

## توانایی مقایسه‌ای سه رقم یونجه در جذب پتاسیم از کانی فلوگوپیت

مریم‌السادات موسوی دستنایی و حسین خادمی<sup>\*۱</sup>

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۱/۱۶؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۵/۱۳)

### چکیده

مطالعات محدودی در مورد توانایی گیاهان مختلف در جذب پتاسیم غیرتبادلی وجود دارد. این مطالعه با هدف بررسی توانایی ارقام متفاوت یونجه در جذب پتاسیم از فلوگوپیت در قالب یک طرح کاملاً تصادفی با کشت سه رقم یونجه MF Pickseed 2065، رهنانی و همدانی در بسترهای حاوی مخلوط شن کوارتزی و فلوگوپیت با اندازه کوچکتر از ۵۳ میکرومتر و تحت دو نوع محلول غذایی (پتاسیم دار و بدون پتاسیم) با سه تکرار در یک دوره شش ماهه انجام شد. در طول دوره کشت چهار برداشت از اندام هوایی انجام شد و در پایان دوره کشت بخش هوایی و ریشه گیاه جدا شده و غلظت پتاسیم آنها اندازه‌گیری شد. در شرایط تغذیه‌ای بدون پتاسیم، بیشترین غلظت و جذب پتاسیم در اندام هوایی و ریشه رقم MF به دست آمد. غلظت پتاسیم در اندام هوایی و ریشه این رقم به ترتیب ۱/۶ و ۱/۵ برابر رقم رهنانی و ۱/۸ برابر رقم همدانی بود. میزان جذب پتاسیم در اندام هوایی و ریشه این رقم به ترتیب ۱/۶ و ۱/۹ برابر رقم همدانی و ۱/۶ و ۱/۵ برابر رقم رهنانی بود. در نتیجه نوع رقم یونجه در میزان پتاسیمی که جذب گیاه می‌شود اهمیت بسزایی داشته و بایستی در کوددهی مد نظر قرار گیرد.

کلمات کلیدی: آزادسازی پتاسیم، میکا، فلوگوپیت، ارقام یونجه

۲. گروه علوم خاک، دانشگاه صنعتی اصفهان

\* : مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: hkhademi@cc.iut.ac.ir

## مقدمه

یونجه با نام علمی *Medicago sativa* و نام انگلیسی Alfalfa ملکه علوفه‌ها است که نه تنها پتاسیل زیادی برای تولید محصول دارد بلکه برای دام بسیار خوش‌خوراک و مغذی است. یونجه نسبت به سایر علوفه‌های معمول ارزش تغذیه‌ای بالایی دارد و به مواد غذایی زیادی هم نیاز دارد (۳۲). پتاسیم برای حیات یونجه بسیار مهم است (۱۰). کشت یونجه، بسته به کانی میکایی پتاسیم‌دار غالب در خاک، شیمی خاک (بیشتر پتاسیم) را تغییر می‌دهد (۱۳).

پتاسیم از عناصر ضروری برای رشد گیاه است که اهمیت آن در کشاورزی به‌خوبی ثابت شده است (۳۷). این عنصر نقش‌های بسیار مهمی در فتوسنتز، تقسیم سلولی و رشد، ساخت پروتئین‌ها، کمیت و کیفیت محصولات و راندمان آب در گیاه دارد (۳۱). پتاسیم در بهبود کیفیت محصولات کشاورزی جایگاه ویژه‌ای را به خود اختصاص داده است و به عنصر کیفیت معروف شده است (۲۱). این عنصر یکی از عناصر تغذیه‌ای اصلی است که معمولاً به مقدار فراوانی در خاک وجود دارد و به‌طور متوسط ۲/۸۵٪ از سنگ‌کره و ۱/۲٪ از خاک را به خود اختصاص می‌دهد (۲۷). سنگ‌های آذرین پوسته زمین نسبت به سنگ‌های رسوبی دارای مقدار زیادی پتاسیم هستند (۲۰). خاک‌های معدنی عموماً بین ۰/۴ تا ۳ درصد پتاسیم دارند. مقدار پتاسیم کل در ۰/۲ متری بالای پروفیل خاک بین ۳۰۰۰ تا ۱۰۰۰۰۰ کیلوگرم بر هکتار است. از این مقدار پتاسیم کل، ۹۸٪ به‌صورت پیوند شده با کانی‌ها بوده و فقط ۲٪ از آن در بخش‌های محلول و تبادل‌پذیر خاک است (۸ و ۳۳).

کانی‌های مهم پتاسیم‌دار در خاک میکاها، فلدسپارهای پتاسیم‌دار و ورمی‌کولیت‌ها هستند. میکاها کانی‌های سیلیکاته ۲:۱ هستند که بسته به کاتیون موجود در لایه اکتاهدرال به دی‌اکتاهدرال (موسکویت و گلیکونیت) و تری‌اکتاهدرال (بیوتیت و فلوگوپیت) تقسیم‌بندی می‌شوند (۳۷). کانی‌های ۲:۱ در

مجموعه کانی‌ها نقش خاصی را در ذخیره و آزادسازی پتاسیم دارند (۶). پتاسیم حبس شده بین لایه‌های کانی‌های رسی در اکثر خاک‌ها منبع مهم پتاسیم برای رشد گیاهان می‌باشد. از بین کانی‌های میکایی پتاسیم‌دار، فلوگوپیت به‌عنوان محصول دگرگونی سنگ‌های آهکی - منیزیمی یا سنگ‌های آهکی - دولومیتی و هم‌چنین سنگ‌های سرپنتینی می‌باشد (۱). خاک‌های مناطق خشک و نیمه‌خشک حاوی مقادیر به‌نسبت زیاد کانی‌های پتاسیم‌دار هستند. این کانی‌ها قادر به رهاسازی پتاسیم مورد نیاز گیاه در وضعیت کمبود این عنصر می‌باشند (۱۸).

