقابل، در شرایطی که تأمین سریع پتاسیم مدنظر باشد، اندازه ریز مناسب است.

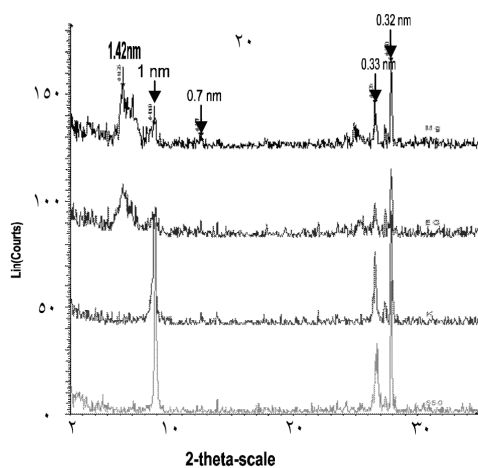
هینسینجر و جیلارد (۱۹۹۳) ورمی کولیتی شدن فلوگوپیت را در ریزوسفر رای گراس در فاصله ۰/۵ میلی متری سطح ریشه پس از ۸ روز، و در فاصله ۲ میلی متری آن پس از گذشت ۳۲ روز از کشت گزارش کردند. برتلین و لیوال (۱۹۸۲)، هوادیدگی بیوتیت را در ریزوسفر ذرت به علت آزادسازی پتاسیم ساختمانی کانی گزارش کردند. مجللی و وید (۱۹۷۸) ورمی کولیتی شدن کانی‌های تری اکتاهدرال بیوتیت و فلوگوپیت را بعد از چند هفته در ناحیه ریزوسفر سویا نشان دادند.



