نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۲۳، شماره ۴، زمستان ۱۳۸۸، ص. ۱۷۸-۱۷۰

Journal of Water and Soil
Vol. 23, No. 4, Winter 2009, p. 170-178

توانایی گیاه جو (*Hordeum vulgare* L.) در جذب پتاسیم از میکاهای دی و تری‌اکتاهدرال

فاطمه خیامیم[۱] - حسین خادمی[۲*] - امیرحسین خوشگفتارمنش[۳] - شمس‌اله ایوبی[٤]

تاریخ دریافت: ۸۸/٤/۳
تاریخ پذیرش: ۸۸/۸/۳۰

چکیده

هوادیدگی کانی های موجود در خاک، منبع اولیه بسیاری از عناصر غذایی ضروری رشد گیاه از جمله پتاسیم می باشد. نقش مهم پتاسیم در افـزایش کیفیت محصولات کشاورزی به خوبی شناخته شده و از طرفی کانی‌های میکایی به عنوان منبع اصـلی تـأمین پتاسـیم در خـاک‌هـای کـشورمان غالـب هستند. بعلاوه، اطلاعات دقیقی در مورد نقش کانی‌های میکایی در تأمین پتاسیم برای جو که دومین محصول پرتولید کشورمان است وجـود نـدارد. لـذا این مطالعه با هدف بررسی توانایی گیاه جو در استفاده از پتاسیم ساختاری یک نوع میکای دی‌اکتاهدرال (موسـکویت) و نـوعی میکـای تـری‌اکتاهـدرال (فلوگوپیت) انجام شد. در این پژوهش از آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار استفاده شد. بستر کشت مخلوطی از شـن کـوارتزی (به عنوان ماده پر کننده) و کانی پتاسیم دار (موسکویت و فلوگوپیت) بوده و گیاهان به وسیله دو نوع محلول غذایی (پتاسیم‌دار و بدون پتاسـیم) در دوره چهار ماهه کشت تغذیه شدند. در این مطالعه از رقم گوهر که به طور معمول در منطقه اصفهان کشت می‌شود، استفاده شد. در پایان دوره کـشت بخـش هوایی و ریشه گیاه جدا شده و عصاره گیری به روش خاکستر گیری خشک انجام گردید و مقدار پتاسیم در عصاره گیاه توسط شعله سنج تعیـین شـد. در تیمارهای بدون پتاسیم مقدار پتاسیم جذب شده توسط گیاه به طور معنی‌داری تحت تأثیر نوع بستر کشت قرار داشت. بـه طوریکـه بیـشترین جـذب بـه گیاهان رشد کرده در بستر حاوی فلوگوپیت مربوط بوده است. اما اختلاف معنی داری بین بستر های موسکویت و کوارتز مشاهده نشد. غلظت پتاسـیم در گیاهان رشد کرده در بستر فلوگوپیت حتی تحت محلول غذایی بدون پتاسیم در محدوده کفایت قرار دارد. این مسئله نـشان مـی دهـد، در محیطـی کـه پتاسیم ساختاری کانی‌ها تنها منبع تأمین پتاسیم می‌باشد، نوع کانی میکایی در میزان پتاسیمی که در دسترس گیاه قرار می گیرد اهمیت بسزایی دارد.

واژه‌های کلیدی: موسکویت، فلوگوپیت، جو، اثرات ریزوسفری، رهاسازی پتاسیم

مقدمه

پتاسیم یکی از عناصر ضروری رشـد گیـاه بـوده و اهمیـت آن در کشاورزی به خوبی شناخته شده اسـت (۱۹). پتاسـیم خـاک بـه طـور معمول به چهار شکل: محلول، تبادلی، غیرتبادلی و ساختمانی تقـسیم می‌شود. تعادل موجود بین اشکال مختلف پتاسیم خـاک باعـث تـداوم تأمین پتاسیم مورد نیاز گیاه شده و این روابط تعادلی در تغذیه گیـاه از اهمیت بالایی برخوردارند (۶). بخش عمده پتاسیم خاک درون کانی‌ها بویژه میکاها، فلدسپارها و فرآورده‌های حاصل از هوادیدگی آن‌ها واقع شده است. این پتاسیم ساختمانی در شـرایط کمبـود پتاسـیم اهمیـت ویژه‌ای دارد (۱۵).

رهاسازی پتاسیم از خاک به نـوع و مقـدار کـانی‌هـای پتاسـیم‌دار بستگی دارد. در فلدسـپارهـای پتاسـیم‌دار، پتاسـیم بـه وسـیله پیونـد کووالانسی درون چارچوب کریستال‌ها متصل شده اسـت و رهاسـازی پتاسیم از کانی تحت تأثیر هوادیدگی صورت می‌گیرد. در میکاهـا کـه سـیلیکات‌هـای لایـه‌ای ۲:۱ هـستند، پتاسـیم بـه وسـیله نیروهـای الکترواستاتیک نگه‌داری می‌شود. رهاسازی پتاسیم از میکاها می‌توانـد به وسیله دو فرآیند شامل انحلال ساختار بلور و یا تبادل پتاسـیم بـین لایـه‌ای بـا کـاتیون آبپوشـیده انجـام شـود (۱۷). رهاسـازی پتاسـیم ساختمانی زمانی افزایش می‌یابد که غلظت پتاسیم محلول یـا تبـادلی خاک در اثر جذب به وسیله گیاهان یا آبشویی کاهش یابد (۶).

خاک های مناطق خشک و نیمه‌خشک حاوی مقـادیر بـه نـسبت زیاد کانی‌های پتاسیم‌دار هستند. این کانی‌ها قادر به رهاسازی پتاسیم مورد نیاز گیاه در وضعیت کمبود این عنصر می‌باشند. اگر چه خاک‌هـا در مناطق خشک و نیمه‌خشک ممکن است حاوی مقادیر زیاد پتاسـیم تبادلی و غیرتبادلی باشـند (۱۲)، امـا پتاسـیم تبـادلی در ایـن منـاطق

۱، ۲، ۳ و ۴- به‌ترتیب دانـشجوی کارشناسـی ارشـد، اسـتاد، دانـشیار و اسـتادیار گـروه خاکشناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان

(*- نویسنده مسئول: (Email: hkhademi@cc.iut.ac.ir

Archive of SID
www.SID.ir

می‌تواند در اثر کشت پی‌درپی و متراکم تخلیه شود (۱۳). خروج پتاسیم بدون تأمین پتاسیم کافی باعث تخلیه خاک از ذخیره پتاسیم می‌شود. این مسئله ممکن است طی ۳ تا ۱۰ سال رخ دهد (۱۴).

