تغییرات زمانی میزان رهاسازی پتاسیم از فلوگوپیت در محیط ریشه یونجه (*Medicago sativa L.*)

حسن لطفی پارسا، حسین خادمی[۱*]، شمس‌الله ایوبی و آسیه هادی نژاد

دانشجوی کارشناسی ارشد خاکشناسی دانشگاه صنعتی اصفهان؛ **hlparsa@yahoo.com**

استاد گروه خاکشناسی دانشگاه صنعتی اصفهان؛ **hkhademi@cc.iut.ac.ir**

دانشیار گروه خاکشناسی دانشگاه صنعتی اصفهان؛ **ayoubi@cc.iut.ac.ir**

دانشجوی کارشناسی ارشد خاکشناسی دانشگاه صنعتی اصفهان؛ **as.hadinejad@gmail.com**

چکیده

پتاسیم یکی از عناصر ضروری رشد گیاه است که عمدتاً از طریق کانی‌های اولیه پتاسیم‌دار خاک تأمین می‌شود. نقش این کانی‌های اولیه که معمولا کانی‌های میکائی هستند در تأمین پتاسیم مورد نیاز گیاه بخوبی شناخته شده است لیکن اطلاعات ناچیزی در مورد میزان رهاسازی پتاسیم از کانی‌های میکائی با زمان وجود دارد. این مطالعه با هدف بررسی تغییرات زمانی غلظت و جذب پتاسیم از کانی فلوگوپیت توسط گیاه یونجه انجام شد. در این پژوهش از آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار استفاده شد. بستر کشت مخلوطی از شن کوارتزی (به عنوان ماده پرکننده) و کانی فلوگوپیت بوده و گیاهان بوسیله دو نوع محلول غذائی (پتاسیم‌دار یا بدون پتاسیم) در دوره ۲۰۰ روزه کشت تغذیه شدند. در طول آزمایش در زمان‌های۴۰، ۷۵، ۱۱۰، ۱۴۰، ۱۶۵ و ۲۰۰ روز، سه تکرار از گلدان‌ها برداشت واندام هوائی و ریشه گیاه جدا شده و عصاره‌گیری به روش خاکسترگیری خشک انجام شد و مقدار پتاسیم در عصاره گیاه توسط دستگاه شعله‌سنج تعیین شد. نتایج نشان داد که غلظت پتاسیم با زمان به صورت معنی‌داری کم می‌شود. همچنین مشاهده شد که فلوگوپیت توانسته است تا بیش از ۱۱۰ روز پتاسیم گیاه را در محدوده کفایت نگه دارد. پارامترهای سرعت رشد و سرعت جذب پتاسیم هم دارای تغییرات معنی‌داری با زمان بودند و تغییرات‌شان به گونه‌ای بود که در ابتدا به‌دلیل توان کم گیاه در جذب پتاسیم کم و در اواسط آزمایش با رشد ریشه‌ها توان جذب گیاه افزایش می‌یابد. در انتهای آزمایش به‌دلیل پیر شدن گیاه و همچنین کاهش منابع پتاسیم در تیمارهای تغذیه‌ای بدون پتاسیم، توان جذب پتاسیم ریشه کاهش می‌یابد و درنتیجه مقادیر سرعت رشد گیاه و سرعت جذب پتاسیم کم می‌شود.

واژه‌های کلیدی: سرعت رشد، سرعت جذب پتاسیم توسط ریشه

مقدمه

پتاسیم یکی از عناصر اصلی مورد نیاز گیاه است. در بسیاری از خاک‌ها، مقدار کل پتاسیم عموماً زیاد است، اما فقط بخش کوچکی از آن سریعاً در دسترس گیاه قرار می‌گیرد. پتاسیم در خاک می‌تواند به بخش‌های مختلفی تقسیم شود که به ترتیب کاهش قابلیت استفاده برای گیاه عبارتند از: بخش‌های محلول، تبادلی، غیرتبادلی و

---

[۱] نویسنده مسئول، آدرس: اصفهان، دانشگاه صنعتی اصفهان، دانشکده کشاورزی، گروه خاکشناسی

* دریافت: بهمن ۱۳۹۰ و پذیرش: اردیبهشت ۱۳۹۱

Archive of SID

www.SID.ir

ساختمانی (مارتین و اسپارکس، ۱۹۸۵). عوامل فیزیکی، شیمیائی، 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).

در بسیاری از خاک‌ها منبع پتاسیم غیرتبادلی و ساختمانی بیش از ۹۹-۹۰٪ کل پتاسیم خاک را تشکیل می‌دهد که شامل پتاسیم موجود در ساختمان فلدسپارها و پتاسیم تثبیت‌شده بین کانی‌های رسی میکائی مثل ایلیت است. اهمیت کانی‌های رسی ۲:۱ در تأمین نیاز پتاسیمی گیاه با توجه به رابطه بسیار مهم بین پتاسیم غیرتبادلی قابل دسترس گیاه و کانی‌شناسی رس‌های ۲:۱ مشخص می‌شود (مارتین و اسپارکس، ۱۹۸۵). همچنین در بسیاری از مطالعات مشخص شده است که کانی‌های رسی ۲:۱ توانائی تثبیت پتاسیم محلول را دارند(آفیسر و همکاران، ۲۰۰۶).

میکاها سیلیکات‌های لایه‌ای ۲:۱ می‌باشند که در صفحه هشت‌وجهی آن‌ها آلومینیم، منیزیم یا آهن وجود دارد. لایه-های ۲:۱ به وسیله یک سری کاتیون‌ها، به ویژه پتاسیم، با نیروی زیادی کنار هم نگه داشته می‌شوند (تامپسون و یوکراینچزیک، ۲۰۰۲). این کانی‌ها بسته به کاتیون موجود در لایه هشت‌وجهی به میکای دوجائی (موسکویت و گلیکونیت) و میکای سه‌جائی (بیوتیت و فلوگوپیت) تقسیم‌بندی می‌شوند (اسپارکس و هوانگ، ۱۹۸۵). کانی-های میکایی از لحاظ اینکه منبع مهم عناصری مثل پتاسیم، منیزیم، روی و منگنز هستند، نقش ویژه‌ای در تغذیه گیاه دارند (هوانگ، ۱۹۸۵). برای حداکثر رشد گیاه، پتاسیم محلول و تبادلی خاک باید به طور مداوم از طریق آزادسازی پتاسیم غیرتبادلی در اثر هوادیدگی ذخایر پتاسیم یا افزودن کودهای پتاسیمی جایگزین شود (برش و توماس، ۱۹۸۵). مطالعات زیادی نشان داده‌اند که آزادسازی پتاسیم از ذخایر غیرتبادلی یا ساختمانی می‌تواند به طور معنی‌داری در میزان پتاسیم جذب‌شده توسط گیاه نقش داشته باشد (اسنپ و همکاران، ۱۹۹۵).