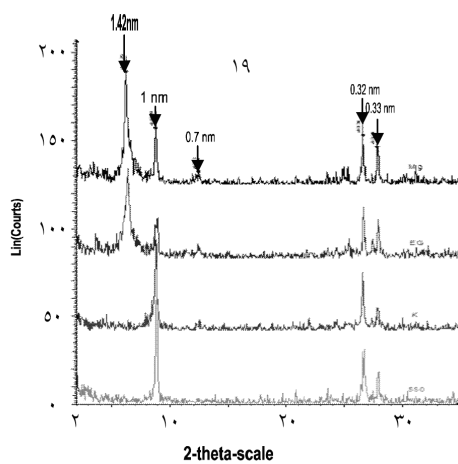
ب



الف



د



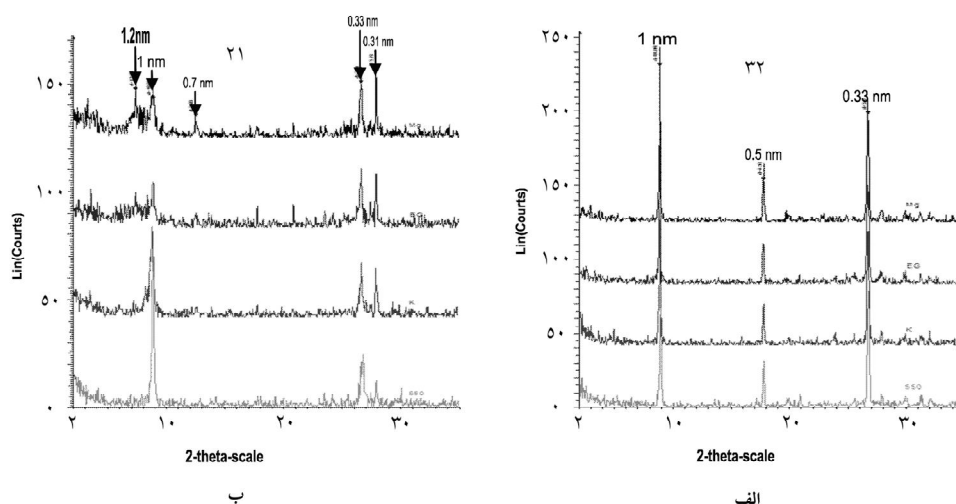
ج

شکل ۷- الف- پرتونگاشت پرتو ایکس در اندازه سیلت کانی موسکویت تغذیه شده با محلول غذایی بدون پتاسیم،
 ب- پرتونگاشت پرتو ایکس در اندازه رس کانی موسکویت تغذیه شده با محلول غذایی بدون پتاسیم،
 ج- پرتونگاشت پرتو ایکس در اندازه رس کانی بیوتیت تغذیه شده با محلول غذایی بدون پتاسیم و د- پرتونگاشت
 پرتو ایکس در اندازه سیلت کانی بیوتیت تغذیه شده با محلول غذایی بدون پتاسیم.

بخشنده و همکاران (۲۰۱۱) نیز نشان دادند که کانی خالص پالیگورسکایت بیش‌تر از خاک شامل کانی پالیگورسکایت، تحت کشت سورگوم، هوادیده می‌شود و نشان دادند که ریشه و میکروارگانیزم‌ها نقش مهمی در هوادیدگی کانی‌ها بازی می‌کنند. همچنین رضایی و خرمالی (۲۰۱۰) نشان دادند در بخش رس خاک مالی سولز تحت کشت ذرت با اعمال محلول غذایی بدون پتاسیم، کانی ورمیکولیت تشکیل شده که بیانگر هوادیدگی کانی میکا می‌باشد. نتایج آنالیزهای کانی‌شناسی بخش سیلت نشان داد کانی‌های کلریت، میکا و حتی پلاژیوکلاز به‌طور کامل و یا به مقدار زیاد هوادیده شده‌اند. این مسأله نشان‌دهنده نقش بارز کانی‌های بخش سیلت در تغذیه گیاه است. نوروزی و خادمی (۲۰۱۰) نشان دادند که هوادیدگی سریع فلوگوپیت و بیوتیت در حالی که گیاهان از این کانی‌ها به‌عنوان تنها منبع پتاسیم خود استفاده می‌کنند می‌تواند در مجاورت ریشه‌ها اتفاق بیفتد. ورمیکولیتی شدن و انبساط شبکه‌های میکایی در فلوگوپیت و بیوتیت در ریزوسفر گیاهان مشاهده شد.

نوروزی و خادمی (۲۰۰۹) ورمیکولیتی شدن دو کانی فلوگوپیت و بیوتیت را پس از ۹۰ روز کشت در ناحیه ریزوسفر یونجه نشان دادند. آن‌ها بیش‌ترین نسبت شدت قله $1/4$ به $1/0$ نانومتر در نمونه فلوگوپیت تغذیه شده با محلول غذایی بدون پتاسیم و تحت کشت یونجه را به میزان $1/07$ گزارش دادند. خیامیم و خادمی (۲۰۰۹) گزارش کردند پس از ۱۴۰ روز کشت، ورمیکولیتی شدن شدید کانی فلوگوپیت در شرایط تغذیه‌ای بدون پتاسیم در ریزوسفر فسکیوی بلند شامل اندوفایت مشاهده شد. در حالی که در ریزوسفر گیاهان عاری از اندوفایت شدت ورمیکولیتی شدن فلوگوپیت با شدت بسیار کم‌تر اتفاق افتاد. در محیط کشت شامل فلوگوپیت، کانی اسمکتیت نیز تشکیل گردید و شدت قله اسمکتیت در تیمارهای بدون اندوفایت بیش‌تر از شرایط با حضور اندوفایت است.

در بستر کشت موسکویت با اندازه رس و محلول غذایی کامل بعد از کشت گیاه به‌دلیل مقاومت به هوادیدگی تغییری مشاهده نشد (شکل ۸-الف). ولی در بستر کشت بیوتیت با محلول غذایی کامل، بعد از کشت گیاه کانی مخلوط میکا-ورمیکولایت مشاهده شد. زیرا همان‌طور که در تیمار منیزیم مشاهده می‌شود از شدت قله $1/0$ نانومتر کاسته شده و به طرف تشکیل قله $1/4$ نانومتر رفته است و قله $1/2$ نانومتر حالت بینابینی میکا و ورمیکولایت را نشان می‌دهد. این مشاهده بیانگر هوادیدگی جزئی در بستر کشت بیوتیت می‌باشد (شکل ۸-ب).