پتاسیم خاک به اشکال محلول در آب، تبادل‌پذیر، غیرتبادل‌پذیر و ساختاری است (۲۲). بین این اشکال رابطه تعادلی وجود دارد و این روابط تعادلی در تغذیه گیاه از اهمیت بالایی برخوردار می‌باشند (۴ و ۳۹). پتاسیم غیرتبادل‌پذیر به‌طور متوسط برای گیاه قابل دسترس است (۹، ۱۷، ۲۸ و ۳۴) و شبیه به  $\text{NH}_4^+$  نگهداری شده بین صفحات میکاها و ورمی‌کولیت‌ها است (۱۷، ۲۶، ۲۷، ۲۸، ۲۹، ۳۰، ۳۸ و ۴۴). پتاسیم در کانی‌های اولیه مثل میکا و فلدسپارها خیلی به آرامی در دسترس گیاه قرار می‌گیرد (۱۷، ۲۸ و ۳۴). کانسال و سخون (۱۹) مشاهده نمودند که پتاسیم تبادل‌پذیر غیرتبادل‌پذیر با افزایش میزان رس و سیلت خاک افزایش می‌یابد. راماناتان و کریشنامورتی (۲۵) دریافتند که قدرت بافری پتاسیم خاک به‌مقدار پتاسیم ذخیره‌شده در محلول خاک برای رشد گیاه، اشکال تبادل‌پذیر و غیرتبادل‌پذیر و قدرت آزادسازی پتاسیم محلول و غیرتبادل‌پذیر بستگی دارد. کوک و هاجنسون (۱۱) سرعت انتقال و آزادسازی پتاسیم از بیوتیت و ایلیت را بررسی و گزارش کردند که آزادسازی پتاسیم در این دو کانی در مقایسه با واکنش پتاسیم محلول و تبادل‌پذیر بسیار آهسته است.

اکثر خاک‌های ایران دارای ذخایر بالای پتاسیم، به‌صورت کانی‌های اولیه و ثانویه می‌باشند (۳). اما مطالعات محدودی بر روی گیاهان مختلف و بررسی توانایی آنها در جذب پتاسیم از کانی‌ها انجام شده است. بنابراین با توجه به نقش گیاه در

جدول ۱. تجزیه عنصری شن کوارتزی و فلوگوپیت مورد استفاده بر حسب درصد با استفاده از فلورسانس پرتو ایکس (۲۴)

Total	LOI*	TiO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	MnO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	K <sub>2</sub> O	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	N <sub>2</sub> O	نوع کانی
۹۹/۶	۰/۹	۰/۶	۰/۰۴	۰/۱	۴/۷	۴/۲	۹/۳	۴۲/۲	۱۴/۶	۲۲/۵	۰/۴	فلوگوپیت
۹۹/۹	۰/۵	-	-	-	۰/۶	۰/۶	<۰/۱	۹۷/۵	۰/۴	۰/۱	<۰/۱	شن کوارتزی

LOI\*: کاهش وزن در دمای بالا

کانی فلوگوپیت با کلسیم اشباع شد. به این منظور از CaCl<sub>2</sub> ۰/۵ نرمال به نسبت ۵ به ۱ (محلول به کانی) استفاده شد. برای اشباع نمودن به مدت ۲۴ ساعت محلول کلرید کلسیم بر روی نمونه‌ها قرار گرفت. در پایان برای خارج نمودن کلر اضافی، نمونه‌ها با آب مقطر شستشو شده و هر بار به مدت ۱۰ دقیقه در ۴۵۰۰ دور در دقیقه سانتریفوژ شدند. در نهایت کانی‌ها به مدت ۲۴ ساعت و در دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد خشک و در گلدان‌ها استفاده شد.

در آزمایش از گلدان‌های ۷۰۰ گرمی استفاده شد. ابتدا در ته هر گلدان دو برگ کاغذ صافی قرار داده شد، سپس ۵۰ گرم شن کوارتزی روی آن ریخته شد، پس از آن مخلوط شن کوارتزی و کانی میکایی به میزان ۶۰۰ گرم اضافه گردید. مقدار کانی اضافه شده به هر گلدان به گونه‌ای بود که به میزان مساوی ۰/۲۵ درصد K<sub>2</sub>O تأمین نماید. سپس ۱۰ بذریونجه قرار گرفت و مجدداً ۵۰ گرم شن کوارتزی روی بذرها ریخته شد و بر روی هر گلدان یک عدد کاغذ صافی قرار داده و آبیاری با آب مقطر انجام شد. مراقبت لازم جهت سبز شدن بذرها به عمل آمد. چهار روز بعد از کشت، بذرها جوانه زده و بعد از رسیدن به مرحله‌ی ۳ برگی برای ادامه آزمایش ۳ بوته در هر گلدان نگهداری و بقیه بوته‌ها از گلدان خارج شد. در طول دوره کشت از آب مقطر به منظور آبیاری و از محلول غذایی استیگنر (۴۰) برای تغذیه گیاهان استفاده شد.