توانایی ریشه‌های گیاه و ریز جانداران خاک در هوادیدگی کانی‌ها و ایجاد تغییرات قابل‌توجه کانی‌شناسی در گذشته گزارش شده است (هینسینجر و جیلارد، ۱۹۹۳ و نبی‌الهی و همکاران، ۲۰۰۶). هینسینجر و همکاران (۱۹۹۲) در بررسی هوادیدگی و تبدیل کانی فلوگوپیت در ریزوسفر گیاه رای‌گراس مشاهده نمودند که پس از ۴ روز شواهدی از تبدیل فلوگوپیت به ورمیکولیت در ۱/۵ میلی-متری ریشه قابل رویت بود. این اتفاق را به جذب پتاسیم توسط ریشه و انبساط لایه‌های میکا ربط دادند.

هینسینجر و جیلارد(۱۹۹۳) در مطالعه دیگری تغییرات کانی‌شناسی میکای سه‌جائی فلوگوپیت به عنوان تنها منبع تأمین منیزیم و پتاسیم برای گیاه رای‌گراس را گزارش کردند. پس از ۸ روز پتاسیم بین لایه‌ای رهاشده از این کانی به طور معنی‌داری افزایش یافت و پس از ۳۲ روز ریشه‌های گیاه توانستند ۱۹۱ گرم بر کیلوگرم از کل پتاسیم را آزاد کنند که بخش مهمی از نیاز گیاه را تأمین کرد. نتایج کانی‌شناسی، ورمیکولیتی‌شدن فلوگوپیت را پس از ۳ و ۸ روز به ترتیب در فاصله ۰/۵ و ۲ میلی‌متری از ریشه نشان داد. خادمی و آروسینا (۲۰۰۸) در تحقیقی تأثیر ریزوسفر گیاهان جو، یونجه و کلزا و ماده آلی (پیت) بر آزادسازی منیزیم از کانی‌های سپیولیت و پالیگورسکیت را بررسی کردند. مطالعات کانی‌شناسی پس از ۱۰۰ روز کشت، تشکیل کائولینیت را در بسترهای حاوی پالیگورسکیت در ریزوسفر گیاهان یونجه، کلزا و جو در تیمارهای با و بدون ماده آلی نشان داد. لیوال و برتلین (۱۹۹۱) مشاهده کردند که ریشه گیاهان جو و ذرت و رای‌گراس پس از چند هفته توانسته است پتاسیم بین لایه‌ای بیوتیت را استخراج نمایند. نوروزی و خادمی(۲۰۰۹) در مطالعه خود دریافتند که پس از ۹۰ روز، یونجه توانائی بالائی در جذب پتاسیم بین لایه‌ای از کانی‌های فلوگوپیت و بیوتیت دارد، درحالیکه موسکویت پتاسیم کمی در اختیار گیاه قرار داد. 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 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.

خاک‌های مناطق خشک و نیمه‌خشک حاوی مقادیر نسبتاً زیاد کانی‌های پتاسیم‌دار هستند. این کانی‌ها قادر به رهاسازی پتاسیم مورد نیاز گیاه در وضعیت کمبود این عنصر می‌باشند. اگرچه خاک‌ها در مناطق خشک و نیمه خشک ممکن است حاوی مقادیر زیاد پتاسیم تبادلی و غیر تبادلی باشند (جلالی و ضرابی، ۲۰۰۶) اما پتاسیم تبادلی در این مناطق می‌تواند در اثر کشت پی‌درپی و متراکم تخلیه شود. جلالی (۲۰۰۵) کانی‌های غالب بخش رس خاک‌های خشک منطقه همدان را ایلیت، اسمکتیت و ورمیکولیت به همراه مقادیر بسیار ناچیز کائولینیت گزارش نمود. نبی‌الهی و همکاران (۲۰۰۶) 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

Archive of SID

www.SID.ir

خاک‌های غنی از ایلیت ۳۰ تا ۵۰ درصد و در خاک‌های با مقادیر ایلیت کمتر ۱۰ تا ۳۰ درصد است.

یونجه (*Medicago sativa*) به عنوان یکی از مهمترین محصولات علوفه‌ای جهان شناخته می‌شود. این گیاه کیفیت غذائی، بازدهی و مقاومت در برابر خشکی بالائی دارد و با شرایط مختلف سازگاری خوبی دارد (لی و همکاران، ۲۰۰۷). جنس *Medicago* دارای بیش از ۶۰ گونه گیاهی است که اکثراً یکساله و علفی می‌باشند (کریمی، ۱۳۸۱).گونه *Medicago sativa* در اکثر مناطق ایران به‌عنوان یک محصول علوفه‌ای چندساله کشت می‌شود (طالبی بداف، ۱۳۸۷). قابل ذکر است یونجه توانائی بالائی در جذب مقادیر زیاد پتاسیم جهت افزایش تولید محصول از خاک را دارد (بنتون جونز و همکاران، ۱۹۹۱). این تحقیق با توجه به توانائی بالای گیاه یونجه در جذب پتاسیم بین لایه‌ای و ساختمانی و اهمیت این گیاه به‌عنوان یکی از محصولات مهم کشور و قرارگیری ایران در منطقه‌ی خشک و نیمه‌خشک و فراوانی کانی‌های پتاسیم دار در این مناطق صورت گرفت. همچنین با توجه به اینکه شناخت دقیقی از تغییرات زمانی غلظت پتاسیم در یونجه و توانائی کانی‌های میکائی در تداوم تأمین پتاسیم مورد نیاز گیاه وجود ندارد، این تحقیق با هدف بررسی تغییرات زمانی جذب پتاسیم از کانی فلوگوپیت توسط یونجه انجام شد.

مواد و روشها

در این تحقیق آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار در شرایط گلخانه‌ای انجام شد. تیمارهای آزمایش شامل دو نوع محلول غذائی (باپتاسیم و بدون پتاسیم) و همچنین شش زمان برداشت گیاهان بودند. کانی میکائی فلوگوپیت که ترکیب عنصری و خلوص آن با استفاده از مطالعات پراش پرتو ایکس و فلورسانس پرتو ایکس تعیین شده بود (نوروزی و خادمی، ۲۰۱۰) استفاده شد (جدول ۱).