شواهد متعددی نشان می‌دهد که گیاه می‌تواند مستقیماً از کانی‌های خاک جهت تأمین عناصر غذایی مورد نیاز خود استفاده کند. بدرائویی و همکاران (۷) رهاسازی پتاسیم ساختمانی توسط رای‌گراس ایتالیایی را در ۵ خاک با و بدون میکا مطالعه کرده و نتیجه گرفتند که ظرفیت یک خاک برای فراهم کردن پتاسیم کافی برای رشد گیاهان بستگی به توانایی آن خاک در آزاد کردن پتاسیم از بین لایه‌های سیلیکات‌های لایه‌ای دارد و به این ترتیب خاک سرشار از ایلیت بیشترین آزادسازی پتاسیم را نشان داد. وانگ و همکاران (۲۱) تأثیر نوع گیاه بر رهاسازی پتاسیم از گنیس را بررسی کرده و نشان دادند که میزان رهاسازی به طور مستقیم به گونه گیاهی وابسته بوده و بیشترین رهاسازی توسط ذرت و رای‌گراس انجام شده است. این پژوهشگران در بررسی دیگری رهاسازی پتاسیم از کانی های 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 به طور معنی‌داری افزایش می‌یابد (۲۲). موریتسوکا و همکاران (۱۵) رهاسازی پتاسیم از دو کانی بیوتیت و ارتوکلاز را در محیط ریزوسفری ذرت در مدت ۱۷ روز مطالعه کرده و نشان دادند که اگر چه وزن خشک گیاهان در گلدان‌های حاوی ارتوکلاز بیشتر از بیوتیت و شاهد بود اما غلظت پتاسیم در گلدان‌های حاوی بیوتیت بیشتر از ارتوکلاز بوده و میزان جذب پتاسیم نیز در این تیمار بیشتر از ارتوکلاز و تیمار شاهد بوده است. شی و همکاران (۱۸) 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 ۳۱ تا ۴۸ درصد بوده و ارقام پرمحصول نسبت به ارقام کم‌بازده ظرفیت جذب بالاتری داشتند. این پژوهشگران همچنین تأثیر نوع گیاه را در این زمینه مورد بررسی قرار دادند. آن‌ها از نوعی علف هرز و تنباکو به عنوان بیش‌اندوزهای پتاسیم و از جو، ماش و خردل هندی به عنوان گیاهانی که از پتاسیم غنی نیستند استفاده کرده و نشان دادند که بیش‌اندوزهای پتاسیم میزان تخلیه پتاسیم بیشتری نسبت به خردل هندی داشته، اگرچه میزان تخلیه پتاسیم به وسیله جو و ماش از بیش‌اندوزهای پتاسیم بیش‌تر بوده است.

حسین‌پور (۳) با مطالعه خاک‌های استان اصفهان، چهارمحال و بختیاری و گیلان ضمن بررسی کانی‌های غالب بخش رس گزارش نمود که در خاک‌های اصفهان میکا، پالیگورسکیت، کلریت، کائولینیت و کوارتز غالب هستند و کانی‌های بخش رس خاک‌های چهارمحال و بختیاری میکا، اسمکتیت، ورمی‌کولیت، کلریت، کائولینیت و کوارتز می‌باشند و اسمکتیت‌ها، میکاها، کلریت‌ها، کانی‌های مختلط و کوارتز نیز کانی‌های غالب بخش رس خاک‌های گیلان را تشکیل می‌دهند. او همچنین ذکر کرد که مقدار پتاسیم غیرتبادلی خاک‌های اصفهان و چهارمحال و بختیاری از خاک‌های گیلان بیشتر است. این امر نشان دهنده بیشتر بودن کانی‌های حاوی پتاسیم مانند میکاها و ورمی‌کولیت در خاک‌های اصفهان و چهارمحال و بختیاری در مقایسه با استان گیلان است. فرپور (۵) با مطالعه خاک‌های منطقه رفسنجان، کانی‌های اسمکتیت، پالیگورسکیت، کلریت، ایلیت و کوارتز را در کلیه نمونه‌های مورد بررسی گزارش نمود. جلالی (۱۲) کانی های غالب بخش رس خاک‌های خشک منطقه همدان را ایلیت، اسمکتیت، ورمی‌کولیت به همراه مقادیر بسیار ناچیز کائولینیت گزارش نمود. نبی الهی و همکاران (۱۶) اشکال مختلف پتاسیم خاک را به عنوان تابعی از کانی‌شناسی بخش رس و تکامل خاک در ایستگاه تحقیقاتی خرکه استان کردستان مورد بررسی قرار داده و ذکر کردند که مقدار پتاسیم تبادلی و غیرتبادلی در خاک‌های سرشار از ایلیت ۳۰ تا ۵۰ درصد و در خاک‌های با مقادیر ایلیت کمتر ۱۰ تا ۳۰ درصد است. این پژوهشگران بر اساس ارزیابی خاک‌ها و اشکال مختلف پتاسیم خاک‌های مورد مطالعه را به چهار گروه اصلی : ۱- ورتی‌سول‌ها و ۲- انتی‌سول‌ها، ۳- اینسپتی‌سول‌ها و ۴- مالی‌سول‌ها تقسیم کرده و عنوان کردند که مقادیر همه اشکال مختلف پتاسیم در ورتی‌سول‌ها از سایر رده‌های ذکر شده بیشتر است که این مستقیماً به محتوای رس بیشتر و تأثیر اسمکتیت‌ها به عنوان کانی رسی غالب این خاک‌ها مربوط است. بنابراین کانی‌های میکایی جزء کانی‌های غالب خاک-های جوان و خشک از جمله خاک‌های کشورمان هستند ولی مطالعات دقیقی در رابطه با تعیین نوع میکاها در خاک‌های کشورمان انجام نشده است. معهذا منابع مختلف بر حضور کانی‌های تری‌اکتاهدرال در کنار میکاهای به مراتب فراوانتر دی اکتاهدرال در خاک‌های با تکامل کم مناطق خشک تأکید کرده‌اند (۹).