در طول دوره کشت چهار مرتبه برداشت از اندام هوایی انجام شد و پس از اتمام دوره کشت (۶ ماه) اندام هوایی و ریشه گیاه جدا و در آون با دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۷۲ ساعت

رها سازی پتاسیم ساختاری و اهمیت گیاه یونجه به عنوان مهم‌ترین محصول علوفه‌ای و هم‌چنین با عنایت به این‌که کشورمان در منطقه خشک تا نیمه‌خشک قرار گرفته است و ذخایر قابل توجه کانی‌های پتاسیم دار دارد، این مطالعه با هدف بررسی نقش ارقام متفاوت یونجه بر توانایی جذب پتاسیم از کانی میکایی فلوگوپیت انجام شد.

## مواد و روش‌ها

آزمایش گلدانی با آرایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار طی یک دوره شش ماهه انجام شد. تیمارهای آزمایش شامل سه رقم یونجه شامل رهنانی (R)، همدانی (H) و Pickseed (MF) 2065 (رقم کانادایی) و دو نوع محلول غذایی (با و بدون پتاسیم) بود. شن کوارتزی و کانی میکایی فلوگوپیت از معادنی در همدان تهیه گردید و به منظور بررسی ترکیب عنصری هر کدام، تجزیه عنصری فلورسانس اشعه ایکس (XRF) انجام شد (جدول ۱)، پس از اطمینان از این که شن حاوی مقادیر ناچیزی از پتاسیم است، از این ماده به عنوان ماده پرکننده محیط کشت استفاده شد. شن کوارتزی کوچکتر از ۲۰۰ مش زیر فشار آب شهر قرار گرفت. سپس سه بار با اسید کلریدریک ۰/۲ نرمال و ۷ مرتبه با آب مقطر جهت حذف کلر اضافی شستشو و در نهایت در دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد خشک شد.

کانی فلوگوپیت پس از آسیاب از الک ۲۷۰ مش عبور داده شد. برای حذف پتاسیم محلول و سهل الوصول، سطوح تبدلی

جدول ۲. تجزیه واریانس غلظت و جذب پتاسیم اندام هوایی

میانگین مربعات		درجه آزادی	منابع تغییرات
جذب پتاسیم (میلی گرم در گلدان)	غلظت پتاسیم (%)		
۰/۰۴*	۱/۳*	۲	رقم یونجه
۰/۱*	۱۰/۳**	۱	محلول غذایی
۰/۰۰۶ <sup>ns</sup>	۰/۰۳ <sup>ns</sup>	۲	رقم یونجه × محلول غذایی
۰/۱	۰/۱	۱۰	خطا

\*\* معنی دار در سطح احتمال ۹۹ درصد، \* معنی دار در سطح احتمال ۹۵ درصد و <sup>ns</sup>: عدم وجود اختلاف معنی دار

جدول ۳. تجزیه واریانس غلظت و جذب پتاسیم ریشه

میانگین مربعات		درجه آزادی	منابع تغییرات
جذب پتاسیم (میلی گرم در گلدان)	غلظت پتاسیم (%)		
۰/۰۰۰۹ <sup>ns</sup>	۰/۱ <sup>ns</sup>	۲	رقم یونجه
۰/۰۷*	۳/۳**	۱	محلول غذایی
۰/۰۰۳ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۴ <sup>ns</sup>	۲	رقم یونجه × محلول غذایی
۰/۰۰۲	۰/۳	۱۰	خطا

\*\* معنی دار در سطح احتمال ۹۹ درصد و <sup>ns</sup>: عدم وجود اختلاف معنی دار

هوایی در سطح ۹۵ درصد معنی دار است. اثر محلول غذایی بر غلظت پتاسیم اندام هوایی و ریشه در سطح ۹۹ درصد معنی دار می‌باشد. اثر رقم یونجه بر جذب پتاسیم ریشه معنی دار نمی‌باشد، هم‌چنین اثر متقابل رقم یونجه و محلول غذایی بر جذب و غلظت پتاسیم اندام هوایی و ریشه معنی دار نمی‌باشد. قابل توجه است که مقایسه میانگین‌ها برای هر محلول غذایی جداگانه انجام شده است.

