زیست‌شناسی گیاهی ایران، سال هشتم، شماره بیست و هشتم، تابستان ۱۳۹۵، صفحه ۱-۱۴
تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۴/۰۷/۲۰
تاریخ بررسی مجدد: ۱۳۹۴/۱۲/۱۹
تاریخ پذیرش نهایی: ۱۳۹۵/۰۴/۱۹

اثر تنش کم‌آبی بر عملکرد، شاخص‌های فیزیولوژی و بیوشیمیایی دو توده طالبی بومی ایران

هادی لطفی، طاهر برزگر * و ولی ربیعی
گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران

چکیده

کمبود آب یکی از عوامل محیطی مهم محدود کننده رشد گیاه و تولید محصول است. به منظور ارزیابی تحمل به تنش کم‌آبی دو توده طالبی ایرانی، آزمایشی در ایستگاه تحقیقاتی دانشگاه زنجان در سال ۱۳۹۳ انجام شد. تیمارهای آزمایش شامل سه سطح آبیاری (۱۰۰، ۶۶ و ۳۳ درصد نیاز آبی گیاه) و دو توده طالبی شامل تیل‌زرد و تیل‌سبز بود. در این آزمایش، شاخص‌های: کلروفیل، کاروتنوئید، محتوای پرولین، محتوای نسبی آب برگ، آسکوربیک اسید، فعالیت آنزیم‌های کاتالاز و پراکسیداز، عملکرد و کارآیی مصرف آب ارزیابی شد. بر اساس نتایج به دست آمده در پژوهش حاضر، تنش کم‌آبی به طور معنی‌داری میزان پرولین، فعالیت آنزیم کاتالاز و پراکسیداز و کارآیی مصرف آب را افزایش و محتوای نسبی آب برگ، کلروفیل و عملکرد را کاهش داد. بیشترین افزایش در میزان پرولین (۳۴/۸ درصد)، فعالیت آنزیم کاتالاز (۱۸ درصد) و پراکسیداز (۴۲/۳ درصد) و کاهش محتوای نسبی آب برگ (۸ درصد) و عملکرد (۶۱/۶ درصد) در سطح کم‌آبیاری ۳۳ درصد نیاز آبی گیاه حاصل شد. توده‌ها هم در صفات پرولین، محتوای نسبی آب برگ، کلروفیل، فعالیت آنزیم‌های کاتالاز و پراکسیداز نسبت به هم تفاوت معنی‌دار داشتند. حداکثر مقدار عملکرد و کارآیی مصرف آب در توده تیل‌زرد مشاهده گردید. با توجه به نتایج اثر متقابل، توده‌های تیل‌سبز و تیل‌زرد به ترتیب با ۶۳/۶ درصد و ۵۹/۷ درصد کاهش عملکرد در اثر افزایش تنش کم‌آبی (۳۳ درصد نیاز آبی گیاه)، هر دو توده حساس به تنش کم‌آبی هستند.

واژه‌های کلیدی: آنتی‌اکسیدان، پرولین، عملکرد، کارآیی مصرف آب، آسکوربیک اسید

مقدمه

طالبی (*Cucumis melo* var. *cantalopensis*) گیاهی از خانواده کدوییان (Cucurbitaceae)، دیپلوئید ($2n=2x=29$) و دارای میوه‌های معطر است (Kerje

* نگارنده مسؤول: نشانی پست الکترونیک: tbarzegar@znu.ac.ir، شماره تماس: ۰۲۴۳۳۰۵۲۳۳۰

Copyright©2016, University of Isfahan. This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (http://creativecommons.org/licenses/BY-NC-ND/4.0), which permits others to download this work and share it with others as long as they credit it, but they cannot change it in any way or use it commercially.

(and Grum, 2000). ایران از مراکز ثانویه تنوع و اهلی شدن گیاه طالبی است که کشت و پرورش این گیاه جالیزی در آن از گذشته‌های دور معمول بوده است و با دارا بودن توده‌های متنوع، محصولی رایج و نسبتاً مهم در کشور به شمار می‌رود (Sebastian *et al*., 2010). این محصول باغی مهم اغلب در مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان کشت می‌شود، جایی که خطر خشکی در آنجا مشکل‌ساز است (Kusvuran, 2010).