کانی فلوگوپیت از معدنی در همدان تهیه شد و اندازه ذرات کمتر از ۶۰ میکرون جهت انجام آزمایش جدا شد. این کانی به گونه‌ای به محیط کشت اضافه گردید که مقادیر یکسانی پتاسیم (معادل۰/۲۵ درصد K_2O) تأمین گردد. همچنین شن کوارتزی نیز از معدنی در همدان تهیه و در اندازه بزرگتر از ۲۰۰ مش به عنوان ماده پرکننده گلدان‌ها (به همراه کانی میکائی) استفاده شد. جهت تمیز کردن شن، سه بار با اسید کلریدریک ۰/۲ نرمال و سپس چندین مرتبه با آب مقطر شستشو انجام و در دمای ۱۰۵ درجه سانتیگراد در آون خشک گردید. پس از مخلوط‌کردن مقادیر مشخصی از کانی فلوگوپیت با شن جهت تأمین میزان معادل ۰/۲۵ درصد K_2O (۱۳/۵ گرم فلوگوپیت و ۴۸۶/۵ گرم شن کوارتزی در ۵۰۰ گرم بستر) از بذر یونجه، رقم رهنانی جهت کشت استفاده شد. تعداد بذر کاشته شده در هر گلدان ۱۰ عدد بود و ۱۰ روز پس از سبز شدن تعداد بوته در هر گلدان به ۳ عدد کاهش و مابقی تنک شدند. در طول دوره کشت گیاهان با آب مقطر و محلول غذائی پتاسیم‌دار و بدون پتاسیم تغذیه شدند (اشتگنر ۲۰۰۲).

در زمان‌های ۴۰، ۷۵، ۱۱۰، ۱۴۰، ۱۶۵ و ۲۰۰ روز پس از کشت تعداد ۳ گلدان از هر تیمار تغذیه‌ای برداشت و شاخسار و ریشه در آون به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۷۰ درجه سانتیگراد خشک و عصاره‌گیری به‌روش خاکستر خشک (خوشگفتارمنش، ۱۳۸۶) انجام و مقدار پتاسیم با دستگاه شعله‌سنج تعیین شد. داده‌های بدست آمده از آزمایش با نرم افزار SAS 9.1 تجزیه و تحلیل و مقایسه میانگین‌ها نیز با آزمون LSD در سطح ۵٪ صورت گرفت.

نتایج و بحث

تجزیه شیمیایی فلوگوپیت و شن کوارتزی مورد استفاده

همانگونه که جدول ۱ نشان می‌دهد کانی فلوگوپیت مورد استفاده در این پژوهش با بیش از ۹ درصد K_2O از جمله کانی‌های میکائی با پتاسیم بالا است. منیزیم و آهن کاتیونهایی هستند که مرکز موقعیت‌های هشت وجهی این کانی‌تری اکتاهدرال را اشغال نموده‌اند. میزان ناخالصی نمونه مورد استفاده شامل سدیم، کلسیم و منگنز بسیار کم می‌باشد. به علاوه تجزیه شیمیایی شن مورد استفاده حاکی از آنست که نمونه مورد استفاده به عنوان ماده پر کننده بستر کشت با حدود ۹۷/۵ درصد SiO_2 تقریباً کوارتز خالص می‌باشد و مقدار کمی ناخالصی موجود در نمونه عمدتاً منیزیم و آلومنیوم، آهن و کلسیم بوده و میزان پتاسیم در شن کوارتزی مورد استفاده بسیار ناچیز می‌باشد. لذا شن کوارتزی مورد استفاده نقشی در تأمین پتاسیم گیاهان نداشته و به جد می‌توان گفت که پتاسیم جذب شده توسط گیاهان در بسترهای تغذیه شده با محلول غذایی بدون پتاسیم تنها از کانی میکائی فلوگوپیت بوده است.

جداول ۲ و ۳ تجزیه واریانس تغییرات غلظت پتاسیم اندام‌هوائی و ریشه گیاه یونجه را نشان می‌دهد. اثرات مستقیم نوع محلول غذائی و زمان بر تغییرات غلظت پتاسیم در سطح احتمال ۹۹٪ معنی‌دار است. همچنین اثر متقابل زمان و محلول غذائی بر تغییرات پتاسیم اندام هوائی و ریشه گیاه در سطح احتمال ۹۹٪ معنی‌دار است.

تغییرات غلظت پتاسیم اندام هوایی و ریشه گیاه

شکل ۱ ـ الف تغییرات غلظت پتاسیم اندام‌هوایی در طول دوره آزمایش را نشان می‌دهد. این شکل را می‌توان از جنبه‌های مختلفی بررسی نمود. به‌طورکلی در تمامی

Archive of SID

www.SID.ir

زمان‌ها غلظت پتاسیم در حالت تغذیه‌ای با پتاسیم بیشتر از حالت تغذیه‌ای بدون پتاسیم است که کاملاً بدیهی و منطقی است. در هردو تیمار تغذیه‌ای غلظت پتاسیم با افزایش زمان کاهش می‌یابد که این اختلاف در اغلب زمان ها معنی‌دار است و نشان‌دهنده کاهش قابلیت رهاسازی پتاسیم از فلوگوپیت بویژه در تیمار تغذیه‌ای با محلول غذائی بدون پتاسیم است. البته به‌نظر می‌رسد این کاهش غلظت‌ها در مورد تیمارهای پتاسیم‌دار بدلیل پیرشدن گیاه و خشبی‌شدن ریشه‌ها یا به عبارتی کاهش توانائی گیاه در جذب پتاسیم باشد. چون‌که پتاسیم مورد نیاز گیاه به‌وسیله محلول غذائی کامل تأمین می‌شود.

در تیمارهای بدون پتاسیم دلایل متعددی در کاهش معنی‌دار غلظت پتاسیم درگیاه نقش دارند. به نظر می‌رسد پیر شدن گیاه و خشبی شدن ریشه‌ها و مهم‌تر از آن تخلیه بخش سهل الوصول پتاسیم بین لایه‌ای، از مهم‌ترین عوامل کاهش غلظت پتاسیم گیاه باشند. با توجه به این که در تیمارهای بدون پتاسیم تنها منبع تأمین پتاسیم ، کانی فلوگوپیت بوده است، لذا مهم‌ترین دلیل کاهش غلظت پتاسیم در گیاه را می‌توان کاهش پتاسیم سهل الوصول بین لایه‌ای دانست.

