تاثیر آهک بر قابلیت جذب پتاسیم از کانی فلوگوپیت توسط یونجه

محمد امیرمحمدی [۱] و حسین خادمی [۲*]

۱- دانشجوی دکتری دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان، ایران

۲- استاد گروه خاکشناسی دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان، ایران

تاریخچه مقاله

دریافت: ۱۳۹۶/۰۱/۲۵

پذیرش نهایی: ۱۳۹۶/۱۲/۱۷

کلمات کلیدی:

آهک،

فلوگوپیت،

یونجه،

آزادسازی پتاسیم

* عهده دار مکاتبات

Email: hkhademi@cc.iut.ac.ir

چکیده

کربنات‌ها که در مناطق خشک و نیمه‌خشک از اجزاء متداول تشکیل دهنده خاک‌ها می‌باشند، تاثیر قابل توجهی بر خواص فیزیکی و شیمیایی خاک‌ها از جمله جذب، نگهداری، آزادسازی کاتیون‌ها و آنیون‌ها و واکنش خاک دارند. این مطالعه با هدف بررسی تاثیر آهک بر قابلیت جذب پتاسیم از کانی فلوگوپیت در ریزوسفر یونجه انجام شد. مطالعه در قالب طرح کاملا تصادفی با آرایش فاکتوریل با کشت یونجه در بسترهای حاوی مخلوط شن کوارتزی و کانی پتاسیم دار فلوگوپیت، درصدهای مختلف آهک (۰، ۲، ۵، ۱۲ و ۲۵٪) و تحت دو نوع محلول غذایی(کامل و بدون پتاسیم) و با سه تکرار در یک دوره شش ماهه اجرا گردید. پس از اتمام دوره رشد، بخش هوایی و ریشه گیاه برداشت و عصاره‌گیری با روش خاکستر خشک انجام و مقدار پتاسیم عصاره‌ها تعیین شد. نتایج نشان داد که عملکرد اندام هوایی و ریشه گیاهان به طور معنی‌داری تحت تاثیر حضور آهک قرار می‌گیرد. غلظت پتاسیم اندام هوایی و ریشه گیاه نیز، با افزایش آهک در بسترهای کشت گیاهان به طور معنی‌داری کاهش می‌یابد. در تیمارهای محلول غذایی بدون پتاسیم، مقدار پتاسیم جذب شده به طور معنی-داری تحت تاثیر مقدار آهک قرار داشت؛ به‌طوری‌که کم‌ترین جذب پتاسیم اندام هوایی و ریشه گیاهان مربوط به تیمار با ۲۵ درصد آهک در بستر کشت با محلول غذایی بدون پتاسیم بود. در مجموع در محیطی که کانی‌های میکایی تنها منبع تامین کننده پتاسیم می‌باشند، حضور آهک می‌تواند تاثیر منفی به‌سزایی در آزادسازی پتاسیم از کانی و جذب آن توسط گیاه داشته باشد.

مقدمه

پتاسیم از عناصر ضروری پرمصرف برای رشد گیاه است و اهمیت آن در کشاورزی به خوبی شناخته شده است (۲، ۷، ۱۰، ۱۱ و ۱۵). چهار شکل مختلف پتاسیم در خاک به‌ترتیب سهل الوصول بودن برای گیاهان، شامل پتاسیم محلول، پتاسیم تبادلی، پتاسیم غیرتبادلی و پتاسیم ساختمانی است (۲۳ و ۲۷). خاک‌های مناطق خشک و نیمه‌خشک، مقدار پتاسیم تبادلی و غیرتبادلی زیادی دارند و به دلیل کشت فشرده و کاربرد کم کودهای پتاسیمی، پتاسیم تبادلی تخلیه می‌گردد و در این شرایط پتاسیم غیرتبادلی می‌تواند نقش مهمی در تامین نیاز پتاسیمی گیاه ایفا کند (۲۹). پتاسیم موجود در

کانی‌های رسی، منبع مهمی برای پتاسیم مورد نیاز گیاهان در بسیاری از خاک‌ها محسوب می‌شود. تغذیه مناسب گیاه، تحت تاثیر جایگزینی پتاسیم محلول خاک از طریق آزادسازی پتاسیم غیر تبادلی از کانی‌های میکایی است (۲۰). بنابراین، برای رشد حداکثر گیاه، پتاسیم محلول و تبادلی خاک باید به‌طور مداوم از طریق آزادسازی پتاسیم غیرتبادلی در اثر هوادیدگی ذخایر پتاسیم یا افزودن کودهای پتاسیمی جبران گردد (۲۰). تعادل موجود بین شکل‌های مختلف پتاسیم در خاک، باعث تداوم تامین پتاسیم برای گیاه می‌شود. پتاسیم غیرتبادلی که در بین لایه‌های کانی‌های میکایی نگهداری می‌شود، می‌تواند منبع مهم پتاسیم قابل جذب برای گیاهان باشد (۳، ۴، ۳۰).

میکاها و فلدسپارهای پتاسیم از منابع اصلی طبیعی تامین کننده پتاسیم در خاک‌ها هستند. میکاها سیلیکات‌های لایه‌ای ۲:۱ هستند که از یک لایه اکتاهدرال که بین دو لایه تتراهدرال قرار گرفته، تشکیل شده‌اند. فلوگوپیت با فرمول شیمیایی $KMg_3(AlSi_3O_{10})(F,OH)_2$ از میکاهای تری‌اکتاهدرال است هر سه موقعیت آن به وسیله Fe^{2+} یا Mg^{2+} اشغال شده و پتاسیم در بین لایه‌های مذکور قرار دارد (۱۸ و ۲۹).

