فصلنامه (علمی – پژوهشی)

زیست شناسی تکوینی

سال نهم، شماره ۲، بهار ۱۳۹۶

بررسی ویژگی‌های تشریحی، عملکردی گیاه نیشکر (*Saccharum officinarum* L.) و میزان پتاسیم خاک در پاسخ به نیترات پتاسیم

مریم کلاهی[1*]، سبحان موسوی[1]، حسین حاج شرفی[2]، مهدی مساواتی[1]، محمد حسین شیخ رضایی[1]، الهام صفار[1]، عاطفه کردزنگنه[1]

[1] گروه زیست شناسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز.

[2] بخش آب و خاک شناسی، مرکز تحقیقات کشاورزی شرکت کشت و صنعت امیرکبیر، اهواز.

[*]E.mail: m.kolahi@scu.ac.ir

تاریخ دریافت : ۹۶/۳/۱ تاریخ پذیرش: ۹۶/۶/۲۰

چکیده

پتاسیم که بعد از ازت، فراوان‌ترین میزان مصرف عناصر در گیاهان را دارد، کارکردهای بسیار مهمی برای تنظیم پتانسیل اسمزی سلول، حفظ و نگهداری آماس، نمو سلول و فعالیت روزنه دارد. نیشکر (*Saccharum officinarum* L.) محصول مهم برای تامین قند و صنایع‌جانبی است و با توجه به زیست‌توده بالا، نیاز به جذب مقدار زیادی پتاسیم در سراسر چرخه‌حیات خود دارد. این تحقیق در قالب طرح بلوک‌های کاملا تصادفی در مزرعه تحقیقات کاربردی کشت و صنعت امیرکبیر انجام شد. برای انجام تحقیق ، تیمار کود نیترات‌پتاسیم در سه سطح شاهد، ۷۵ و ۱۵۰ کیلوگرم درهکتار اعمال شد. در طی اجرای طرح تراکم، عملکرد، وزن ساقه، میزان پتاسیم قابل‌جذب، پتاسیم تثبیت‌شده و ساختار تشریحی بخش‌های هوایی گیاه مطالعه گردید. اعمال تیمار کود پتاسیم بر میزان تراکم و عملکرد گیاه در مزرعه تغییرات معنی‌داری نشان نداد. همچنین میزان پتاسیم تثبیت‌شده تحت تاثیر تیمار کود پتاسیم تغییرات معنی‌داری را نشان نداد، اما در تیمار ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار، اختلاف معنی‌داری در میزان پتاسیم قابل‌جذب دیده شد. میزان وزن ساقه در تیمار ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار نسبت به نمونه شاهد و تیمار ۷۵ کیلوگرم در هکتار، اختلاف معنی‌داری نشان‌داد. اغلب صفات تشریحی، تغییرات معنی‌داری را در گیاه نیشکر تحت تیمار پتاسیم نشان‌دادند. مصرف کود پتاسیم در زمان استفاده موجب بهترشدن شرایط رشد نیشکر نشد. تغییرات تشریحی اندام‌های هوایی به مصرف کود پتاسیم بیانگر سازگاری تشریحی گیاه به افزایش پتاسیم خاک است.

کلیدواژه‌ها: پتاسیم تثبیت‌شده، تشریح، کود پتاسیم، نیشکر.

مقدمه

عنصر پتاسیم از عناصر ضروری گیاهان و بعد از نیتروژن پر مصرف‌ترین عنصر مورد نیاز برای رشد و نمو گیاهان به‌حساب می‌آید. پتاسیم موجود در سیتوپلاسم همراه با آنیون‌ها نقش مهمی در تنظیم پتانسیل اسمزی یاخته‌ها و بافت‌های گیاهی دارند.

پتاسیم یک کارکرد بسیار مهم برای تنظیم اسمزی سلول، حفظ و نگهداری آماس، نمو سلول و عملکرد روزنه دارد [۲۵]. پتاسیم از طریق تورژسانس سلولی و باز و بسته نمودن روزنه‌ها در تنظیم آب گیاه ایفای نقش دارد. این عنصر در فعالیت آنزیم‌ها، بیوسنتز پروتئین‌ها و فرایندهای فتوسنتز، تنظیم فشار اسمزی، نمو سلولی، حرکت روزنه‌ای، انتقال مواد در آوند آبکش و توازن کاتیون-آنیون نقش دارد. همچنین در تشکیل قند و نشاسته، متابولیسم چربی، تثبیت نیتروژن و خنثی کردن اسیدهای آلی شرکت می‌کند [۲۶]. از نقش‌های آن می‌توان به افزایش مقاومت گیاهان در برابر آفات و بیماری‌ها، کم‌آبی، تنش‌های محیطی و بهبود کمی و کیفی، افزایش طول عمر گل‌های بریده و تشدید فتوسنتز اشاره نمود. از طرفی کمبود آن باعث کاهش گلچه‌ها و همچنین کوتاهی سنبله گل، تاخیر در گل‌دهی و زردی عمومی در برگ‌های مسن می‌گردد [۳۱]. پتاسیم به شدت در سنتز و تحرک کربوهیدرات‌ها در گیاهان نقش دارد، همچنین بنظر می‌رسد پتاسیم در ضخیم شدن دیواره سلولی و افزایش مقاومت ساختارهای گیاهی موثر است [۷]. کمبود پتاسیم گاهی منجر به شکستگی یا افتادن ساقه می‌شود.مقدار بهینه پتاسیم باعث بالارفتن میزان قند در چغندر قند و نیشکر می‌شود. البته حداکثر محصول خشک در این دو گیاه زمانی حاصل می‌گردد که مقدار کود ازته حداکثر باشد. پتاسیم در فرآیند فتوسنتز از طریق فعال‌سازی آنزیم‌های دخیل در فتوسنتز و دخالت مستقیم در تولید ATP، نقش بسیار گسترده و پیچیده‌ای دارد [۹]. نقش پتاسیم در میزان شدت فرآیند فتوسنتز در سلول گیاهی فراتر از تنظیم فعالیت سلول‌های نگهبان روزنه اهمیت دارد. نقش پتاسیم در تولیدات کشاورزی رابطه نزدیک با عملکرد فتوسنتز دارد، پتاسیم بر فرایند فتوسنتز در بسیاری سطوح از جمله سنتز ATP، فعال‌کردن آنزیم‌های فتوسنتزی، جذب Co_2، تعادل بار مورد نیاز برای فسفریلاسیون در کلروپلاست، شارش H^+ برای جریان بار در تیلاکوییید نقش دارد [۱۶]. مطالعات مختلفی نشان‌دادند که ظرفیت‌های فتوسنتزی گیاهان عالی در پاسخ به منابع مختلف پتاسیم شدیدا تغییر می‌کند [۳،۲۷،۲۹،۳۲]. جذب وابسته به نور پتاسیم سلول‌های نگهبان روزنه، یک مرحله اساسی برای باز شدن روزنه‌های گیاه است [۲۵]. این‌گونه به نظر می‌رسد که محدودیت‌های روزنه در کمبود پتاسیم افزایش می‌یابد. بسته‌شدن روزنه در اثر کاهش پتاسیم به خوبی قابل مشاهده است و به عنوان فاکتور اصلی منجر به کاهش بازدهی فتوسنتز می‌شود [۲۸]. رشد گیاهان با بکارگیری پتاسیم از طریق افزایش حرکات روزنه، هدایت مزوفیل، سنتز کلروفیل و ارسال مواد از برگ بهبود می‌یابد [۱۴،۱۶،۱۹،۲۱]. پتاسیم در خاک‌ها عمدتا در ساختمان کانی‌ها وجود دارد که پس از هوادیدگی به صورت یون پتاسیم آزادگردیده و وارد محلول خاک می‌شود. یون پتاسیم سپس جذب نقاط تبادل کاتیونی خاک گردیده و به سهولت قابل استفاده گیاه می‌باشد. در خاک‌های آلی کمبود پتاسیم شدید می‌باشد زیرا تعداد کانی‌های حاوی پتاسیم در این خاک‌ها بسیار کم است. میزان پتاسیم درمحلول خاک به چندکیلوگرم و میزان پتاسیم تبادلی درسطوح تبادل کاتیونی خاک به چندین صدکیلوگرم درسطح یک هکتاربالغ می‌گردد. رایج‌ترین کودهای دارای پتاسیم مورد استفاده برای زراعت به ترتیب مقدار پتاسیم، شامل کلراید پتاسیم، سولفات منیزیم، نیترات پتاسیم، پتاسیم منوپتاسیم و سولفات پتاسیم می‌باشد [۱۷].