جو (*Hordeum vulgare* L.) به خانواده گندمیان (گرامینه) تعلق دارد و به طور غیرمستقیم نقش مهمی در زنجیره غذایی انسان بر عهده دارد. از آن‌جا که جو به عنوان یک گیاه نسبتاً مقاوم به شرایط نامساعد خاک و از جمله شوری به حساب می‌آید، کشت آن نسبت به سایر محصولات زراعی مزیت نسبی داشته و اقتصادی می‌باشد (۶). سطح زیر کشت این محصول در کشورمان ۲/۲ میلیون هکتار با تولید سالانه ۲ میلیون تن می‌باشد (۱).

بنابراین با توجه به نقش گیاه در رهاسازی پتاسیم ساختاری و اهمیت گیاه جو به عنوان دومین محصول پرتولید کشور و قرارگیری کشورمان در منطقه خشک و نیمه‌خشک و دارا بودن ذخایر کافی پتاسیم این مطالعه با اهداف مقایسه کانی‌های پتاسیم‌دار در رهاسازی پتاسیم ساختمانی و بررسی توانایی جو در چگونگی استفاده از پتاسیم کانی های مختلف انجام شد.

Archive of SID

www.SID.ir

(جدول ۱)- تجزیه عنصری شن کوارتزی و کانی‌های میکایی 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
						%						
موسکویت	۰/۶۴	۰/۰۸	۳۳/۹۲	۴۸/۳۴	۹/۹۸	۰/۱۷	۱/۷۶	۰/۰۶	۰/۰۳	۰/۰۶	۴/۵	۹۹/۵۴
فلوگوپیت	۰/۴۵	۲۲/۵۴	۱۴/۶۰	۴۲/۲۴	۹/۲۹	۴/۲۱	۴/۶۹	۰/۱۱	۰/۰۳۷	۰/۵۶	۰/۹۰	۹۹/۶۳
شن کوارتزی	<۰/۱۰	۰/۱۱	۰/۳۶	۹۷/۵۰	<۰/۱۰	۰/۶۱	۰/۵۷	-	-	-	۰/۴۸	۹۹/۸۶

*LOI: کاهش وزن در دمای بالا

مواد و روش‌ها

در این پژوهش از آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار استفاده شد. فاکتورهای آزمایش شامل: نوع کانی پتاسیم‌دار در سه سطح شن کوارتزی، موسکویت و فلوگوپیت و نوع محلول غذایی در دو سطح بدون پتاسیم و محلول غذایی کامل بود. آزمایش گلدانی در گلدان‌های ۷۰۰ گرمی حاوی مخلوط شن کوارتزی (به عنوان ماده پرکننده) و کانی میکایی انجام شد. شن کوارتزی و کانی میکایی از معادنی در همدان تهیه گردید و به منظور بررسی ترکیب عنصری هر کدام از مواد ذکر شده تجزیه عنصری فلورسانس پرتو ایکس (XRF) انجام شد (جدول۱). پس از آگاهی از این که شن کوارتزی حاوی مقادیر بسیار ناچیز پتاسیم است، از این ماده به عنوان ماده پرکننده محیط کشت استفاده شد. به منظور 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. از کانی میکایی به منظور منبع تأمین نیاز پتاسیم گیاهان در این پژوهش استفاده شد، بدین منظور کانی میکایی را پودر نموده، از الک ۲۳۰ مش عبور داده و به میزان مساوی جهت تأمین ۰/۳۵ درصد K_2O به گلدان‌ها اضافه و به خوبی با شن کوارتزی مخلوط گردید.

جهت انجام کشت از رقم گوهر که از ارقام پرکاربرد جو منطقه اصفهان است، استفاده شد. در طول دوره ۱۲۰ روزه کشت از آب مقطر به منظور آبیاری و از محلول غذایی (۲۰) برای تغذیه گیاهان استفاده شد. به منظور ارزیابی وضعیت محیط کشت از لحاظ میزان پتاسیم محلول در طول دوره کشت سه مرتبه زهکش گلدان‌ها جمع‌آوری شد. بدین گونه که ابتدا گلدان‌ها را از لحاظ رطوبتی به حد اشباع رسانده و پس از خروج مقدار مشابه آب از تمام گلدان‌ها به میزان مساوی آب به گلدان‌ها اضافه و عصاره محیط کشت از ته گلدان جمع‌آوری شد. در عصاره بدست آمده غلظت پتاسیم مورد ارزیابی قرار گرفت. پس از اتمام دوره کشت اندام‌هوایی و ریشه گیاه جدا و در آون با دمای ۷۰ درجه سانتی گراد به مدت ۷۲ ساعت خشک شد. وزن خشک اندام هوایی و ریشه گیاه اندازه‌گیری و عصاره‌گیری از گیاه به روش خاکسترگیری خشک انجام شد (۴). غلظت پتاسیم موجود در عصاره گیاه به‌وسیله شعله سنج تعیین شد. داده‌های بدست آمده از آزمایش با استفاده از نرم‌افزار SAS مورد تجزیه و تحلیل آماری و مقایسه میانگین‌ها با آزمون LSD انجام شد.

نتایج و بحث

جداول ۲ و ۳ تجزیه واریانس وزن خشک، غلظت و جذب پتاسیم اندام هوایی و ریشه گیاه را نشان می‌دهند. تأثیر دو فاکتور آزمایش، نوع بستر کشت و نوع محلول غذایی بر مقادیر وزن خشک، غلظت و جذب پتاسیم اندام هوایی و ریشه گیاه در سطح ۹۹ درصد معنی‌دار است. همچنین اثر متقابل دو فاکتور یاد شده در هر سه صفت مورد بررسی اندام هوایی معنی‌دار ($P<0/01$) می‌باشد (جدول ۲).