تنش‌های محیطی قادرند برخی تنظیم‌کننده‌های اسمزی را در اندام‌های مختلف گیاهان تغییر دهند. این تغییرات، گاهی به عنوان شاخص‌های ارزیابی سطح تنش مورد استفاده قرار می‌گیرند. در بسیاری از گیاهان، پرولین آزاد می‌تواند در پاسخ به تنش‌های محیطی تجمع یابد و یک سازوکار دفاعی را در برابر این تنش‌ها ایجاد کند (Heuer, 1999). کاهش آب در بافت‌های برگ مانع از ساخته شدن کلروفیل می‌شود و همچنین به نظر می‌رسد که موجب تخریب کلروفیل نیز می‌گردد. تنش خشکی، موجب کاهش پلاستیدهای جدید، تخریب کلروپلاست‌ها در اثر فعالیت رادیکال‌های فعال اکسیژن و کاهش میزان کلروفیل می‌گردد (Heydari-Shrifabad, 2000). کمبود آب همچنین، سبب کاهش محتوای رنگیزه‌های سلول‌های گیاهی (کاروتنوئیدها) می‌شود. کاروتنوئیدها نقش حفاظتی در مقابل تنش اکسیداتیو دارند. گیاهانی که محتوای کاروتنوئید بیشتری داشته باشند در برابر گونه‌های فعال اکسیژن، دفاع موفق‌تری داشته، در شرایط تنش کمبود آب تحمل بیشتری از خود نشان می‌دهند (Sanitata and Gabbriella, 1999). مطالعات نشان داده است که آسکوربیک اسید می‌تواند از پراکسیداسیون لیپیدی حاصل از تنش‌های مختلف جلوگیری کرده، مقاومت به آنها را افزایش دهد. همچنین آسکوربیک اسید، رشد بافت‌های گیاهی را تحت شرایط تنش افزایش داده، به درصد گیاهانی که قادرند در این شرایط (مانند شوری زیاد، خشکی و ...) زنده بمانند، می‌افزاید (Gill and Tuteja, 2010). یکی از تأثیرات تنش کم‌آبی، مشابه سایر تنش‌های محیطی، ایجاد آسیب‌های اکسیداتیو است که توسط رادیکال‌های آزاد اکسیژن صورت می‌گیرد (Mittler *et al*., 2004). گیاهان برای مقابله با این خسارت سلولی، از سیستم آنتی‌اکسیدانی پیچیده‌ای استفاده می‌کنند که آنزیم‌هایی مانند کاتالاز و پراکسیداز از جمله آنها هستند. این آنزیم‌ها در مقابله با تنش اکسیداتیو نقش کلیدی بر عهده دارند (Baby and Jini, 2011). یکی از مهم‌ترین عوامل حفظ بقا در شرایط تنش را قدرت بالای گیاه در حفظ آب سلولی می‌دانند. هر عامل فیزیولوژی و بیوشیمیایی در گیاهان که در حفظ آب گیاه نقش داشته باشد، می‌تواند یکی از عوامل مؤثر در معرفی رقم متحمل باشد (Abdalla and El-Khoshiban, 2007). به دلیل کمبود منابع آب در کشور، توجه به بالا بردن تولید به ازای مصرف هر واحد آب آبیاری (کارآیی مصرف آب) از جمله اهداف مهم در کشاورزی است. به طور نسبی، در شرایط زراعی افزایش کمبود آب سبب افزایش راندمان مصرف آب می‌شود (Abkhezr and Ghahreman, 2003).

کاهش حجم آبیاری به کاهش اندازه میوه و

عملکرد در خربزه منجر می‌شود (Fabeiro *et al.*, 2002). Badiei و Kashi (۲۰۱۲) در مطالعه اثر دورهای متفاوت آبیاری (۶، ۹ و ۱۲ روز) روی خربزه، افزایش کارآیی مصرف آب را با افزایش عملکرد نسبت به آب مصرفی تحت تنش مشاهده کردند. Baghani و همکاران (۲۰۱۰) با بررسی سه سطح آبیاری (۱۰۰، ۸۰ و ۶۰ درصد ظرفیت زراعی) روی خربزه افزایش کارآیی مصرف آب را با افزایش در شدت تنش گزارش کردند. Mahmoodnia-Mimand و همکاران (۲۰۱۲) با بررسی تنش خشکی روی چهار رقم گوجه‌فرنگی بیان کردند که تنش خشکی باعث کاهش محتوای آب نسبی برگ گردید. کاهش محتوای کلروفیل کل و کاروتنوئید با افزایش تنش خشکی در لوبیا و نیشکر گزارش شده است (Silva *et al.*, 2007؛ Yu *et al.*, 2007). Mansorifar و همکاران (۲۰۱۲) افزایش غلظت پرولین در نخود در واکنش به تنش‌های خشکی را گزارش کردند. Mafakheri و همکاران (۲۰۰۱) با اعمال تنش خشکی در سه مرحله (بدون تنش، تنش در مرحله رویشی و تنش در مرحله گل‌دهی) در نخود شاهد افزایش آنزیم کاتالاز و پراکسیداز در گیاهان تحت تنش شدند. Omidi (۲۰۱۰) در بررسی فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان در دو رقم کلزا در شرایط تنش کم‌آبی گزارش کرد که اعمال تنش اسمزی در سطح ۱/۵- مگاپاسکال سبب افزایش معنی‌دار فعالیت آنزیم‌های گایاکول پراکسیداز و کاتالاز در ریشه و ساقه شد.

مطالعه پاسخ‌های بیوشیمیایی به تنش کم‌آبی در مورد طالبی‌های ایران کم است. مطالعه حاضر با هدف تعیین اثر تنش کم‌آبی بر شاخص‌های فیزیولوژی نظیر: تجمع پرولین و فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی در دو توده طالبی (تیل‌سبز و زرد) بومی ایران انجام شده است که ارزیابی این پاسخ‌ها به شناسایی سازوکارهای تحمل به کم‌آبی و نگرش بیشتر در سازوکارهای مولکولی تحمل به کم‌آبی ناشی از تنش اکسیداتیو و تعیین توده متحمل کمک خواهد نمود.

مواد و روش‌ها

مواد گیاهی و شرایط رشد: آزمایش حاضر در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه زنجان در سال ۱۳۹۳ انجام شد. آزمایش به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار (شش بوته در هر واحد آزمایشی)، اجرا گردید. مشخصات خاک محل آزمایش در جدول ۱ آمده است. تیمارهای آبیاری در کرت‌های اصلی و تیمارهای مربوط به توده در کرت‌های فرعی قرار گرفتند. پس از آماده شدن زمین در تاریخ ۱۵ خرداد، بذرهای دو توده طالبی ایرانی "تیل‌زرد" و "تیل‌سبز" که از شهرستان تربت‌جام تهیه شده بود، کشت گردید. پس از سبز شدن بذور، عمل تُنُک کردن بوته‌ها و خاک‌دهی پای بوته انجام شد. پس از استقرار اولیه گیاهان (۴۵ روز پس از کاشت)، تیمارهای آبیاری در سه سطح (۱۰۰، ۶۶ و ۳۳ درصد نیاز آبی گیاه) اعمال گردید و تا پایان فصل رشد و برداشت محصول ادامه یافت. نیاز آبی گیاه برای تیمار شاهد با استفاده از میانگین بلند مدت داده‌های روزانه شاخص‌های هواشناسی ثبت شده در ایستگاه هواشناسی زنجان و رابطه ۱ برآورد گردید.