نیشکر (*Saccharum officinarum* L.) محصول مهم برای تامین قند و صنایع‌جانبی است و با توجه به زیست‌توده بالا، نیاز به جذب مقدار زیادی پتاسیم در سراسر چرخه حیات خود دارد. گیاه نیشکر مانند دیگر گیاهان زراعی به پتاسیم نیاز فراوان داشته و بررسی‌ها نشان می‌دهد که خاکستر شربت نیشکر دارای حدود ۵۰-۳۰ درصد اکسید پتاسیم بوده و کاهش میزان پتاسیم در شربت باعث کاهش استحصال شکر از نیشکر می‌شود. بررسی خاک مزارع نیشکر نشان می‌دهد که میزان پتاسیم قابل جذب به‌علت کشت مکرر در سال‌های متمادی به کمتر از ۱۵۰ppm رسیده است [۱۱]. بررسی اثر پتاس در تشکیل مواد هیدروکربنه نشان می‌دهد که پتاسیم سبب افزایش قند در نیشکر می‌شود، همچنین موجب انتقال قند به تمام اندام‌ها می‌گردد. کمبود پتاس سبب می‌گردد ساقه‌ها نرم و باریک شده، مقاومت گیاه در مقابل ورس کم گردد. خشک‌شدن لبه برگ‌ها و قرمز رنگ شدن سطح فوقانی رگبرگ‌ها نیز نشانه کمبود پتاسیم است [۱۷]. میزان مصرف پتاسیم در مزارع نیشکر بین۱۰۰ تا ۲۰۰کیلوگرم در هکتار است. در جنوب کشور در مزارع نیشکر فقط کود ازت و فسفر اضافه می‌شود و تاکنون کمبود پتاس به طور اعم گزارش نشده‌است. زمان مصرف کود همزمان با کشت قلمه و همراه با شخم می‌باشد، علاوه بر آن در هنگام رشد مجدد بلافاصله پس از برداشت نی‌ها به صورت نواری در کنار ردیف‌ها مجددا کود اعمال می‌گردد [٤]. کشت گسترده این محصول و عدم مصرف کودهای پتاسیمی و نیز نیاز بالای این گیاه به عنصر پتاسیم، باعث تخلیه شدید پتاسیم در این خاک‌ها شده است [۱۱]. با توجه به نقش پتاسیم در رشد و نمو گیاهان و همچنین بازدهی عملکرد گیاهان زراعی، این پژوهش با هدف بررسی اثر کود پتاسیم بر برخی ویژگی‌های ساختار تشریحی، چهارده صفت کمی تشریحی، میزان وزن، تراکم ساقه، عملکرد و میزان پتاسیم نیشکر انجام شد.

روش‌کار

شرایط کشت

به منظور بررسی اثر کود نیترات پتاسیم بر ویژگی‌های تشریحی، تراکم، وزن و عملکرد نیشکر واریته CP ٦٩-١٠٦٢ و میزان پتاسیم خاک، این تحقیق در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تیمار در ۳ تکرار در آبان ماه ٩٤-٩٣ مصادف با پیک رشد نیشکر در مزرعه مدیریت تحقیقات کاربردی کشت و صنعت امیرکبیر با خاک لومی- شنی رسی انجام شد. کود نیترات‌پتاسیم بصورت تیمار شاهد، ۷۵ و ۱۵۰ کیلوگرم درهکتار بصورت محلول در آب، دو بار همزمان با آبیاری به مزرعه اضافه شد. درطی اجرای طرح تراکم، عملکرد، وزن ساقه، میزان پتاسیم قابل جذب و تثبیت شده و ساختار تشریحی بخش‌های هوایی گیاه مطالعه‌گردید.

سنجش میزان پتاسیم تثبیت‌شده و قابل جذب

نمونه‌های خاک مزرعه از سطح (۰ تا ۱۵ سانتی‌متر) و عمق (۱۵ تا ۳۰ سانتی‌متر) به صورت تصادفی برداشت شد. نمونه‌های خاک پس از هواخشک کردن از صافی دو میلی‌متری عبور داده شد و میزان پتاسیم تثبیت شده و قابل‌جذب به روش هلمک و اسپارکز اندازه‌گیری شد [۱۰]. پتاسیم تبادلی خاک با استات آمونیوم یک نرمال pH: ۷ و پتاسیم غیر تبادلی با اسیدنیتریک یک نرمال جوشان اندازه‌گیری گردید. غلظت پتاسیم در عصاره‌ها با استفاده از دستگاه

شعله سنج مدل Corning 405 اندازه‌گیری گردید. همه اندازه‌گیری‌ها در سه تکرار صورت گرفت و به صورت میانگین بیان گردید [۱۰].