غلظت پتاسیم اندام هوایی و ریشه گیاه

شکل ۱- الف غلظت پتاسیم اندام هوایی را بر حسب درصد نشان می‌دهد. بیشترین غلظت پتاسیم در بسترهای کشت فلوگوپیت مشاهده می‌شود. در این محیط کشت بین دو حالت تغذیه‌ای با و بدون پتاسیم اختلاف معنی‌دار ($P<0/05$) مشاهده گردید. پس از فلوگوپیت بیشترین غلظت پتاسیم به تیمارهای موسکویت و کوارتز تغذیه شده با محلول غذایی با پتاسیم اختصاص دارد و کمترین غلظت پتاسیم گیاه در بستر موسکویت و کوارتز در گیاهان تغذیه شده با محلول غذایی بدون پتاسیم مشاهده شد که اختلاف معنی‌داری ($P<0/05$) در بین این دو تیمار دیده نمی‌شود و درصد پتاسیم در این دو محیط کشت بسیار ناچیز است. به نظر می‌رسد که بستر کشت موسکویت در مقایسه با بستر فلوگوپیت قادر به تأمین نیاز پتاسیمی گیاهان تحت کشت نبوده است. در حالیکه در محیط عاری از هر گونه پتاسیم، مقدار پتاسیم رها شده از کانی فلوگوپیت نیاز گیاه به پتاسیم را کاملاً برطرف نموده و غلظت پتاسیم گیاه در محدوده کفایت برای گیاه جو قرار دارد. حد کفایت پتاسیم برای جو ۱/۵ تا ۳ درصد است، حد بحرانی کمبود پتاسیم برای این گیاه (۱/۲۵-۱/۴۹) درصد و حد بحرانی سمیت نیز بیشتر از ۳ درصد می‌باشد (۸). با توجه به حدود ذکر شده غلظت پتاسیم گیاهان رشد کرده در بستر کشت فلوگوپیت و تغذیه شده با محلول غذایی کامل از حد کفایت بالاتر بوده و مصرف

Archive of SID

www.SID.ir

تجملی این عنصر محتمل است. این مسئله در مورد بسترهای موسکویت و کوارتز تغذیه شده با محلول غذایی مشابه دیده نمی‌شود. در گیاهان تغذیه شده با محلول غذایی بدون پتاسیم و رشد کرده در بستر فلوگوپیت، غلظت پتاسیم در حد کفایت بوده و دارای میانگین ۲/۹۶ درصد می‌باشد. این در حالی است که مقدار پتاسیم موجود در گیاهان تحت کشت موسکویت به حد کفایت نرسیده است. اختلاف موجود در میان بسترهای کشت به برخی از ویژگی‌های فیزیکی آن‌ها نیز مرتبط می‌باشد. به طور مثال عواملی مانند توانایی جذب آب، نگه‌داشت رطوبت، درصد تخلخل و ظرفیت تبادلی آن‌ها از جمله عواملی است که در میزان رشد و عملکرد گیاه مؤثر است. اما لازم به ذکر است که عوامل یاد شده تنها قادر به توجیه بخش کوچکی از تفاوت بین بسترهای کشت می‌باشند و بخش عمده اختلاف بین آن‌ها مربوط به تفاوت در رهاسازی پتاسیم غیرتبادلی و ساختمانی آن‌هاست.

(جدول ۲)- تجزیه واریانس وزن خشک، غلظت پتاسیم و جذب پتاسیم اندام‌هوایی

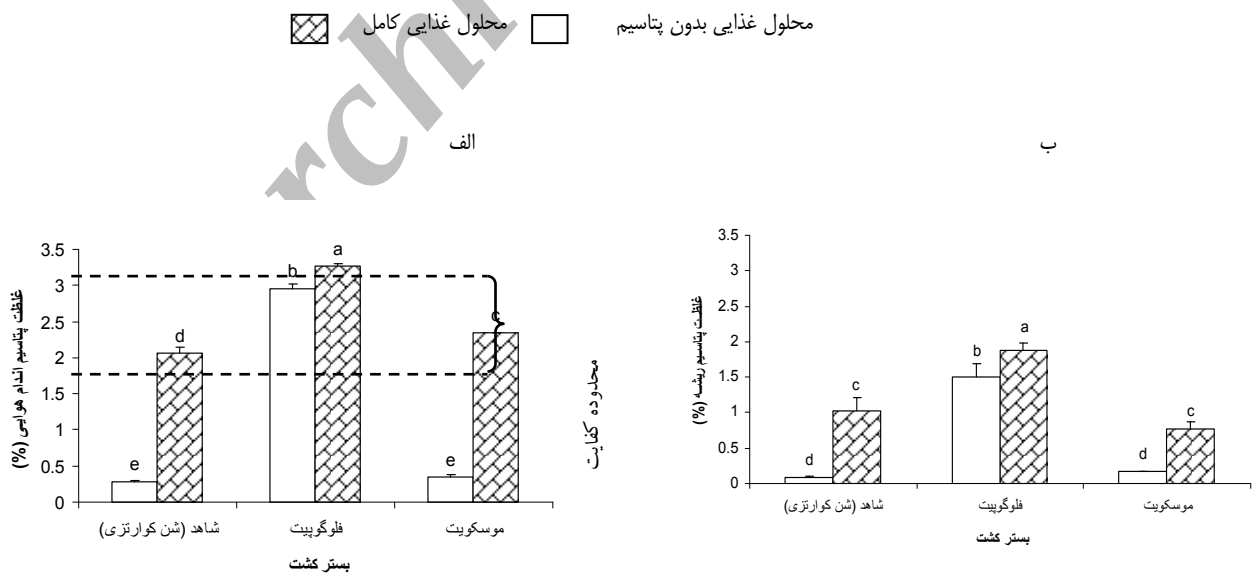
منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات		
		وزن خشک اندام هوایی	غلظت پتاسیم	جذب پتاسیم
نوع بستر کشت	۲	۳۴/۷۷**	۶/۹۳**	۱۴۳۰۹۴/۱۱**
نوع محلول غذایی	۱	۲۴۳/۸۳**	۸/۳۳**	۲۷۱۱۹۳/۴۷**
نوع بستر کشت × نوع محلول غذایی	۲	۷۲/۰۷**	۱/۲۷**	۳۵۴۱۵/۵۲**
خطا	۱۲	۰/۵۱	۰/۰۰۶۵	۵۶۲/۳۲

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

(جدول۳)- تجزیه واریانس وزن خشک، غلظت پتاسیم و جذب پتاسیم ریشه

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات		
		وزن خشک ریشه	غلظت پتاسیم	جذب پتاسیم
نوع بستر کشت	۲	۵۵/۵**	۲/۷۹**	۵۰۴۴۵/۲۳**
نوع محلول غذایی	۱	۲۲۳/۸۷**	۱/۸۴**	۴۴۶۰۰/۶۷**
نوع بستر کشت × نوع محلول غذایی	۲	۳۲/۵۲**	۰/۱۱$^{n.s}$	۷۲۸/۷۲$^{n.s}$
خطا	۱۲	۳/۵	۰/۰۴۴	۷۴۳/۱۹

