نشریه تولید و فرآوری محصولات زراعی و باغی
سال سیزدهم / شماره سوم / پاییز ۱۴۰۲/مقاله علمی-پژوهشی: صفحات ۱۷ تا ۲۹

اثر تنش آبی و کاربرد پتاسیم بر برخی ویژگی‌های رشدی نهال‌های کشت بافتی خرما رقم زاهدی

رحمان یوسفی[1*]، مجید علی‌حوری[2] و حجت دیالمی[1]

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۲/۲۴ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۴/۲۱)

چکیده

به‌منظور بررسی تأثیر تنش آبی و کاربرد کود سولفات پتاسیم بر برخی ویژگی‌های رشدی نهال‌های کشت بافتی خرما رقم زاهدی، این تحقیق به‌صورت آزمایش فاکتوریل بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار روی ۴۵ اصله نهال یک‌ساله اجرا شد. تنش آبی در سه سطح (آبیاری به مقدار ۱۰۰، ۸۰ و ۶۰ درصد تبخیر تجمعی از تشت تبخیر کلاس A) و کود سولفات پتاسیم در پنج سطح (صفر، محلول‌پاشی برگی ۲ گرم در لیتر، محلول‌پاشی برگی ۴ گرم در لیتر، کاربرد خاکی ۵۰ گرم برای هر نهال، کاربرد خاکی ۱۰۰ گرم برای هر نهال) روی نهال‌ها اعمال شد. در پایان آزمایش ویژگی‌های رشدی شامل محیط تنه، تعداد برگ، طول و عرض برگ، تعداد برگچه، طول و عرض برگچه، وزن تر و خشک اندام هوایی اندازه‌گیری و مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفتند. نتایج نشان داد که افزایش تنش آبی به‌طور معنی‌داری بر تمامی صفات رشد رویشی اثر منفی گذاشت، درحالی‌که کاربرد سولفات پتاسیم آثار تنش آبی را تعدیل کرد. در بالاترین سطح تنش آبی (آبیاری به مقدار ۶۰ درصد نیاز آبی) بدون کاربرد پتاسیم برای وزن تر و خشک اندام هوایی به‌ترتیب مقادیر ۵۹۰ و ۲۴۳ گرم ثبت شد، درحالی‌که با کاربرد خاکی ۱۰۰ گرم سولفات پتاسیم در همین سطح تنش آبی، وزن تر و خشک اندام هوایی به‌طور معنی‌داری به‌ترتیب به ۷۰۶ و ۳۴۶ گرم افزایش یافت. در این تحقیق، کاربرد خاکی کود سولفات پتاسیم نسبت به روش محلول‌پاشی برگی اثرات بهتری روی صفات رشدی نهال‌های خرما داشته است. در تمامی سطوح تنش آبی، کاربرد کود سولفات پتاسیم به‌ویژه در کاربرد خاکی ۱۰۰ گرم برای هر نهال باعث افزایش رشد رویشی، وزن تر و خشک نهال و بهبود مقاومت به تنش آبی شد.

واژه‌های کلیدی: تعداد برگ، کوددهی، کاربرد خاکی، محلول‌پاشی برگی، وزن نهال

۱. استادیار پژوهشکده خرما و میوه‌های گرمسیری، مؤسسه تحقیقات علوم باغبانی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اهواز، ایران.
۲. استادیار پژوهشکده میوه‌های معتدله و سردسیری، مؤسسه تحقیقات علوم باغبانی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران.
*: مسئول مکاتبات: پست الکترونیکی: r.yousefi66@areeo.ac.ir

مقدمه

ایران با آن که بیش از ۱/۲ درصد از سطح خشکی‌های کره زمین را داراست، فقط سهمی معادل ۰/۳۶ درصد از کل نزولات آسمانی را دارا می‌باشد که این میزان حدود یک سوم متوسط جهانی و نصف قاره آسیاست (۱۶). یکی از عوامل محدودکننده بهره‌وری آب در کشاورزی در اقلیم‌های خشک و نیمه‌خشک تنش آبی می‌باشد که می‌تواند به‌طور قابل‌توجهی باعث کاهش عملکرد گیاهان و به‌خصوص درختان میوه شود و بر استقرار، بقا و رشد آنان تأثیرگذار باشد (۱۲ و ۱۳). لذا در شرایط کنونی یکی از مهم‌ترین چالش‌های بخش کشاورزی، تلاش در جهت ایجاد راهکارهایی جهت رشد بهینه گیاهان و درختان در شرایط تنش آبی می‌باشد. نخل خرما (*Phoenix dactylifera*) یکی از مهم‌ترین محصولات باغی ایران است به‌طوری‌که در سال ۱۴۰۰ با تولیدی معادل ۱/۵ میلیون تن و سهم ۶/۷ درصدی از کل میزان تولید محصولات باغبانی در رتبه پنجم از نظر میزان تولید در بین محصولات باغبانی کشور قرار گرفت (۳). استان خوزستان از نظر سطح زیرکشت و میزان تولید به‌ترتیب در رتبه‌های سوم و چهارم در بین استان‌های خرماخیز کشور قرار دارد (۳). در سطح جهانی نیز ایران یکی از بزرگ‌ترین تولیدکنندگان خرما است، به گونه‌ای که از نظر تولید بعد از کشورهای مصر و عربستان در رتبه سوم و از نظر سطح زیرکشت نیز بعد از کشورهای عراق و الجزایر در رتبه سوم جهان قرار دارد (۱۱). تنش آبی از مهم‌ترین عوامل تنش‌زای محیطی می‌باشد که تولید محصولات کشاورزی را با مشکل مواجه می‌سازد. اصطلاح تنش آبی به شرایطی اطلاق می‌شود که در نتیجه آن رطوبت موجود در خاک به نقطه‌ای می‌رسد که گیاه قادر به جذب آب با سرعت کافی برای جبران تعرق نباشد. واکنش گونه‌های مختلف گیاهی به تنش آبی متفاوت می‌باشد و تاثیر خشکی بر یک گونه گیاهی همیشه یکسان نیست و واکنش گیاه به تنش آبی بستگی به مرحله رشد و نمو آن دارد (۱۸). گزارش شده است که تنش آبی باعث کاهش رشد رویشی، تعداد برگ و وزن خشک ریشه نهال‌های خرما می‌شود (۸). بروز هر گونه تنش آبی در طی ماه‌های اولیه پس از کاشت خرما می‌تواند منجر به خشک شدن نخل‌های جوان شود و نخل خرما در این دوره نیاز به آبیاری مناسب دارد (۶). بر اساس مطالعه انجام شده در فلوریدای آمریکا، آبیاری نقش مهمی در گیرایی و رشد رویشی نهال‌های خرما داشت، بدین‌صورت که افزایش معنی‌داری در میزان گیرایی، وزن خشک ریشه و تعداد برگ بین نهال‌های آبیاری‌شده به‌صورت روزانه و دو هفته وجود داشت (۸). آبیاری درختان خرمای رقم کبکاب، زاهدی وشهابی به میزان ۳۵، ۵۰ و ۶۵ درصد تبخیر تجمعی از تشت کلاس A در استان بوشهر نشان داد که در تیمار ۶۵ درصد از مقدار آب مورد نیاز، بیشترین عملکرد به‌دست آمد و در شرایط کمبود آب برتری تیمار ۵۰ به ۶۵ درصد از مقدار آب مورد نیاز مشخص شد (۲۰). بنابراین با توجه به نیاز آبی بالای خرما و نیز وضعیت کم‌آبی موجود در کشور، استفاده از راهکارهایی که بتواند باعث ایجاد تحمل به تنش آبی در نهال‌های خرمای تازه انتقال یافته و کشت شده شود از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است و می‌تواند خسارات مالی وارده به نخل‌داران به خاطر از بین رفتن نهال‌ها و یا رشد کم و ضعیف در اثر تنش آبی را کاهش دهد. یکی از این راهکارها، استفاده از مواد ایجادکننده تحمل به تنش آبی مثل پتاسیم به‌عنوان یک عنصر تغذیه‌ای می‌باشد که گزارشات متعددی درباره استفاده از پتاسیم در گیاهان مختلف در شرایط تنش آبی وجود دارد. پتاسیم یکی از مهم‌ترین عناصر مورد نیاز گیاهان می‌باشد که به‌طور عمده به‌عنوان تنظیم‌کننده اسمزی ایفای نقش می‌کند. مقدار کافی پتاسیم باعث مقاومت به خشکی در سال‌های خشکسالی، به‌ویژه در مناطق مدیترانه‌ای که خشکی زیاد اتفاق می‌افتد می‌شود (۲۷). عنصر پتاسیم با نقشی که در حفظ و نگهداری آب در گیاهان دارد، می‌تواند در سال-های اول پس از کاشت باعث حفظ ذخیره آب در گیاهان و صرفه‌جویی در مصرف آن شود (۲۸). پتاسیم در ایجاد فشار تورژسانس و باز و بسته شدن روزنه‌ها، در تجمع و انتقال هیدرات‌های کربن تولید شده نقش دارد و تعادل آبی در گیاه را کنترل می‌کند (۳۱). این عنصر تغذیه‌ای از طریق تنظیم باز و