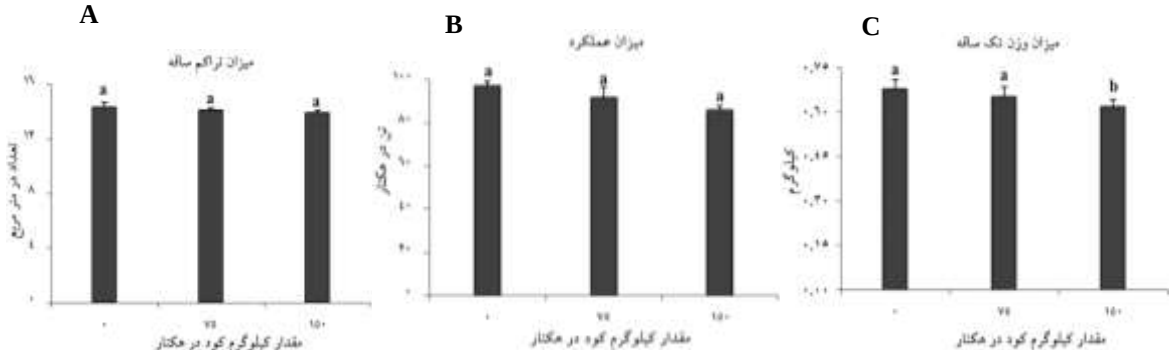
مطالعه بافت‌شناسی

برای بررسی بافت‌شناسی نمونه‌ها، ساقه، غلاف برگ و برگ در فیکساتور F.A.A[1] به مدت ٤٨ ساعت قرار گرفتند. سپس از برگ سوم و چهارم هر تیمار برش دستی تهیه‌گردید. پس از رنگ‌زدایی در آب ژاول، با کارمن زاجی و متیلن آبی عمل رنگ‌آمیزی مضاعف صورت‌گرفت. پس از تهیه لام، توسط میکروسکوپ نوری مشاهده و عکس‌برداری صورت گرفت. جهت آنالیز تصاویر عکس‌برداری شده از نرم‌افزار Digimizer (Medcalc software co.) استفاده شد[۱۲].

آزمون آماری: به منظور آنالیزآماری داده‌ها از نرم‌افزار SPSS ۲۰ استفاده شد. همه اندازه‌گیری‌ها در سه تکرار صورت‌گرفت و به صورت میانگین بیان‌گردید. تمام داده‌ها بر اساس میانگین ±انحراف معیار نشان داده شدند. سطح معنی‌داری تست‌های آماری در مورد همه‌ی تست‌ها p <۰/۰۵ در نظر گرفته شد. برای بررسی اختلاف آماری بین میانگین پارامترهای مختلف در گروه‌های مورد آزمایش از آزمون LSD استفاده شد.

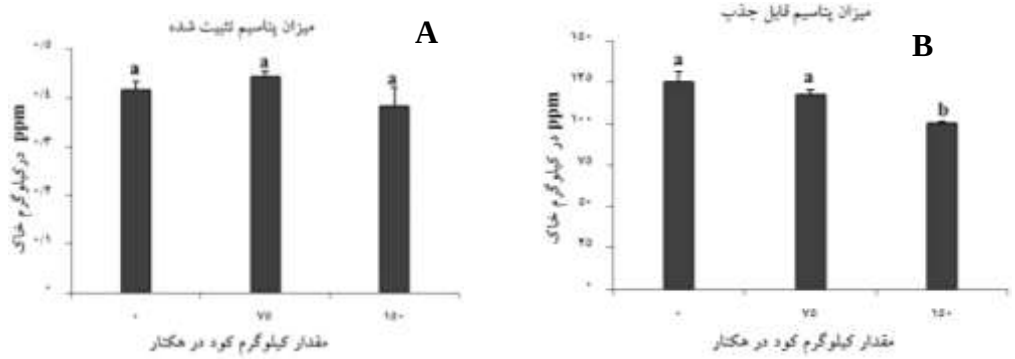
نتایج

طبق شکل ۱ اعمال تیمار کود پتاسیم بر میزان تراکم ساقه و میزان عملکرد گیاه در مزرعه تغییرات معنی‌داری نشان نداد (شکل B و ۱A). در حالی که میزان وزن ساقه در تیمار ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار نسبت به نمونه شاهد و تیمار ۷۵ کیلوگرم در هکتار، اختلاف معنی‌داری نشان داد، اما بین میزان وزن ساقه شاهد و تیمار ۷۵ کیلوگرم در هکتار اختلاف معنی‌داری دیده نشد (شکل C ۱). میزان پتاسیم تثبیت‌شده تحت تاثیر تیمار پتاسیم تغییرات معنی‌داری را نشان نداد اما در تیمار ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار، اختلاف معنی‌داری در میزان پتاسیم قابل جذب نسبت به نمونه شاهد و تیمار ۷۵ کیلوگرم در هکتار دیده شد (شکل B و A ۲) (p< ۰/۰۵).



شکل۱. میزان تراکم ساقه (A)، میزان عملکرد (B) و میزان وزن ساقه (C) گیاه نیشکر واریته CP ٦٩-١٠٦٢ تحت تیمار کود پتاسیم. مقادیر ذکر شده میانگین سه بار تکرار ±خطای استاندارد می‌باشد. حروف مشابه در بالای ستون‌ها معرف عدد متفاوت معنی‌دار بین میانگین های مقادیر پارامتر، برای هر نمونه می‌باشد.

[1] Formaldehyde – Acetic acid – Ethanol



شکل۲. میزان پتاسیم تثبیت شده (A) و میزان پتاسیم قابل جذب (B) در گیاه نیشکر واریته CP ۶۹-۱۰۶۲ تحت تیمار کود پتاسیم. مقادیر ذکر شده میانگین سه بار تکرار ± خطای استاندارد می‌باشد. حروف مشابه در بالای ستون‌ها معرف عدد متفاوت معنی‌دار بین میانگین‌های مقادیر پارامتر، برای هر نمونه می‌باشد.

همان‌طور که در جدول ۱ مشخص شده اغلب صفات تشریحی مانند مساحت دستجات آوندی ساقه، ضخامت اسکلرانشیم آوندی غلاف برگ، مساحت بافت فلوئم غلاف و طول دستجات آوندی برگ، تغییرات معنی‌داری را در گیاه نیشکر تحت تیمار پتاسیم نشان دادند (شکل B و ۳A و ٤). صفاتی مانند اندازه مساحت دستجات آوندی ساقه، میزان ضخامت اسکلرانشیم آوندی غلاف برگ، مساحت بافت فلوئم غلاف و طول دستجات آوندی برگ در هر سه تیمار یعنی نمونه شاهد و دو تیمار ۷۵ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار تفاوت معنی‌دار نشان دادند. تغییرات این مقادیر در تیمار ۷۵ کیلوگرم کود در هکتار نسبت به شاهد افزایش نشان‌داد اما در نمونه ۱۵۰ کیلوگرم کود در هکتار کاهش معنی‌داری داشت (شکل B و A ۳ و ٤). مساحت بافت فلوئم ساقه و مساحت دستجات آوندی غلاف در نمونه شاهد و تیمار ۷۵ کیلوگرم کود در هکتار تفاوت معنی‌داری نداشتند، اما تیمار ۱۵۰ کیلوگرم کود در هکتار نسبت به آنها تفاوت معنی‌دار داشت. قطر بزرگ‌ترین عنصرگزیلم غلاف، میزان مساحت ناحیه آوندی غلاف، قطر بزرگ‌ترین عنصرگزیلم برگ و میزان مساحت بافت فلوئم برگ در نمونه بین شاهد و دو تیمار اعمال شده تفاوت معنی‌داری داشتند اما بین دو تیمار اختلاف معنی‌داری دیده نشد (شکل B و A ۳ و ٤). ضخامت اسکلرانشیم آوندی برگ و مساحت دسته آوندی برگ بین شاهد و تیمار ۱۵۰ کیلوگرم کود در هکتار تفاوت معنی‌داری نداشتند، اما این مقادیر در تیمار ۷۵ کیلوگرم کود در هکتار افزایش معنی‌داری نسبت به آن دو نشان داد. قطر بزرگترین عنصرگزیلم ساقه در نمونه شاهد نسبت به نمونه‌های تیمار، افزایش یافت و در تیمار ۷۵ کیلوگرم کود در هکتار نسبت به شاهد و ۱۵۰ کیلوگرم کود در هکتار تفاوت معنی‌داری نداشت اما نمونه شاهد و تیمار ۱۵۰ کیلوگرم کود در هکتار، دارای تفاوت معنی‌دار بودند (شکل B و A ۳ و ٤) (جدول ۱) ($p< ۰/۰۵$).