رابطه ۱: $ETc = ET_0 \times Kc$

ETc: نیاز آبی خربزه (میلی‌متر در روز)، ET_0: تبخیر-تعرق گیاه مرجع چمن (میلی‌متر در روز) و Kc: ضریب گیاهی خربزه. لازم به توضیح است که مقادیر ET_0 بر اساس روش استاندارد Penman (۱۹۴۸) و Monteith (۱۹۶۵) برآورد شد. پس از محاسبه مقادیر ETc، مقادیر نیاز خالص و نیاز ناخالص آب آبیاری گیاه خربزه بر اساس فواصل کشت، نوع سیستم آبیاری (قطره‌ای-نواری) و دور آبیاری برآورد و در هر نوبت آبیاری به گیاه داده شد. بر اساس محاسبات به عمل آمده، مقدار آب آبیاری داده شده به گیاهان تیمار شاهد ۳۷۰ متر مکعب در هکتار برآورد شد. نیاز آبی سایر تیمارها (تیمارهای تنش آبی) بر اساس نیاز آبی تیمار شاهد و درصد تنش آبی، برآورد و توزیع شد.

برای ارزیابی مقدار پرولین، کلروفیل، فعالیت آنزیم‌ها و محتوای نسبی آب برگ، ۳۰ روز پس از شروع اعمال تنش از برگ‌های میانی بوته‌ها نمونه‌برداری شد.

اندازه‌گیری آنزیم‌ها: فعالیت آنزیم‌ها با روش اسپکتروفتومتری (مدل UV-6505، شرکت Jenvey، انگلستان) در دمای آزمایشگاه (۲۵ درجه سانتیگراد) اندازه‌گیری شد. بدین منظور، ابتدا عصاره آنزیمی تهیه شد که برای این کار ابتدا یک گرم نمونه گیاهی (برگ) پودر شده با ازت مایع را وزن کرده و همراه با ۵ میلی‌لیتر بافر استخراج سدیم پتاسیم فسفات (NaKPi) با غلظت ۲۰۰ میلی‌مولار و اسیدیته برابر با ۷، درون هاون چینی به خوبی ساییده شد. سپس، محتویات داخل هاون به میکروتیوب‌های ۲ میلی‌لیتری منتقل شد و به مدت ۳۰ دقیقه با سرعت ۱۵۰۰۰ دور در دمای ۴ درجه سانتیگراد سانتریفیوژ (سانتریفیوژ یخچال‌دار مدل R۵۴۱۷، شرکت Eppendorf، آلمان) شدند. سپس، میکروتیوب‌ها از سانتریفیوژ خارج و محلول رویی (روشناور) به دقت برداشته و درون میکروتیوب‌های جدید توزیع شد. پس از آن، میکروتیوب‌های حاوی عصاره گیاهی در دمای ۲۴- درجه سانتیگراد نگهداری شد.

اندازه‌گیری فعالیت آنزیم کاتالاز: برای اندازه‌گیری فعالیت آنزیم کاتالاز از دستگاه اسپکتروفتومتر دارای لامپ UV استفاده شد. ابتدا دستگاه اسپکتروفتومتر روی طول موج ۲۴۰ نانومتر و مدت زمان ۱ دقیقه (بسته به گیاه) و با فاصله زمانی ۵ ثانیه تنظیم شد. پیش از قرائت نمونه‌ها، دستگاه با بلانک صفر شد. برای قرائت نمونه‌ها با حجم نهایی ۳ میلی‌لیتر مقادیر (۲۹۰۰ میلی‌لیتر بافر اندازه‌گیری + ۱۵ میلی‌لیتر پراکسید هیدروژن + ۸۵ میلی‌لیتر عصاره برگ) در کووت ریخته و درون دستگاه اسپکتروفتومتر قرار داده شد تا میزان جذب در مدت زمان مورد نظر به صورت منحنی ثبت شود. در پایان، فعالیت آنزیم کاتالاز بر اساس میزان تجزیه شدن پراکسید هیدروژن در طول موج ۲۴۰ نانومتر تعیین شد (رابطه ۲) (Cakmak and Horst, 1991).

رابطه ۲: فعالیت آنزیم کاتالاز = $((\Delta A/minute)\times 1000)/39.4$

$\Delta A = A_2 - A_1$ به ترتیب بیشترین و کمترین میزان جذب A_1 و A_2

اندازه‌گیری فعالیت آنزیم پراکسیداز: برای اندازه‌گیری فعالیت آنزیم پراکسیداز ابتدا دستگاه اسپکتروفتومتر روی طول موج ۴۷۰ نانومتر و مدت زمان

۳ دقیقه و فاصله زمانی ۲۰ ثانیه تنظیم گردید. پیش از قرائت نمونه‌ها، دستگاه با بلانک صفر گردید. برای قرائت نمونه‌ها با حجم نهایی کووت در حالت ۳ میلی‌لیتر مقادیر: ۲۹۴۵ میلی‌لیتر بافر اندازه‌گیری + ۶ میکرولیتر گایاکول + ۷ میکرولیتر پراکسید هیدروژن + ۴۰ میکرولیتر عصاره برگ درون کووت ریخته و درون دستگاه اسپکتروفتومتر قرار داده شد تا میزان جذب در مدت زمان مورد نظر به صورت منحنی ثبت شود. در پایان، فعالیت آنزیم پراکسیداز بر اساس میزان اکسید شدن گایاکول در طول موج ۴۷۰ نانومتر تعیین شد (رابطه ۳) (Ghanati *et al*., 2002).