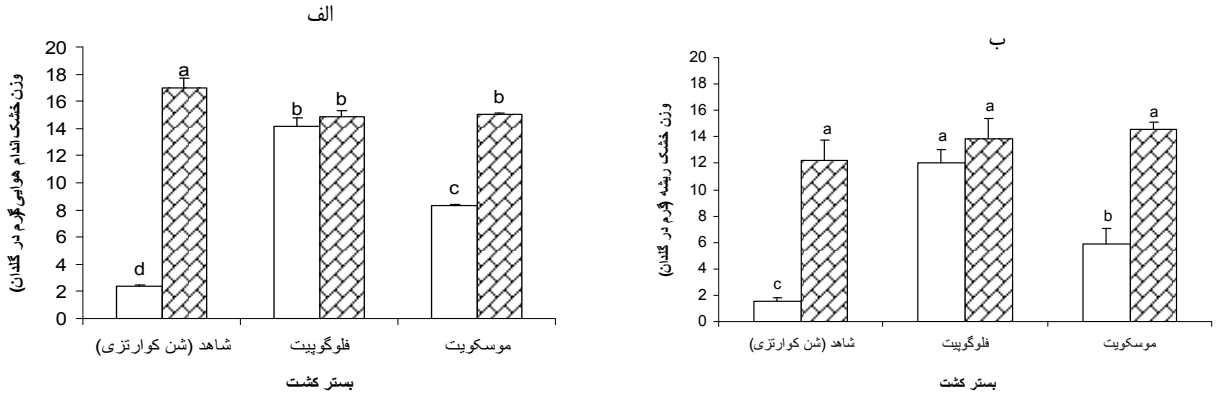
**- معنی‌دار بودن در سطح احتمال ۹۹ درصد و n.s عدم وجود اختلاف معنی‌دار را نشان می‌دهد.



(شکل۱)- مقایسه غلظت پتاسیم در اندام هوایی (الف) و ریشه (ب) در سه نوع بستر کشت. میانگین های دارای حروف مشترک در سطح ۵ درصد اختلاف معنی‌دار ندارند.

Archive of SID

www.SID.ir



(شکل۲)- مقایسه وزن خشک اندام هوایی (الف) و ریشه (ب) در سه نوع بستر کشت. میانگین های دارای حروف مشترک در سطح ۵ درصد اختلاف معنی‌دار ندارند.

شکل ۱- ب درصد پتاسیم ریشه را نشان می‌دهد. همانطور که دیده می‌شود روندی کاملاً مشابه اندام هوایی را داشته و تنها نکته قابل ذکر درصد پتاسیم کمتر ریشه در مقایسه با اندام هوایی است. غلظت بیشتر پتاسیم در اندام هوایی در مقایسه با ریشه نشان‌دهنده ظرفیت بالای گیاه در انتقال پتاسیم از ریشه به اندام هوایی بوده است. یوآن و همکاران (۲۳) رهاسازی پتاسیم از کانی‌های رسی به وسیله قارچ‌های اکتومیکوریزا و ریشه گیاهچه‌های جوان اوکالیپتوس را مورد بررسی قرار دادند. بستر کشت مورد استفاده این محققان مخلوط ۳۰ گرمی شن کوارتزی به اضافه ۲ گرم فلوگوپیت یا ورمی‌کولیت (بسته به نوع تیمار) بوده و تغذیه گیاهان را با محلول هوگلند بدون پتاسیم در دوره ۶۰ روزه کشت انجام دادند. نتایج نشان داد که میزان جذب پتاسیم در حضور میکوریزا در مقایسه با شاهد اختلاف معنی‌دار داشته ولی اختلاف دو بستر ورمی‌کولیت و فلوگوپیت در مقدار وزن خشک و جذب پتاسیم معنی‌دار نبوده است. این محققین میانگین غلظت پتاسیم ریشه، ساقه و برگ را نیز مورد مقایسه قرار داده و نشان دادند که غلظت پتاسیم در برگ بیشتر از ریشه و در ریشه بیشتر از ساقه بوده است.

وزن خشک اندام هوایی و ریشه گیاه

میانگین وزن خشک اندام هوایی در شکل ۲- الف 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 زیست توده به بستر کشت کوارتز و تغذیه شده با محلول غذایی کامل اختصاص دارد. این مسئله را می‌توان به بی‌اثر بودن شن کوارتزی مورد استفاده در آزمایش نسبت داد. در حالیکه در سایر تیمارها کانی پتاسیم‌دار اضافه شده باعث ایجاد محیط فیزیکی متفاوت شده است، در تیمارهای شن کوارتزی گیاهان به راحتی از محلول غذایی در دسترس استفاده و توانسته‌اند بیشترین زیست توده را تولید نمایند. از لحاظ وزن خشک اندام هوایی در بین گیاهان کشت شده در بستر کشت فلوگوپیت و موسکویت تغذیه شده با محلول غذایی کامل اختلاف معنی‌دار ($P<0/05$) مشاهده نمی‌شود.

در بستر کشت حاوی فلوگوپیت اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ درصد بین وزن خشک گیاهان تغذیه شده با دو نوع محلول‌غذایی مشاهده نمی‌شود. این حکایت از این واقعیت دارد که فلوگوپیت توانسته است نیاز گیاه را به پتاسیم تأمین نموده و گیاه تا اواخر دوره رشد نیز ظاهری کاملاً شاداب و مشابه نمونه‌های تغذیه شده با محلول غذایی کامل داشته است. اما در مورد بستر موسکویت باید گفت که گیاهان در این بستر کشت از نظر تأمین پتاسیم دچار مشکل بوده‌اند و گیاهان در این محیط کشت در اثر کمبود پتاسیم قادر به تولید زیست توده قابل توجه نبوده و از اواسط دوره کشت نیز علایم کمبود پتاسیم در این تیمارها قابل مشاهده بود. کمترین مقدار زیست‌توده گیاه در بستر کشت کوارتز (شاهد)، گیاهانی که با محلول غذایی بدون پتاسیم تغذیه شده‌اند مشاهده شد. بنابراین در اثر کمبود پتاسیم عملکرد گیاه به شدت کاهش یافته و به علت شدت کمبود پتاسیم، علایم ظاهری بر روی گیاه مشاهده شد. لازم به ذکر است که گیاهان مبتلا به کمبود پتاسیم معمولاً از طراوت و شادابی کمتری برخوردار بوده و در شرایط کم‌آبی به سهولت پژمرده می‌شوند. بنابراین مقاومت به خشکی و شوری در آن‌ها پایین و حساسیت به آسیب سرما، بیماری‌ها و آفات نیز در آن‌ها بیشتر است (۶).