بسته شدن روزنه‌ها و ایجاد تعادل یونی درون گیاه در کاهش اثرات تنش‌های ناشی از کمبود منابع آبی نقش مهمی ایفا می‌کند و به‌طور مستقیم باعث کاهش تعرق، افزایش جذب آب و به‌وجود آمدن شرایط داخلی جهت ایجاد تحمل به تنش آبی می‌شود (۲۹). ناجیحان و همکاران (۲۶) طی پژوهشی گزارش نمودند که تنش آبی سبب کاهش رشد دانهال‌های نخل روغنی شد، درحالی‌که کاربرد کود کلرید پتاسیم اثرات منفی تنش آبی بر رشد دانهال‌ها را کاهش داد و صفات رشدی و فیزیولوژیکی را بهبود بخشید. نتایج تحقیق شافی و همکاران (۳۰) نیز نشان داد که کاربرد سولفات پتاسیم به تنهایی و یا همراه با اوره نه تنها ریزش میوه خرما رقم داکی را کاهش داد، بلکه ویژگی‌های کیفی میوه را نیز بهبود بخشید که غلظت ۲ درصد سولفات پتاسیم همراه با اوره بهترین تیمار در مورد بود. اسماعیلی و همکاران (۱۹) در تحقیقی اثر محلول پاشی نیترات کلسیم و سولفات پتاسیم را بر کاهش ناهنجاری خشکیدگی خوشه خرما رقم کبکاب بررسی نمودند. سولفات پتاسیم در آن مطالعه در غلظت های صفر، ۵، ۱۰ و ۱۵ گرم در لیتر روی درختان خرما محلول پاشی شد. به‌طور کلی محلول پاشی با ۱۵ گرم در لیتر نیترات کلسیم به همراه ۱۰ گرم در لیتر سولفات پتاسیم بهترین نتیجه را در رقم کبکاب داشت. غزاوی و همکاران (۱۴) طی تحقیقی اثرات تؤام آب آبیاری، کود سولفات پتاسیم و تیمارهای تنک را روی عملکرد و ویژگی‌های فیزیکوشیمایی میوه‌های خرما رقم سکری مورد بررسی قرار دادند. یافته‌های آن‌ها نشان داد که آبیاری به میزان ۸۰ درصد نیاز آبی گیاه (بر مبنای تبخیر و تعرق گیاهی) نسبت به آبیاری به میزان ۱۰۰ و ۱۲۰ درصد نیاز آبی گیاه، باعث اثرات منفی روی عملکرد و ویژگی‌های کیفی میوه‌های خرما شده است. آن‌ها گزارش نمودند که کاربرد آب آبیاری به میزان ۱۰۰ و ۱۲۰ درصد نیاز آبی گیاه همراه با کاربرد کود سولفات پتاسیم در مقادیر ۵ و ۷/۵ کیلوگرم برای هر نخل و نیز نگهداری ۱۰–۸ خوشه میوه روی هر درخت خرما، اثرات مثبت معنی‌داری روی عملکرد و ویژگی‌های کیفی میوه به دنبال داشته است (۱۴). این نتایج بیانگر آن است که درخت نخل خرما ضمن اینکه نسبت به سایر درختان میوه تحمل خوبی نسبت به شرایط کم‌آبی دارد، اما نیاز آبی بالایی دارد و نسبت به تامین کافی و مناسب آب آبیاری و همچنین کاربرد متعادل کود سولفات پتاسیم، پاسخ‌های مثبتی می‌دهد (۱۴). کیان‌فرد (۲۳) در تحقیقی اثر محلول‌پاشی برگی پتاسیم و کلسیم بر تحمل به تنش خشکی در دانهال‌های دو ساله انار رقم ملس ساوه را با اندازه‌گیری خصوصیات رشدی، فیزیولوژیکی و بیوشیمایی مورد بررسی قرار داد. تیمارها شامل عدم تنش (۸۰ درصد آب قابل دسترس خاک) و تنش خشکی (۴۰ درصد آب قابل دسترس خاک) به‌علاوه محلول‌پاشی با آب مقطر و سطوح نیم، یک و دو درصد پتاسیم و کلسیم بود. نتایج این پژوهش نشان داد که محلول‌پاشی برگی پتاسیم و کلسیم به‌ویژه با غلظت یک درصد در گیاهان تحت تنش خشکی باعث حفظ محتوای رطوبت نسبی، غلظت رنگیزه‌های فتوسنتزی، عملکرد فتوشیمایی فتوسیستم II و رشد نهال‌ها شد. همچنین محلول-پاشی پتاسیم باعث افزایش پروتئین و کربوهیدرات‌های محلول و کاهش پرولین برگ در شرایط تنش خشکی شد. لذا هدف این تحقیق بررسی تأثیر کاربرد محلول‌پاشی برگی و کاربرد خاکی عنصر پتاسیم در سطوح مختلف تنش آبی بر میزان رشد رویشی نهال‌های کشت بافتی خرما رقم زاهدی پس از کاشت می‌باشد.

مواد و روش‌ها

این تحقیق به‌صورت آزمایش فاکتوریل بر پایه طرح بلوک-های کامل تصادفی با دو فاکتور شامل؛ تنش آبی [در سه سطح آبیاری به مقدار ۱۰۰، ۸۰ و ۶۰ درصد تبخیر تجمعی از تشت تبخیر کلاس A (به ترتیب I1، I2 و I3)] و فاکتور دوم کاربرد کود سولفات پتاسیم [در پنج سطح شامل عدم کاربرد کود سولفات پتاسیم (S1)، محلول‌پاشی ۲ گرم در لیتر (S2)، محلول‌پاشی ۴ گرم در لیتر (S3)، کاربرد خاکی ۵۰ گرم برای هر نهال (S4) و کاربرد خاکی ۱۰۰ گرم برای هر نهال (S5)] انجام شد. در مجموع ۱۵ ترکیب تیماری با ۳

تکرار (۴۵ اصله نهال) مورد بررسی قرار گرفت. این پژوهش بر روی نهال‌های یک‌ساله کشت بافتی خرما رقم زاهدی در شرایط گلدانی، در محل پژوهشکده خرما و میوه‌های گرمسیری اهواز (روبروی روستای ام‌التمیر) به طول جغرافیایی ′۳۳ °۴۸ شرقی و عرض جغرافیایی′۱۵ °۳۱ شمالی و با ارتفاع ۱۲ متر از سطح دریا انجام شد. در آبان‌ماه ۱۳۹۸ تعداد ۴۵ اصله نهال کشت بافتی خرمای رقم زاهدی با رعایت اصول کاشت در محل اجرای پژوهش کشت شدند. خاک مورد استفاده در این پژوهش مخلوطی از ماسه، خاک زراعی و کود حیوانی (۵۰ درصد ماسه شسته شده کف رودخانه، ۳۰ درصد خاک زراعی و ۲۰ درصد کود دامی پوسیده الک شده) در گلدان‌های پلاستیکی با ابعاد ۳۸ سانتی‌متر قطر دهانه و ۴۲ سانتی‌متر ارتفاع بود. برای زهکشی آب مازاد گلدان‌ها، در کف هر گلدان یک لایه سنگریزه حدود ۴ سانتی‌متر ریخته شد و در مرحله بعد با خاک ترکیبی تهیه شده پر شد. در جدول ۱ برخی ویژگی‌های شیمیایی خاک مورد استفاده در گلدان‌ها ارائه شده است.