کربنات‌ها در مناطق خشک و نیمه‌خشک از اجزاء متداول تشکیل دهنده خاک‌ها می‌باشند؛ تاثیر قابل توجهی بر خواص فیزیکی و شیمیایی خاک‌ها دارند که می‌توان به جذب و نگهداری و آزادسازی کاتیونها و آنیون‌ها، و واکنش خاک اشاره کرد. مقدار آهک (کربنات کلسیم و کربنات مضاعف کلسیم و منیزیم) بسته به آب و هوا و میزان شست‌وشوی آهک در نیم‌رخ خاک از صفر تا ۵۰ درصد و گاهی بیش‌تر متغیر است (۵). وجود آهک pH خاک را بین ۷/۶ تا ۸/۲ حفظ می‌کند (۱۳). حدود هزار میلیون هکتار از خاک‌های آهکی در دنیا وجود دارد که کشورهایی مثل ایران، عراق، کویت، عربستان، شمال آفریقا و قسمت‌های خشک آمریکا (نوادا و آریزونا) را شامل می‌شوند عمده خاک‌های ایران در گروه شدیداً آهکی قرار دارند (۵). شیمی و حاصل‌خیزی پتاسیم در نواحی خشک و نیمه‌خشک، به‌ویژه در حضور آهک و در محیط ریزوسفری به‌خوبی مطالعه نشده است. خاک‌ها در این نواحی به طور کلی ذخیره خوبی از این عنصر دارند؛ اگر چه این خاک‌ها به‌شدت و به‌طور فزاینده‌ای توسط محصولات از پتاسیم قابل دسترس برای گیاهان تخلیه می‌شوند (۹ و ۱۰).

شواهد نشان می‌دهد که جذب پتاسیم به وسیله گیاهان از محلول خاک به غلظت کلسیم (Ca^{2+}) یا منیزیم (Mg^{2+}) نیز بستگی دارد (۶، ۱۱، ۲۸). کل پتاسیم محلول در خاک بیانگر مقدار پتاسیم فعال قابل جذب برای گیاه نمی‌باشد؛ چراکه یون‌های Ca^{2+} و Mg^{2+} در جذب با K^+ رقابت می‌کنند. به طوری که جذب پتاسیم با افزایش مقدار Ca^{2+} و Mg^{2+} کاهش می‌یابد. بنابراین در خاک‌هایی که دارای مقدار زیادی از این دو یون هستند، پتاسیم بیش‌تری برای تامین نیاز گیاه لازم است (۲۹). ریشه گیاهان دارای ظرفیت تبادل کاتیونی هستند. ظرفیت تبادلی ریشه بر حسب روش اندازه گیری متفاوت بوده، گاهی ارقام تا ۱۰ برابر تغییر می‌نماید. میزان ظرفیت تبادلی ریشه گیاهان از ۹ میلی اکی والان در ۱۰۰ گرم در ریشه گندم، تا ۹۴ میلی اکی والان در ۱۰۰ گرم در ریشه گل زبان در قفا[1] تغییر می‌نماید (۱۸). به طور کلی ظرفیت تبادلی دولپه‌ای‌ها بیش از تک لپه‌ای‌هاست. فرضیه انتخابی بودن جذب یون‌ها به وسیله ریشه گیاه که به ظرفیت تبادلی ریشه ارتباط داده می‌شود، بر اساس اصل دونن است که در مورد روابط یون‌های دو ظرفیتی و یک ظرفیتی در محیط تبادلی است (۱۳ و ۱۸). براساس این اصل، نسبت پتاسیم به یون‌های دو ظرفیتی در محیطی که به حال تعادل است، متناسب با نسبت فعالیت این یون‌ها، یعنی $K^+/(Ca^{2+}+Mg^{2+})$ می‌باشد. هر چه ظرفیت

1- Larkspour = *Delphinium ajacis*

تبادلی ریشه بالاتر باشد، نسبت یون‌های یک ظرفیتی به دو ظرفیتی آن کم‌تر می‌شود. این تمایل جذب یون‌های دو ظرفیتی در کلوئیدهایی که دارای ظرفیت تبادلی بیش‌ترهستند، مربوط به مقدار انرژی پیوندی یا انرژی جذب بیش‌تر بین کاتیون‌های دو ظرفیتی و این نوع کلوئیدهاست. برعکس کلوئیدهایی که دارای ظرفیت تبادلی کم‌تری هستند، تمایل بیش‌تر به جذب کاتیون‌های یک ظرفیتی دارند(۷، ۸، ۲۵).

یونجه با نام علمی (*Medicago sativa L*) مهم‌ترین گیاه علوفه‌ای در ایران و سایر نقاط جهان است. از خصوصیات گیاهشناسی یونجه[1] دارا بودن ریشه راست و عمیق است که از رشد مریستم انتهایی ریشه‌چه حاصل می‌شود. گیاه یونجه برای تولید عملکرد بهینه به میزان زیادی پتاسیم احتیاج دارد و کمبود پتاسیم در آن موجب کاهش عملکرد و طول عمر آن می‌شود (۱۷).

با توجه به این‌که اکثر خاک‌های ایران آهکی هستند، و هم‌چنین دارای مقادیر نسبتا زیادی از کانی‌های پتاسیم-دار می‌باشند، رهاسازی پتاسیم از این کانی‌ها برای تغذیه گیاه از اهمیت بالایی برخوردار است. این مطالعه برای بررسی تاثیر آهک بر قابلیت جذب پتاسیم از کانی فلوگوپیت توسط یونجه انجام شد.