در هر حال گیاه از طریق جذب پتاسیم غیرتبادلی فلوگوپیت توانسته است تا بیش از ۱۱۰ روز نیاز خود را در حد کفایت تأمین نماید. اگرچه گیاه در این بسترکشت با محلول غذائی بدون پتاسیم تغذیه شده است و هیچ‌گونه پتاسیمی از منبع خارجی دریافت نکرده است اما ریشه گیاه با ترشح اسیدهای آلی و ایجاد محیط ریزوسفری توانسته است کانی فلوگوپیت را هوادیده نموده و پتاسیم غیر تبادلی آن را جذب کند. مطالعات دیگر هم فراهمی عناصر غذایی را معمولاً تحت تأثیر مقدار و ترشحات ریشه و رطوبت و رس و هوموس و pH و دیگر فاکتورها دانسته‌اند (منگل و همکاران، ۱۹۹۳ و موریتسوکا و همکاران، ۲۰۰۴). خیامیم (۱۳۸۸) در مطالعه خود دریافت که پس از ۱۴۰ روز فلوگوپیت به عنوان یک میکای سه‌جائی توانست نیاز پتاسیمی گیاهان تحت کشت را به خوبی تأمین نماید به‌طوری که غلظت پتاسیم شاخسار جو و یونجه در محدوده کفایت این عنصر قرار داشت. همچنین در تیمارهای تغذیه‌ای دارای پتاسیم گیاه تا پیش از روز ۱۱۰ دارای جذبی بیش از محدوده کفایت بوده که به جذب تجملی معروف است. محدوده کفایت پتاسیم برای یونجه حدود ۳/۵ ـ ۲٪ است (بنتون جونز و همکاران، ۱۹۹۱). با توجه به نمودار می‌توان دریافت که کانی فلوگوپیت توانسته است میزان پتاسیم گیاه را تا بیش از ۱۱۰ روز در محدوده کفایت نگه دارد. هینسینجر و جیلارد (۱۹۹۳) در مطالعه خود مشاهده کردند که پس از ۸ روز از آغاز آزمایش مقدار جذب پتاسیم گیاه به چیزی فراتر از پتاسیم تبادلی رسیده است که پس از ۳۲ روز این مقدار به ۱۷ برابر مقدار پتاسیم تبادلی رسیده بود. نتایج این محققین نشان داد که این تأمین پتاسیم برای گیاه توسط پتاسیم غیر-تبادلی فلوگوپیت بوده است و حاکی از اهمیت پتاسیم غیر-تبادلی در تغذیه گیاه است. همچنین نادری‌زاده و همکاران (۲۰۱۰) در آزمایش خود به این نکته رسیدند که سه‌جائی بودن کانی فلوگوپیت دلیل مهمتری نسبت به سایر عوامل از جمله مقدار ماده آلی در افزایش غلظت و جذب پتاسیم توسط گیاه است.

شکل۱- ب تغییرات درصد پتاسیم ریشه با زمان را نشان می‌دهد که روندی مشابه اندام هوایی دارد و در اینجا نیز مشاهده می‌شود غلظت پتاسیم در شرایط تغذیه‌ای پتاسیم-دار بالاتر از شرایط تغذیه‌ای بدون پتاسیم است که این امر بدیهی نشانگر کم‌بودن دسترسی به پتاسیم در شرایط تغذیه‌ای بدون پتاسیم نسبت به شرایط پتاسیم‌دار است. نکته قابل ذکر درصد پتاسیم کمتر ریشه نسبت به اندام هوایی است که در هر دو تیمار تغذیه‌ای با و بدون پتاسیم قابل مشاهده است. یوآن و همکاران (۲۰۰۴) در تحقیق خود دریافتند که غلظت پتاسیم در برگ گیاه اکالیپتوس حداکثر و پس از آن ریشه و ساقه غلظت پتاسیم کمتر را نشان داده‌اند. این نشان‌دهنده تحرک مناسب پتاسیم در آوند آبکش و انتقال زیاد به اندام‌های هوائی است. به عبارت دیگر انتقال مناسب عنصر به شاخسار به عنوان اندام هدف به خوبی انجام شده است.

تغییرات سرعت رشد اندام هوایی و ریشه گیاه

در شکل۲- الف روند تغییرات رشد اندام هوایی گیاه مشاهده می‌شود. این پارامتر از تقسیم مقدار وزن خشک به تعداد روز آزمایش در هر زمان مورد نظر محاسبه و برابر با میزان سرعت رشد یا شیب خط قرار داده شد. در تیمارهایی که با محلول‌غذایی پتاسیم‌دار تغذیه شده‌اند تا حدود روز ۱۱۰ و کمی بیشتر کم‌بودن روند رشد را می-توان به کوچکی ریشه و کم‌بودن توان گیاه در جذب عناصر غذایی ربط داد که باعث کم‌بودن سرعت رشد می‌شود. اما در حدود روزهای ۱۲۰ تا ۱۶۵ دیده می‌شود که سرعت رشد سریعاً افزایش می‌یابد. دلیل اصلی این افزایش رشد را می‌توان بزرگ‌تر شدن ریشه و در نتیجه افزایش توان جذب عناصر غذایی و از طرفی افزایش قدرت فتوسنتز در اندام هوایی دانست. علاوه بر این در حدود روزهای ۱۶۵ تا ۲۰۰ دیده می‌شود که سرعت رشد کاهشی است که این امر احتمالاً به خاطر پیر شدن گیاه وکاهش توان جذب آن و در نتیجه کاهش سرعت رشد

Archive of SID

www.SID.ir

می‌باشد. در تیمارهایی که با محلول غذایی بدون‌پتاسیم تغذیه شده‌اند نیز تا حدود روز ۱۱۰ سرعت رشد نسبتاً کم است که بدلیل کوچک بودن گیاه و توسعه کم ریشه است. انتظار می‌رود به علت زیست توده کمتر ریشه در این حالت ترشحات ریشه کمتر بوده و عوامل مؤثر در هوادیدگی کانی و رهاسازی پتاسیم نقش کمرنگی داشته باشند. لذا شاهد توانایی کم جذب عناصر غذائی بوده و در نتیجه سرعت رشد یا به عبارتی شیب خط نسبتاً کم می‌باشد. مهم‌ترین فاکتورهایی که سرعت رهاسازی پتاسیم را در ریزوسفر تعیین می‌کنند عبارتند از : مقدار یون‌های H_3O^+ که همراه ریشه‌ها هستند، خصوصیات تبادل یونی ریشه، انرژی تنفسی ریشه که به سیستم هوادیدگی انتقال داده می‌شود وخواص ترکیبات آلی که توسط ریشه ترشح می‌شوند یا در نتیجه فعالیت میکروبی روی بافت‌های مرده ریشه تولید می‌شوند (اسپیریداکیس و همکاران، ۱۹۶۷). به علاوه در حدود روزهای ۱۲۰ تا ۱۶۵ سرعت رشد به صورت چشمگیری افزایش می‌یابد. این افزایش عمدتاً بخاطر بزرگ‌شدن گیاه و افزایش توان جذب عناصرغذایی است. از طرفی پتاسیم مورد نیاز گیاه که در تیمارهای پتاسیم‌دار به وسیله محلول غذایی تأمین می‌شد، در اینجا نیز از طریق پتاسیم بین لایه‌ای کانی فلوگوپیت تأمین می‌شود. اما به طور کلی دیده می‌شود که مقدار سرعت رشد در تیمارهایی که با محلول بدون پتاسیم تغذیه شده‌اند کمتر از تیمارهای پتاسیم‌دار است. چون که در هر حال کانی فلوگوپیت توانایی کمتری نسبت به محلول غذایی کامل در تأمین پتاسیم مورد نیاز گیاه دارد. در این دوره زمانی عوامل مربوط به گیاه و کانی به خوبی با افزایش رهاسازی پتاسیم باعث افزایش سرعت رشد گیاه شده‌اند. ریشه‌های گیاه نه فقط جذب‌کننده آب و عناصر غذایی هستند بلکه با مکانیسم‌های متعدد دیگر رشد گیاه را حمایت می‌کنند.