رابطه ۳: فعالیت آنزیم پراکسیداز = $((\Delta A/minute)\times1000)/0.01$

$\Delta A=A_2 - A_1$ به ترتیب بیشترین و کمترین میزان جذب A_1 و A_2

اندازه‌گیری پرولین: برای اندازه‌گیری پرولین برگ، ۰/۵ گرم از نمونه‌های برگ تر در ۱۰ میلی‌متر سولفو سالیسیلیک اسید ۳ درصد به وسیله هاون، همگن و عصاره حاصل صاف گردید. ۲ میلی‌لیتر استیک اسید و ۲ میلی‌لیتر نین‌هیدرین به ۲ میلی‌متر از عصاره صاف شده، افزوده شد. محلول حاصل به مدت یک ساعت در حمام آب و در دمای ۱۰۰ درجه سانتیگراد قرار داده شد. پس از آن، برای پایان یافتن واکنش، لوله‌های آزمایش در یک بستر یخی قرار گرفت و ۴ میلی‌لیتر تولوئن به هر لوله اضافه گردید. غلظت پرولین نمونه‌ها در تولوئن با استفاده از اسپکتروفتومتر در طول موج ۵۲۰ نانومتر و در نهایت با توجه به منحنی استاندارد حاصل از غلظت‌های مختلف پرولین، بر حسب میلی‌گرم بر گرم وزن تر محاسبه شد (Bates *et al*., 1973).

اندازه‌گیری محتوای نسبی آب برگ: محتوای آب نسبی برگ با روش Ritchie و Nguyen (۱۹۹۰) اندازه‌گیری شد. بدین منظور، ابتدا وزن تر برگ‌ها اندازه‌گیری شد. پس از آن، به منظور تعیین وزن در حالت اشباع، به مدت ۲۰ ساعت در شدت نور کم و در دمای اتاق در داخل آب مقطر قرار داده شدند. در پایان، برای تعیین وزن خشک، برگ‌ها به مدت ۴۸ ساعت در آون و در دمای ۷۰ درجه سانتیگراد قرار داده شد. محتوای نسبی آب برگ‌ها از رابطه ۴ به دست آمد.

رابطه ۴: درصد محتوای نسبی آب برگ (RWC) = (وزن خشک-وزن تورژسانس/ وزن خشک-وزن تر) × ۱۰۰

اندازه‌گیری میزان آسکوربیک اسید: میزان آسکوربیک اسید در میوه‌های برداشت شده (آسکوربیک اسید) با روش تیتراسیون یدومتری اندازه‌گیری شد. میزان آسکوربیک اسید با روش تیتر کردن با محلول رنگی ید ۰/۰۱ نرمال تا تغییر رنگ محلول نمونه به رنگ آبی چرک تعیین شد. برای تهیه محلول نمونه ابتدا به ۱۰ میلی‌لیتر آب میوه، ۲ میلی‌لیتر نشاسته ۱ درصد به عنوان معرف و ۲۰ میلی‌لیتر آب مقطر اضافه شد. سپس حجم مصرفی محلول رنگی ید، یادداشت شده و در رابطه ۵ قرار گرفت و به صورت میلی‌گرم آسکوربیک اسید در ۱۰۰ میلی‌لیتر نمونه بیان شد (Mostufi and Najafi, 2005).

رابطه ۵: میلی‌گرم آسکوربیک اسید در ۱۰۰ میلی‌لیتر نمونه = حجم نمونه×۰/۸۸×حجم مصرفی محلول رنگی

یدیدور پتاسیم × ۱۰۰

ارزیابی عملکرد: به منظور ارزیابی عملکرد، تمام میوه‌ها پس از برداشت با ترازوی دیجیتال توزین و عملکرد محاسبه گردید و کارآیی مصرف آب، با تقسیم نمودن عملکرد میوه به آب مصرفی طی فصل رشد به دست آمد (Cabello *et al*., 2009). برای اندازه‌گیری کلروفیل و کاروتنوئید از روش Arnon (۱۹۴۹) استفاده شد. بدین ترتیب که ۰/۱ گرم برگ تازه با ترازوی دیجیتال توزین و در هاون چینی با ۱۰ میلی‌لیتر استون ۸۰ درصد ساییده شد. محلول حاصل، سانتریفیوژ و جذب نوری در طول موج‌های ۶۶۳، ۶۴۵ نانومتر برای کلروفیل کل و ۴۷۰ نانومتر برای کاروتنوئید توسط اسپکتروفتومتر (مدل UV/Vis 2100، ساخت یونیکو، آمریکا) اندازه‌گیری شد. در نهایت، مقدار کلروفیل و کاروتنوئید بر حسب میلی‌گرم در گرم بافت تازه برگ از طریق رابطه‌های ۶ و ۷ محاسبه شد.

تحلیل آماری: داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS نسخه ۹/۱ آنالیز و مقایسه میانگین‌ها از طریق آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح آماری $P \leq 0.05$ انجام شد. برای رسم نمودارها از نرم‌افزار Excel استفاده شد. در کلیه نمودارها بارهای عمودی نشان‌دهنده ± SE است.