. مواد و روش‌ها

این پژوهش به صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملا تصادفی با سه تکرار انجام شد. فاکتورهای آزمایش شامل دو نوع محلول غذایی (کامل و بدون پتاسیم) و مقدار آهک در پنج سطح (۰، ۲، ۵، ۱۲ و ۲۵٪) با اندازه الک بین ۶۰ تا ۲۰۰ مش (۰/۰۱-۰/۰۴ سانتی‌متر) بود. آزمایش در گلدان‌های ۷۰۰ گرمی حاوی مخلوط شن کوارتزی (به عنوان پرکننده) و همراه با کانی فلوگوپیت انجام گردید. شن کوارتزی از معدنی درهمدان و کانی فلوگپیت از معدن میکای فلوگوپیت قره باغ در ارومیه تهیه شد و به منظور بررسی امکان استفاده از شن کوارتزی و کانی فلوگپیت تجزیه عنصری توسط دستگاه فلورسانس پرتو ایکس(XRF) که قبلا انجام شده بود (جدول ۱)به کاربرده شد. با توجه به ناچیزبودن پتاسیم در شن کوارتزی، آن به عنوان ماده پرکننده گلدان‌ها استفاده شد. از شن کوارتزی در اندازه بزرگ‌تر از ۱۴۰ مش و کانی فلوگوپیت در اندازه کوچک‌تر از ۱۴۰ مش استفاده گردید. طبق جدول ۱ مقدار پتاسیم در فلوگوپیت ۱۰/۱۳ درصد می‌باشد. مقدار کانی (۳۰ گرم فلوگوپیت در هرگلدان) اضافه شده به هر گلدان به صورتی بود که به میزان ۰/۵ درصد K_2O را برای هر گلدان تامین نماید. در محیط کشت، علاوه بر شن کوارتزی و کانی فلوگوپیت از آهک در پنج سطح (۰، ۲، ۵، ۱۲ و ۲۵ درصد) استفاده شد که براساس درصد وزنی ۶۰۰ گرم قسمت میانی گلدان می‌باشد که مقدار اضافه شده آنها به ترتیب ۰، ۱۲، ۳۰، ۷۲ و ۱۵۰ گرم آهک بود. آهک مورد استفاده در گلدان‌ها از سنگ آهک تراورتن نمونه‌برداری شده از معدنی در نطنز اصفهان که بالای ۹۸/۵ درصد آهک داشت، تامین گردید و برای اضافه کردن آهک به بسترهای کشت از اندازه الک بین ۶۰ تا ۲۰۰ مش استفاده شد.

برای کشت از یونجه رقم رهنایی استفاده شد. در طول دوره کشت از آب مقطر برای آبیاری و از محلول غذایی در دو نوع (کامل و بدون پتاسیم) بر اساس فرمول پیشنهادی استگنر(۲۸) ابتدا محلول های مادری ساخته شد؛ سپس با استفاده از این فرمول محلول‌های کامل و بدون پتاسیم ساخته شد و برای تغذیه گیاهان استفاده گردید. در ابتدای کشت هفته‌ای دو بار محلول غذایی به مقدار ۵۰ میلی لیتر و در روزهای دیگر هفته آب مقطر به مقدار مورد نیاز به گلدان‌ها افزوده شد. تعیین این مقدار بر اساس خروج آب از زیر گلدان‌ها بود. با گذشت زمان و اواسط رشد این مقدار به ۱۰۰ میلی لیتر آب مقطر و محلول غذایی افزایش یافت؛ و در نهایت در ماه آخر این مقدار به ۱/۲ برابر محلول غذایی اولیه رسید.

1- Medicago sativa

جدول(۱) تجزیه عنصری فلوگوپیت و شن کوارتزی مورد استفاده در آزمایش برحسب درصد با استفاده از فلورسانس پرتو ایکس
Table (1) Elemental analysis of phologopite and quartz sand used in the experiment using x-ray fluorescence

نوع کانی (Mineral type)	Na_2O(%)	MgO(%)	Al_2O_3(%)	SiO_2(%)	K_2O(%)	CaO(%)	Fe_2O_3(%)	MnO(%)	P_2O_5(%)	TiO_2(%)	LOI*(%)	Total
فلوگوپیت (Phologopite)	0.41	26.4	17.4	38.7	10.3	0.12	0.2	0.07	0.037	0.56	0.9	99.63
شن کوارتزی (Quartz sand)	>0.11	>0.12	0.36	97.5	>0.1	0.61	0.57	–	–	–	0.48	99.86

LOI:کاهش وزن در دمای بالا(Loss on Ignition)

در طول فصل رشد، چهار بار شاخسار گیاه از دو سانتی بالای طوقه برداشت و با آب مقطر شسته و در پاکت کاغذی قرار داده شدو به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد در خشک‌کن تهویه‌دار خشک شد و وزن خشک مجموع کل چین‌ها اندازه‌گیری گردید. عصاره‌گیری با روش خاکستر خشک انجام شد و سپس مقدار پتاسیم نمونه‌ها مشخص گردید و فاکتور جذب پتاسیم (حاصل‌ضرب وزن خشک در غلظت پتاسیم) برای هر بخش جداگانه محاسبه گردید (۱۳). داده‌های به‌دست آمده از این آزمایش، با استفاده از نرم افزار SAS نسخه ۹/۱ مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت و مقایسه میانگین‌ها با آزمون LSD در سطوح احتمال آماری ۱ و ۵ درصدانجام شد.

نتایج وبحث

جداول ۲ و ۳ تجزیه واریانس وزن خشک، غلظت و جذب پتاسیم اندام هوایی و ریشه گیاه را نشان می‌دهد. همان‌گونه که مشاهده می‌شود، تاثیر آهک بر غلظت و جذب پتاسیم اندام هوایی و ریشه گیاه معنی‌دار شده است. تاثیر نوع محلول غذایی نیز بر وزن خشک و جذب پتاسیم اندام هوایی معنی‌دار شده است. هم‌چنین، اثر متقابل دو فاکتور درصد آهک و نوع محلول غذایی بر غلظت و جذب پتاسیم اندام هوایی و ریشه گیاه معنی‌دار شده است.