ترکیبات رهاشده از ریشه باعث تغییرات شیمیایی در محیط ریشه شده که بر جمعیت ریزجانداران و عناصر غذایی قابل استفاده نیز تأثیر می‌گذارند (فاجریا و همکاران، ۲۰۰۶). به‌عبارتی وظیفه ریزوسفر معدنی‌کردن و افزایش حلالیت عناصر غذائی است. اسیدهای آلی مترشحه از ریشه با کاهش pH ریزوسفر باعث قابل جذب شدن عناصر غذایی میکرو و ماکرو می‌شوند (فاجریا و همکاران، ۲۰۰۶). در واقع پتاسیم با شرکت در ساخت هیدروکربن‌ها و پروتئین‌ها نقش موثری در رشد گیاه دارد که در نتیجه کمبود آن تقسیم سلولی و رشد گیاه متوقف می‌شود (ملکوتی و همکارن، ۱۳۸۴). در حدود روزهای ۱۶۵ تا ۲۰۰، شیب خط یا به عبارتی سرعت رشد مجددا کاهش می‌یابد. برای این کاهش سرعت رشد دلایل مختلفی را می توان بیان کرد. اما با توجه به اینکه از محلول غذایی بدون پتاسیم استفاده شده است، به نظر می‌رسد تخلیه بخش عمده پتاسیم سهل الوصول بین لایه‌ای و سخت‌شدن جذب پتاسیم بین‌لایه‌ای باقیمانده و ساختمانی مهم‌ترین دلیل این کاهش سرعت رشد در روزهای پایانی آزمایش باشد. البته برای این اتفاق دلایل دیگری از جمله پیرشدن و کاهش توان جذب عناصر غذایی توسط گیاه را نیز می‌توان برشمرد. در بررسی سرعت رشد ریشه گیاه (شکل ۲- ب) هم دقیقاً نتایجی مشابه با اندام هوایی وجود دارد و روند رشد حدوداً یکسان است و مقادیر سرعت رشد در تیمارهای پتاسیم‌دار بیشتر از تیمارهای بدون پتاسیم است. مطالعات دیگری هم بر تأثیر مستقیم پتاسیم بر رشد و توسعه ریشه تأکید دارند (بنتون جونز و همکاران، ۱۹۹۱). قابل ذکر است با توجه به این که به‌طور کلی ریشه مقادیر وزن خشک کمتری نسبت به اندام هوایی تولید می‌کند، مقادیر مطلق سرعت رشد ریشه از اندام هوایی کمتر است.

تغییرات سرعت جذب پتاسیم در اندام هوایی و ریشه گیاه

در شکل ۳- الف و ب تغییرات سرعت جذب پتاسیم در اندام هوایی و ریشه گیاه دیده می‌شود. این پارامتر حاصل تقسیم مقدار جذب بر تعداد روز آزمایش در هر بازه زمانی یا همان شیب خط می‌باشد. سرعت جذب پتاسیم نشان‌دهنده توانایی جذب گیاه در هر بازه زمانی است. قابل ذکر است که پارامتر جذب منتج از غلظت پتاسیم و وزن خشک گیاه است و با تغییر میزان غلظت پتاسیم و وزن خشک گیاه، سرعت جذب پتاسیم توسط گیاه به شدت تحت تأثیر قرار می‌گیرد. در شکل ۳- الف دیده‌می‌شود که در اندام هوایی گیاه در تیمارهایی که با محلول غذایی کامل تغذیه شده‌اند، سرعت جذب پتاسیم بسیار متغیر می‌باشد. با یک نگاه کلی می‌توان این نمودار را به سه قسمت تقسیم نمود. روند تغییرات سرعت جذب به صورتی است که تا حدود روز ۱۲۰ سرعت جذب نسبتاً کم است که این امر به خاطر کوچک‌بودن گیاه و کم‌بودن وزن خشک می‌باشد که نتیجتاً میزان جذب و متعاقباً سرعت جذب یا به عبارتی شیب خط کم است. از حدود روز ۱۲۰ تا ۱۶۵ دیده می‌شود که سرعت جذب شدیداً افزایش می‌یابد. عمده‌ترین دلایل این اتفاق را می‌توان افزایش وزن خشک و از طرفی افزایش توانایی جذب پتاسیم توسط گیاه و به عبارتی افزایش غلظت پتاسیم در گیاه دانست. البته باید به فراهمی پتاسیم و سایر عناصر غذایی در محیط توجه داشت که این امر باعث افزایش رشد و سرعت جذب شده است. مشاهده می‌شود که از روز ۱۶۵ تا روز ۲۰۰ که پایان آزمایش است سرعت جذب