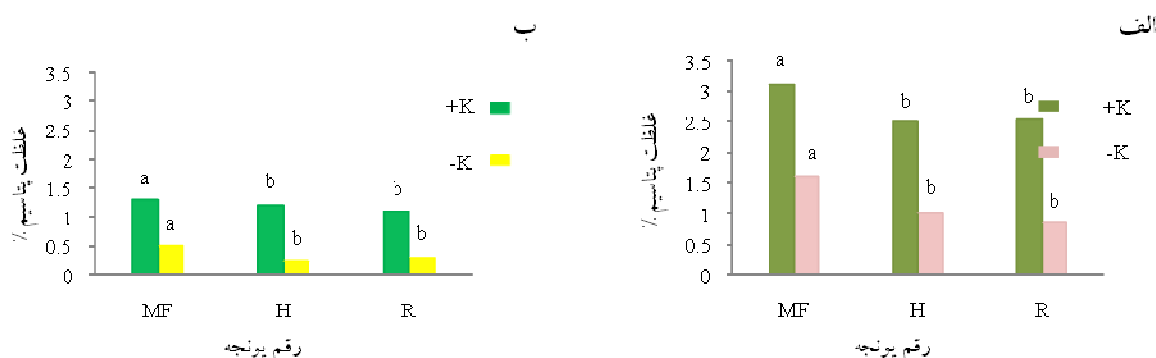
#### غلظت پتاسیم اندام هوایی و ریشه

شکل ۱- الف غلظت پتاسیم در اندام هوایی را نشان می‌دهد. بیشترین غلظت پتاسیم در تیمارهای تغذیه شده با محلول غذایی کامل و تیمارهای تغذیه شده با محلول غذایی فاقد پتاسیم در رقم کانادایی (MF) مشاهده شد که به‌طور معنی داری بیش تر از دو رقم

خشک شد. وزن خشک اندام هوایی و ریشه گیاه اندازه‌گیری و عصاره‌گیری از گیاه به‌روش خاکسترگیری خشک انجام شد (۲) و غلظت پتاسیم موجود در عصاره گیاه به‌وسیله شعله‌سنجی تعیین شد. میزان کل پتاسیم جذب شده در ریشه و اندام هوایی براساس غلظت پتاسیم و میزان وزن خشک آنها محاسبه گردید. داده‌های به‌دست آمده از آزمایش با استفاده از نرم‌افزار Statistix 8 مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت و مقایسه میانگین‌ها با آزمون LSD انجام شد.

#### بحث و نتایج

جداول ۲ و ۳ تجزیه واریانس غلظت و جذب پتاسیم اندام هوایی و ریشه گیاه را نشان می‌دهند. اثر رقم یونجه در غلظت پتاسیم اندام



شکل ۱. الف) غلظت پتاسیم اندام هوایی (ب) غلظت پتاسیم ریشه. در هر یک از تیمارهای تغذیه‌ای میانگین‌های دارای حروف مشترک در سطح ۵٪ اختلاف معنی‌داری ندارند.

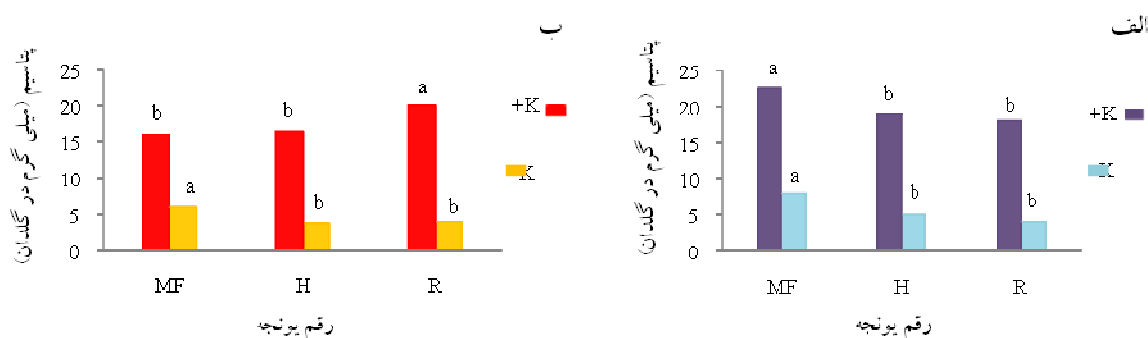
در شرایط کمبود فسفر برای هر دو گیاه ذرت و کلزا مقدار غلظت پتاسیم اندام هوایی به‌طور معنی‌داری افزایش می‌یابد.

شکل (۱-ب) درصد پتاسیم ریشه را نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود میزان پتاسیم در ریشه روندی کاملاً مشابه با اندام هوایی دارد و تنها نکته قابل توجه درصد کمتر پتاسیم 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 است. غلظت پتاسیم ریشه در تیمارهای تغذیه شده با محلول غذایی فاقد پتاسیم در رقم MF ۱/۵ برابر رقم همدانی و ۱/۸ برابر رقم رهنانی است.

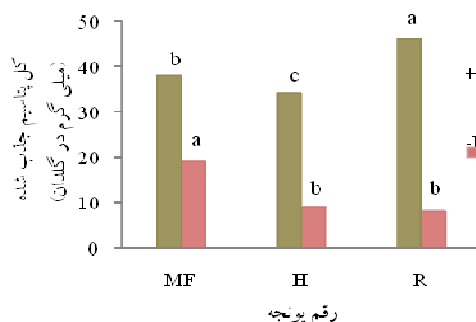
یوان و همکاران (۴۵) رهاسازی پتاسیم از کانی‌های رسی به‌وسیله قارچ اکتومیکوریزا و ریشه گیاهچه‌های جوان اوکالیپتوس را مورد بررسی قرار دادند. بستر کشت مورد استفاده شامل مخلوط ۳۰ گرم فلوگوپیت یا ورمی‌کولیت بود و تغذیه گیاهان با محلول هوگلند بدون پتاسیم در دوره ۶۰ روزه کشت انجام شد. این محققین میانگین غلظت پتاسیم ریشه، ساقه و برگ را مورد مقایسه قرار داده و نشان دادند که غلظت پتاسیم در برگ بیشتر از ساقه و در ساقه بیشتر از ریشه بوده است. شی و همکاران (۳۵) برای بررسی میزان جذب پتاسیم خاک در محیط ریزوسفری از