غلظت پتاسیم اندام هوایی و ریشه گیاه

شکل ۱-الف غلظت پتاسیم اندام هوایی را بر حسب درصد(میلی گرم بر کیلوگرم) نشان می‌دهد. بیش‌ترین غلظت پتاسیم در بسترهای کشت بدون آهک مشاهده می‌گردد. کم‌ترین غلظت پتاسیم درگیاهان با ۲۵ درصد آهک در بستر کشت مشاهده می‌شود. با افزایش مقادیر آهک در بستر کشت غلظت پتاسیم اندام هوایی گیاهان کاهش می‌یابد. حد کفایت پتاسیم برای گیاه یونجه ۲ تا ۳/۵ درصد(میلی گرم بر کیلوگرم) است (۱۴). گیاهان در بسترهای کشت بدون آهک توانسته‌اند به‌خوبی مقدار پتاسیم مورد نیازشان را تامین کنند؛ این در حالی است که با افزایش آهک در بسترهای کشت، گیاهان تغذیه شده با هر دو نوع محلول غذایی جذب پتاسیم کم‌تری را نشان دادند. شکل ۱-ب غلظت پتاسیم ریشه گیاه را بر حسب درصد(میلی گرم بر کیلوگرم) نشان می‌دهد. بیش‌ترین غلظت پتاسیم در بسترهای کشت بدون آهک با هر دو نوع محلول غذایی مشاهده شد. کم‌ترین غلظت پتاسیم در بسترهای کشت با ۲۵ درصد آهک و محلول غذایی بدون پتاسیم مشاهده می‌شود. کاهش غلظت پتاسیم ریشه گیاهان با افزایش آهک در بسترهای کشت، دارای تفاوت معنی‌داری است. با توجه به این‌که مقدار پتاسیم تامین شده در بسترهای کشت گیاهان یکسان بوده است؛ اما گیاهان

نتوانسته اند به یک اندازه پتاسیم جذب کنند. این گیاهان دچار کمبود غیر مستقیم پتاسیم شده‌اند. مواجهه غیرمستقیم گیاه با کمبود پتاسیم به این معنی است که علی رغم وجود پتاسیم قابل جذب و نسبتاً قابل توجه در خاک، به دلایل فیزیولوژیکی جذب پتاسیم توسط ریشه و انتقال آن به اندام هوایی مختل می‌شود که از دلایل آن می‌توان به اثرات متقابل منفی مربوط به غلظت‌های بالای کلسیم و منیزیم، نسبت به پتاسیم در خاک اشاره کرد (۱، ۱۶).

جدول(۲) تجزیه واریانس وزن خشک، غلظت پتاسیم و جذب پتاسیم اندام هوایی

Table (2) Analysis of variance of shoot dry weight, potassium concentration and potassium uptake

منابع تغییرات (Source of Variation)	درجه آزادی (Degree of freedom)	میانگین مربعات (Mean squares)		
		وزن خشک (Dry weight)	غلظت پتاسیم (Potassium concentration)	جذب پتاسیم (Potassium uptake)
نوع محلول غذایی (Type of nutrient)	1	3.38**	0.51	7721.87**
درصد آهک (Lime percent)	4	0.58**	0.48**	2601.34**
نوع محلول غذایی × درصد آهک (Type of Nutrient×Lime percent)	9	0.8	0.3**	2195.66**
خطا (Error)	24	0.13	0.024	231.87

** و * به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد

*,**: Significant at 1% and 5% probability levels, respectively

جدول (۳) تجزیه واریانس وزن خشک، غلظت پتاسیم و جذب پتاسیم ریشه

Table (3) Analysis of variance of root dry weight, K concentration and K uptake

منابع تغییرات (Source of Variation)	درجه آزادی (Degree of freedom)	میانگین مربعات(Ms)		
		وزن خشک (Dry weight)	غلظت پتاسیم (Potassium concentration)	جذب پتاسیم (Potassium uptake)
نوع محلول غذایی (Type of nutrient solution)	1	5.01	0.22	3212.22
درصد آهک (Lime percent)	4	16.34**	0.58**	10161.18**
نوع محلول غذایی × درصد آهک (Type of nutrient solution × lime percent)	9	7.94**	0.28**	4883.49**
خطا (Error)	24	0.55	0.03	287.26

** و * به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد

*,**: Significant at 1% and 5% probability levels, respectively.

در این حالت، یعنی عدم تعادل غلظت این عناصر در خاک به دلیل مشابهت حامل‌های جذب پتاسیم، کلسیم و منیزیم در ریشه جایگاه‌های اتصال عمدتا توسط آن‌ها اشغال گردیده و بدین ترتیب پتاسیم کم‌تری به داخل ریشه منتقل

می‌شود (۱، ۱۲ و۱۳). به طور کلی غلظت پتاسیم در گیاهان تغذیه شده با محلول غذایی کامل و با پتاسیم بیش‌تر از گیاهان تغذیه شده با محلول غذایی بدون پتاسیم است. با افزایش مقدار آهک در بستر کشت گیاهان مقدار کلسیم محلول به سبب هیدرولیز آهک در بستر کشت افزایش می‌یابد که باعث کاهش نسبت پتاسیم به کلسیم و منیزیم در محیط کشت می‌گردد که این تغییر سبب کاهش جذب پتاسیم می‌شود (۷، ۱۹).