Archive of SID

www.SID.ir

کم می‌شود که این کاهش را می‌توان به پیر شدن گیاه و کاهش توانایی جذب پتاسیم و سایر عناصر غذایی ربط داد. قابل ذکر است با توجه به اینکه پتاسیم از طریق محلول-غذائی تأمین می‌شود،کاهش میزان سرعت جذب را می‌توان به ناتوانی گیاه نسبت داد. در تیمارهایی که با محلول غذایی بدون پتاسیم تغذیه شده‌اند نیز روند نسبتاً مشابه قبلی اما با مقادیر کمتر وجود دارد. در این محیط پتاسیم مورد نیاز گیاه توسط پتاسیم بین‌لایه‌ای کانی فلوگوپیت تأمین می‌شود. دیده می‌شود که از آغاز آزمایش تا حدود روز ۱۲۰ سرعت جذب نسبتاً کم است. با توجه به این که پتاسیم مورد نیاز گیاه توسط کانی تأمین می‌شود، این کم-بودن سرعت جذب را می‌توان به کم‌بودن زیست‌توده یا به عبارتی کوچک‌بودن ریشه گیاه ربط داد. مطالعات دیگر هم بر این نکته تأکید دارند که کارائی جذب اغلب با اندازه سیستم ریشه در ارتباط است و هرچه طول ریشه و بخصوص تعداد ریشه‌های کوچک بیشتر باشد ترشحات ریشه و توانائی جذب پتاسیم گیاه بیشتر خواهد بود (وانگ و همکاران، ۲۰۰۰). از حدود روزهای ۱۲۰ تا ۱۶۵ سرعت رشد افزایش می‌یابد. در این دوره گیاه دارای وزن خشک نسبتاً خوبی است و ازطرفی پتاسیم مورد نیاز گیاه هم از منبع پتاسیم بین‌لایه‌ای کانی فلوگوپیت تأمین می‌شود. لذا غلظت پتاسیم و متعاقباً میزان جذب و سرعت جذب پتاسیم افزایش می‌یابد. در روزهای پایانی آزمایش یعنی ۱۶۵ تا ۱۲۰ روز دیده می‌شود که سرعت جذب پتاسیم روندی کاهشی دارد. دلایل متعددی در این اتفاق نقش دارند. پیرشدن گیاه وکاهش توان جذب پتاسیم را می‌توان از علل این کاهش سرعت رشد نام برد اما دلیل دیگری که باید با تأمل بررسی شود، تخلیه شدن لایه‌های فلوگوپیت از پتاسیم بین لایه‌ای است. به عبارت دیگر پتاسیمی در محیط وجود نداشته است که گیاه بتواند آن را جذب کند. لذا غلظت پتاسیم در گیاه و میزان جذب و سرعت جذب پتاسیم کاهش یافته است. ممون و همکاران (۱۹۸۸) در مطالعات خود تفاوت در کانی‌شناسی رس‌ها و مرحله هوادیدگی را در میزان رهاسازی پتاسیم غیرتبادلی و جذب پتاسیم مهم دانستند و اجتناب از قضاوت از روی مواد مادری و گروه‌های بزرگ را پیشنهاد نمودند. در شکل ۳-ب تغییرات سرعت جذب پتاسیم ریشه مشاهده می‌شود. روند تغییرات حدوداً مشابه اندام هوایی است. البته مقادیر سرعت جذب پتاسیم ریشه به مراتب نسبت به بخش هوائی کمتر است، که این به خاطر کم‌بودن زیست‌توده ریشه و همچنین کم‌بودن غلظت پتاسیم است. به عبارت دیگر پتاسیم در گیاه یک عنصر متحرک است و به اندام هدف خود که اندام هوایی گیاه است انتقال یافته است.

نتیجه گیری

با توجه به نتایج این مطالعه می‌توان پی به توانایی بالای گیاه یونجه در جذب پتاسیم در شرایط تغذیه‌ای بدون پتاسیم برد و دیده می‌شود که یونجه به خوبی در محیط حاوی فلوگوپیت توانسته است از پتاسیم موجود در بین لایه‌های این کانی بویژه در ابتدای دوره رشد که گیاه نیاز کمتری به پتاسیم دارد استفاده کند. کانی فلوگوپیت بخوبی توانسته است پتاسیم موردنیاز گیاه را تا بیش از ۱۱۰ روز کشت تأمین کند و غلظت پتاسیم گیاه را در این دوره در محدوده کفایت نگه دارد. قابل ذکر است که در مواقع کمبود پتاسیم با مکانیزم‌هایی که در ریزوسفر رخ می‌دهد، کانی‌ها هوادیده شده و پتاسیم خود را در اختیار گیاه قرار می‌دهند. مطالعات مختلف نشان داده‌اند که نوع گیاه و میزان ترشحات ریشه‌ای آن و از طرفی نوع کانی و مرحله هوادیدگی در استفاده از پتاسیم ساختمانی حائز اهمیت است. علاوه بر نقش گیاه در استفاده از پتاسیم ساختمانی رهاسازی پتاسیم ساختمانی و بین‌لایه‌ای شدیداً به نوع کانی میکائی وابسته است. با توجه به اینکه در مناطق خشک و نیمه‌خشک میزان کانی‌های اولیه بسیار بالاست و این کانی‌ها منبع سرشاری از پتاسیم برای گیاه هستند و با توجه به قرارگیری کشورمان در این مناطق لازم است که منابع این کانی‌ها دقیقاً مشخص شده و جهت بهبود اقتصادی تولید محصولات در این مناطق مصرف کودهای پتاسیمی بر اساس کانی‌شناسی و آزمون خاک صورت گیرد.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۱- تجزیه عنصری فلوگوپیت و شن کوارتزی استفاده شده در آزمایش به وسیله فلورسانس پرتو ایکس بر حسب درصد [۲۴]

	Na_2O	MgO	Al_2O_3	SiO_2	K_2O	CaO	Fe_2O_3	MnO	P_2O_5	TiO_2	LOI*	Total
فلوگوپیت	۰/۴۵	۲۲/۵۴	۱۴/۶	۴۲/۲۴	۹/۲۹	۴/۲۱	۴/۶۹	۰/۱۱	۰/۰۳۷	۰/۵۶	۰/۹	۹۹/۶۳
شن کوارتزی	<۰/۱	۰/۱۱	۰/۳۶	۹۷/۵۳	<۰/۱	۰/۶۱	۰/۵۷	–	–	–	۰/۴۸	۹۹/۸۶

* کاهش وزن در دمای بالا (Loss on ignition)

جدول ۲- تجزیه واریانس غلظت پتاسیم اندام هوائی

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات غلظت پتاسیم
نوع محلول غذائی	۱	۱۷/۴۳۰**
زمان	۵	۱/۵۶۵**
نوع محلول غذائی× زمان	۵	۰/۲۱۵**
خطا	۲۴	۰/۰۲۲۵

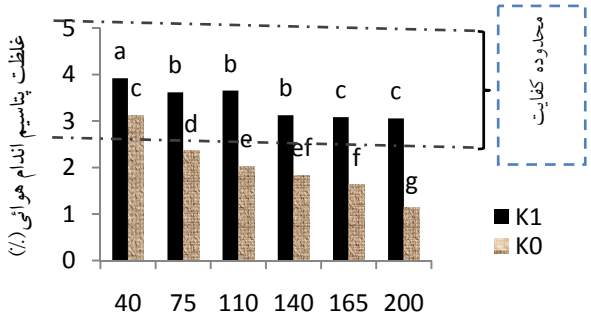
** معنی‌دار بودن در سطح احتمال ۹۹ درصد را نشان می‌دهد.