بحث

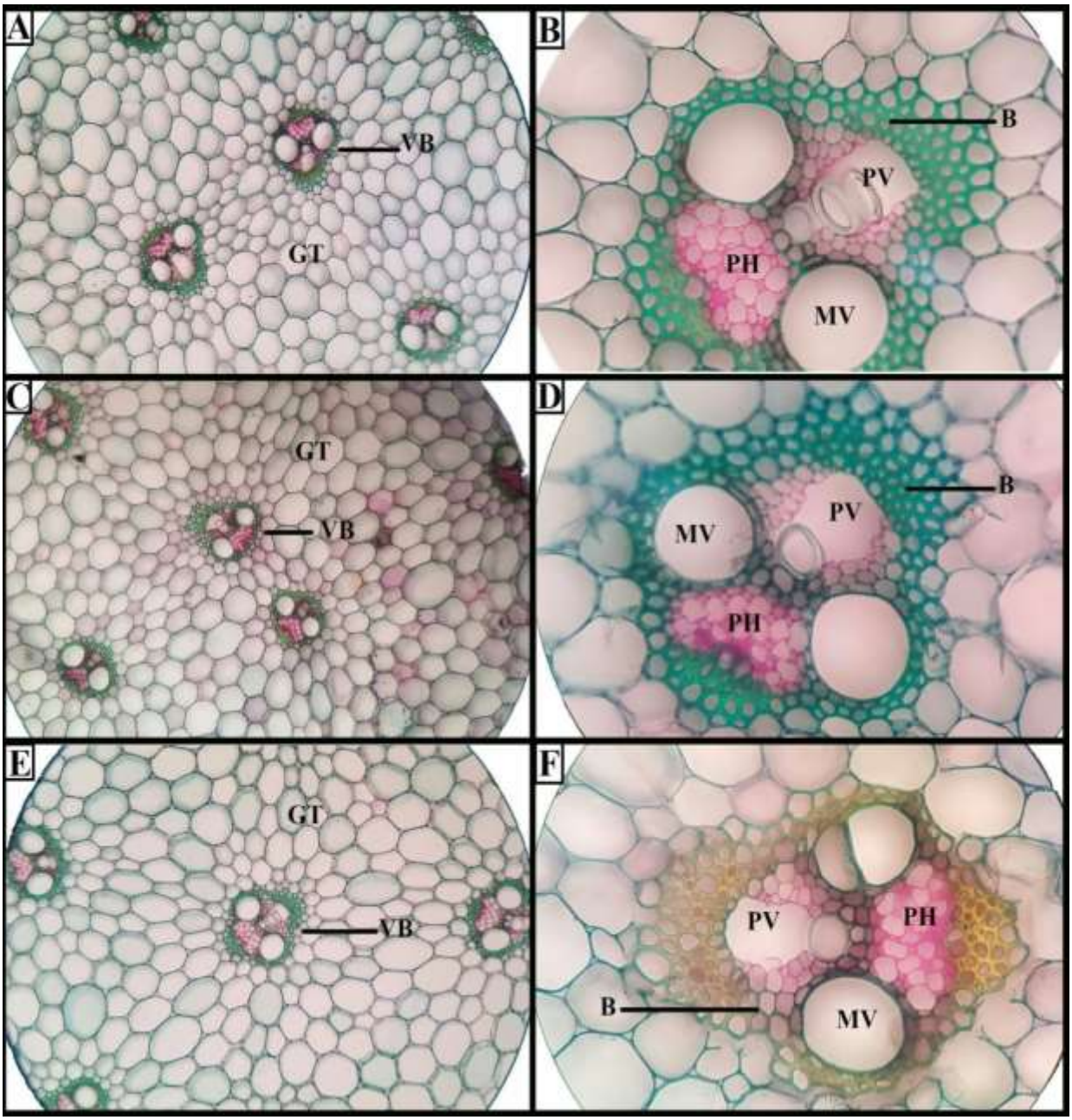
نظر به تهدیدهای زیست‌محیطی ایجاد شده در پی‌استفاده بی‌رویه کودهای شیمیایی و از طرفی اهمیت و نقش عنصر پتاسیم بر فرایندهای فیزیولوژیک و رشد و نمو گیاهان، این مطالعه به بررسی تاثیر عنصر پتاسیم بر ویژگی‌های تشریحی، برخی ویژگی‌های عملکردی و میزان پتاسیم در مزرعه تحقیقاتی بدنبال استفاده از کود پتاسیم تمرکز داشته است. مطالعه نقش پتاسیم بر

صفات تشریحی و برخی ویژگی‌های ریخت‌شناسی برای دانستن لزوم استفاده از کود پتاسیم و میزان بهینه آن و همچنین بررسی نقش پتاسیم بر عملکرد نیشکر ضروری بود. نتایج مطالعه بیانگر این است که کود پتاسیم باعث تغییرات کمی و کیفی در صفات تشریحی، وزن ساقه و میزان پتاسیم جذب شده در خاک، گردیده است. از طرفی میزان تراکم ساقه، عملکرد گیاه و پتاسیم تثبیت‌شده، تحت‌تاثیر کود پتاسیم تغییر معنی‌داری نشان نداد. میزان پتاسیم قابل جذب در تیمار ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار کود پتاسیم،کاهش معنی‌داری نسبت به نمونه شاهد و تیمار ۷۵ کیلوگرم در هکتار نشان داد.