کاهش جذب عناصر از سطح ریشه گیاهان در بستر کشت حاوی آهک همچنین می‌تواند ناشی از ایجاد اگزالات کلسیم روی سطح ریشه گیاه، به سبب فراوانی یون کلسیم در محیط اطراف ریشه باشد (۳۰). غلظت پتاسیم ریشه گیاهان کم‌تر از غلظت پتاسیم شاخساره بود. علت اصلی این موضوع، نیاز بیش‌تر شاخساره نسبت به ریشه، به پتاسیم می‌باشد. علت دیگر آن توانایی بالای گیاه در انتقال پتاسیم از ریشه به شاخساره است. یول و همکاران[1] (۲۰۰۴) رهاسازی پتاسیم از کانی فلوگوپیت را در حضور گیاه اوکالیپتوس مورد بررسی قراردادند. ایشان با اندازه گیری پتاسیم ریشه و شاخساره گیاه اوکالیپتوس، نشان دادند که غلظت پتاسیم برگ، بیش‌تر از ریشه گیاه است (۳۱).

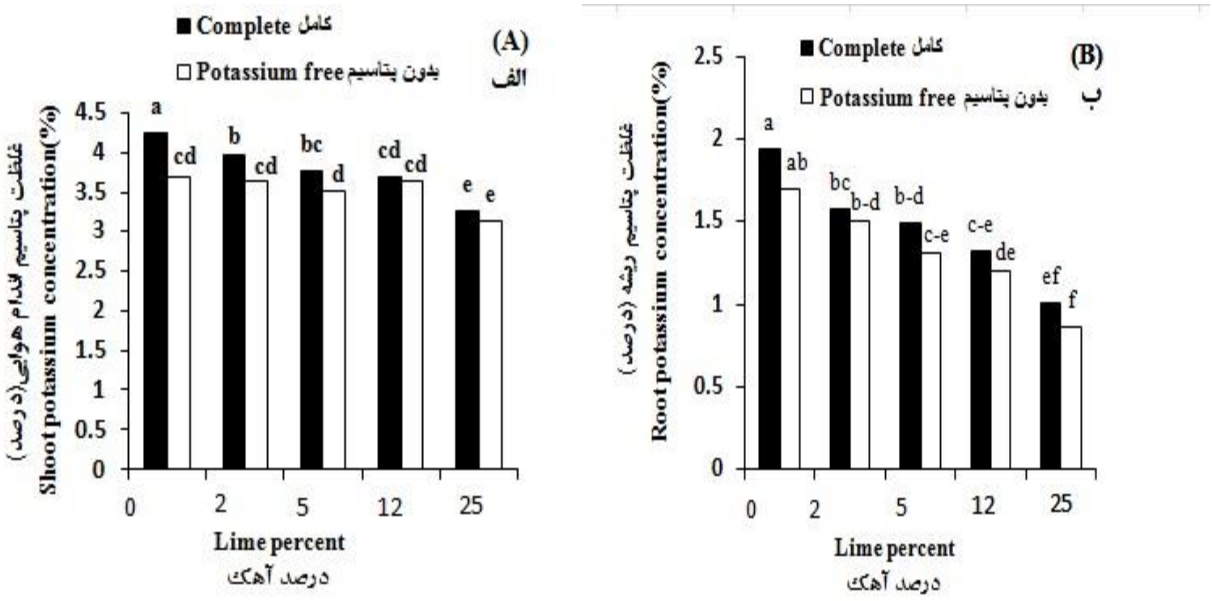
وزن خشک اندام هوایی و ریشه گیاه

میانگین وزن خشک اندام هوایی در شکل۲-الف نشان داده شده است. به‌طورکلی وزن خشک اندام هوایی در گیاهان تغذیه شده با محلول غذایی کامل، بیش‌تر از گیاهان تغذیه شده با محلول بدون پتاسیم است. بیش‌ترین وزن خشک به گیاهان تغذیه شده با محلول غذایی کامل و بدون آهک در بستر کشت اختصاص دارد. کم‌ترین وزن خشک مربوط به گیاهان تغذیه شده با محلول عذایی بدون پتاسیم و با ۲۵ درصد آهک در بستر کشت است. میانگین وزن خشک ریشه گیاه یونجه در شکل ۲- ب نشان داده شده است. افزایش مقادیر آهک در بسترهای کشت سبب کاهش وزن خشک در گیاهان شده است؛ به طوری‌که گیاهان تغذیه شده با محلول‌های غذایی کامل و بدون پتاسیم با بسترهای کشت بدون آهک، بیش‌ترین وزن خشک ریشه را در بین گیاهان، دارا می‌باشند. این کاهش وزن ریشه، می‌تواند ناشی از تفاوت در خصوصیات فیزیکی ایجاد شده در بستر کشت گیاهان، به سبب حضور آهک باشد؛ به عنوان مثال، عواملی مانند تراکم، توانایی نگهداشت رطوبت و تخلخل را می‌توان نام برد که بر میزان رشد و عملکرد گیاه موثر هستند. البته این عوامل می‌توانند نقش کوچکی داشته باشند و بیش‌ترین نقش مربوط به اثر آهک بر رهاسازی پتاسیم ساختمانی و غیرتبادلی و جذب توسط ریشه است (۲۴).