جدول ۳- تجزیه واریانس غلظت پتاسیم ریشه

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات غلظت پتاسیم
نوع محلول غذائی	۱	۲۱/۹۸**
زمان	۵	۱/۴۸**
نوع محلول غذائی× زمان	۵	۰/۵۴**
خطا	۲۴	۰/۰۰۶۷

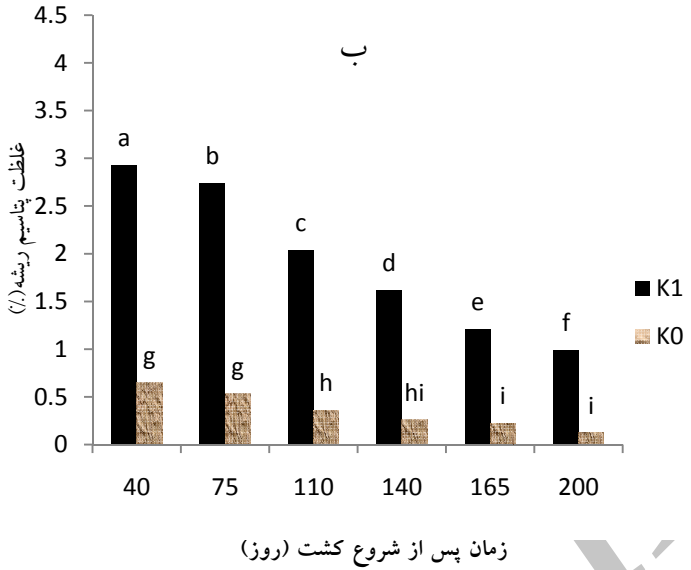
** معنی‌دار بودن در سطح احتمال ۹۹ درصد را نشان می‌دهد

الف

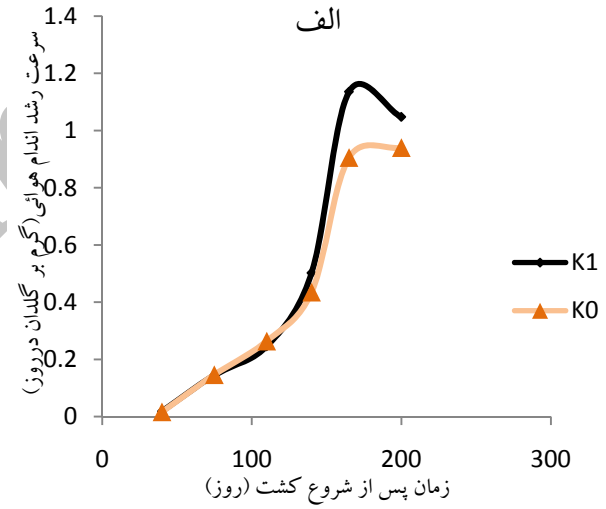


Archive of SID

www.SID.ir

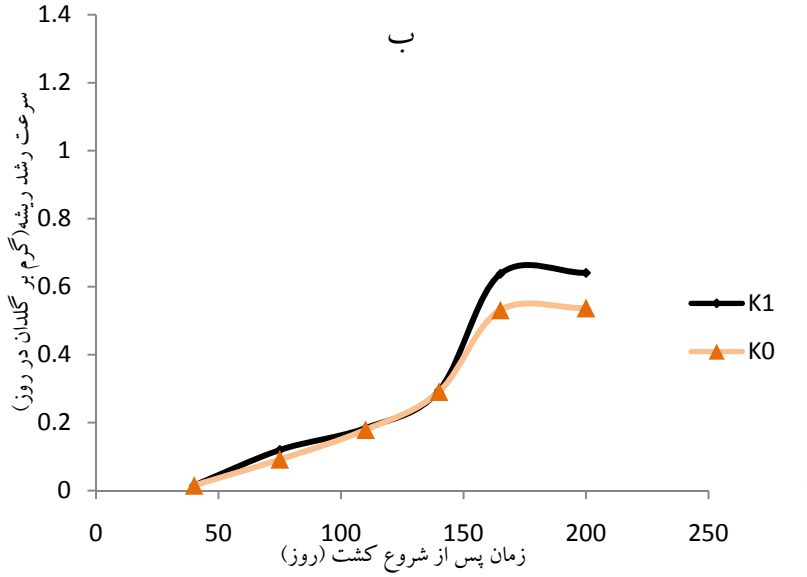


شکل ۱- تغییرات غلظت پتاسیم اندام هوایی (الف) و ریشه (ب) یونجه کشت شده در بستر حاوی فلوگوپیت و تغذیه شده با محلول غذائی کامل (K1) و فاقد پتاسیم (K0) در دوره های زمانی متفاوت. میانگین‌های دارای حروف مشترک دارای اختلاف معنی‌دار بر اساس آزمون LSD در سطح ۵٪ نمی‌باشند.

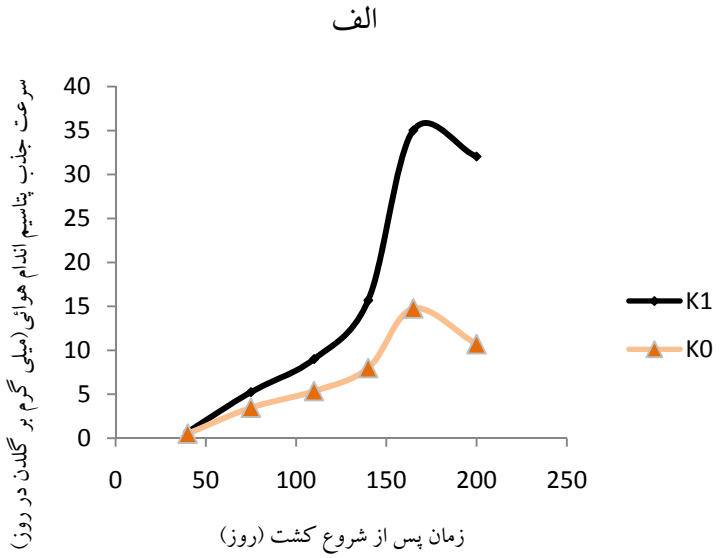


Archive of SID

www.SID.ir

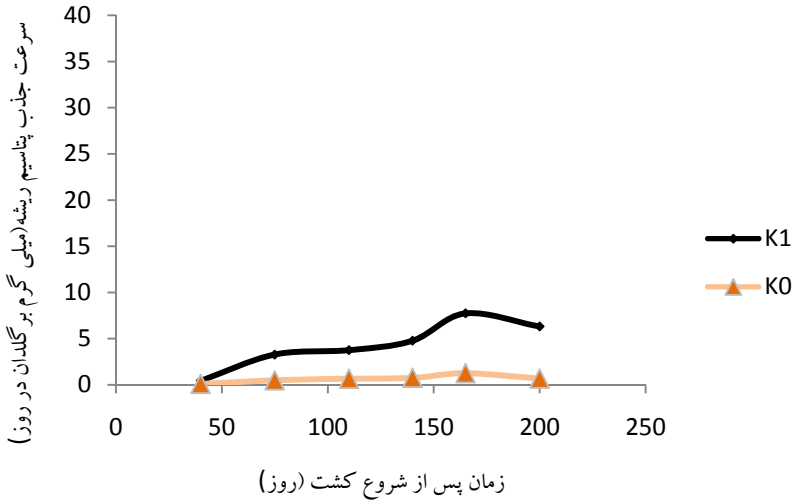


شکل ۲- تغییرات سرعت رشد در اندام هوایی (الف) و ریشه (ب) یونجه کشت شده در بستر حاوی فلوگوپیت و تغذیه شده با محلول غذائی کامل (k1) و فاقد پتاسیم(K0) در دوره های زمانی متفاوت



www.SID.ir

ب



شکل ۳- تغییرات سرعت جذب پتاسیم در اندام هوایی (الف) و ریشه (ب) یونجه کشت شده در بستر حاوی فلوگوپیت و تغذیه شده با محلول غذائی کامل (K1) و فاقد پتاسیم (K0) در دوره های زمانی متفاوت

فهرست منابع:

۱. خوشگفتارمنش، امیرحسین.۱۳۸۶. ارزیابی وضعیت تغذیه‌ای گیاه و مدیریت بهینه کودی. انتشارات دانشگاه صنعتی اصفهان. ۱۵۸ صفحه.