رهنانی و همدانی است ( $P < 0/01$ ). در هر دو محلول غذایی بعد از رقم MF بیشترین مقدار غلظت پتاسیم در رقم همدانی و بعد از آن در رقم رهنانی مشاهده شد. در تیمارهای تغذیه شده با محلول غذایی فاقد پتاسیم در رقم MF ۱/۶ برابر رقم همدانی و ۱/۸ برابر رقم رهنانی است. با توجه به حد کفایت غلظت پتاسیم برای گیاه یونجه که ۲ تا ۳/۵ درصد می‌باشد (۷) در تیمارهای تغذیه شده با محلول غذایی کامل در سه رقم میزان غلظت پتاسیم در حد کفایت بود. در تیمارهای تغذیه شده با محلول غذایی فاقد پتاسیم در رقم MF علایم کمبود پتاسیم مشاهده نشد، اما در ارقام رهنانی و همدانی علایم کمبود پتاسیم به‌طور خفیف مشاهده شد که البته ممکن است با افزایش طول دوران کشت علایم کمبود در رقم MF دیده شود که مربوط به تفاوت در ریزوسفر ارقام مختلف در آزاد کردن پتاسیم بین لایه‌ای از بستر کشت است.

وانگ و همکاران (۴۳) تأثیر نوع گیاه بر رهاسازی پتاسیم از گنیس را بررسی کرده و نشان دادند که میزان رهاسازی به‌طور مستقیم به‌گونه گیاهی وابسته بوده و بیشترین رهاسازی توسط ذرت و رای‌گراس 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



شکل ۲. الف) میزان جذب پتاسیم اندام هوایی (ب) میزان جذب پتاسیم ریشه. در هر یک از تیمارهای تغذیه‌ای میانگین‌های دارای حروف مشترک در سطح ۵٪ اختلاف معنی‌داری ندارند.



شکل ۳. میانگین جذب پتاسیم کل ارقام مختلف یونجه.

بیشتر از دو رقم رهنانی و همدانی است ( $P < 0.01$ ). در هر دو محلول غذایی بعد از رقم MF بیشترین مقدار جذب پتاسیم در رقم همدانی و بعد از آن در رقم رهنانی مشاهده شد. در تیمارهای تغذیه‌شده با محلول غذایی فاقد پتاسیم میزان جذب پتاسیم در رقم MF  $1/6$  برابر رقم همدانی و  $1/9$  برابر رقم رهنانی است. این نتایج نشان می‌دهد که رقم MF در جذب پتاسیم از فلوگوپیت کارایی بیشتری نسبت به دو رقم دیگر دارد.

شکل (۲-ب) میزان جذب پتاسیم در ریشه را نشان می‌دهد که در تیمارهای تغذیه‌شده با محلول فاقد پتاسیم روندی مشابه اندام هوایی ولی در میزان خیلی کمتر وجود دارد. اما باید به این نکته توجه نمود که پتاسیم جذب‌شده توسط ریشه گیاه به‌علت

ژنوتیپ کلزا استفاده کرده و نشان دادند که میزان تخلیه پتاسیم در فاصله ۱۰ میلی‌متری ریشه بین ۳۱ تا ۴۸ درصد بوده و ارقام پر محصول نسبت به ارقام کم بازده ظرفیت جذب بالاتری دارند.

#### میزان جذب پتاسیم اندام هوایی و ریشه

شکل (۲-الف) میزان جذب پتاسیم (حاصل ضرب غلظت پتاسیم در وزن خشک گیاه) بر حسب میلی‌گرم در گلدان را نشان می‌دهد. بیشترین مقدار جذب پتاسیم  $22/55$  میلی‌گرم در گلدان در گیاهان تغذیه‌شده با محلول غذایی کامل و رقم MF دیده می‌شود. بیشترین مقدار جذب پتاسیم چه در تیمارهای تغذیه‌شده با محلول غذایی کامل و چه در تیمارهای تغذیه‌شده با محلول غذایی فاقد پتاسیم در رقم MF مشاهده شد که به‌طور معنی‌داری

تولید زیست توده کمتر و غلظت کمتر پتاسیم ریشه در مقایسه با اندام هوایی به مراتب کمتر است. در تیمارهای تغذیه شده با محلول فاقد پتاسیم میزان جذب پتاسیم در رقم MF ۱/۶ برابر رقم همدانی و ۱/۵ برابر رقم رهنانی است. غلظت پتاسیم در رقم MF بیشتر از دو رقم دیگر است اما چون حجم توده زنده این رقم کمتر از دو رقم دیگر می باشد و باتوجه به این که جذب پتاسیم در گیاه از حاصل ضرب غلظت پتاسیم در وزن خشک گیاه به دست می آید پس اثر رقم یونجه بر جذب پتاسیم در گیاهان غیر معنی دار است و تفاوت معنی داری در بین میانگین ها مشاهده نمی شود.