پتاسیم جذب شده در اندام هوایی و ریشه گیاه

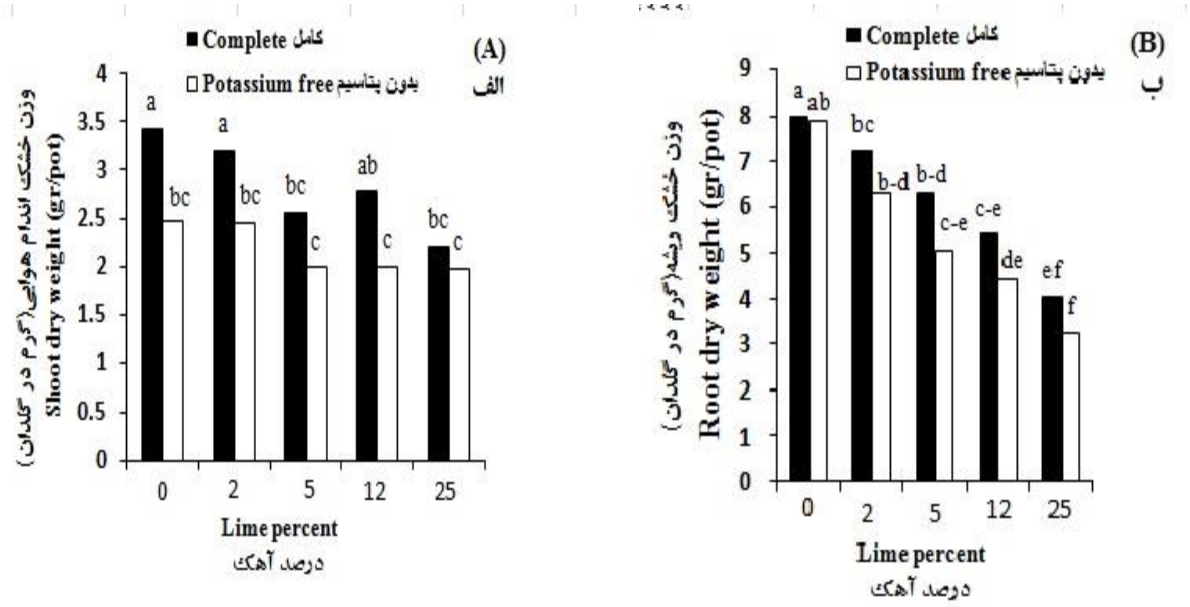
میانگین پتاسیم جذب شده توسط اندام هوایی یونجه در شکل۳-الف نشان داده شده است. بیش‌ترین مقدارجذب پتاسیم ۱۴۵/۸۴ میلی گرم در گلدان در گیاهان تغذیه شده با محلول غذایی کامل دیده می‌شود. پس از آن، گیاهان تغذیه شده با محلول غذایی کامل و با ۲ درصد آهک در بستر کشت قرار دارند. جذب پتاسیم در تیمارهای با ۲۵ درصد آهک کاهش معنی‌داری را نسبت به گیاهان بدون آهک در بستر کشت نشان می‌دهد. افزایش ۲ درصد آهک در بستر کشت گیاهان تغذیه شده با محلول غذایی کامل نتوانسته تغییر معنی‌داری در مقدار پتاسیم جذب شده ایجاد کند. مقادیر پتاسیم جذب شده به وسیله ریشه (شکل ۳- ب) روند کاهش جذب پتاسیم با افزایش مقادیر آهک در بستر کشت گیاهان را نشان می‌دهد. جذب پتاسیم در ریشه، به‌جز تیمارهای شاهد و ۲ درصد آهک در همه موارد، نسبت به اندام هوایی گیاه کم‌تر بود که آن به علت غلظت کم‌تر پتاسیم ریشه گیاهان است.

1- Youl *et al.*



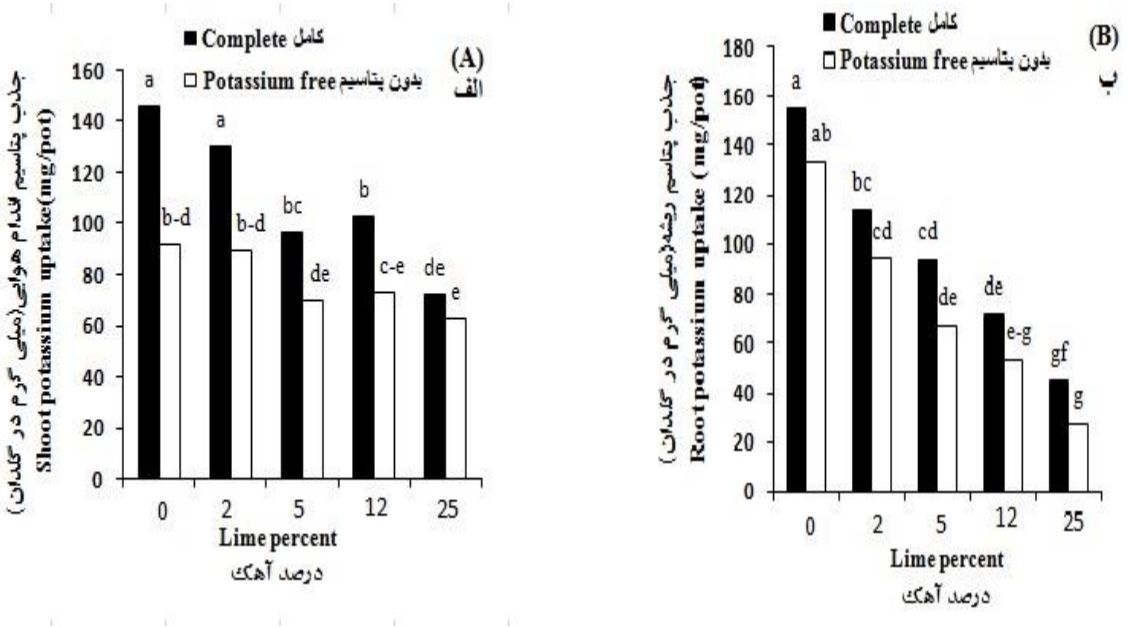
شکل(۱) مقایسه میانگین‌های اثر مقادیر متفاوت آهک بر غلظت پتاسیم در اندام هوایی (الف) و ریشه (ب) در دو نوع محلول غذایی. میانگین های دارای حروف مشترک در سطح ۵ درصد اختلاف معنی‌داری آماریی ندارند.

Figure (1) Effect of different amounts of lime on the concentration of potassium in shoot (A) and root (B) under two nutrient solutions. Means with the same letters are not statistically significant at 5% probability level.