رابطه ۶: میلی‌گرم کلروفیل کل/گرم بافت = ((20.2(A645) - 8.02(A663)) × V/W × 1000

رابطه ۷: میلی‌گرم کاروتنوئید/گرم بافت = 100(A645) – 3.27 (mg chl. a) – 104 (mg chl. b)/227

V: حجم محلول صاف شده، A: جذب نور در طول موج‌های ۶۶۳، ۶۴۵ و ۴۷۰ نانومتر، W: وزن تر نمونه بر حسب گرم

جدول ۱- مشخصات خاک محل آزمایش

شن	سیلت	رس	سنگریزه	کربنات کلسیم	ماده آلی	جرم مخصوص ظاهری (گرم بر سانتی‌متر مکعب)	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر)	اسیدیته	بافت خاک
(درصد)									
۵۶	۲۷	۱۷	۱۷/۸۵	۱۴/۰۹	۱/۱۱	۱/۴۵	۳/۱۳	۷/۴۵	لومی رسی شنی

نتایج

کلروفیل و کاروتنوئید: اثر تنش کم‌آبی روی کلروفیل کل و کاروتنوئید معنی‌دار بود، به طوری که باعث کاهش کلروفیل کل و کاروتنوئید به ترتیب از ۰/۵۸ و ۰/۳۸ میلی‌گرم در گرم بافت تازه برگ در آبیاری ۱۰۰ درصد به ۰/۴۲ و ۰/۲۹ میلی‌گرم در گرم بافت تازه برگ در آبیاری ۳۳ درصد گردید (جدول ۴). توده تیل‌سبز با ۰/۵۴ و ۰/۳۵ میلی‌گرم در گرم بافت تازه برگ به ترتیب کلروفیل کل و کاروتنوئید بیشتری داشت (جدول ۳).

پرولین: پرولین در اثر تنش کم‌آبی افزایش یافت. کمترین مقدار پرولین (۲/۳۸ میلی‌گرم در گرم وزن تر) در تیمار آبیاری اول (۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه) و بیشترین مقدار پرولین (۳/۵۳ میلی‌گرم در گرم وزن تر) در تیمار آبیاری سوم (۳۳ درصد) مشاهده شد (جدول ۲). در بین توده‌ها، تفاوت معنی‌داری از لحاظ پرولین وجود داشت، به طوری که بیشترین مقدار پرولین در توده تیل‌سبز (۳/۱۷ میلی‌گرم در گرم وزن

تر) مشاهده شد (جدول ۳). اثر متقابل بین توده و آبیاری بر پرولین نشان داد که توده تیل‌سبز در آبیاری ۳۳ درصد با ۳/۷۷ میلی‌گرم در گرم وزن تر بیشترین و توده تیل‌زرد در آبیاری ۱۰۰ درصد با ۲/۱۸ میلی‌گرم در گرم وزن تر کمترین مقدار را دارا بودند (شکل ۱).

محتوای نسبی آب برگ: تنش کم‌آبی باعث کاهش محتوای نسبی آب برگ از ۸۲/۴۳ در آبیاری ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه به ۷۵/۷۷ در آبیاری ۳۳ درصد نیاز آبی گیاه گردید (جدول ۲). نتایج نشان داد که محتوای نسبی آب برگ در بین توده‌ها نیز تفاوت معنی‌داری داشت. توده تیل‌سبز با ۸۱/۰۸ درصد، محتوای نسبی آب برگ بیشتری داشت (جدول ۳). اثر متقابل آبیاری و توده نیز بر محتوای نسبی آب برگ معنی‌دار بود و توده تیل‌سبز با ۸۳/۸ درصد در آبیاری ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه و توده تیل‌زرد در آبیاری ۳۳ درصد نیاز آبی گیاه با ۷۲/۷۷ درصد به ترتیب بیشترین و کمترین مقدار را داشتند (شکل ۳).

آسکوربیک اسید: آسکوربیک اسید در بین توده‌ها و تحت تنش کم‌آبی تفاوت معنی‌داری نشان نداد (جدول ۲). با این حال، تحت شرایط کم‌آبی تا حدودی کاهش یافت.

آنزیم کاتالاز و پراکسیداز: نتایج نشان داد که توده‌ها از لحاظ فعالیت آنزیم پراکسیداز و کاتالاز با یکدیگر تفاوت معنی‌داری داشتند، به طوری که توده تیل‌زرد با ۷/۲ میکرومول پراکسید هیدورژن در گرم وزن تر در دقیقه و ۰/۸۴ واحد در گرم وزن تر در دقیقه به ترتیب فعالیت آنزیم کاتالاز و پراکسیداز بیشتری داشت (جدول ۳). کاهش آبیاری بر هر دو آنزیم کاتالاز و پراکسیداز اثر معنی‌دار داشت. به طوری که کاهش آبیاری از ۱۰۰ درصد به ۳۳ درصد نیاز آبی گیاه باعث افزایش میزان فعالیت آنزیم کاتالاز از ۵/۹ به ۷/۲ میکرومول پراکسید هیدروژن در گرم وزن تر در دقیقه و آنزیم پراکسیداز از ۰/۴۹ به ۰/۸۵ واحد در گرم وزن تر در دقیقه گردید (جدول ۲).

عملکرد: نتایج نشان داد که در شرایط تنش کم‌آبی عملکرد از (۳۴۷۳۲کیلوگرم در هکتار) در آبیاری ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه به (۱۳۳۵۷ کیلوگرم در هکتار) در آبیاری ۳۳ درصد نیاز آبی کاهش یافت (جدول ۲). در بین توده‌ها، توده تیل‌زرد با (۳۳۸۵۲ کیلوگرم در هکتار) نسبت به توده تیل‌سبز با (۱۵۹۲۶ کیلوگرم در هکتار) عملکرد بیشتری داشت (جدول ۳). اثر متقابل توده و سطوح مختلف آبیاری برای عملکرد معنی‌دار بوده و نشان داد که بیشترین عملکرد به ترتیب با (۴۶۱۷۱ کیلوگرم در هکتار) در توده تیل‌زرد در آبیاری ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه و کمترین آنها برای تیل‌سبز با (۸۱۰۷کیلوگرم در هکتار) در آبیاری ۳۳ درصد نیاز آبی گیاه به دست آمد (شکل ۲).