دور آبیاری براساس یافته‌های تحقیقاتی، در ماه اول، دوم و بقیه ایام سال به‌ترتیب پس از ۴۵، ۶۰ و ۷۵ میلی‌متر تبخیر تجمعی از تشت تبخیر کلاس A درنظرگرفته شد (۴ و ۵) که از سه روز در فصل تابستان تا حدود یک ماه در فصل زمستان در نوسان بود. مقدار آب آبیاری بر اساس روش تشت تبخیر فائو با استفاده از معادلات ۱ و ۲ برآورد شد (۷):

$$ETc = Kc.Kp.Ep \quad (۱)$$

$$In = ETc - Pe \quad (۲)$$

که در معادلات فوق ET_c مقدار تبخیر ـ تعرق گیاه، Ep مقدار تبخیر از تشت (میلی‌متر)، Kp و Kc به‌ترتیب ضریب تشت و ضریب گیاهی، Pe بارندگی مؤثر و In نیاز خالص آبیاری می باشند. برای اعمال تیمارهای کودی، از کود سولفات پتاسیم پودری (کی‌لیف، بازارگان کالا) با ۵۲ درصد پتاسیم محلول در آب (K_2O) و ۱۸ درصد گوگرد محلول (S) استفاده شد. اعمال تیمارهای محلول‌پاشی کود سولفات پتاسیم ۴۵ روز پس از کاشت نهال‌ها شروع و در ۴ مرتبه با فاصله دوهفته تکرار شد (در مجموع برای هر تیمار ۴ بار محلول‌پاشی برگی صورت گرفت). تیمارهای کاربرد خاکی نیز همزمان با شروع تیمارهای محلول‌پاشی شروع شد، بدین صورت که مقادیر ۵۰ و ۱۰۰ گرم کاربرد خاکی برای هر نهال به دو قسمت مساوی تقسیم شد (برای تیمار S4 به دو قسمت ۲۵ گرمی و برای تیمار S5 به دو قسمت ۵۰ گرمی) و هر قسمت آن با فاصله دو هفته یک‌بار در آب حل شد و به‌صورت محلول به خاک اضافه شد (در مجموع برای هر تیمار کاربرد خاکی ۲ بار کود سولفات پتاسیم به‌صورت محلول به خاک اضافه شد). پس از مرحله استقرار نهال‌ها و اعمال تیمارهای کود سولفات پتاسیم (آبان تا اسفند ماه، ۱۳۹۸)، اعمال تیمارهای تنش آبی از ابتدای فروردین ۱۳۹۹ شروع شد و به‌مدت یک سال تا فروردین ۱۴۰۰ ادامه پیدا کرد. بدین منظور نیاز آبی هر گلدان بر اساس تیمارهای آزمایشی مشخص و با استفاده از آب‌پاش مدرج در اختیار هر گلدان قرار گرفت. برای گیاهان شاهد (I1) ۱۰۰ درصد نیاز آبی محاسبه و در اختیار آنان قرار گرفت. برای گیاهان دچار تنش آبی نیز نیاز آبی در سطح I2 به مقدار ۸۰ درصد نیاز آبی شاهد و در سطح I3 به مقدار ۶۰ درصد نیاز آبی شاهد محاسبه و به گیاهان داده شد. یعنی در واقع گیاهان دچار تنش آبی به‌ترتیب ۲۰ و ۴۰ درصد آب کمتر نسبت به نیاز آبی واقعی خود دریافت نمودند. برخی ویژگی‌های شیمیایی آب مورد استفاده در آزمایش، در جدول ۲ ارائه شده است. عملیات داشت و مراقبت‌های باغی لازم برای تمامی نهال‌های مورد استفاده در آزمایش به‌طور یکسان انجام گرفت.

قبل از شروع اعمال تیمارهای آزمایشی، مقدار اولیه صفات رشد رویشی شامل تعداد برگ، طول برگ، عرض برگ، تعداد برگچه، طول برگچه، عرض برگچه و محیط تنه هر یک از نهال‌ها بر اساس دستورالعمل‌های موجود اندازه‌گیری شد (۲۴). در پایان دوره آزمایشی (فروردین سال ۱۴۰۰) صفات رشد رویشی دوباره اندازه‌گیری شدند و تفاوت مقادیر این صفات نسبت به زمان شروع تیمارها به‌عنوان میزان رشد گیاه در نظر

جدول ۱. خصوصیات شیمیایی خاک مورد استفاده در این پژوهش

درصد اشباع (درصد)	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر)	پی‌اچ	کربن آلی (درصد)	فسفر قابل دسترس (میلی‌گرم در کیلوگرم)	پتاسیم قابل دسترس (میلی‌گرم در کیلوگرم)
۳۲	۵/۱۲	۷/۲	۱/۶۲	۵۰	۱۳۰

جدول ۲. ویژگی‌های شیمیایی آب مورد استفاده در این تحقیق

EC ($dS\ m^{-1}$)	pH	SAR	کاتیون‌های محلول (میلی‌اکی‌والان در لیتر)		
			Na^{+}	Ca^{2+}	Mg^{2+}
۱/۹	۷/۶	۴/۵	۱۱/۷	۵/۶	۷/۹

گرفته شد. تعداد برگ با شمارش تعداد کل برگ‌های کامل و سبز در هر نخل مشخص شد. به‌منظور تعیین طول و عرض برگ، چهار برگ کامل و سبز در جهات مختلف جغرافیایی انتخاب و علامت‌گذاری شد و سپس طول آنها از ابتدای دمبرگ تا انتهای برگ و عرض آنها در وسط پهنک برگ اندازه‌گیری شد. میانگین مقادیر اندازه‌گیری شده به‌عنوان طول و عرض برگ هر نخل در نظر گرفته شدند. تعداد برگچه با شمارش تعداد کل برگچه‌ها در چهار برگ کامل و سبز به‌دست آمد. به‌منظور تعیین طول و عرض برگچه، هشت عدد برگچه از نزدیک‌ترین برگچه‌ها به وسط پهنک چهار برگ علامت‌گذاری شده انتخاب شد. طول برگچه با اندازه‌گیری فاصله بین محل اتصال آن به محور برگ تا نوک برگچه و عرض برگچه با اندازه‌گیری در وسط آن تعیین شد. میانگین مقادیر اندازه‌گیری شده به‌عنوان طول و عرض برگچه هر نخل در نظر گرفته شدند. برای اندازه‌گیری وزن تر و خشک اندام هوایی ابتدا جداسازی اندام هوایی از گیاه انجام شد. پس از شستشو و خشک نمودن سطحی نمونه‌ها در محیط آزمایشگاه وزن تر اندام هوایی با استفاده از ترازوی آزمایشگاهی اندازه‌گیری شدند. سپس با خشک نمودن اندام هوایی در آون با دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۷۲ ساعت، وزن خشک آن با استفاده از ترازوی آزمایشگاهی اندازه‌گیری شد.