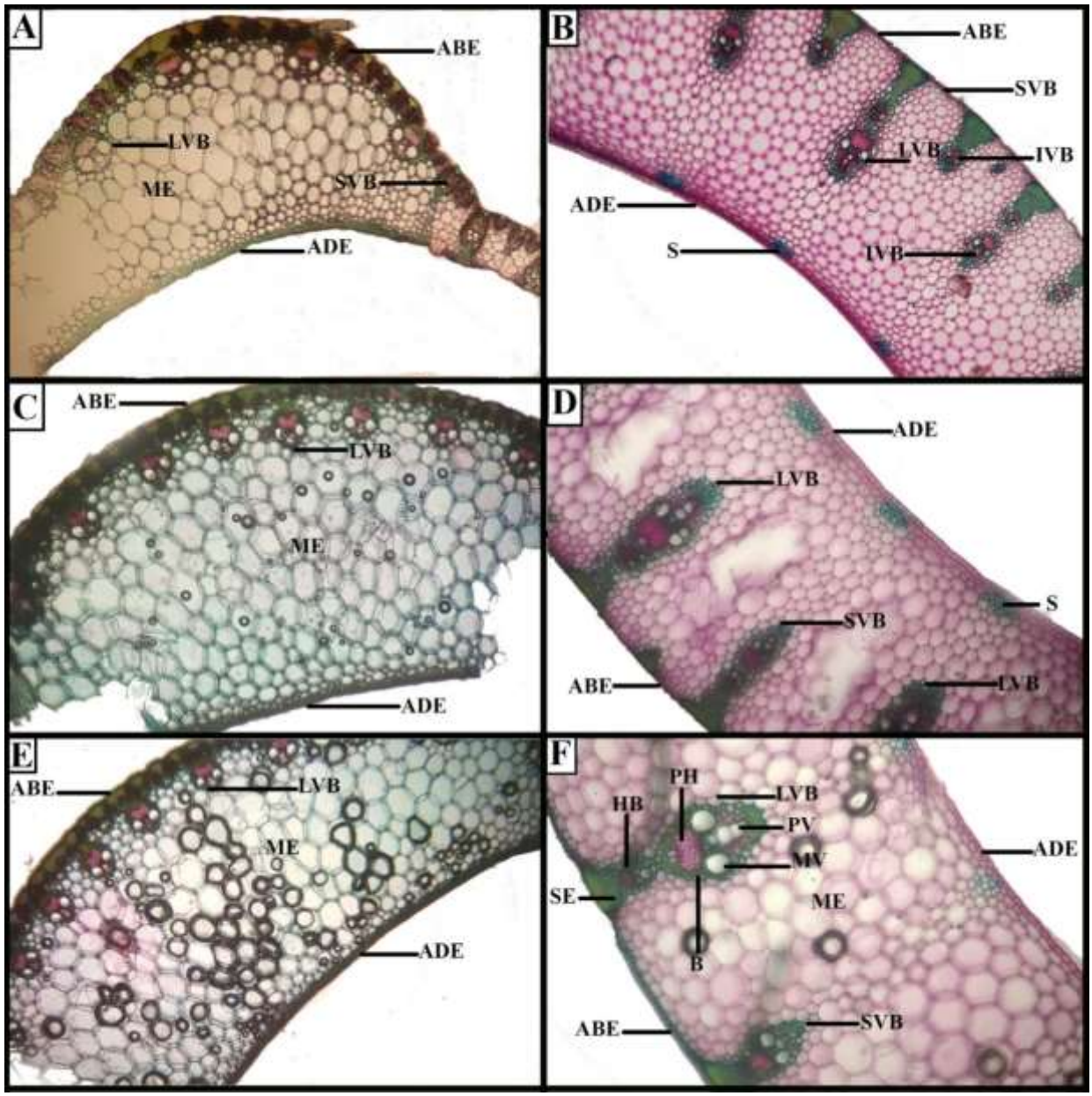
مطالعات خاک‌شناسی نشان می‌دهد که پتاسیم درخاک به سه شکل پتاسیم قابل‌جذب (پتاسیم قابل تبادل ومحلول)، پتاسیم تثبیت‌شده و پتاسیم غیرقابل جذب در کانی‌های اولیه خاک یافت می‌شود. اشکال پتاسیم در تعادل دینامیکی و قابل تبدیل هستند. عموما با کاهش پتاسیم قابل جذب مقداری از پتاسیم تثبیت شده، آزادشده و بصورت قابل‌جذب تبدیل می‌شود و بطور معکوس با دادن کود پتاسه مقداری از پتاسیم قابل جذب به صورت تثبیت شده تبدیل می‌شود [۲۳]. بررسی‌ها نشان داده که ذخیره پتاسیم قابل‌جذب خاک بر رشد و نمو گیاهان بسیار موثر است. پتاسیم در بسیاری از خاک‌های معدنی بجز خاک‌های شنی به میزان زیاد وجود دارد و عموما میزان آن از سایر عناصر بیشتر است اما در زمان مشخص مقدار پتاسیم قابل‌جذب توسط ریشه گیاهان ناچیز است، مطالعات نشان می‌دهد که ۱ تا ۲ درصد از کل پتاسیم موجود در خاک به صورت قابل تبادل و جذب می‌باشد و مابقی آن بین ذرات کلوئیدی وکانی‌های اولیه خاک تثبیت‌شده و به سهولت قابلیت جذب توسط ریشه را ندارد. مراحل آزادسازی و در دسترس قرارگرفتن این

جدول ۱- بررسی اثرمقادیر مختلف کود پتاسیم بر شاخص‌های تشریحی گیاه نیشکر واریته CP ۶۹-۱۰۶۲