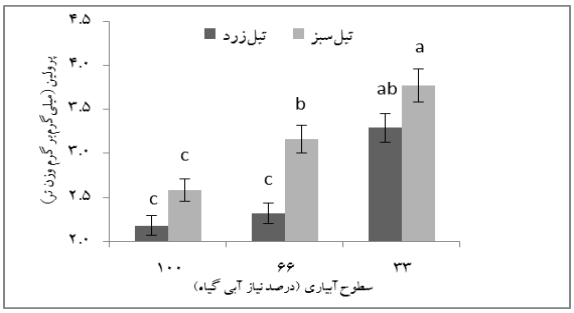
کارآیی مصرف آب: تأثیر تنش کم‌آبی بر کارآیی مصرف آب معنی‌دار بود. به طوری که با کاهش آبیاری از ۱۰۰ به ۳۳ درصد نیاز آبی گیاه، کارآیی مصرف آب از (۱۳ به ۱۵/۱۵ کیلوگرم بر متر مکعب) افزایش یافت (جدول ۲). تفاوت کارآیی مصرف آب در بین توده‌ها نیز معنی‌دار بود وتوده تیل‌زرد با (۱۹/۷ کیلوگرم بر متر مکعب) در مقایسه با توده تیل‌سبز با (۹/۱۳ کیلوگرم بر متر مکعب) کارآیی مصرف آب بیشتری داشت (جدول ۳).

جدول ۲- مقایسه میانگین صفات کلروفیل، کاروتنوئید و پرولین، محتوای نسبی آب برگ، آسکوربیک اسید، فعالیت آنزیم کاتالاز و پراکسیداز، عملکرد و کارآیی مصرف آب در اندام هوایی گیاه طالبی در سطوح مختلف آبیاری (۱۰۰، ۶۶ و ۳۳ درصد نیاز آبی گیاه). مقادیر میانگین سه تکرار است. حروف یکسان بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار در سطح P≤0.05 است.

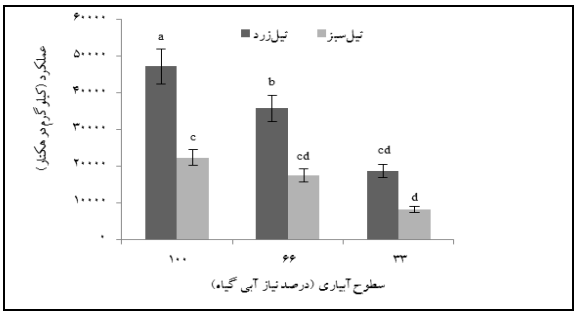
آبیاری (درصد)	کلروفیل (میلی‌گرم بر گرم وزن تر)	کاروتنوئید (میلی‌گرم بر گرم وزن تر)	پرولین (میلی‌گرم بر گرم وزن تر)	محتوای نسبی آب برگ (درصد)	آسکوربیک اسید (میلی‌گرم بر ۱۰۰ میلی‌لیتر آب میوه)	کاتالاز (میکرومول پراکسید هیدروژن در گرم وزن تر در دقیقه)	پراکسیداز (واحد در گرم وزن تر در دقیقه)	عملکرد (کیلوگرم در هکتار)	کارآیی مصرف آب (کیلوگرم در متر مکعب آب)
۱۰۰	۰/۵۸^{a}	۰/۳۸^{a}	۲/۳^{c}	۸۲/۴۳^{a}	۱/۱۵^{a}	۵/۹^{c}	۰/۴۹^{c}	۳۴۷۳۲^{a}	۱۳^{b}
۶۶	۰/۴۷^{b}	۰/۳۳^{b}	۲/۷۴^{b}	۷۸/۷^{b}	۱/۰۹^{a}	۶/۶۱^{b}	۰/۶۱^{b}	۲۶۵۷۹^{b}	۱۵/۰۷^{a}
۳۳	۰/۴۲^{b}	۰/۲۹^{c}	۳/۵۳^{a}	۷۵/۷۷^{c}	۱/۰۸^{a}	۷/۲^{a}	۰/۸۵^{a}	۱۳۳۵۷^{c}	۱۵/۱۵^{a}

جدول ۳- مقایسه میانگین صفات کلروفیل، کاروتنوئید و پرولین، محتوای نسبی آب برگ (درصد)، آسکوربیک اسید، فعالیت آنزیم کاتالاز و پراکسیداز، عملکرد و کارآیی مصرف آب در اندام هوایی دو توده طالبی ایران. مقادیر میانگین سه تکرار است. حروف یکسان بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار در سطح P≤0.05 است.

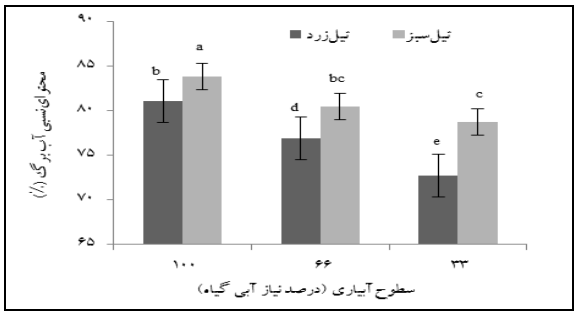
توده طالبی	کلروفیل (میلی‌گرم بر گرم وزن تر)	کاروتنوئید (میلی‌گرم بر گرم وزن تر)	پرولین (میلی‌گرم بر گرم وزن تر)	محتوای نسبی آب برگ (درصد)	آسکوربیک اسید (میلی‌گرم بر ۱۰۰ میلی‌لیتر آب میوه)	کاتالاز (میکرومول پراکسید هیدروژن در گرم وزن تر در دقیقه)	پراکسیداز (واحد در گرم وزن تر در دقیقه)	عملکرد (کیلوگرم در هکتار)	کارآیی مصرف آب (کیلوگرم در متر مکعب آب)
تیل‌زرد	۰/۴۴^{b}	۰/۳۱^{b}	۲/۵۹^{b}	۷۶/۹^{b}	۱/۱۷^{a}	۷/۲^{a}	۰/۸۴^{a}	۳۳۸۵۲^{a}	۱۹/۷^{a}
تیل‌سبز	۰/۵۴^{a}	۰/۳۵^{a}	۳/۱۷^{a}	۸۱^{a}	۱/۰۵^{a}	۵/۹۳^{b}	۰/۴۵^{b}	۱۵۹۲۶^{b}	۹/۱۳^{b}



شکل ۱- تأثیر سطوح مختلف آبیاری بر محتوای پرولین دو توده طالبی ایران. حروف یکسان بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار در سطح P≤0.05 است.