شکل ۸- الف- پرتونگاشت پرتو ایکس در اندازه رس کانی موسکویت تغذیه شده با محلول غذایی کامل و ب- پرتونگاشت پرتو ایکس در اندازه رس کانی بیوتیت تغذیه شده با محلول غذایی کامل.

نتیجه گیری

با توجه به این پژوهش می توان نتیجه گرفت که گیاه کلزا در شرایط تغذیه بدون پتاسیم در محیط بیوتیت به راحتی توانسته از پتاسیم بین لایه ای موجود در کانی استفاده کند؛ به طوری که غلظت پتاسیم در اندام هوایی به حد کافی بوده و علائم کمبود دیده نمی شود. سازوکار تغییرات به وجود آمده در کانی های مورد مطالعه احتمالاً می تواند ناشی از ترشح H^+ توسط ریشه های گیاهان و حمله به کانی های رسی باشد. علاوه بر آزادسازی H^+ ، جذب پتاسیم توسط ریشه گیاهان غلظت پتاسیم را در سطح ریشه کاهش می دهد. وقتی غلظت پتاسیم ریزوسفر کم شود، ریشه ها قادرند پتاسیم بین لایه های میکا را خارج کنند و تعادل موجود در آن را به هم بزنند و منجر به آزادسازی پتاسیم بین لایه ای و انبساط فضای بین لایه ای فیلوسیلیکات ها شده، در نتیجه منجر به تغییر شکل کانی ها شوند. در نتیجه بیشترین تغییرات مینرالوژیکی در بیوتیت و در شرایطی که گیاهان با محلول غذایی بدون پتاسیم تغذیه می شوند، صورت گرفته است.

بر اساس نتایج این پژوهش، هوادیدگی سریع بیوتیت، در حالی که گیاهان از این کانی ها به عنوان تنها منبع پتاسیم خود استفاده کنند، می تواند در مجاورت ریزوسفر کلزا اتفاق بیفتد. ورمیکولیتی شدن و

انبساط شبکه‌های میکایی در بیوتیت در ریزوسفر گیاهان مشاهده شد. این هوادیدگی سریع از این نظریه که پتاسیم ساختمانی کانی‌های سیلیکاته اولیه می‌تواند به‌عنوان تامین‌کننده نیاز پتاسیمی در اطراف ریشه‌های فعال عمل کند، حمایت می‌کند. کانی‌های تری‌اکتاهدراال به‌علت وجود آهن و منیزیم قابل هیدرولیز، نسبت به موسکویت قابلیت تجزیه و تخریب بیش‌تری دارند و سریع‌تر هوادیده می‌شوند. نتایج XRD هوادیدگی بیش‌تر اندازه رس بیوتیت را نسبت به اندازه سیلت نشان می‌دهد. با کوچک‌تر شدن اندازه کانی شرایط برای هوازدهی لایه‌های محبوس‌کننده پتاسیم در کانی برای رهاسازی پتاسیم فراهم‌تر می‌شود و کانی به‌دلیل سطح ویژه بیش‌تر و مسیر پخشیدگی کم‌تر با سرعت بیش‌تری پتاسیم خود را آزاد نموده و در دسترس گیاه قرار می‌دهد. کانی بیوتیت با اندازه درشت‌تر می‌تواند پتاسیم را در مدت زمان طولانی‌تری از خود رها نموده و بنابراین می‌تواند نیاز پتاسیمی گیاه را در مدت زمان بیش‌تری تأمین نماید. اما موسکویت و کوارتز مقاوم است و نمی‌تواند نیاز پتاسیمی گیاه را در طول دوره رشد فراهم کند و علائم کمبود مشاهده می‌شود. حتی اندازه‌های متفاوت کانی موسکویت تفاوت چندانی در هوادیدگی نشان نمی‌دهد. پس در هنگام توصیه کودی و مدیریت خاک باید نوع کانی مدنظر قرار گیرد.