تیمار / پارامتر	شاهد	۷۵ کیلوگرم کود در هکتار	۱۵۰ کیلوگرم کود در هکتار
مساحت دستجات آوندی ساقه(cm^2)	۰/۰۵۳۹±۰/۰۰۰۵c	۰/۰۶۰۴±۰/۰۰۰۶b	۰/۰۶۳۹±۰/۰۰۰۶a
قطر بزرگ‌ترین عنصرگزیلم ساقه (cm)	۰/۰۹۴۱±۰/۰۰۱۰b	۰/۱۰۴۵±۰/۰۰۰۱ab	۰/۱۰۷۹±۰/۰۰۴۴a
مساحت بافت فلوئم ساقه (cm^2)	۰/۰۰۶۰±۰/۰۰۰۴b	۰/۰۰۶۳±۰/۰۰۰۶a	۰/۰۰۷۹±۰/۰۰۰۱a
ضخامت اسکلرانشیم آوندی ساقه (cm)	۰/۰۷۳۳±۰/۰۰۰۸a	۰/۰۹۶۶±۰/۰۱۷۴a	۰/۰۷۸۶±۰/۰۰۰۴a
ضخامت اسکلرانشیم آوندی غلاف برگ (cm)	۰/۰۷۱۵±۰/۰۰۴۰b	۰/۰۸۵۳±۰/۰۰۲۱a	۰/۰۵۱۷±۰/۰۰۲۰c
قطر بزرگ‌ترین عنصرگزیلم غلاف (cm)	۰/۰۸۰۹±۰/۰۰۱۴a	۰/۰۵۱۲±۰/۰۰۳۴b	۰/۰۴۹۶±۰/۰۰۰۹b
مساحت دستجات اوندی غلاف (cm^2)	۰/۰۶۱۱±۰/۰۰۲۳a	۰/۰۶۸۳±۰/۰۰۰۴a	۰/۰۳۷۰±۰/۰۰۳۱b
مساحت بافت فلوئم غلاف (cm^2)	۰/۰۰۸۱±۰/۰۰۰۱b	۰/۰۱۱۳±۰/۰۰۰۶a	۰/۰۰۴۸±۰/۰۰۰۱c
مساحت ناحیه آوندی غلاف (cm^2)	۰/۰۷۴۹±۰/۰۰۰۱a	۰/۰۴۹۳±۰/۰۰۳۶b	۰/۰۵۲۸±۰/۰۰۰۱b
طول دستجات آوندی برگ (cm)	۰/۵۳۸۸±۰/۰۰۱۳b	۰/۷۴۳۹±۰/۰۰۲۷a	۰/۴۷۹۷±۰/۰۰۴۸c
قطر بزرگ‌ترین عنصرگزیلم برگ (cm)	۰/۰۶۶۸±۰/۰۰۰۲b	۰/۰۷۵۰±۰/۰۰۱۴a	۰/۰۷۱۷±۰/۰۰۰۸b
ضخامت اسکلرانشیم آوندی برگ (cm)	۰/۰۴۶۵±۰/۰۰۰۶b	۰/۰۶۵۶±۰/۰۰۱۱a	۰/۰۴۷۹±۰/۰۰۰۴a
مساحت بافت فلوئم برگ(cm^2)	۰/۰۰۴۹±۰/۰۰۰۲b	۰/۰۰۷۲±۰/ ۰۰۰۴a	۰/۰۰۶۸±۰/ ۰۰۰۵b
مساحت دسته آوندی برگ(cm^2)	۰/۰۳۰۸±۰/۰۰۰۴b	۰/۰۴۶۸±۰/۰۰۰۲a	۰/ ۰۳۳۰±۰/۰۰۳۵a



شکل۳. بررسی تغییرات تشریحی برش عرضی ساقه گیاه نیشکر تحت تیمار پتاسیم. Aو B: نمونه شاهد، C و D: تیمار ۷۵ کیلوگرم کود در هکتار، Eو F: تیمار ۱۵۰ کیلوگرم کود در هکتار (بزرگنمایی تصاویر سمت چپ ٤x و بزرگنمایی تصاویر سمت راست۱۰x می باشد. COکورتکس، MV متازایلم، PV پروتوزایلم، En اندودرم، Ex اگزودرم، Pi مغز،Ph فلوئم، Prدایره محیطیه،H تارکشندهB غلاف آوندی، SG کلاهک فیبری، Ph فلوئم، MV متازایلم،PV پروتوزایلم،Pa پارانشیم، ME سلول مزوفیل، UE اپیدرم فوقانی،LVB غلاف آوندی بزرگ، IVB غلاف آوندی متوسط، SVB غلاف آوندی کوچک.



شکل٤. بررسی تغییرات تشریحی برش عرضی برگ (سمت چپ) و غلاف برگ (سمت راست) گیاه نیشکر تحت تیمار پتاسیم. AوB:نمونه شاهد،CوD: تیمار ۷۵ کیلوگرم کود در هکتار، EوF: تیمار ۱۵۰ کیلوگرم کود در هکتار می باشد. COکورتکس، MVمتازایلم، PVپروتوزایلم، Enاندودرم، Exاگزودرم،Piمغز،Ph فلوئم، Prدایره محیطیه، H تارکشندهB غلاف آوندی، SGکلاهک فیبری،Phفلوئم،MV متازایلم، PV پروتوزایلم،Pa پارانشیم، ME سلول مزوفیل، UE اپیدرم فوقانی،LVB غلاف آوندی بزرگ، IVBغلاف آوندی متوسط، SVB غلاف آوندی کوچک.

بخش از منابع پتاسیم فرایندی زمان‌بر می‌باشد. میزان پتاسیم قابل‌جذب درخاک بر اساس بررسی‌های انجام گرفته برای خاک‌هایی با درصد رس بالای ۳۰ درصد، در حدود ۰/۳۸ Cmol/Kg یاppm ۱۵۰ تخمین شده است [۲]. بنظر می‌رسد در این مطالعه کاهش میزان پتاسیم قابل‌جذب در تیمار ۱۵۰ کیلوگرم کود در هکتار مربوط به قابلیت تبدیل اشکال پتاسیم و حالت تعادل دینامیکی منابع پتاسیم در خاک است.