تفاوت میان گیاهان مختلف در رهاسازی پتاسیم از کانی می تواند تحت تأثیر عواملی چون نیاز پتاسیمی گیاه، تفاوت در بیومس، ریخت شناسی و ژنومتری ریشه باشد (۳۶). استیفنز و منگل (۴۱) گزارش کردند که رای گراس (*Lolium perenne*) می تواند پتاسیم غیرتبادلی را جذب کند. رای گراس ریشه بلند دارد که به آن اجازه می دهد که در غلظت نسبی کم پتاسیم، رشد کند. در غلظت مشابه، شبدر قرمز کمبود پتاسیم را نشان داد. این اختلاف می تواند به دلیل تفاوت در توده زنده ریشه، طول ریشه و ریخت شناسی بین ریشه تک لپه ای ها و دو لپه ای ها باشد چون تک لپه ای ها نسبت به دو لپه ای ها از پتاسیم غیرتبادلی بهتر تغذیه می کنند (۲۳).

وانگ و همکارانش (۴۲) تأثیر نوع گیاه بر رهاسازی پتاسیم از کانی گنیس کم هوازده با اندازه کوچکتر از ۱۰ میلی متر را در یک آزمایش گلدانی (در دو اندازه گنیس ۱ تا ۲ میلی متر و ۲ تا ۵ میلی متر) با گیاهان ذرت، رای گراس، دو رقم یونجه (*Asta* و *Haifei*) و کلزا را بررسی کردند. ریشه رای گراس، دو رقم یونجه و کلزا به طور معنی داری توانستند پتاسیم را به طور مستقیم از کانی جذب نماید. رهاسازی خالص پتاسیم به طور گسترده ای تحت تأثیر گونه گیاه است. در این مطالعه بیشترین آزادسازی پتاسیم از کانی در ذرت و رای گراس مشاهده شد. رشد گیاهان در محلول غذایی و گنیس با هم مقایسه شد. گرچه غلظت پتاسیم در ریشه

گیاهان رشد کرده در محلول غذایی بیشتر بود اما هیچ علایم کمبودی از پتاسیم در گیاهان رشد یافته در گنیس مشاهده نشد (۴۳). این نتیجه قبلاً توسط کورونئوس (۱۲) و هینسینجر و همکارانش (۱۶) به دست آمده بود. هینسینجر و همکارانش (۱۴) و (۱۵) ثابت کردند که ریزوسفر رای گراس و کلزا، می تواند میکای تری اکتاهدرال (فلوگوپیت) را سریع هوازده کرده و بعد از آزادسازی پتاسیم بین لایه ای توسط ریشه، فلوگوپیت را به ورمی کولیت تبدیل کند. در نتیجه از این کانی های میکایی می توان به عنوان کود پتاسه استفاده نمود (۵).

### میزان کل پتاسیم جذب شده

میانگین کل پتاسیم جذب شده (پتاسیم جذب شده ریشه + پتاسیم جذب شده اندام هوایی) در گیاهان در شکل ۳ نشان داده شده است. در میان تمام تیمارها بیشترین جذب پتاسیم در گلدان های تغذیه شده با محلول غذایی کامل بوده است زیرا در شرایط تغذیه با محلول غذایی کامل تمام عناصر مورد نیاز گیاه از طریق محلول غذایی تأمین می شود. در تیمارهای تغذیه شده با محلول غذایی کامل بیشترین جذب پتاسیم اندام هوایی در رقم یونجه رهنانی و در تیمارهای تغذیه شده با محلول غذایی فاقد پتاسیم بیشترین جذب پتاسیم اندام هوایی در رقم MF مشاهده شد.

در شرایط تغذیه با محلول غذایی کامل نیز اختلاف معنی داری بین گیاهان مشاهده می شود. در این شرایط گیاهان علاوه بر جذب پتاسیم از منبع خارجی (محلول غذایی) به علت فعالیت بالای ریزوسفر و ترشحات آن توانسته اند کانی را هوادیده و مقادیر اضافه بر نیاز خود (مصرف تجملی) جذب نمایند. فرآیند دقیق رهاسازی پتاسیم توسط ریشه گیاهان به طور کامل به اثبات نرسیده است. اما این گونه می توان فرض نمود که جذب پتاسیم به وسیله ریشه گیاه باعث کاهش مقدار پتاسیم موجود در ریزوسفر می شود و کاهش غلظت پتاسیم به زیر حد بحرانی توسط ریشه گیاهان منجر به ایجاد شیب غلظت می شود که این شیب به وجود آمده

می‌توان به‌نیاز بیشتر شاخسار و ظرفیت بالای انتقال عنصر پتاسیم به اندام هوایی نسبت داد.

در توصیه‌های کودی علاوه بر نوع گیاه، حتی نوع واریته (رقم) باید مد نظر قرار گیرد. در ارقام مختلف یونجه به‌دلیل تفاوت در نوع اسیدهای آلی آزاد شده از ریشه در ناحیه ریزوسفری و تفاوت در ریخت‌شناسی ریشه، جذب پتاسیم متفاوت می‌باشد.