میانگین وزن خشک ریشه در شکل ۲- ب نشان داده شده است. تأثیر تیمارهای آزمایشی بر وزن خشک ریشه مشابه اندام هوایی بود به طوریکه تیمارهای تغذیه شده با محلول غذایی کامل دارای بیشترین زیست توده بوده و در بین تیمارهای بدون پتاسیم نیز تنها گیاهان رشد کرده در بستر حاوی فلوگوپیت زیر تأثیر بود یا نبود

Archive of SID

www.SID.ir

پتاسیم در محلول‌غذایی قرار نگرفت. در حالیکه در بستر کشت حاوی موسکویت در شرایط تغذیه‌ای بدون پتاسیم عملکرد گیاهان بسیار کم بوده اما با تیمار شاهد نیز اختلاف معنی‌دار ($P<۰/۰۵$) دارد. همانطور که جدول ۳ نیز نشان می‌دهد تأثیر دو فاکتور نوع بستر کشت، نوع محلول غذایی و اثرات متقابل این دو فاکتور در مقدار وزن خشک کلیه تیمارها معنی‌دار ($P<۰/۰۱$) بوده است. همچنین قابل ذکر است که مقدار وزن خشک ریشه در مقایسه با اندام‌هوایی کمتر است. این اختلاف بین وزن خشک ریشه و اندام‌هوایی در مطالعات شی و همکاران (۱۸) و یوآن و همکاران (۲۳) نیز مشاهده شده است.

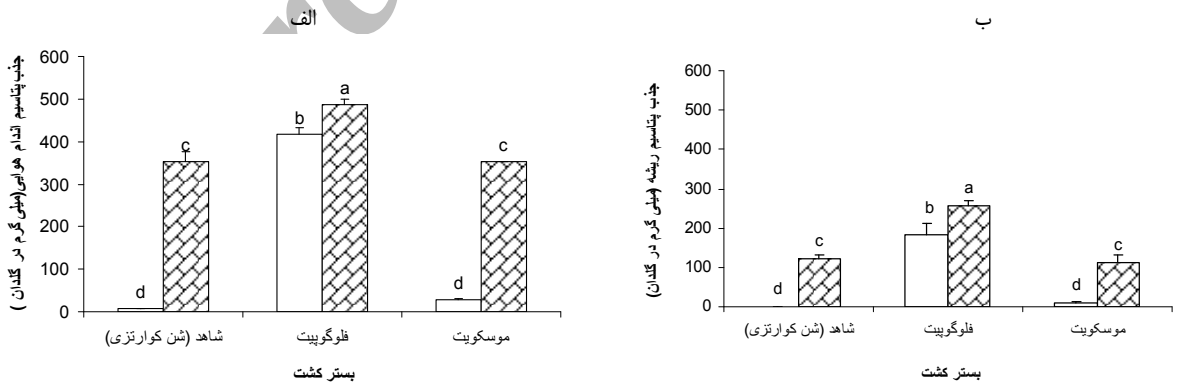
پتاسیم جذب شده در اندام هوایی و ریشه گیاه

میانگین پتاسیم جذب شده به وسیله اندام‌هوایی گیاه جو در بسترهای مختلف کشت در شکل ۳- الف نشان داده شده است. بیشترین مقدار جذب پتاسیم ۴۸۶ میلی‌گرم در گلدان در گیاهان تغذیه شده با محلول‌غذایی کامل در بستر فلوگوپیت دیده می‌شود. پس از آن گیاهان رشد کرده در بستر فلوگوپیت و تغذیه شده با محلول بدون پتاسیم بیشترین جذب پتاسیم را داشته‌اند. تیمارهای مسکویت و کوارتز تغذیه شده با محلول‌غذایی کامل اختلاف معنی‌داری از لحاظ جذب پتاسیم با یکدیگر نداشته و این نشان می‌دهد که نوع بسترکشت تأثیری بر جذب پتاسیم گیاه دراین شرایط نداشته است. کمترین جذب پتاسیم مربوط به دو تیمار موسکویت و شن کوارتزی تغذیه شده با محلول بدون پتاسیم است. که مقدار جذب پتاسیم در آن‌ها بسیار ناچیز بوده و این دو بستر کشت با یکدیگر اختلاف معنی‌داری ($P<۰/۰۵$) نشان نمی‌دهند.

مقادیر پتاسیم جذب شده به وسیله ریشه (شکل ۳- ب) نیز روند مشابه اندام هوایی را نشان می‌دهند اما باید گفت که پتاسیم جذب شده توسط ریشه گیاه جو به علت تولید زیست توده کمتر و غلظت کمتر پتاسیم ریشه در مقایسه با اندام‌هوایی بسیار کمتر است.

هینسینجر و جیلارد (۱۰) ورمی‌کولیتی شدن فلوگوپیت را در اثر تخلیه پتاسیم در محیط ریزوسفری رای‌گراس بررسی کردند. توانایی رای‌گراس در جذب مقادیر زیاد پتاسیم علت انتخاب این گیاه به عنوان گیاه آزمون ذکر شده است. این محققین ذکر کردند که پس از ۸ روز از کشت، جذب پتاسیم به سطح اولیه پتاسیم تبادلی محیط رسیده است و پس از ۳۲ روز کشت، جذب پتاسیم به وسیله رای‌گراس ۱۷ برابر بیشتر از سطح اولیه پتاسیم تبادلی فلوگوپیت بوده است. بنابراین بیشتر مقادیر پتاسیم موجود به شکل غیرتبادلی بوده و مقدار جذب پتاسیم پس از ۳۲ روز کشت ۱۸۰ میکرومول در هر گلدان بوده است. به عبارت دیگر پس از این مدت ۱۹ درصد کل پتاسیم موجود در فلوگوپیت به وسیله رای‌گراس جذب شده است. هینسینجر و همکاران (۱۱) از گیاه کلزا به عنوان 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 محققان همچنین مقادیر pH ریزوسفر را مورد بررسی قرار داده و ذکر نمودند که مقادیر pH از حدود خنثی به حدود ۴ کاهش یافته است.