تمام داده‌ها و صفات اندازه‌گیری‌شده پس از آزمون نرمالیته و بررسی نرمال بودن داده‌ها با توجه به نوع طرح آزمایشی (فاکتوریل بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی) با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS تجزیه واریانس شدند و میانگین تیمارهای مورد آزمایش با آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵٪ مورد مقایسه قرار گرفتند.

نتایج

تعداد برگ

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۳) نشان داد که اثرات جداگانه تنش آبی و کاربرد پتاسیم بر تعداد برگ به‌ترتیب در سطوح احتمال آماری ۱٪ و ۵٪ معنی‌دار شدند، اما اثر متقابل تنش آبی و کاربرد پتاسیم بر این صفت در هیچ یک از سطوح احتمالی معنی‌دار نشد. در بین سطوح مختلف تنش آبی بیشترین تعداد برگ به میزان ۱۰/۸ برگ در تیمار I1 (شاهد) مشاهده شد (جدول ۵). با افزایش میزان تنش آبی تعداد برگ‌ها کاهش یافت، به گونه‌ای که کمترین تعداد برگ به میزان ۸/۹۳ برگ در تیمار I3 مشاهده شد. بین تیمار I1 با دو تیمار دیگر یعنی I2 و I3 اختلاف، معنی‌دار بود، اما بین تیمارهای I2 و I3 اختلاف معنی‌دار مشاهده نشد هر چند که میزان برگ در تیمار I3 نسبت به I2 کمتر بود. در مجموع با افزایش سطوح تنش آبی، تعداد برگ در بین تیمارها روند نزولی داشته است (جدول ۵). مقایسه سطوح مختلف کاربرد پتاسیم نشان داد که استفاده از پتاسیم سبب افزایش تعداد برگ نسبت به تیمار شاهد شده است، به گونه‌ای که بیشترین تعداد برگ در بین تمامی تیمارها در تیمار

جدول ۳. نتایج تجزیه واریانس اثر تنش آبی و کاربرد پتاسیم بر صفات رشدی نهال‌های خرما

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات				
		تعداد برگ	طول برگ	عرض برگ	تعداد برگچه	طول برگچه
بلوک	۲	۰/۲۰^{ns}	۱۳/۶^{ns}	۶/۵۳^{ns}	۶/۸۹^{ns}	۰/۰۷^{ns}
تنش آبی	۲	۱۵/۲**	۶۹/۸**	۱۲۴**	۵۵/۴**	۷۰/۸**
پتاسیم	۴	۴/۲۵*	۱۱۳**	۱۴۰**	۲۹/۹**	۱۳۱**
تنش آبی × پتاسیم	۸	۱/۹۰^{ns}	۲۰/۳*	۱۴/۵**	۱/۱۰^{ns}	۱/۲۳**
خطا	۲۸	۱/۳۴	۷/۸۵	۴/۵۲	۲/۷۹	۰/۳۴
ضریب تغییرات	–	۱۱/۹	۶/۵۴	۷/۸۲	۵/۳۷	۳/۵۴

**، * و ns به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪، ۵٪ و غیر معنی‌دار

جدول ۴. ادامه نتایج تجزیه واریانس اثر تنش آبی و کاربرد پتاسیم بر صفات رشدی نهال‌های خرما

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات			
		عرض برگچه	محیط تنه	وزن تر اندام هوایی	وزن خشک اندام هوایی
بلوک	۲	۰/۰۰۳^{ns}	۸/۲۷^{ns}	۲۴۸۰^{ns}	۵۶۰^{ns}
تنش آبی	۲	۰/۴۷**	۴۶**	۱۳۰۸۶**	۷۶۸۴۶**
پتاسیم	۴	۰/۱۲**	۳/۹۲^{ns}	۱۸۱۳۰**	۱۱۵۴۷**
تنش آبی × پتاسیم	۸	۰/۰۰۶^{ns}	۲/۱۱^{ns}	۵۲۵۳*	۵۳۶۶*
خطا	۲۸	۰/۰۱	۴/۰۱	۲۳۳۷	۲۵۹۰
ضریب تغییرات	–	۷/۷۹	۱۳/۹	۷/۰۲	۱۳/۶

**، * و ns به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪، ۵٪ و غیر معنی‌دار

جدول ۵. اثرات اصلی تنش آبی بر صفات رشدی نهال‌های خرما

تیمار	تعداد برگ	تعداد برگچه	عرض برگچه (سانتی‌متر)	محیط تنه (سانتی‌متر)
I1	۱۰/۸۶^{a}	۳۳/۱^{a}	۱/۶۲^{a}	۱۶/۲^{a}
I2	۹/۴۰^{b}	۳۰/۷^{b}	۱/۴۵^{b}	۱۳/۹^{b}
I3	۸/۹۳^{b}	۲۹/۳^{c}	۱/۲۶^{c}	۱۲/۸^{b}

میانگین‌هایی با حروف مشترک اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵٪ بر اساس آزمون دانکن ندارند.

S5 (کاربرد خاکی ۱۰۰ گرم پتاسیم) به میزان ۱۰/۵ برگ ثبت شد که این تیمار با تیمار شاهد (S1) دارای اختلاف معنی‌دار بوده است، اما با دیگر سطوح پتاسیم اختلاف معنی‌دار نداشت (جدول ۶).کمترین تعداد برگ در تیمار عدم کاربرد پتاسیم (S1) به میزان ۸/۶۶ برگ مشاهده شد (جدول ۶).

طول برگ

طبق نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۳) اثرات جداگانه تنش آبی و کاربرد پتاسیم در سطح احتمال ۱٪ و اثر متقابل آن‌ها در سطح احتمال ۵٪ بر طول برگ معنی‌دار شد. بیشترین میزان طول برگ در بین تمامی تیمارها در تیمار I2S5

جدول ۶. اثرات اصلی کاربرد پتاسیم بر صفات رشدی نهال‌های خرما

تیمار	تعداد برگ	تعداد برگچه	عرض برگچه (سانتی‌متر)
S1	۸/۶۶^{b}	۲۹/۴^{c}	۱/۳۲^{b}
S2	۹/۷۷^{ab}	۲۹^{c}	۱/۳۸^{b}
S3	۹/۶۶^{ab}	۳۱/۲^{b}	۱/۳۹^{b}
S4	۱۰^{a}	۳۲/۴^{ab}	۱/۵۴^{a}
S5	۱۰/۵۵^{a}	۳۳/۱^{a}	۱/۶۰^{a}

میانگین‌هایی با حروف مشترک اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵٪ بر اساس آزمون دانکن ندارند.

(کاربرد خاکی ۱۰۰ گرم پتاسیم در سطح دوم تنش آبی) به میزان ۴۹/۲ سانتی‌متر مشاهده شد و کمترین میزان طول برگ به‌ترتیب در تیمارهای I3S1 (عدم کاربرد پتاسیم در سطح سوم تنش آبی) و I2S1 (عدم کاربرد پتاسیم در سطح دوم تنش آبی) مشاهده شد که بین بیشترین و کمترین مقادیر مشاهده شده اختلاف معنی‌دار بود (جدول ۷). تیمار I3S5 نیز در بین تیمارهای سطح سوم تنش آبی دارای بیشترین مقدار (۴۴/۲ سانتی‌متر) بود که با تیمار I2S5 اختلاف معنی‌دار نداشته است. در مجموع تیمار پتاسیم توانسته است در تمامی سطوح تنش آبی باعث افزایش معنی‌دار طول برگ نسبت به عدم کاربرد پتاسیم شود و در بین تمامی تیمارهایی که تنش آبی در سطوح مختلف روی آن‌ها اعمال شد، کاربرد خاکی ۱۰۰ گرم پتاسیم اثرگذاری بهتر و با اختلاف معنی‌دار داشته است (جدول ۷).