شکل ۲- تأثیر سطوح مختلف آبیاری بر عملکرد میوه دو توده طالبی ایران. حروف یکسان بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار در سطح P≤0.05 است.



شکل ۳- تأثیر سطوح مختلف آبیاری بر محتوای نسبی آب برگ دو توده طالبی ایران. حروف یکسان بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار در سطح P≤0.05 است.

بحث

در تنش خشکی، افزایش فعالیت آنزیم‌های کلروفیلاز و پراکسیداز از عوامل مؤثر در کاهش مقدار کلروفیل گیاه است. همچنین، کاهش سبزینه برگی در شرایط تنش طولانی مدت ممکن است تا حدودی به خاطر کاهش جریان نیتروژن به بافت‌ها و تغییر در فعالیت آنزیم‌هایی مانند نیترات ردوکتاز باشد. چون نیتروژن بخشی از مولکول کلروفیل است، ممکن است کمبود آن در گیاهان، تشکیل کلروفیل را با کندی مواجه سازد (Rabiei, 2003). کاهش میزان کلروفیل از عوامل عمده کاهش‌دهنده فتوسنتز در تنش خشکی شدید گزارش شده است (Behero *et al*., 2002). در شرایط کمبود آب، غلظت آمینو اسید پرولین افزایش می‌یابد. از آنجا که کلروفیل و پرولین هر دو از پیش‌ماده مشترکی به نام گلوتامات سنتز می‌شوند، می‌توان گفت که افزایش سنتز پرولین در شرایط تنش خشکی به کاهش سنتز کلروفیل منجر می‌گردد (Aspinall and Paleg, 1981). محققان گزارش کردند که کاهش کارآیی استفاده از کربن و افزایش تولید اتانول و لاکتات تحت تنش کم‌آبی سبب کاهش سنتز کاروتنوئیدها و کلروفیل‌ها می‌شود (Oliviera-Neto *et al*., 2009). Setayeshmehr و Ganjali (۲۰۱۳) با بررسی اثر تنش کم‌آبی بر گیاه شوید، کاهش کلروفیل و کاروتنوئید را گزارش کردند.

افزایش آمینو اسیدهایی چون پرولین تحت تنش کم‌آبی، باعث تنظیم فشار اسمزی، کاهش هدررفت آب از سلول، حفظ آماس سلولی و حفاظت سیستم‌های غشایی می‌شود (Morgan, 1984). پرولین محلول می‌تواند حلالیت پروتئین‌های مختلف را تحت تأثیر قرار دهد و مانع از غیر طبیعی شدن آلبومین شود. این ویژگی پرولین بدان جهت است که رابطه متقابل بین پرولین و سطح پروتئین‌های آب‌گریز برقرار می‌شود و به علت افزایش سطح کل مولکول‌های پروتئین آب‌دوست، پایداری آنها افزایش می‌یابد و از تغییر ماهیت آنها جلوگیری می‌کند. آنزیم‌ها نیز به دلیل ساختمان پروتئینی خود تحت تأثیر این ویژگی پرولین قرار گرفته و محافظت می‌شوند که احتمالاً گیاهان به دلایل فوق پرولین خود را افزایش می‌دهند (Kuznetsov and Shevykova, 1999). Zeinali و همکاران (۲۰۱۲) با بررسی سه سطح آبیاری (۵۰-، ۶۵- و ۷۵- سانتی‌بار) روی سه ژنوتیپ دستنبوی و طالبی ایران افزایش پرولین را با افزایش شدت تنش آبی، گزارش کردند.

به نظر می‌رسد گیاهانی که تحت تنش خشکی قرار می‌گیرند، فضای بین سلولی و میزان آب در پیکره خود را از طریق افزایش مواد اسمزی در درون بافت‌ها به حداقل می‌رسانند تا آب از بافت خاک با نیروی بیشتری وارد آنها شود که این امر موجب کاهش میزان آب نسبی در شرایط تنش خشکی می‌گردد (Nayyar and Gupta, 2006). کاهش رشد و فعالیت ریشه و افزایش میزان تبخیر و تعرق از جامعه گیاهی، از عوامل مؤثر در کاهش محتوای نسبی آب شناخته شده‌اند (Nautiyal *et al*., 2002). در تحقیقی، Munne-Bosch و Alegre (۲۰۰۴) با مطالعه اثر تنش خشکی بر رزماری و بادرنجبویه نتیجه گرفتند که تنش خشکی، محتوای نسبی آب برگ را در رزماری ۴۰ درصد و در بادرنجبویه ۳۰ درصد کاهش داد.

پژوهش‌ها نشان داده است که آسکوربیک اسید

نقش کلیدی در چندین فرآیند فیزیولوژیک گیاه از جمله رشد و نمو و همچنین متابولیسم دارد. چون آسکوربیک اسید از اسیدهای آلی است، به دلیل دمای زیاد ایجاد شده ناشی از تنش کم‌آبی، تنفس افزایش می‌یابد، بنابراین اسیدها به عنوان سوبسترا در پدیده تنفسی شرکت می‌کنند، این امر باعث کاهش اسیدیته و در نتیجه باعث کاهش آسکوربیک اسید در اثر تنش کم‌آبی می‌گردد (Munger and Robinson, 1991). محققان با مطالعه دو سطح آبیاری (۱۰۰ و ۵۰ درصد تبخیر و تعرق محصول) در دو سال روی گیاه خربزه دریافتند که با اعمال تنش مقدار آسکوربیک اسید کاهش یافت (Sat Pal Sharma *et al*., 2014).