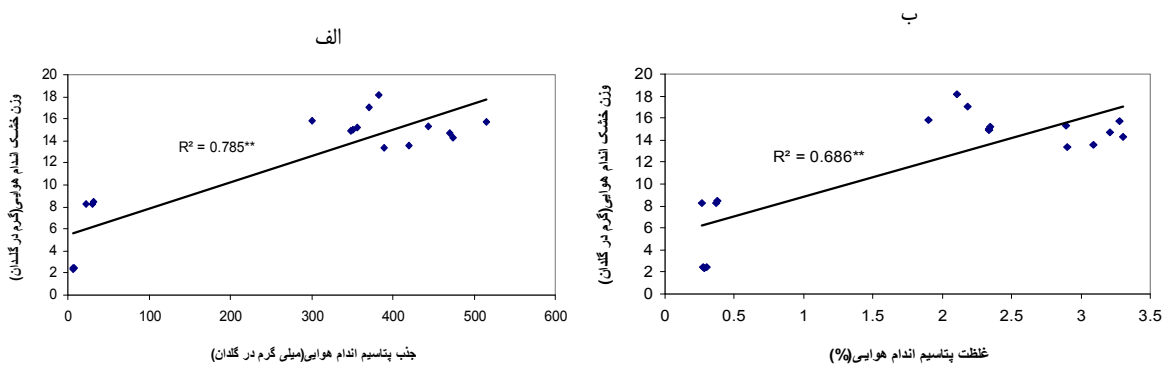
شکل‌های ۴- الف و ۴- ب همبستگی بین مقدار وزن خشک اندام هوایی را با پتاسیم جذب شده و غلظت پتاسیم در اندام هوایی نشان می‌دهد. همبستگی بالا و معنی‌دار در سطح ۱٪ نشان می‌دهد که با افزایش غلظت و مقدار جذب پتاسیم اندام هوایی عملکرد گیاه افزایش یافته است به عبارت دیگر کمبود پتاسیم مهمترین عامل محدود کننده رشد بوده است.



(شکل۳)- مقایسه کل پتاسیم جذب شده در اندام هوایی (الف) و ریشه (ب) در سه نوع بستر کشت. میانگین های دارای حروف مشترک در سطح ۵ درصد اختلاف معنی‌دار ندارند.

Archive of SID

www.SID.ir



(شکل٤)- همبستگی بین مقدار وزن خشک با پتاسیم جذب شده (الف) و غلظت پتاسیم (ب) در اندام هوایی (معنی دار در سطح ۱٪

(جدول٤)- غلظت پتاسیم ($mg\ L^{-1}$) زهکش گلدان‌ها در طول دوره کشت

نوع بستر کشت	(-K) Q	(+K) Q	(-K) Ph + Q	(+K) Ph + Q	(-K) M + Q	(+K) M + Q
اولین زهکش (۳۰ روز پس از شروع کشت)	۱/۲۰	۶/۹۹	۵/۵۸	۱۹/۰۸	۱/۹۸	۱۰/۹۰
دومین زهکش (۶۰ روز پس از شروع کشت)	۰/۹۶	۷/۸۸	۳/۷۸	۴/۳۶	۱/۷۷	۸/۱۶
سومین زهکش (۱۰۰ روز پس از شروع کشت)	۱/۵۰	۲/۷۸	۵/۳۳	۳/۵۷	۱/۱۸	۳/۱۰

Q، Ph + Q و M + Q به ترتیب نمایانگر شن کوارتزی، شن کوارتزی + فلوگوپیت و شن کوارتزی+ موسکویت و K+ و K– به ترتیب نمایانگر محلول‌غذایی کامل (حاوی پتاسیم) و محلول‌غذایی فاقد پتاسیم می‌باشند.

غلظت پتاسیم موجود در زهکش

مقادیر غلظت پتاسیم زهکش گلدان‌ها در جدول ۴ نشان داده شده است. مقادیر پتاسیم موجود درعصاره گیاهان تغذیه شده با محلول غذایی بدون پتاسیم بسیار ناچیز است. پتاسیم موجود در محیط کشت در تیمارهای تغذیه شده با محلول غذایی پتاسیم‌دار نسبت به محلول غذایی بدون پتاسیم بیشتر است که این امری کاملاً بدیهی است. همچنین در تیمارهای بدون پتاسیم بستر فلوگوپیت مقدار پتاسیم بیشتری در مقایسه با دو تیمار دیگر موسکویت و کوارتز دارا می‌باشد. به علت خالی بودن یک موقعیت از سه موقعیت ورقه اکتاهدرال در موسکویت، یون هیدروژن از موقعیت عمودی فاصله گرفته و به طرف موضع خالی متمایل می‌شود. این امر باعث می‌شود که پتاسیم در این نوع از میکا نسبت به میکاهای تری‌اکتاهدرال (فلوگوپیت) بیشتر تحت تأثیر میدان الکتریکی مربوط به یون هیدروکسیل قرار گرفته و آزادسازی پتاسیم بین لایه‌ای مشکل‌تر شود (۹).

نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج بدست آمده در این پژوهش می‌توان دریافت که گیاه جو در شرایط تغذیه‌ای بدون پتاسیم در محیط فلوگوپیت به خوبی توانسته است از پتاسیم موجود در بین لایه‌های این کانی استفاده کند. بطوریکه میزان پتاسیم در این محیط برای گیاه جو در تمام طول دوره رشد در حد کفایت قرار داشته است. به عبارت دیگر، وقتی گیاهان کشت شده با محلول‌غذایی بدون پتاسیم تغذیه می‌شوند، تنها منبع پتاسیم مورد نیاز گیاهان کانی‌های میکایی هستند. هنگامی که کمبود پتاسیم رخ می‌دهد با مکانیزم‌هایی که در محیط ریزوسفر رخ می‌دهد کانی‌ها هوادیده شده و پتاسیم خود را در اختیار گیاه قرار می‌دهند. بازرگان (۲) نشان داد که ریشه‌های گندم و چغندر باعث تغییر سرعت تراوه‌ها، نوع آن‌ها و همچنین ترکیب اسیدهای آلی تراویده از ریشه تحت تأثیر غلظت پتاسیم می‌شوند. بنابراین نوع گیاه و میزان تراوه‌ها ریشه‌ای آن در استفاده از پتاسیم ساختمانی حائز اهمیت است. علاوه بر نقش گیاه در استفاده از پتاسیم ساختمانی، میزان آزادسازی پتاسیم از بین لایه‌های میکا به نوع کانی میکایی بستگی دارد. میکای تری‌اکتاهدرال فلوگوپیت در مقایسه با کانی دی‌اکتاهدرال موسکویت

Archive of SID

www.SID.ir

سریعتر هوا دیده شده و پتاسیم خود را در اختیار گیاه قرار می‌دهد. در مجموع به نظر می‌رسد استفاده از کودهای پتاسیمی جهت جلوگیری از تخلیه ذخایر پتاسیمی خاک‌ها به ویژه در شرایط کشت متراکم ضروری باشد. در این ارتباط انجام آزمایشات کودی همراه با شناخت کافی از نوع و میزان کانی‌های پتاسیم‌دار، کمک شایانی در اتخاذ تصمیم صحیح خواهد کرد.