عرض برگ

بر اساس نتایج به‌دست آمده از تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۳)، اثرات جداگانه تنش آبی و کاربرد پتاسیم و نیز اثر متقابل آن‌ها در سطح احتمال ۱٪ بر عرض برگ معنی‌دار شد. مقایسه میانگین اثرات متقابل (جدول ۷) نشان داد که بیشترین عرض برگ به‌ترتیب در تیمارهای I1S5 و I1S4 به‌ترتیب با مقادیر ۳۷/۲ و ۳۶/۲ سانتی‌متر مشاهده شد که اختلاف بین این دو تیمار معنی‌دار نبود اما نسبت به تمامی دیگر تیمارها دارای اختلاف معنی‌دار بودند. این امر بیانگر آن است که کاربرد پتاسیم توانسته است عرض برگ نهال خرما را به‌طور معنی‌داری بهبود بخشد. در بین تیمارهای سطوح دوم و سوم تنش آبی، تیمارهای I3S5، I2S5 و نیز I2S4 به‌ترتیب دارای بیشترین مقادیر بودند که بین این سه تیمار اختلاف معنی‌دار نبود (جدول ۷). نتایج فوق مؤید این نکته است که کاربرد پتاسیم توانسته است هم در تیمار آبی شاهد (I1) و هم در سطوح دوم و سوم تنش آبی (I2 و I3) عرض برگ را به‌طور معنی‌داری بهبود بخشد و با وجود اینکه در شرایط عدم تنش آبی بیشترین عرض برگ مشاهده شد، در شرایط وجود تنش آبی نیز می‌توان با کاربرد پتاسیم (۱۰۰ گرم کاربرد خاکی) اثرات منفی تنش آبی بر عرض برگ را به‌طور معنی‌داری بهبود بخشید.

تعداد برگچه

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۳) نشان داد که هر دو اثرات جداگانه تنش آبی و کاربرد پتاسیم بر تعداد برگچه در سطح احتمال آماری ۱٪ معنی‌دار شدند، اما اثر متقابل تنش آبی و کاربرد پتاسیم بر این صفت در هیچ یک از سطوح احتمال آماری ۱٪ و ۵٪ معنی‌دار نشد. در بین سطوح مختلف تنش آبی بیشترین تعداد برگچه به میزان ۳۳/۱ برگچه در تیمار I1 (شاهد) مشاهده شد (جدول ۵). با افزایش میزان تنش آبی تعداد برگچه‌ها کاهش یافت، به گونه‌ای که کمترین تعداد

جدول ۷. اثرات متقابل تنش آبی و کاربرد پتاسیم بر صفات رشدی نهال‌های خرما

تیمار	طول برگ (سانتی‌متر)	عرض برگ (سانتی‌متر)	طول برگچه (سانتی‌متر)	وزن تر اندام هوایی (گرم)	وزن خشک اندام هوایی (گرم)
I1S1	۴۲/۶^{cdef}	۲۵^{def}	۱۴^{e}	۷۰۳^{abc}	۴۴۳^{ab}
I1S2	۴۳/۴$^{b-f}$	۲۵/۱^{def}	۱۵/۳^{d}	۶۸۳^{bcd}	۴۰۶^{abc}
I1S3	۴۸/۱^{ab}	۲۸/۳^{bcd}	۱۷/۷^{c}	۷۶۰^{ab}	۴۶۰^{ab}
I1S4	۴۶/۳^{abcd}	۳۶/۱^{a}	۲۲/۸^{a}	۷۰۶^{abc}	۴۱۶^{abc}
I1S5	۴۳/۹$^{a-f}$	۳۷/۱^{a}	۲۲/۹^{a}	۷۲۳^{abc}	۴۵۶^{ab}
I2S1	۳۶/۲^{gh}	۲۵/۲^{def}	۱۳/۱^{ef}	۶۰۳^{de}	۳۰۳^{de}
I2S2	۳۸/۶^{fgh}	۲۲/۶^{ef}	۱۲/۷^{f}	۶۴۳^{cde}	۳۳۶^{cde}
I2S3	۴۳/۵$^{b-f}$	۲۶/۱^{cde}	۱۶/۱^{d}	۶۶۰^{cde}	۳۷۶^{bcd}
I2S4	۴۷/۳^{abc}	۲۹/۷^{bc}	۲۱/۵^{b}	۷۸۶^{a}	۴۵۳^{ab}
I2S5	۴۹/۲^{a}	۲۸/۱^{bcd}	۲۰/۶^{b}	۷۶۶^{ab}	۴۷۶^{a}
I3S1	۳۴/۲^{h}	۲۱/۶^{f}	۱۰/۹^{g}	۵۹۰^{e}	۲۴۳^{e}
I3S2	۳۹/۷^{efg}	۲۱/۲^{f}	۱۱/۳^{g}	۶۳۳^{cde}	۲۹۳^{de}
I3S3	۴۱/۸^{def}	۲۴/۷^{def}	۱۳/۹^{e}	۶۵۶^{cde}	۲۹۶^{de}
I3S4	۴۲/۹$^{b-f}$	۲۵/۷^{de}	۱۷/۴^{c}	۷۰۶^{abc}	۳۴۶^{cd}
I3S5	۴۴/۲$^{a-e}$	۳۰/۶^{b}	۱۷/۶^{c}	۶۹۶^{abc}	۳۰۰^{de}

میانگین‌هایی با حروف مشترک اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵٪ بر اساس آزمون دانکن ندارند.

برگچه به میزان ۲۹/۳ برگچه در تیمار I3 مشاهده شد. بین هر سه تیمار I1، I2 و I3 با یکدیگر اختلاف معنی‌دار بود. در مجموع با افزایش سطوح تنش آبی میانگین تعداد برگچه در برگ نهال‌های خرما در بین تیمارها روند نزولی داشته است (جدول ۵). مقایسه سطوح مختلف کاربرد پتاسیم نشان داد که استفاده از پتاسیم سبب افزایش تعداد برگچه نسبت به تیمار شاهد شده است، به گونه‌ای که بیشترین تعداد برگچه در بین تمامی تیمارها، در تیمار S5 (کاربرد خاکی ۱۰۰ گرم پتاسیم) به میزان ۳۳/۲ برگچه و پس از آن در تیمار S4 به میزان ۳۲/۵ برگچه ثبت شدند که این دو تیمار با یکدیگر اختلاف معنی‌دار نداشتند اما با تیمار شاهد (S1) و سایر تیمارها دارای اختلاف معنی‌دار بودند (جدول ۶).کمترین تعداد برگچه در تیمارهای عدم کاربرد پتاسیم (S1) و S2 مشاهده شد که با هم اختلاف معنی‌دار نداشتند (جدول ۶).

طول برگچه

طبق نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۳) اثرات جداگانه تنش آبی و کاربرد پتاسیم و نیز اثر متقابل آن‌ها در سطح احتمال ۱٪ بر طول برگچه معنی‌دار شدند. بیشترین میزان طول برگچه در بین تمامی تیمارها در تیمارهای I1S5 (کاربرد خاکی ۱۰۰ گرم پتاسیم در سطح اول تنش آبی یا شاهد) به میزان ۲۲/۹ سانتی‌متر و I1S4 به میزان ۲۲/۸ سانتی‌متر مشاهده شد که این دو تیمار با هم اختلاف معنی‌دار نداشتند و کمترین میزان طول برگچه به‌ترتیب در تیمارهای I3S1 (عدم کاربرد پتاسیم در سطح سوم تنش آبی) و I3S2 مشاهده شد که بین بیشترین و کمترین مقادیر مشاهده شده اختلاف معنی‌دار بود (جدول ۷). تیمار I3S5 نیز در بین تیمارهای سطح سوم تنش آبی دارای بیشترین مقدار (۱۷/۷ سانتی‌متر) و تیمارهای I2S4 و I2S5 نیز در بین تیمارهای سطح دوم تنش آبی دارای بیشترین مقادیر بودند. در مجموع

کاربرد پتاسیم توانسته است در تمامی سطوح تنش آبی باعث افزایش معنی‌دار طول برگچه نسبت به عدم کاربرد پتاسیم شود و دربین تمامی تیمارهایی که تنش آبی در سطوح مختلف روی آن‌ها اعمال شد، کاربرد خاکی ۱۰۰ گرم پتاسیم اثرگذاری بهتر و با اختلاف معنی‌دار داشته است (جدول ۷).