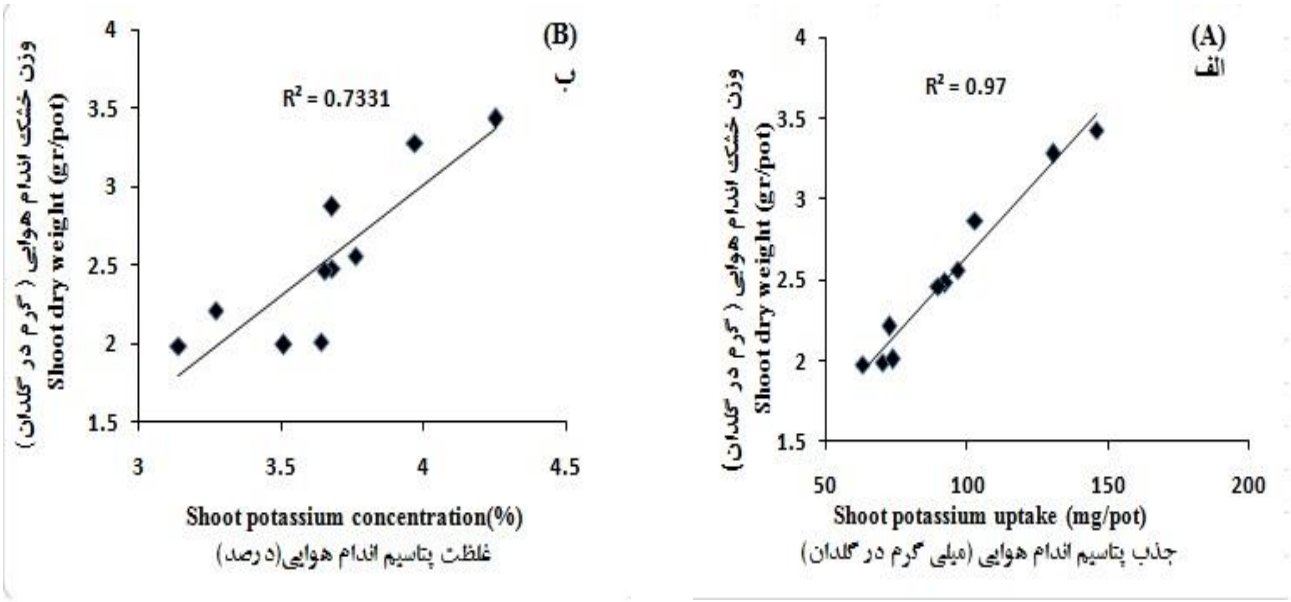
شکل(۲) مقایسه میانگین اثر مقادیر متفاوت آهک بر وزن خشک اندام هوایی (الف) و ریشه گیاه (ب) در دو نوع محلول غذایی. میانگین های دارای حروف مشترک در سطح ۵ درصد اختلاف معنی دار آماری ندارند.

Figure (2) Effect of different amounts of lime on the shoots dry weight (A) and root dry weight (B) under two nutrient solutions. Means with the same letters are not statistically significant at 5% probability level.



شکل (۳) مقایسه کل مقادیر پتاسیم جذب شده در اندام هوایی (الف) و ریشه گیاه (ب) در دو نوع محلول غذایی. میانگین های دارای حرف مشترک اختلاف معنی داری در سطح ۵ درصد آماری ندارند.

Figure (3) Comparison of total amount of potassium uptake by shoot (A) and root (B) under two different nutrient solutions. Means with the same letters are not statistically significant at 5% probability level.



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

Figure (4) The correlation between the amount of dry matter and potassium uptake (A) and Potassium concentration in shoot (B) (significant at 1% probability level)

شکل ۴- الف و شکل ۴- ب، به ترتیب هم‌بستگی بین مقدار وزن خشک اندام هوایی با پتاسیم جذب شده و غلظت پتاسیم در اندام هوایی را نشان می‌دهند. همبستگی بالا و معنی‌دار در سطح ۱٪ نشان می‌دهد که با افزایش غلظت و مقدارجذب پتاسیم اندام هوایی عملکرد گیاه افزایش یافته است؛ به عبارت دیگر، کمبود

پتاسیم ناشی از وجود آهک در بسترهای کشت، مهم‌ترین عامل محدود کننده رشد است.

نتیجه گیری

با توجه به نتایج به‌دست آمده در این پژوهش، می‌توان دریافت که وجود آهک در بسترهای کشت توانسته عاملی محدود کننده برای جذب پتاسیم توسط گیاهان باشد. هر چند مقدار پتاسیم جذب شده به وسیله گیاهان در محدوده کفایت قرار دارد، اما با افزایش آهک در بسترهای کشت گیاهان، مقدار پتاسیم جذب شده توسط گیاهان کاهش معنی‌داری یافته است. این روند کاهشی در گیاهان تغذیه شده با محلول غذایی بدون پتاسیم بیش‌تر مشاهده شد؛ این در حالی است که گیاهان تغذیه شده با محلول غذایی بدون پتاسیم و بدون آهک در بستر کشت توانسته‌اند مقدار بالاتری پتاسیم جذب کنند. گیاهانی که با محلول غذایی بدون پتاسیم تغذیه می‌شوند، تنها منبع پتاسیم آنها کانی فلوگوپیت می‌باشد و در این شرایط کمبود پتاسیم رخ می‌دهد و برای جبران این کمبود، کانی هوادیده شده و پتاسیم را طی مکانیزمی در اختیار گیاه قرار می‌دهد. اما اضافه شدن آهک به بسترهای کشت، سبب اختلال در این فرایند شده است و گیاهانی که در بسترهای کشت خود آهک داشتند پتاسیم کم‌تری جذب کردند. تصور می‌شود گیاهان با ترشح H^+ و دفع آن از ریشه می‌توانند کانی‌های رسی را تحت تاثیر قرار داده و در نهایت منجر به آزادسازی و جذب پتاسیم شوند (۲۶). اما حضور آهک در بستر کشت، سبب وارد شدن Ca^{2+} به محلول بستر کشت می‌شود که می‌تواند باعث کاهش آزادسازی پتاسیم از کانی فلوگوپیت و جذب آن توسط گیاه گردد؛ بنابراین در خاک‌های آهکی با ذخیره بالای پتاسیم نیز، در هنگام توصیه کودی پتاسیم باید مقدار آهک در نظر گرفته شود و از مواد بهساز محیط نیز استفاده گردد.