منابع

۱- احتشامی س.م. و چانی‌چی م.ح. ۱۳۷۷. اثر شوری بر جوانه زنی دو رقم جو. مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی، ۳۳و۳۴ : ۴-۲۴.

۲- بازرگان ک. ۱۳۸۲. تأثیر خصوصیات خاک بر پویایی و عرضه پتاسیم در چند خاک آهکی انتخابی ایران. پایان‌نامه دکتری خاکشناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس.

۳- حسین پور ع. ۱۳۷۸. مطالعه تثبیت پتاسیم، کمیت- شدت پتاسیم و سرعت آزاد شدن پتاسیم غیرتبادلی در تعدادی از خاک های ایران. پایان-نامه دکتری خاکشناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان.

۴- خوشگفتارمنش ا.ح. ۱۳۸۶. ارزیابی وضعیت تغذیه ای گیاه و مدیریت بهینه کودی. انتشارات دانشگاه صنعتی اصفهان. ۵۱-۵۲.

۵- فرپور م. ۱۳۸۱. رابطه بین ژئومورفولوژی و تکامل خاک‌های منطقه رفسنجان. پایان‌نامه دکتری خاکشناسی. دانشگاه صنعتی اصفهان.

۶- ملکوتی م.، شهابی ع.ا. و بازرگان ک. ۱۳۸۴. پتاسیم در کشاورزی ایران. انتشارات وزارت جهاد کشاورزی. تهران. ۲۵۸ صفحه.

7- Badraoui M., Bloom P.R., and Delmaki A. 1992. Mobilization of non-exchangeable K by ryegrass in five Moroccan soils with and without mica. Plant Soil, 140:55-63.

8- Benton Jones J., Wolf B., and Mills H.A. 1991. Plant Analysis Handbook, a Practical Sampling, Preparation, Analysis and Interpretation Guide. Micro-Macro Publishing, Inc., Georgia, USA, 213 pp.

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

10- 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.

11- Hinsinger P., Elsass F., Jaillard B., and Robert M. 1993. Root-induced irreversible transformation of a trioctahedral mica in rhizosphere of rape. J. Soil Sci., 44:535-545.

12- Jalali M. 2005. Release kinetics of non-exchangeable potassium in calcareous soils. Comm. Soil Sci. Plant Anal. 36: 1903-1917.

13- Jalali M., and M. Zarabi. 2006. Kinetics of non-exchangeable potassium release and plant response in some calcareous soils. J. Plant Nutr. Soil Sci., 169:194-204.

14- Kayser M., and Isseslstein J. 2005. Potassium cycling and losses in grassland systems: a review. Grass Forage Sci. 60:213-224.

15- Moritsuka N., Yanai J., and Kosaki T. 2004. Possible processes releasing non-exchangeable potassium from the rhizosphere of maize. Plant Soil, 258:261-268.

16- Nabiollahy K., Khormali F., Bazargan K., and Ayoubi Sh. 2006. Forms of K as a function of clay mineralogy and soil development. Clay Miner, 41:739-749.

17- Ogaard A.F., and Krogstad T. 2005. Release of interlayer potassium in Norwegian grassland soils. J. Plant Nutr. Soil Sci. 168: 80-88.

18- 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.

19- Sparks D.L., and Huang P.M. 1985. Physical chemistry of soil potassium. In: Munson, R.D. (Ed.), Potassium in Agriculture. Soil Sci. Soc. Am. Madison, WI, pp. 201-276.

20- Stegner R. 2002. Plant Nutrition Studies. Lamotte Company, Maryland, USA.

21- 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.

22- 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.

23- Yuan L., Huang J., Li X., and Christie P. 2004. Biological mobilization of potassium from clay minerals by ectomycorrhizal fungi and eucalypt seedling roots. Plant Soil, 262:351-361.

Archive of SID

www.SID.ir

Journal of Water and Soil
Vol. 23, No. 4, Winter 2009, p. 170-178

نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۲۳، شماره ۴، زمستان ۱۳۸۸، ص. ۱۷۸-۱۷۰

Ability of barley (*Hordeum vulgare* L.) to take up potassium from di- and tri-octahedral micas

F. Khayamim[1] – H. Khademi[2]* – A.H. Khoshgoftarmanesh[3] – Sh. Ayoubi[4]

Abstract

Mineral weathering is a major source of most essential nutrients including potassium. It is well known that potassium plays an important role in improving the quality of agricultural products and micaceous minerals, as the major source of potassium, are abundant in Iranian soils. No information is available on the role of micaceous minerals in supplying K to barley as the second major crop in Iran. The objective of this research was to demonstrate the ability of barley (*Hordeum vulgare* L.) to take up structural potassium from muscovite and phlogopite. The experiment was carried out in a completely randomized design with factorial combinations and three replicates. Culture medium was a mixture of quartz sand (as filling material) and K–bearing minerals including muscovite or phlogopite. Pots were irrigated with different nutrient solutions (+K and -K) during a period of four months. Barley Govhar cultivar was used which is widely cultivated in the Isfahan province. At the end of experiment, shoots and roots were separated and plant samples were prepared with dry ashing method and their K content was determined with flame photometer. In K-free treatments, total plant K uptake was significantly higher in phlogopite treated medium as compared to muscovite. No significant difference was found between control and muscovite amended treatment under K-free solution. In pots amended with phlogopite, K concentration was in sufficient limit, even under K-free nutrient solution. This indicates the importance of the type of micaceous minerals in plant K availability, particularly in soils where minerals structural K is the only source of K supply.

Key words: Muscovite, Phlogopite, Barley, Rhizospheric effections, Potassium release

Archive of SID

1,2,3,4- MS.c Student, professor, Associate prof., and Assistant prof., Respectively, College of Agriculture, Isfahan University of Technology
(*- Corresponding author Email: hkhademi@cc.iut.ac.ir)

www.SID.ir