عرض برگچه

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۴) نشان داد که هر دو اثرات جداگانه تنش آبی و کاربرد پتاسیم بر عرض برگچه در سطح احتمال آماری ۱٪ معنی‌دار شدند، اما اثر متقابل تنش آبی و کاربرد پتاسیم بر این صفت در هیچ یک از سطوح احتمال آماری ۱٪ و ۵٪ معنی‌دار نشد. در بین سطوح مختلف تنش آبی بیشترین عرض برگچه به میزان ۱/۶۲ سانتی‌متر در تیمار I1 (شاهد) مشاهده شد (جدول ۵). با افزایش میزان تنش آبی عرض برگچه کاهش یافت، به گونه‌ای که کمترین عرض برگچه به میزان ۱/۲۶ سانتی‌متر در تیمار I3 مشاهده شد. بین هر سه تیمار I1، I2 و I3 با یکدیگر اختلاف معنی‌دار بود. در مجموع با افزایش سطوح تنش آبی میانگین عرض برگچه نهال‌های خرما روند کاهشی معنی‌دار داشته است (جدول ۵). مقایسه میانگین سطوح مختلف کاربرد پتاسیم نشان داد که استفاده از پتاسیم سبب افزایش عرض برگچه نسبت به تیمار شاهد شده است، به گونه‌ای که بیشترین عرض برگچه در بین تمامی تیمارها به‌ترتیب در تیمارهای S5 (کاربرد خاکی ۱۰۰ گرم پتاسیم) به میزان ۱/۶۰ سانتی‌متر و پس از آن در تیمار S4 به میزان ۱/۵۴ سانتی‌متر ثبت شد که این دو تیمار با یکدیگر اختلاف معنی‌دار نداشتند اما با تیمار شاهد (S1) و دیگر تیمارها دارای اختلاف معنی‌دار بودند (جدول ۶).کمترین عرض برگچه در تیمار عدم کاربرد پتاسیم (S1) مشاهده شد که با سطوح S2 و S3 پتاسیم دارای اختلاف معنی‌دار نبوده است (جدول ۶).

محیط تنه

طبق نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۴) تنها اثر جداگانه تنش آبی بر محیط تنه در سطح احتمال آماری ۱٪ معنی‌دار شد و اثر جداگانه کاربرد پتاسیم و نیز اثر متقابل تنش آبی و کاربرد پتاسیم بر این صفت معنی‌دار نشد. مقایسه میانگین سطوح مختلف تنش آبی نشان داد که با افزایش تنش آبی محیط تنه کاهش معنی‌داری نسبت به شاهد داشته است. بیشترین محیط تنه در تیمار عدم تنش آبی یا شاهد به میزان ۱۶/۳ سانتی‌متر ثبت شد. در تیمارهای سطح دوم و سوم تنش آبی به‌ترتیب مقادیر ۱۳/۹ و ۱۲/۸ سانتی‌متر مشاهده شد که این دو تیمار با هم اختلاف معنی‌دار نداشتند اما با تیمار شاهد دارای اختلاف معنی‌دار بودند (جدول ۵). کاربرد پتاسیم اثر معنی‌داری بر محیط تنه نهال‌های خرما در سطوح مختلف تنشی نداشته است.

وزن تر اندام هوایی

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۴) نشان داد که هر دو اثرات جداگانه تنش آبی و کاربرد پتاسیم بر وزن تر اندام هوایی در سطح احتمال آماری ۱٪ معنی‌دار شدند. اثر متقابل تنش آبی و کاربرد پتاسیم نیز بر این صفت در سطح احتمال آماری ۵٪ معنی‌دار شد. بیشترین میزان وزن تر اندام هوایی در بین تمامی تیمارها، به‌ترتیب در تیمارهای I2S4 و I2S5 با مقادیر ۷۸۶ و ۷۶۶ گرم مشاهده شد که این دو تیمار با هم اختلاف معنی‌دار نداشتند و کمترین میزان وزن تر اندام هوایی در تیمار I3S1 به مقدار ۵۹۰ گرم مشاهده شد که بین بیشترین و کمترین مقادیر مشاهده شده اختلاف معنی‌دار بود (جدول ۷). در تمامی سطوح تنش آبی، سطوح S4 و S5 کاربرد پتاسیم دارای بیشترین مقادیر وزن تر اندام هوایی نسبت دیگر سطوح کاربرد پتاسیم بودند (جدول ۷). در مجموع کاربرد پتاسیم توانسته است در تمامی سطوح تنش آبی باعث افزایش معنی‌دار وزن تر اندام هوایی نسبت به عدم کاربرد پتاسیم شود و در این میان کاربرد خاکی ۵۰ و ۱۰۰ گرم پتاسیم در سطوح مختلف تنشی اثرگذاری بهتر و با اختلاف معنی‌دار داشته است (جدول ۷).

وزن خشک اندام هوایی

بر طبق نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۴) هر دو اثرات جداگانه تنش آبی و کاربرد پتاسیم بر وزن خشک اندام هوایی در سطح احتمال آماری ۱٪ معنی‌دار شدند. اثر متقابل تنش آبی و کاربرد پتاسیم نیز بر این صفت در سطح احتمال آماری ۵٪ معنی‌دار شد. بیشترین میزان وزن خشک اندام هوایی در بین تمامی تیمارها در تیمار I2S5 به میزان ۴۷۶ گرم و کمترین میزان وزن خشک اندام هوایی در تیمار I3S1 به مقدار ۲۴۳ گرم مشاهده شد که بین بیشترین و کمترین مقادیر مشاهده شده، اختلاف معنی‌دار بود (جدول ۷). در تمامی سطوح تنش آبی، سطوح S4 و S5 کاربرد پتاسیم اثرگذاری بهتری بر میزان وزن خشک اندام هوایی به دنبال داشته است (جدول ۷).