منابع

1. Albrecht, W. A. 1970. Nutritional role of calcium in plants. Plant and Soil, 33: 361-382.

2. Al-Kanani, T., Hussien, A., and Barthakur, N. 1989. Potassium exchange equilibria in calcareous soils. Soil Science Society of America Journal, 148: 286-292.

3. Askegaard, M., Eriksen, J., and Olesen, J. E. 2003. Exchangeable potassium and potassium balances in organic crop rotations on a coarse sand. Soil Use and Management, 19: 96-103.

4. 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 and Soil, 140: 55-63.

5. Banaie, M. H., Momeni, P., Bybordi, D., and Malakoti, M. 2004. Iranian soils, new developments in the identification, management and operation. Soil and Water Research Institute, Tehran, 388 pages (in Persian).

6. Evangelou, V., Wang J., and Phillips R. E. 1994. Perspectives on soil potassium quantity/intensity relationships. Advances in Agronomy, 52: 153-160.

7. Foth, H. D. and Ellis, B. G. 1997.Soil Fertility. John Wiley and Sons, 112 pages.

8. Havlin, J., and Westfall, D. 1985. Potassium release kinetics and plant response in calcareous soils. Soil Science Society of America Journal, 49: 366-370.

9. Havlin, J., Westfall, D., and Olsen. S. 1985. Mathematical models for potassium release kinetics in calcareous soils. Soil Science Society of America Journal, 49: 371-376.

10. Hosseinpour, A. 1999. A study of potassium fixation capacity, K quantity-intensity ratio and non-exchangeable K release rate in some soils of Iran.Ph.D. Thesis, College of Agriculture, Isfahan University of Technology, 233 page (in Persian with English abstract).

11. Jalali, M. 2007. Spatial variability in potassium release among calcareous soils of western Iran. Geoderma, 140: 42-51

12. Jimenez, C., and Parra, M. 1991. Potassium quantity-intensity relationships in calcareous Vertisols and Inceptisols of Southwestern Spain. Soil Science Society of America Journal, 55: 985-989.

13. Khoshgoftarmanesh, A. H. 2007. Evaluation and optimal management of fertilizer and plant nutritional status. Isfahan University of Technology Press, 113 pages (in Persian).

14. Khoshgoftarmanesh A. H. 2007. Principles of plant nutrition. Isfahan University of Technology Press, 462 pages (in Persian).

15. Malakoti, M., and Bazargan, A. 2005. Potassium in agriculture of Iran. Sana press, 258 pages (in Persian).

16. Marschner, H., and Rimmington, G. 1988. Mineral nutrition of higher plants. Plant Cell and Environment, 11: 147-148.

17. Lesins, K. A. and I. Lesins. 1979. Genus Medicago (Leguminosae): a taxogenetic study. W. Junk. 236 pages.

18. Salardini, A. 1387. Soil Fertility. Tehran University Press, 366 pages (in Persian).

19. Simard, R., Zizka, J., and De Kimpe, C. 1992. Release of potassium and magnesium from soil fractions and its kinetics. Soil Science Society of America Journal, 56: 1421-1428.

20. Sparks, D. L. 2000. Bioavailability of soil potassium. In: M. E. Sumner (ed.), Handbook of Soil Science. CRC Press, Boca Raton, FL. pp: 38-52.

21. Sparks, D. 1986. Potassium dynamics in soils. Advances in Soil Science, 6: 1-63.

22. Sparks, D. L., and Huang, P. M. 1985. Physical chemistry of soil potassium. In: R. D. Munson. (ed.), Potassium in agriculture. American Society of Agronomy, Crop Science Society of America, Soil Science Society of America, Madison, WI. pp: 201–276.

23. Sparks, D., and Liebhardt, W. 1981. Effect of long-term lime and potassium applications on quantity-intensity (Q/I) relationships in sandy soil. Soil Science Society of America Journal, 45: 786-790.

24. Sparks, D. L., and Carski, T. H. 1985. Kinetics of potassium exchange in heterogeneous systems. Applied Clay Science, 1: 89-101.

25. Springer, Y. P., Hardcastle, B. A., and Gilbert, G. S. 2007. Soil calcium and plant disease in serpentine ecosystems: a test of the pathogenrefuge hypothesis. Acta Oecologica-Oecologia Plantarum, 151: 10-21.

26. Springob, G., and Richter, J. 1998. Measuring interlayer potassium release rates from soil materials. II. A percolation procedure to study the influence of the variable 'solute K' in the 1- 10 μM range. Journal of Plant Nutrition and Soil Science, 161: 323-329.

27. Steffens, D., and Sparks, D. 1997. Kinetics of nonexchangeable ammonium release from soils. Soil Science Society of America Journal, 61: 455-462.

28. Stegner, R. 2002. Plant nutrition studies. Lamotte Company, Maryland, USA, 76 pages.

29. Tisdale, S. L., Nelsonand, W. L., and Beaton, J. D. 1985. Soil fertility and fertilizers. Collier MacMillan Publishers, 438 pages.

30. Tu, S.-X., Guo Z. F., and Sun, J. H. 2007. Effect of oxalic acid on potassium release from typical Chinese soils and minerals. Pedosphere, 17: 457-466.

31. 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 and Soil, 262: 351-361.