رقم MF در جذب پتاسیم از کانی پتاسیم‌دار فلوگوپیت (یکی از کانی‌های غالب مناطق خشک) نسب به دو رقم دیگر موفق‌تر بوده است. پس می‌تواند این رقم را در مناطق خشک و نیمه‌خشک به‌طور وسیع کشت نمود، چون خاک‌های مناطق خشک غنی از کانی‌های پتاسیم‌دار از جمله فلوگوپیت هستند و هم‌چنین می‌توان از این کانی به‌عنوان کود پتاسه برای گیاهان استفاده نمود که این کار نوعی صرفه‌جویی اقتصادی است که به‌دنبال آن از آلودگی‌های زیست‌محیطی و نیز مضرات استفاده از کودهای شیمیایی کاسته می‌شود.

اجازه می‌دهد که پتاسیم از فاز جامد رها شود (۱۷).

### نتیجه‌گیری کلی

باتوجه به نتایج به‌دست آمده در این مطالعه می‌توان یافت که رقم MF در شرایط تغذیه‌ای بدون پتاسیم در محیط دارای فلوگوپیت به‌خوبی می‌تواند از پتاسیم موجود در بین لایه‌های فلوگوپیت استفاده کند. به‌طوری‌که میزان پتاسیم در این محیط برای رقم MF در تمام طول دوره رشد در حد کفایت قرار می‌گیرد. به‌عبارت دیگر، وقتی گیاهان کشت‌شده با محلول غذایی 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 هواده شده و پتاسیم خود را در اختیار گیاه قرار می‌دهند. میزان آزادسازی پتاسیم از بین لایه‌های میکا علاوه‌بر نوع کانی میکایی، به نوع گیاه و میزان تراوش‌های ریشه بستگی دارد. بنابراین، نوع گیاه و میزان تراوش‌های ریشه‌ای آن در استفاده از پتاسیم ساختمانی بسیار حائز اهمیت است. به‌طورکلی میزان جذب پتاسیم در ریشه تمام گیاهان کمتر از پتاسیم جذب‌شده توسط اندام هوایی می‌باشد که آن را

### منابع مورد استفاده

۱. حسین‌پور، ع. ۱۳۷۸. مطالعه تثبیت پتاسیم، کمیت به‌شدت پتاسیم و سرعت آزاد شدن پتاسیم غیر تبادلی در تعدادی از خاک‌های ایران. رساله دکتری خاکشناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان. ۲۲۳ صفحه.
۲. خوش‌گفتارمنش، ا. ح. ۱۳۸۶. مبانی تغذیه گیاه. دانشگاه صنعتی اصفهان. ۴۶۲ صفحه.
۳. ضرابی، م. م. جلالی و ش. مهدوی حاجیلویی. ۱۳۸۵. بررسی سرعت رهاسازی پتاسیم غیرتبادلی و قابلیت جذب آن با استفاده از اسید مالیک در بعضی از خاک‌های استان همدان. مجله علوم کشاورزی ایران. ۳۷: ۹۵۱-۹۶۴.
۴. ملکوتی، م. ج. و م. همایی. ۱۳۸۳. حاصلخیزی خاک‌های مناطق خشک «مشکلات و راه حل‌ها». چاپ دوم، انتشارات دانشگاه تربیت مدرس، تهران.

5. Badraoui, M., P. R. Bloom and A. Delmaki. 1992. Mobilization of non\_exchangeable K by Ryegrass in five Moroccan soils with and without mica. *Plant Soil*. 140: 55- 63.