بحث

نتایج این تحقیق نشان داد که با افزایش سطوح تنش آبی رشد رویشی نهال‌های کشت بافتی خرما کاهش پیدا کرد. در اکثر صفات رشدی و فیزیولوژیکی مورد بررسی، عدم کاربرد تنش آبی یعنی تامین آب بر اساس ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه دارای بیشترین مقادیر بودند و با افزایش سطوح تنش آبی تمامی ویژگی‌های رشدی کاهش پیدا کردند. این نتایج نشان می‌دهد که تامین آب گیاه به میزان ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه باعث حفظ محتوای رطوبت در منطقه ریشه می‌شود و جذب آب و مواد غذایی کافی را در طول دوره رشد گیاه تضمین می‌نماید. نخل خرما نسبت به سایر درختان میوه نسبت به وقوع تنش آبی تحمل بالاتری دارد، اما پس از کاشت نهال و پاجوش، به‌ویژه در مراحل ابتدایی استقرار، نیازمند آبیاری منظم و مناسب می‌باشد و بروز هر گونه تنش آبی در طی ماه‌های اولیه پس از کاشت می‌تواند منجر به خشک شدن نخل‌های جوان شود (۶). نتایج تحقیقات نشان داده است که کاهش‌های ۲۰ تا ۴۰ درصدی در تامین نیاز آبی نخل خرما، به‌ترتیب می‌توانند به عنوان تنش‌های متوسط تا شدید برای نخل خرما محسوب شوند (۱۴ و ۲۵). گزارش شده است که وقوع این سطح از تنش‌ها باعث کاهش صفات رشدی نهال‌های خرما شامل ارتفاع گیاه، محیط طوقه، تعداد برگچه، طول برگچه و عرض برگچه شد (۲۵). غزاوی و همکاران (۱۴) نیز گزارش نمودند که کاهش ۲۰ درصدی در تأمین نیاز آبی نخل خرما (یعنی تأمین آب آبیاری به میزان ۸۰ درصد نیاز آبی نخل) باعث اثرات منفی روی عملکرد و ویژگی‌های کیفی میوه خرما رقم سکری شده است. نتایج مطالعه حاضر با نتایج تحقیقات ذکر شده مطابقت داشت. در دسترس بودن کافی آب در خاک باعث ایجاد شرایطی مناسب جهت افزایش تحرک مواد غذایی در خاک و به دنبال آن بهبود جذب مواد معدنی و آسیمیلاسیون کربوهیدرات-ها و در نهایت باعث افزایش رشد رویشی می‌شود (۱۰). همچنین کاهش صفات رشدی ناشی از تنش آبی ممکن است نتیجه کاهش میزان فتوسنتز تحت تنش آبی باشد که می‌تواند به بسته شدن روزنه‌ها با کاهش سطح برگ در پاسخ به تنش آبی نسبت داده شود (۲). با وجود اینکه تنش آبی آثار مضری بر ویژگی‌های رشد رویشی برجای گذاشت، اما نتایج به‌دست‌آمده از این تحقیق نشان داد که کاربرد پتاسیم، به‌ویژه در کاربرد خاکی ۱۰۰ گرم سولفات پتاسیم، توانست اثرات منفی ناشی از تنش آبی بر رشد رویشی را کاهش دهد و منجر به بهبود رشد نهال‌های خرما شود. بهبود رشد رویشی گیاه درنتیجه‌ی کاربرد پتاسیم در شرایط تنش آبی می‌تواند ناشی از نقش پتاسیم در تغذیه گیاه و افزایش نقل و انتقال مواد آسیمیله شده و سنتز پروتئین باشد (۱). در این باره اهمیت عنصر پتاسیم به‌عنوان یک عنصر کلیدی در افزایش مقاومت گیاه به تنش‌های محیطی و تنظیم باز و بسته شدن روزنه‌ها نمایان می‌شود. صدرزاده و معلمی (۲۸) گزارش دادند که کاربرد خاکی سولفات پتاسیم باعث افزایش رشد رویشی نهال‌های زیتون در شرایط تنش آبی شد. همچنین کیان‌فرد (۲۳) نیز گزارش داد که کاربرد پتاسیم باعث بهبود رشد و خصوصیات فیزیولوژیکی نهال‌های انار از جمله محتوای رطوبت نسبی برگ و غلظت رنگیزه‌های فتوسنتزی در شرایط تنش آبی شد. نتایج این تحقیق با نتایج

گزارشات ذکر شده مطابقت داشت. گیاهان برای مقابله با تنش خشکی نیاز بالایی به پتاسیم دارند چونکه در شرایط تنش خشکی کلروپلاست‌ها مقدار زیادی پتاسیم برای حفظ تثبیت CO_2 فتوسنتزی و پیشبرد فرایند فتوسنز نیاز دارند (۹ و ۱۷). گزارش شده است که کاربرد پتاسیم نیترات ۲٪ به‌عنوان یک راهکار موثر می‌تواند اثرات منفی ناشی از تنش خشکی را بر صفات رشدی و فیزیولوژیکی دانهال‌های *Citrus macrophylla* (از پایه‌های مرکبات) کاهش دهد (۱۵). کاربرد پتاسیم می‌تواند اثرات منفی ناشی از تنش آبی را بر رشد گیاه با ممانعت از آسیب غشای سلولی و افزایش تنظیم اسمزی کاهش دهد (۲۲). نتایج تحقیق حاضر با نتایج تحقیقات ذکر شده مطابقت داشت. در این تحقیق کاربرد خاکی کود سولفات پتاسیم نسبت به محلول‌پاشی برگی اثرات بهتری به دنبال داشته است که احتمالاً به این دلیل است که با کاربرد خاکی کود سولفات پتاسیم و افزایش میزان پتاسیم خاک، این عنصر توانسته است در دوره زمانی بیشتری و به تدریج از خاک وارد سیستم ریشه‌ای و اندام هوایی گیاه شود و اثرات پایدارتری در مقابل تنش خشکی نسبت به روش محلول‌پاشی برگی ایجاد نماید. در این راستا نیز جمال و همکاران (۲۱) طی تحقیقی درخصوص کاربرد خاکی و محلول‌پاشی غلظت‌های مختلف کودهای نیتروژن، فسفر و پتاسیم روی پارامترهای عملکردی گندم گزارش کردند که روش کاربرد خاکی نسبت به روش محلول‌پاشی برگی نتایج بهتری داشته است و بیان نمودند که برگ‌ها به تنهایی توانایی کافی جهت برآورده نمودن نیازهای گیاه به عناصر غذایی را ندارند و یک سیستم ریشه‌ای کارآمد همراه با برگ‌های سالم می‌تواند این نیازها را برآورده سازد (۲۱).

نتیجه‌گیری کلی

به‌طور کلی بر اساس نتایج این تحقیق، به‌دنبال وقوع تنش آبی رشد رویشی نهال‌های خرمای تازه کشت شده کاهش پیدا کرد و در سطوح مختلف تنش آبی، کابرد پتاسیم توانست ویژگی-های رشدی نهال‌های کشت بافتی خرما را بهبود بخشد، لذا کاربرد خاکی ۱۰۰ گرم پتاسیم از منبع سولفات پتاسیم (سولوپتاس محلول در آب) برای هر نهال به‌عنوان عنصری موثر در مقابله با تنش‌های آبی در زمان کاشت نهال و احداث نخلستان‌های جدید توصیه می‌شود. با توجه به نتایج این تحقیق پیشنهاد می‌شود که اثرات کاربرد کودهای پتاسیمی بر رشد و عملکرد میوه ارقام تجاری خرما در شرایط تنش‌های آبی بررسی شود.

سپاسگزاری

بدینوسیله از تمامی حمایت‌ها و مساعدت‌های پژوهشکده خرما و میوه‌های گرمسیری جهت فراهم نمودن امکانات مورد نیاز برای اجرای این پژوهش، تشکر و قدردانی به عمل می‌آید.

منابع مورد استفاده

1. Abd El-Gawad, H. G., N. A. I. Abu El-Azm and M. S. Hikal. 2017. Effect of potassium silicate on tuber yield and biochemical constituents of potato plants grown under drought stress conditions. *Middle East Journal of Agriculture Research* 6: 718-731.
2. Abd Elwahed, A. H. M. 2018. Response of tomato plant to foliar application of potassium silicate under different irrigation water levels. *Journal of biological chemistry and environmental sciences* 13(1): 59-78.
3. Agricultural Statistics of 2021 year. Volume 3: Greenhouse and Horticultural Products. 2022. Ministry of Jihad Agriculture, Tehran. (In Farsi)
4. Alihouri, M. 2017. Lysimertic determination of water requirement and crop coefficient of date palm in vegetative growth phase. *Journal of Water Research in Agriculture* 31: 329-340. (In Farsi)
5. Alihouri, M. and S. A. Haghayeghi Moghaddam. 2011. Effects of distance and amount of irrigation on quantitative and qualitative characteristics of fruit in date palm of Barhi cultivar. *Journal of Soil and Water Conservation Research* 18: 101-116. (In Farsi)