منابع

1. Badraoui, M., Bloom, P.R., and Delmaki, A. 1992. Mobilization of nonexchangeable K by regrass in five Moroccan soils with and without mica. *Plant Soil*. 140: 55-63.
2. Bakhshandeh, Sh., Khormali, F., Dordipour, E., Olamaie, M., and Kehl, M. 2011. Comparing the weathering of soil and sedimentary palygorskite in the rhizosphere zone. *Apply Soil Sci*. 54: 235-241.
3. Berthelin, J., and Leyval, C. 1982. Ability of symbiotic and nonsymbiotic rhizospheric microflora of maize (*Zea mays*) to weather micas and to promote plant growth and plant nutrition. *Plant Soil*. 68: 369-377.
4. Brennan, R.F., and Bolland, M.D.A. 2007. Comparing the potassium requirement of canola and wheat. *Austr. J. Agric. Res*. 58: 4. 359-366.
5. Cassman, K.G., Olk, D.C., Broader, S.M., and Roberts, B.A. 1995. The influence of moisture regime, organic matter and root ecophysiology on availability and acquisition of potassium, implication for tropical lowland rice. *Proc. Institute on Potassium in Asia*, IPI Basel, Pp: 135-156.

6. Gobran, G.R., Clegg, S., and Courchesne, F. 1999. The rhizosphere and trace element acquisition in soil, P 225-250. In: Selim, H.M., and Iskander, A. (Eds.), Fate and transport of Heavy Metals in the Vadose Zone. CRC Press, Boca Raton.
7. 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: 3. 525-534.
8. Hinsinger, P., Elsass, F., Jaillard, B., and Robert, M. 1993. Root-induced irreversible transformation of trioctahedral mica in the rhizosphere of rape. J. Soil Sci. 44: 3. 535-545.
9. Khyamim, F., Khademi, H., Khoushgoftarmanesh, A.H., and Ayoubi, Sh.A. 2010. Ability of barley (*Hordeum vulgare* L.) to take up potassium from di- and tri-octahedral micas. J. Water Soil. 23: 4. 170-178.
10. Khyamim, 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.
11. 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.
12. Khoshgoftarmanesh, A.H. 2007. Evaluation of plant nutrition status and optimum fertilizer management. Isfahan University of Technology Publisher, Iran, 185p.
13. Kochaki, A., and Khiabani, H. 1990. Crop production. Mashhad Ferdowsi University Publishing. 638p.
14. Lindsay, W. 1979. Chemical Equilibria in soils. Wiley, New York, 449p.
15. Malakouti, M.J., Shahabi, A., and Bazargan, K. 2005. Potassium in Iran agriculture. Sana publisher, Iran, 292p.
16. Mengel, K. 1985. Dynamics and availability of major nutrient in soils. Adv. Soil Sci. 2: 65-131.
17. Meyer, D., and Jung, A. 1993. Plant availability of non-exchangeable potassium, a new approach. Plant Soil. 149: 235-243.
18. Mojallali, H., and Weed, S.B. 1978. Weathering of micas by mycorrhizal soybean plants. Soil Sci. Soc. Am. J. 42: 367-372.
19. Moritsuka, N., Yanai, J., and Kosaki, T. 2004. Possible processes releasing non-exchangeable potassium from the rhizosphere of maize. Plant Soil. 258: 261-268.
20. Naderizadeh, Z., and Khademi, H. 2012. Influence of organic matter to ability of potassium suction from di- tri octahederal micas by alfalfa. Soil and Water Science. J. Agric. Sci. Natur. Resour. 56: 127-139.