از جمله عواملی که بر دسترسی گیاه بر پتاسیم اثر دارد، می‌توان به نوع کانی‌ها و میزان موادآلی در خاک، روابط پتاسیم محلول و تبادلی و همچنین نسبت فعالیت پتاسیم به کلسیم در محلول خاک، روابط پتاسیم تبادلی و غیرتبادلی، تاثیر یون آمونیوم، مدیریت کودهای آمونیومی و پتاسیمی در خاک وpH خاک اشاره نمود. مقدار اکسیژن ودرجه حرارت که از پارامترهای اساسی تنفس هستند بر جذب پتاسیم که یک فرایند انرژی‌خواه است، موثرند. تعدادی عوامل و مشخصات داخلی گیاه تحت عنوان عوامل گیاهی از قبیل رقم گیاه، شکل، نوع و ساختار ریشه، ظرفیت تبادل کاتیونی ریشه، میزان توسعه‌یافتگی ریشه و غیره نیز در قابلیت جذب پتاسیم گیاه به وسیله خاک موثر می‌باشند [۱۳]. مطالعات مختلف و متعددی بر نقش پتاسیم در فرایندهای مختلف رشد، نمو، فیزیولویک و پاسخ گیاه به شرایط تنش صورت گرفته‌است. کوچنبوچ و همکاران در سال ۱۹۹۱ با مطالعه تاثیر رطوبت خاک بر روی دسترسی گیاهان تک لپه به پتاسیم و دینامیک اشکال آن در خاک، تغییرات رشد و نمو در پاسخ به پتاسیم را برای گیاهان برگ‌دار گزارش‌کردند. کمبود پتاسیم یک اختلال گسترده در بسیاری از گونه‌های خرما ایجادکرد. در شرایط کمبود پتاسیم، این عنصر از پیرترین برگ برای استفاده به برگ تازه در حال نمو انتقال می‌یابد [۱۳]. در مطالعه‌ای بر گیاهان خانواده آناناسیان تحت تیمار پتاسیم، تعداد برگ‌های جدید و وزن خشک ساقه و ریشه تحت تاثیر غلظت پتاسیم در محلول غذایی تغییری نیافتند. به طور مشابه، میزان گلدهی *Aechmea fasciata* تحت تاثیر افزایش پتاسیم از ۵۰ تا ۱۵۰ میلی‌گرم تغییری نکرد، همچنین نتایج کاهش پتاسیم از ۸۰ به۳۲۰ میلی‌گرم بر گیاه *Aglaonema commutatum* تاثیری نداشت که همسو با نتایج این تحقیق بود [۱]. تیمار فقدان پتاسیم بر روی گیاهان مختلف نشان داد که کمبود این عنصر میزان کلروفیل برگ‌های پیر را کاهش‌داد. تعداد برگ‌ها با لکه‌های زرد و کلروز نامنظم با افزایش غلظت پتاسیم کاهش یافت. لکه‌های زرد مشابه، به عنوان یک نتیجه کمبود پتاسیم برای گیاهان تک لپه از جمله گل شیپوری خرما و ارکیده شاپرکی گزارش شده‌است [۵،۲۹،۳۰]. الگوی افزایش غلظت پتاسیم منجر به کاهش غلظت Ca و Mg در برگ گیاه می‌شود [۱۸،۲٤]. مطالعات تاثیر پتاسیم بر ساختار تشریحی گیاهان مشخص کرد که در گیاهان چوبی پتاسیم از طریق تغییر در فتوسنتز بر ریخت‌شناسی، آناتومی برگ و شاخص سطح برگ تاثیر می‌گذارد و همچنین ضخامت و تراکم برگ تحت‌تاثیر پتاسیم قرار می‌گیرد. اگرچه عملکرد محصولات زراعی وابسته به افزایش کودهای پتاسیم در مناطق استوایی پاسخ‌های متفاوتی را در پی‌داشت [۸،۱۵،۲۰،۲۲،۳۲]. نتایج تحقیقات فوق با نتایج پژوهش حاضر هم‌خوانی دارد. تحلیل آناتومی و ریز ریخت‌شناسی برگ گیاه *Catasetumx apolloi Benelli* با اضافه‌کردن سیلیکات پتاسیم در شرایط آزمایشگاهی، تغییراتی از قبیل توسعه هیپودرم، افزایش ضخامت مزوفیل، برجسته شدن رگبرگ اصلی، سلول‌های محافظ روزنه بیضوی، تشکیل اتاق زیر روزنه‌ای، کاهش تراکم روزنه وکاهش قطر استوایی- قطبی روزنه را نشان داد، این متغیرها باعث افزایش ذخیره‌سازی آب در گیاه گردید [٦]. زیودار و همکاران نشان‌دادند که استفاده از ٦ میلی متر پتاسیم در گیاه زیتون نسبت به نمونه‌های فاقد پتاسیم باعث افزایش عرض برگ، ضخامت، مقدار آب و کاهش تعداد برگ با نقطه‌های زرد و یا کلروز شد. در مقابل

کمبود پتاسیم باعث افزایش هدایت روزنه در هر دو درختان زیتون خوب آبیاری شده وتحت تنش آبی شد [۳۳]. در حالی که باسیل و همکاران نشان دادند که غلظت پتاسیم در برگ اثرات قابل‌توجه‌ای بر هدایت روزنه ندارد به بیان دیگر بعید است که کمبود پتاسیم در بادام از طریق روزنه بر فتوسنتز اثر بگذارد [۳]. همچنین مطالعات زیادی نشان‌داد که تنش پتاسیم در افزایش تعریق تاثیر زیادی دارد. محدودیت‌های روزنه، اصلی‌ترین عامل در کاهش فتوسنتز کتان در تنش ملایم پتاسیم بود، همچنان که محدودیت‌های بیوشیمیایی در اثر افزایش تنش پتاسیم از اهمیت بیشتری برخوردار است. این تناقضات نشان می‌دهد که اثر تیمار پتاسیم بر گیاه همچنان نامعلوم مانده‌است. بنابراین لازم است که مکانیسم فرایندهای گیاه تحت کاهش پتاسیم دوباره باز بینی شود [۳۲].

جعفر نژادی در مطالعه‌ای بیان‌داشت به دلیل رسی بودن خاک‌های منطقه خوزستان، تخلیه پتاسیم و بالا بودن قدرت تثبیت بالای پتاسیم در این خاک‌ها، مصرف کودهای پتاسیمی تأثیرقابل‌توجه‌ای بر عملکرد گیاه نخواهد داشت که با نتایج این پژوهش همسان است. نتایج جعفر نژادی نشان‌داد که اعمال تیمارهای پتاسیمی و روش مصرف آن تأثیرزیادی بر روی عملکرد کمی و کیفی نیشکر نداشته است، چون در سال‌های گذشته باتوجه به کشت گسترده این محصول و عدم مصرف کودهای پتاسیمی و همچنین نیاز بالای این گیاه به عنصر پتاسیم، خاک‌های تحت کشت نیشکر به شدت تخلیه شده است [۱۱]. زیرا در چنین شرایطی بخش قابل‌توجهی از کود مصرفی در خاک تثبیت‌شده و در دسترس گیاه قرار نخواهدگرفت. همچنین با افزایش غلظت پتاسیم، مقدار درصد پتاسیم تثبیت شده افزایش می‌یابد. نتیجه کانی‌شناسی خاک‌های مورد بررسی نشان داد رس غالب منطقه شدیداً خاصیت تثبیت پتاسیم را دارا می‌باشند. تعداد معدودی از خاک‌ها نیز دارای ظرفیت تثبیت پتاسیم خیلی بالا بوده و در نتیجه مقادیر اعظم ناشی از کود پتاسیم به جای جذب به وسیله گیاه و افزایش محصول، در این خاک‌ها تثبیت می‌گردد. یون‌های آمونیوم نیز از نظر اندازه شبیه پتاسیم بوده و به همان صورت که پتاسیم تثبیت می‌گردد، آنها نیز تثبیت می‌گردند. ولی چون خاک‌ها غالبا دارای مقادیر زیادی پتاسیم هستند افزایش پتاسیم به این خاک، عملکرد را کاهش نمی‌دهد [۱۱].

نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج بدست آمده بنظر می‌رسد اضافه نمودن کود نیترات‌پتاسیم به کرت‌های آزمایشی موجب شده که میزان پتاسیم قابل جذب در تیمار ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار کاهش یابد، در صورتی که میزان پتاسیم تثبیت‌شده تغییری نکرد. از طرفی نتایج بدست آمده در ارتباط با میزان تراکم ساقه و عملکرد نیشکر نشان‌داد که کود پتاسیم تاثیری بر این صفات نداشته و تفاوت عملکردی بین شاهد و سایر تیمارها مشاهده نشد. بنظر می‌رسد کود اضافه شده فقط موجب تغییرات انواع میزان پتاسیم خاک شده‌است. در واقع مصرف کود پتاسیم در زمان استفاده موجب بهترشدن شرایط رشد نیشکر نشده‌است. تغییرات تشریحی اندام‌های هوایی به‌مصرف کود پتاسیم، بیانگر سازگاری تشریحی گیاه به افزایش پتاسیم خاک است.