6. Alihouri, M., A. Torahi and H. Moazed. 2013. The effect of irrigation cycle on the establishment and vegetative growth of date palm rootstocks of Estamaran cultivar. *Journal of Water Engineering* 1:48-57. (In Farsi)
7. Allen, R. G., L. S. Pereira, D. Raes and M. Smith. 1998. Crop Evapotranspiration: Guidelines for Computing Crop Water Requirements. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Rome.
8. Broschat, T. K. 1994. The effects of leaf removal, leaf tying and overhead irrigation on transplanted pygmy date palm. *Journal of arboriculture* 20: 210-214.
9. Cakmak, I. 2005. The role of potassium in alleviating detrimental effects of abiotic stresses in plants. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science* 168: 521-530.
10. Ezzo, M. I., A. A. Glala, H. A. M. Habib and A. A. Helaly. 2010. Response of sweet pepper grown in sandy and clay soil lysimeters to water regimes. *American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Sciences* 8: 18-26.
11. FAO. 2021. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Available online at: https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL
12. Farahani, H., A. Valadabadi, J. Daneshian and M. Khalvati. 2009. Medicinal and aromatic plants farming under drought conditions. *Journal of Horticulture and Forestry* 1: 86-92.
13. Fernandez, J. A., L. Balenzategui, S. Ban and J. A. Franco. 2006. Induction of drought tolerance by paclobutrazol and irrigation deficit in (*Phillyrea angustifolia*) during the nursery period. *Scientia Horticulturae* 107: 277-283.
14. Ghazzawy, H. S., N. Alqahtani, M. Munir, N. S. Alghanim and M. Mohammed. 2023. Combined Impact of irrigation, potassium fertilizer, and thinning treatments on yield, skin separation, and physicochemical properties of date palm fruits. *Plants* 12: 1003: 1-28.
15. Gimeno, V., L. Diaz-Lopez, S. Simon-Grao, V. Martinez, J. J. Martinez-Nicolas and F. Garcia-Sanchez. 2014. Foliar potassium nitrate application improves the tolerance of *Citrus macrophylla L.* seedlings to drought conditions. *Plant Physiology and Biochemistry* 83: 308-315.
16. Goodarzi, S., H. ShabanAli Fami, H. Movahed Mohammadi and M. Jalalzadeh. 2011. Investigating the problems and limitations of agricultural water management from the perspective of farmers in Karaj city. *Iranian Journal of Agricultural Economics and Development Research* 42 (2): 243-253. (In Farsi).
17. Gupta, S. A. and G. A. Berkowitz. 1987. Osmotic adjustment, symplast volume, and nonstomatally mediated water stress inhibition of photosynthesis in wheat. *Plant Physiology* 85: 1040-1047.
18. Heydari Sharif Abad, H. 2013. Water Absorption and Transpiration. Ministry of Agricultural Jihad, Tehran. (In Farsi).
19. Ismaili, H., S. Eshghi and A. Tafzoli. 2013. Spraying calcium nitrate and potassium sulfate solutions to reduce the drying anomaly of date clusters of Kabkab variety. In: Proceeding of National Conference and Scientific Festival of Iranian Dates. Kerman, Iran. 2 September 2012, Abstract, pp. 1. (In Farsi)
20. Izadi, M. and M. Pouzesh Shirazi. 2013. Study the response of three date palm cultivars of Kabkab, Zahidi and Shahabi to deficit irrigation in Bushehr, Iran. *Journal of Watershed Engineering and Management* 5: 59-66. (In Farsi).
21. Jamal, Z., M. Hamayun, N. Ahmad and F. Chaudhary. 2006. Effects of soil and foliar application of different concentrations of NPK and foliar application of $(NH_4)_2SO_4$ on different yield parameters in wheat. *Journal of Agronomy* 5: 251-256.
22. Khanna-Chopra, R., S. Yasudev, M. Maheswari, A. Srivastava and D. Bahukhandi. 1994. K+, Osmoregulation and drought tolerance-An Overview. *Proceeding of Indian National Science Academy* 61: 51-56.
23. Kianfard, H. 2016. Effect of foliar application of potassium nitrate and calcium nitrate on drought tolerance of Pomegranate cultivar Malas Saveh. MSc Thesis. Bu Ali Sina University. Hamedan, Iran. (In Farsi).
24. Marashi, S., F. Khazaei, H. Zargari, A. Torahi, R. Khademi and S. Hajian. 2017. National Guidelines for Differentiation, Uniformity and Stability Tests in Dates. Seed and Seedling Registration and Certification Research Institute, Karaj. (In Farsi).
25. Mohebi, A. 2019. Effects of superabsorbents on growth and physiological responses of date palm seedling under water deficit conditions. *International Journal of Horticultural Science and Technology* 6: 77-88.
26. Najihan, T. S., M. H. Ibrahim, N. A. Mohd Zain, R. Nulit and P. E. M. Wahab. 2020. Activity of the oil palm seedlings exposed to a different rate of potassium fertilizer under water stress condition. *AIMS Environmental Science* 7: 46-68.
27. Ponder, H., C. H. Gilliam and C. E. Evans. 1984. Trickle irrigation on field-grown nursery stock based on net evaporation. *Hort Science* 19: 304-309.
28. Sadrzadeh, M. and N. Moalemi. 2006. Effect of water stress and potassium on growth characteristics of young olive plants cvs. Baghmalek and Zard. *Agricultural Research: Water, Soil and Plants in Agriculture* 6: 1-10. (In Farsi).
29. Salardini, A. 2005. Soil Fertility. University of Tehran Press, Tehran. (In Farsi).
30. Shafi, U. K., A. A. Atiq, A. Nazeer, S. Samy, J. Muhammad, K. Mehwish, A. Saeed, I. A. Ahmad, H. A. Khalid and F. A. Esmat. 2022. Investigating the role of potassium and urea to control fruit drop and to improve fruit quality of ''*Dhakki*" date palm. *Saudi Journal of Biological Sciences* 29: 3806-3814.
31. Tabatabai, S. J., 2013. Principles of Mineral Nutrition of Plants. Tabriz University Press, Tabriz. (In Farsi).

Journal of Crop Production and Processing
Vol. 13, No. 3, Fall 2023, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran.

Effect of Water Stress and Application of Potassium on Some Growth Characteristics of Tissue Culture-Derived Date Palm Plants of "Zahedi" Cultivar

R. Yousefi[1*], M. Alihouri[2] and H. Dialami[1]

(Received: May 14-2023; Accepted: July 12-2023)

Abstract

In order to investigate the effect of water stress and the application of potassium sulfate fertilizer on some growth characteristics of "Zahedi" date palm tissue culture-derived plants, this research was conducted as a factorial experiment based on a Randomized Complete Block Design with three replications on 45 plants. Water stress at three levels (Irrigation to the amount of 100, 80 and 60% of cumulative evaporation from Class A evaporation pan) and potassium sulfate fertilizer at five levels (zero, foliar application 2 g L^{-1} and 4 g L^{-1}, soil application 50 g and 100 g for each plant) were applied to the plants. At the end of the experiment, the growth characteristics including trunk circumference, number of leaves, length and width of leaves, number of leaflets, length and width of leaflets, fresh and dry weight of aerial parts were measured and subjected to statistical analysis. The results showed that the increase in water stress had a significant negative effect on all vegetative growth traits, while the application of potassium sulfate moderated the effects of water stress. At the highest level of water stress (Irrigation to the amount of 60% of the water requirement) without application of potassium, the fresh and dry weight of aerial parts was recorded at 590 and 243 g respectively, but with the soil application of 100 g potassium sulfate at the same level of water stress, the fresh and dry weight of aerial parts increased significantly to 706 and 346, respectively. In this research, the soil application of potassium sulfate fertilizer had better effects on the growth characteristics of date palm plants than the foliar application method. In all levels of water stress, the application of potassium sulfate fertilizer, especially in soil application of 100 g for each plant, increased vegetative growth and fresh and dry weight of the date palm plant and improved its resistance to water stress.

Keywords: Leaf number, Fertilization, Soil application, Foliar application, Plant weight

1. Assistant professor of Date Palm and Tropical Fruits Research Center, Horticultural Sciences Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Ahvaz, Iran.
2. Assistant professor of Temperate Fruits Research Center, Horticultural Sciences Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran.
*: Corresponding Author, Email: r.yousefi66@areeo.ac.ir