21. 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. (In Persian)
22. 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.
23. Ogaard, A.F., and Krogstad, T. 2005. Release of interlayer potassium in Norwegian grassland soils. J. Plant Nutr. Soil Sci. 168: 80-88.
24. Parsaeean, M. 2003. Endophyte effect to outbreak of cold resistance in two type of festoca. M.Sc. Thesis. Isfahan University of Technology. 119p.
25. 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. 132p.
26. Sabzalian, M.R. 2003. Study of resistance to inductible salinity by Endophyte in festoca. M.Sc. Thesis. Isfahan University of Technology, 86p.
27. Schraedar, D. 1978. Structure and weathering potassium containing minerals. Proc. 11th Congr. Int. Potash Inst, Bern, Pp: 43-63.
28. 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.
29. Sparks, D.L. 1987. Potassium dynamics in soils. Adv. Soil Sci. 6: 1-63.
30. Sparks D.L., and Huang P.M. 1985. Physical chemistry of soil potassium, P 201-276. In: Munson, R.D. (Eds.), Potassium in Agriculture. Soil Sci. Am. Madison, WI.
31. Stegner, R. 2002. Plant Nutrition Studies. Lamotte Company, Maryland, USA. Pp: 9-11.
32. Wallandar, H. 2000. Uptake of P from apatite by pinus sylvestris seedings colonized by different ectomycorrhize fungi. Plant Soil. 218: 249-256.
33. Wang, J.G., Zhang, F.S., Cao, Y.P., and Zhang, X.L. 2000a. Effect of plant type on release of mineral potassium from gneiss. Nutr. Cycl. Agroecosys. 56: 37-44.
34. Wang, J.G., Zhang, F.S., Zhang, X.L., and Cao, Y.P. 2000b. Release of potassium from k-bearing minerals: Effect of plant root under P deficiency. Nutr. Cycl. Agroecosys. 56: 45-52.
35. Wentworth, S.A., and Rossi, N. 1972. Release of potassium from layer silicates by plant growth and by NaTPB extraction. Soil Sci. 113: 410-416.



Gorgan University of Agricultural
Sciences and Natural Resources

J. of Water and Soil Conservation, Vol. 21(4), 2014
<http://jwsc.gau.ac.ir>

Weathering and potassium release from different sized biotite and muscovite Micas in rhizosphere of canola (*Brassica napus*)

***N. Kaviani¹, F. Khormali², A. Jalalian³, F. Moshiri⁴ and N. Honarjoo⁵**

¹Ph.D. Student, Dept. of Soil Science, Islamic Azad University, Khorasgan Branch, Isfahan, Iran, ²Professor, Dept. of Soil Science, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Iran, ³Professor, Dept. of Soil Science, Islamic Azad University, Khorasgan Branch, Isfahan, Iran, ⁴Assistant Prof., Dept. of Soil Science, Soil and Water Research Institute of Iran, Karaj, Iran, ⁵Assistant Prof., Dept. of Soil Science, Islamic Azad University, Khorasgan Branch, Isfahan, Iran
Received: 06/21/2013; Accepted: 02/14/2014

Abstract

The objective of this research was to demonstrate the ability of canola to take up structural potassium from muscovite and biotite. The experiment was carried out in a completely randomized design with factorial combinations and three replicates. Culture medium was a mixture of sandy quartz and K-bearing minerals including muscovite or biotite with two sizes: $<4 \mu\text{m}$ and $4\text{-}60\mu\text{m}$ (as silt) and the plants fed during a period of three-months by two different nutrient solutions (K^+ and K^-). At the end of the experiment, shoots were separated and their K content was determined with flame photometer. In- K treatment, total K uptake of plant was significantly influenced by the type of culture medium. The maximum K absorption was related to plants grown in culture medium containing biotite. However, the minimum value was observed in the muscovite and quartz bearing medium with K-free nutrient solution. Mineralogical results after treatment showed clay size biotite which was fed with K-free nutrient solution weathered more than silt sized biotite and partially transformed to vermiculite because in smaller size, the confinement layers of potassium are more weathered and will release their K more quickly and release it to the plant. On the contrary, there was no significant difference in the degree of muscovite weathering when fed with K^+ and K^- free nutrient solutions in both media. Muscovite was resistant in this situation.

Keywords: Muscovite, Biotite, Rhizosphere, Mineralogy, Potassium, Canola

* Corresponding Author; Email: n_pedologist@yahoo.com