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, J., J. B. Wolf and A. Mills. 1991. *Plant analysis handbook, a practical sampling, preparation, analysis and interpretation guide*. Micro-Macro publishing, Inc, Georgia, USA.
8. Bersch, P. M. and G. W. Thomas. 1985. Potassium status of temperate region soil. PP: 131-162. In: Munson. R. D. (Ed.), *Potassium in Agriculture*. Soil Sci. Soc. Am., Madison. WI.
9. Black, C. A. 1968. *Soil-Plant Relationships*. John Wiley and Sons Inc., New York.
10. Bruulsema, T. W., T. S. Murrell and H. F. Reetz. 1998. Managing potassium for high yield alfalfa. A regional newsletter published by the Potash and Phosphate Ins., Canadian Potash and Phosphate Ins. 20: 240-253.
11. Cook, M. G. and T. B. Jr. Hutcheson. 1960. Soil potassium reactions as related to clay mineralogy of selected Kentucky soils. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 24: 252-256.
12. Coroneos, C., P. Hinsinger and R. J. Gilkes. 1996. Granite powder as a source of potassium for plants: a glass house bioassay comparing two pasture species. *Fer. Res.* 45: 143- 152.
13. De Chang, L. I., B. Velde, L. I. Feng-Min, G. L. Zhong, M. S. Zhao and L. M. Huang. 2011. Impact of long-term alfalfa cropping on soil potassium content and clay minerals in a semi-arid loess soil in China. *Pedosphere* 21(4): 522-531.
14. Hinsinger, P. and B. Jaillard. 1992. Rapid weathering of the trioctahedral mica by the roots of ryegrass. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 56: 977-982.
15. Hinsinger, P., F. Elsass, B. Jaillard and M. Robert. 1993. Root induced irreversible transformation of trioctahedral mica in rhizosphere of rape. *J. Soil Sci.* 44: 535- 545.
16. Hinsinger, P., M. D. A. Bolland and R. G. Gilkes. 1996. Silicate rock powder: effect on selected chemical properties of a range soils from Western Australia and on plant growth as assessed in a glass house experiment. *Fer. Res.* 45: 69- 79.
17. Jackson, M. L. 1964. Chemical composition of soils. PP. 71-142. In: Bear F. E. (Ed.), *Chemistry of the Soil*. Reinhold Pub. Corp. New York.
18. Jalali, M. 2005. Release kinetics of non-exchangeable potassium in calcareous soils. *Commun. Soil Sci. Plant. Anal.* 36: 1903-1917.
19. Kansal, B. D. and G. S. Sekhon. 1976. Influence of amount of native clay in potassium availability of some alluvial soils. *Indian Soc. Soil Sci. Bull.* 10: 78-85.
20. Malavolta, E. 1985. Potassium status of tropical and subtropical region soils. PP. 163-200. In: Munson R. D. (Ed.), *Potassium in Agriculture*. Am. Soc. Agron. Madison, WI.
21. Marschner, H. 2006. *Mineral Nutrient of Higher Plants*, 2<sup>nd</sup> Ed., Academic Press, Amsterdam.
22. Martin, H. W. and D. L. Sparks. 1985. On the behavior of non-exchangeable potassium in soils. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 16: 133-162.
23. Mengel, K. 1985. Dynamics and availability of major Nutrients in soils. *Adv. Soil Sci.* 2: 65-131.
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. Ramanathan, K. M. and K. K. Krishnamoorthy. 1982. Potassium releasing power vis-a-vis potassium supplying power of soils. *J. Ind. Soc. Soil Sci.* 30: 176-179.
26. Reitemeier, R. F. 1951. The Chemistry of Soil Potassium. *Adv. Agron.* 3: 113- 159.
27. Rich, C. I. 1964. Effect of cation size and pH on potassium exchange in Nason soil. *Soil Sci.* 98: 100-106.
28. Rich, C. I. 1968. Mineralogy of soil potassium. PP. 79-108. In: Kilmer V. J., S. E. Younts and N. C. Brady (Eds.), *The Role of Potassium in Agriculture*. Am. Soc. Agron. Madison, WI.
29. Rich, C. I. 1972. Potassium in minerals. Proceeding of colloquium of Int. Potash Ins. Landshut, F. R. Germany. 9: 15- 31.
30. Rich, C. I. and W. R. Black. 1964. Potassium exchange as affected by cation size, pH and mineral structure. *Soil Sci.* 97: 384-390.
31. Saber, M. S. M. and M. R. Zanaty. 1981. Effectiveness of inoculation with silicate bacteria in relation to the potassium content of plants using the intensive cropping technique. *Agric. Res.* 59: 280- 289.
32. Sahota. T. S. 2007. Understanding alfalfa Nutrition. North West Link.
33. Schroeder, D. 1979. Structure and Weathering of Potassium Containing Minerals. Proceedings of Congress of International Potash Ins. 11: 43- 63.

34. Selim, H. M., R. S. Mansell and L. W. Zelazny. 1976. Modeling Reactions and Transport of Potassium in Soils. *Soil Sci.* 122: 77- 84.
35. Shi, W., X. Wang and W. Yan. 2004. Distribution patterns of available P and K in rape rhizosphere in relation to genotypic difference. *Plant Soil.* 261(1-2): 11-16.
36. Sparks, D. L. 1987. Potassium dynamics in soils. *Adv. Soil Sci.* 6:1-63.
37. Sparks, D. H. and P. M. Huang. 1985. Physical chemistry of soil potassium. PP. 201-276. *In: Munson R. D. (Ed.), Potassium in Agriculture.* Am. Soc. Agron. Madison, WI.
38. Sparks, D. L., R. L. Blevins, H. H. Bailey and R. I. Barnhisel. 1979. Relationship of ammonium nitrogen distribution to mineralogy in a Hapludalf soil. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 43: 786-789.
39. Sparks, D. L. and T. H. Carski. 1985. Kinetics of potassium exchange in heterogeneous systems. *Appl. Clay Sci.* 1: 89-101.
40. Stegner, R. 2002. *Plant Nutrition Studies.* Lamotte Company, Maryland, USA.
41. Steffens, D. and K. Mengel. 1979. Das Aneignungsvermögen von *Lolium. Perenne* im Vergleich zu *Trifolium pretense* für Zwischenschicht-Kalium der Tonminerale. *Landw. Forsch (with English summary).* SH 36: 120-127.
42. Wang, J. G., F. S. Zhang, Y. P. Cao and X. L. Zhang. 2000 a. Effect of Plant Types on Release of Mineral Potassium from Gneiss. *Nutr. Cycl. Agronecosys.* 56: 37-43.
43. Wang, J. G., F. S. Zhang, Y. P. Cao and X. L. Zhang. 2000b. Release of potassium from K-bearing minerals, effect of plant roots under P deficiency. *Nutr. Cycl. Agronecosys* 56: 45-52.
44. Wood, L. K. and E. E. DeTurk. 1940. The adsorption of potassium in soils in non-replaceable forms. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 5: 152-161.
45. Yuan, L., J. Huang, X. Li and P. Chirstie. 2004. Biological mobilization of potassium from clay minerals by ectomycorrhizal fungi and eucalypt seeding roots. *Plant Soil.* 262: 351- 361.