۲. خیامیم، فاطمه. ۱۳۸۸. رهاسازی پتاسیم و تغییرات کانی‌شناسی فلوگوپیت و موسکویت تحت تأثیر نوع گیاه و قارچ اندوفایت. پایان‌نامه کارشناسی ارشد خاکشناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان. ۱۰۸ صفحه.

۳. طالبی‌بداف، مهدی. ۱۳۸۷. تنوع ژنتیکی و تغییرات جمعیتی باکتری *Sinorhizobiom meliloti* در همزیستی با ژنوتیپهای مختلف یونجه. پایان‌نامه دکتری اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان. ۱۹۲ صفحه.

۴. کریمی، هادی. ۱۳۸۱. یونجه. مرکز نشر دانشگاهی. ۳۷۵ صفحه.

۵. ملکوتی، محمد جعفر، علی اصغر شهابی و کامبیز بازرگان. ۱۳۸۴. پتاسیم در کشاورزی ایران. انتشارات سنا، تهران. ۲۹۲ صفحه.

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

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

Archive of SID

www.SID.ir

8. Bertsch, P.M. and G.W. Thomas. 1985. Potassium status of temperate region soils, P. 131-162. In: R.D. Munson (Ed.), Potassium in Agriculture, ASA. CSSA. SSSA. Madison, WI.
9. Fageria, N. K. and L. F. Stone. 2006. Physical, chemical, and biological changes in the rhizosphere and nutrient availability. J. Plant Nutr. 29: 1327-1356
10. Hinsinger, P. and B. Jaillard. 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., B. Jaillard and J.E. Dufey. 1992. Rapid weathering of a trioctahedral mica by the roots of ryegrass. Soil Sci. Soc. Am. J. 56: 977-982.
12. Huang, P.M. 1989. Feldspars, olivines, pyroxines, and amphiboles. PP. 975-1050. *In*: Dixon J.B., Weed S.B. (Eds.), Minerals in Soil Environment. Soil Sci. Soc. Am. Madison, WI.
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. Jalali, M. 2005. Release kinetics of non-exchangeable potassium in calcareous soils. Commun. Soil Sci. Plant Anal. 36: 1903-1917.
15. Khademi, H. and J.M. Arocena. 2008. Kaolinite formation from palygorskite and sepiolite in rhizosphere soils. Clays Clay Miner. 56: 422-436.
16. Leyval, C. and J. Berthelin. 1991. Weathering of a mica by roots and rhizospheric microorganisms of pine. Soil. Sci. Soc. Am. J. 55:1009–1016.
17. Li, X., D. Su and Y. Qinghua. 2007. Ridge-furrow planting of alfalfa(*Medicago sativa L.*) for improved rainwater harvest in rainfed semi-arid areas in northwest China. Soil Till. Res. 93: 117-125.
18. Martin, H.W. and D. L. Sparks. 1985. On the behavior of nonexchangeable potassium in soils. Commun. Soil Sci. Plant Anal. 16: 133–162.
19. Memon, Y.M., I.F. Fergus, J.D. Hughes and D.W. Page. 1988. Utilization of non-exchangeable soil potassoim in relation to soil type, plant species and stage of growth. Austra. J. Soil Res. 26(3): 489-496.
20. Mengel, K. and K. Uhlenbecker. 1993 Determination of available interlayer potassium and its uptake by ryegrass. Soil Sci. Soc. Am. J. 57: 761–766.
21. Moritsuka, N., J. Yanai and T. Kosaki. 2004. Possible processes releasing non-exchangable potassium from the rhizosphere of maize. Plant Soil. 258: 261-268.
22. Nabiollahy, K., F. Khormali, K. Bazargan and Sh. Ayoubi. 2006. Forms of K as a function of clay mineralogy and soil development. Clay Miner. 41: 739-749.
23. Naderizadeh, Z., H. Khademi and J. M. Arocena. 2010. Organic matter induced mineralogical changes in clay-sized phlogopite and muscovite in alfalfa rhizosphere. Geoderma.159: 296-303
24. Norouzi, S. and H. Khademi. 2010 Ability of alfalfa (*Medicago sativa L.*) to take up potassium from different micaceous minerals and consequent vermiculitization. Plant Soil. 328 : 83-93
25. Officer, S.J., R.W. Tillman, A.S. Palmer and J.S. Whitton. 2006. Variability of clay mineralogy in two New Zealand steep-land topsoils under pasture. Geoderma. 132: 427–440.
26. Snap, S., R. Koide and J. Lynch. 1995. Exploitation of localized phosphorous patches by common bean roots. Plant Soil. 177: 211-218.

Archive of SID

www.SID.ir

27. Sparks, D.L. and P.M., Huang. 1985. Physical chemistry of soil potassium. PP. 201-276. *In*: Munson R.D., (Ed.), Potassium in Agriculture. ASA. CSSA. SSSA. Madison. WI.
28. Spyridakis, D. E., S. G. Chester and S. A. Wilde. 1967. Kaolinization of biotite as a result of coniferous and deciduous seedling growth. Soil Sci. Soc. Am . Proc. 31: 203-210.
29. Stegner, R. 2002. Plant Nutrition Studies. Lamotte company. Maryland. USA. 76 pages.
30. Thompson, M.L. and L. Ukrainczyk. 2002. Micas. *In*: Dixon J.B., Schulze D.G. (Eds.), Soil Mineralogy with Environmental Applications, Soil Sci. Soc. Am. Madison, WI. 431-466.
31. Wang, J.G., F.S. Zhang, X.L. Zhang and Y.P. Cao. 2000. Release of potassium from K-bearing minerals: Effect of plant roots under P deficiency. Nutr. Cycl. Agroec. 56:45-52.
32. Yuan, L., J.G. Huang, X.L. Li and P. Christie. 2004. Biological mobilization of potassium from clay minerals by ectomycorhizal fungi and eucalypt seedling roots. Plant Soil. 262: 351-361.

Archive of SID

www.SID.ir