تشکر و قدردانی

نویسندگان این مقاله از معاونت پژوهشی دانشگاه شهید چمران اهواز به لحاظ تامین هزینه‌های این

پژوهش (پژوهانه شماره۳۱۵۸۰ /۹٤/۳/۲) و مدیریت تحقیقات کاربردی کشت وصنعت امیرکبیر جهت همکاری صمیمانه تشکر و قدردانی می‌نمایند.

Refrences

[1] Aranda-Peres, A. N., Peres, L. E. P., Higashi, E. N., and Martinelli, A. P. 2009. Adjustment of mineral elements in the culture medium for the micropropagation of three *Vriesea bromeliads* from the Brazilian Atlantic Forest: the importance of calcium. HortScience 44:106-112.

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

[3] Basile, B., Reidel, E. J., Weinbaum, S. A., and T. M. DeJong. 2003.Leaf potassium concentration, CO2 exchange and light interception in almond trees (*Prunus dulcis* (Mill) D.A. Webb). Scientia Hort 98:185-194.

[4] Bostani, A., Savaghebi, G. R., and M. Miransari. 2011. Potassium behavior in some Iranian soils of Khuzestan province planted with sugarcane. Comm Soil Scie Plant Analy 42:2024-2037.

[5] Chase, A. R. and T. K. Broschat. 1991. Diseases and disorders of ornamental palms. Minnesota, US: APS Press.

[6] Eburneo, L. N. G., Ribeiro-Junior, I. V., Karsburg, A. A., Rossi, and I. V. Silva. 2017. Anatomy and micromorphometric analysis of leaf *Catasetum x apolloi* Benelli & Grade with addition of potassium silicate under different light sources. Braz J Biol 77:140-149.

[7] Elumalai, R. P., Nagpal, P. and J .W. Reed. 2002. A mutation in the Arabidopsis KT2/KUP2 potassium transporter gene affects shoot cell expansion. Plant Cell 14:119-131.

[8] Han, S., Zhang, Y., Chen, Q., Duan, Y., Zheng, T., Hu, X., Zhang, Z. and L. Zhang. 2011. Fluconazole inhibits hERG $K^{(+)}$ channel by direct block and disruption of protein trafficking. Eur J Pharmacol 650:138-144.

[9] Hartt, C. E. 1934. some effects of potassium upon the growth of sugar cane and upon the absorption and migration of ash constituents. Plant Physiology 9:399-451.

[10] Helmke, P. A. and D. Sparks. 1996. Lithium, sodium, potassium, rubidium, and cesium. Methods of Soil Analysis Part 3—Chemical Methods:551-574.

[11] Jafarnejadi, A. R. 2013. Investigation sugarcane (*Saccharum officinarum* L.) yeild reaction to different resourcesof potassium fertilizers. Crop Physiology 5(19): 61-71.

[12] Jensen, W. A. 1962. Botanical histochemistry: principles and practice. W.H. Freeman & Co, San Francisco.

[13] Kuchenbuch, R., Claassen, N. and A. Jungk. 1991. Potassium availability in relation to soil moisture. Plant Soil 95:233-243.

[14] Longstreth, D. J. and P. S. Nobel. 1980. Nutrient Influences on Leaf Photosynthesis: effects of nitrogen, phosphorus, and potassium for *Gossypium hirsutum* L. Plant Physiol 65:541-543.

[15] Manning, D. A. 2010. Mineral sources of potassiumfor plant nutrition. A review. Agro Sust Dev 30:281-294.

[16] Marschner, H. 1995. Functions of mineral nutrients: macronutrients. Mineral Nutrition of Higher Plants (Second Edition). Academic Press, London. Pages 229-312.

[17] Medina, N .H., Branco, M. L. T., Silveira, M. A., and R. B. Santos. 2013. Dynamic distribution of potassium in sugarcane. J Environ Radio 126:172-175.

[18] Mengel, K. and E. A. Kirkby. 1978. Principles of plant nutrition. Principles of plant nutrition.

[19] Nieves-Cordones, M., Al Shiblawi, F. R. and H. Sentenac. 2016. Roles and transport of sodium and potassium in plants. Met Ions Life Sci 16:291-324.

[20] Ninements, Ü. 1999. Research review. Components of leaf dry mass per area–thickness and density–alter leaf photosynthetic capacity in reverse directions in woody plants. New Phytologist 144:35-47.

[21] Onanuga, A. O., Jiang, P. and S. Adl. 2011. Effect of phytohormones, phosphorus and potassium on Cotton varieties (*Gossypium hirsutum*) root growth and root activity

grown in hydroponic nutrient solution. J Agri Sci 4(3): 93-99.

[22] O'Toole, J. C., Treharne, K., Turnipseed, M., Crookston, K. and J. Ozbun. 1980. effect of potassium nutrition on leaf anatomy and net photosynthesis of *Phaseolvs vulgaris* L. New Phytologist 84:623-630.

[23] Rubio, B. and F. Gil-Sotres. 1997. Distribution of four major forms of potassium in soils of Galicia (N.W. Spain). Comm Soil Sci Plant Ana 28:1805-1816.

[24] Sabreen, S. and S. Saiga. 2004. Potassium level suitable for screening high magnesium containing grass seedlings under solution culture. JPlant nutrition 27:1015-1027.

[25] Shabala, S. 2003. Regulation of potassium transport in leaves: from molecular to tissue level. Ann Botany 92:627-634.

[26] Sharma, T., Dreyer, I. and J. Riedelsberger. 2013. The role of $K^{(+)}$ channels in uptake and redistribution of potassium in the model plant *Arabidopsis thaliana*. Fron Plant Scie 4:224-235.

[27] Singh, S .K. and V. R. Reddy. 2017. Potassium starvation limits soybean growth more than the photosynthetic processes across $CO_{(2)}$ Levels. Front Plant Sci 8:991-1003.

[28] Thiel, G. and A. H. Wolf. Operation of K^{+}channels in stomatal movement. Trends Plant Sci. 2:339-345.

[29] Wang, Y. T. 2007. Potassium nutrition affects Phalaenopsis growth and flowering. Hort Sci. 42: 1563-1567

[30] Yeh, D.-M., Lin, L. and C. Wright. 2000. Effects of mineral nutrient deficiencies on leaf development, visual symptoms and shoot–root ratio of Spathiphyllum.Scientia Hort 86:223-233.

[31] Zepeda-Jazo, I., S. Shabala, Z. Chen, and I. I. Pottosin. 2008. $Na^{(+)}$-$K^{(+)}$ transport in roots under salt stress. Plant Sign Behav. 3:401-403.

[32] Zhao, D., Oosterhuis, D. M. and C. W. Bednarz. 2001. Influence of potassium deficiency on photosynthesis, chlorophyll content, and chloroplast ultrastructure of cotton plants. Photosynthetica 39:103-109.

[33] Zivdar, S., Arzani, K., Souri, M. K., Moallemi, N. and S. M. Seyyednejad. 2016. Physiological and biochemical response ofOlive (*Olea europaea* L.) cultivars to foliar potassium application. J Agr Sci Tech 18:1897-1908.