تنش کم‌آبی موجب افزایش گونه‌های فعال اکسیژن (ROS) می‌شود. گونه‌های فعال اکسیژن باعث اکسیداسیون لیپیدها، پروتئین‌ها، دئوکسی ریبونوکلئیک اسیدها و کربوهیدرات‌ها می‌شو. در نهایت، سطوح سمّی ROS باعث ایجاد یک سری واکنش زنجیره‌ای از اکسیداسیون در سلول می‌شود و در فرآیندهای فیزیولوژیک طبیعی نظیر گلیکولیز و فتوسنتز اختلال ایجاد می‌کند که در نتیجه آن، حالت‌های ناسالم و کُشنده به وجود می‌آید (Mittler *et al*., 2004). سیستم‌های آنتی‌اکسیدانی گیاه اعم از آنزیمی و غیرآنزیمی نقش مهمی در تعادل و جلوگیری از آسیب اکسیداتیو ایفا می‌کنند (Baysal Furtana and Tıpırdamaz, 2010). در شرایط تنش کم‌آبی با بسته شدن روزنه‌ها، ظرفیت انتقال الکترون فتوسنتزی کاهش می‌یابد که این عامل موجب تجمع الکترون‌ها و افزایش گونه‌های فعال اکسیژن می‌گردد. تولید گونه‌های فعال اکسیژن در سلول‌های گیاهی طی تنش باعث پراکسیداسیون لیپیدها، دناتوره شدن پروتئین‌ها و اکسیداسیون DNA می‌شود و گیاه برای مقابله با این تغییرات، فعالیت آنزیم‌های کاتالاز و پراکسیداز را برای خنثی‌سازی فعالیت این رادیکال‌های آزاد افزایش می‌دهد (Dat *et al*., 2000). افزایش آنزیم‌های پراکسیداز و کاتالاز در شرایط تنش کم‌آبی در سایر گیاهان نیز گزارش شده است (Mafakheri *et al*., 2011).

کاهش عملکرد به علت کاهش اندازه و وزن میوه و تعداد میوه در بوته رخ می‌دهد. همچنین، کاهش عملکرد در نتیجه کم‌آبی ممکن است به علت نبودن رطوبت کافی خاک در منطقه ریشه باشد که در نتیجه آن، فرآیندهای فیزیولوژیک مختلف از جمله: جذب مواد غذایی، رشد گیاه، فتوسنتز و تجمع ماده خشک گیاهی کاهش می‌یابد و این، منعکس‌کننده عملکرد کمتر در اثر تنش کم‌آبی است. همچنین، کاهش سطوح اکسین و جیبرلین در اثر تنش کم‌آبی، تقسیم سلولی و طویل شدن سلول را متوقف کرده، در نتیجه رشد رویشی به منظور عملکرد و کیفیت میوه کاهش می‌یابد (Simsek and Comlekcioglu, 2011). تنش خشکی با کاهش محتوای آب برگ‌ها در فرآیندهای فیزیولوژیک متعدد تأثیر می‌گذارد (Sarker *et al*., 2004). نتایج مشابه در گیاهان دیگر توسط سایر پژوهشگران نیز گزارش شده است (Keshavarzpour and Rashidi, 2011؛ Zeinali *et al*., 2012).

یکی از مهم‌ترین عوامل مؤثر در برنامه‌ریزی آبیاری، کارآیی مصرف آب (WUE) یا مقدار ماده خشک تولیدی به ازای واحد آب مصرفی است که از عوامل تعیین‌کننده آن، عملکرد اقتصادی، عملکرد زیستی و میزان آب مصرفی را می‌توان نام برد. در

شرایط نزدیک به تنش کمبود آب، گیاه در مقایسه با شرایط آبی، نسبت به میزان آب مصرف شده محصول بیشتری تولید می‌کند (Shabiri *et al.*, 2006). Cabello و همکاران (۲۰۰۹) با بررسی اثر تنش کم‌آبی بر کارآیی مصرف آب در خربزه در دو سال (۲۰۰۵ و ۲۰۰۶) دریافتند که با افزایش شدت تنش کارآیی مصرف آب افزایش یافت.

نتیجه‌گیری

نتایج به دست آمده در پژوهش حاضر نشان داد که کاهش آب مصرفی باعث بروز تنش در گیاهان شد. به طوری که شاخص‌های فیزیولوژیک گیاه تحت تأثیر قرار گرفت و تنش کم‌آبی موجب افزایش محتوای پرولین، فعالیت آنتی‌اکسیدانی و باعث کاهش محتوای نسبی آب برگ، کلروفیل و عملکرد گردید. دو توده طالبی از نظر عملکرد، تفاوت معنی‌داری با هم داشتند، به طوری که عملکرد میوه در توده تیل‌زرد در شرایط آبیاری معمولی در حدود دو برابر توده تیل‌سبز بود و در شرایط آبیاری ۳۳ درصد نیاز آبی گیاه توده تیل‌زرد و تیل‌سبز به ترتیب ۵۹/۷ و ۶۳/۶ درصد کاهش عملکرد داشتند که نشان می‌دهد هر دو توده حساس به تنش کم‌آبی هستند. توده تیل‌زرد با توجه به عملکرد بالا و نسبتاً متحمل به تنش کم‌آبی نسبت به توده تیل‌سبز برتری دارد و برای کشت توصیه می‌شود.

سپاسگزاری

نگارندگان از کارشناسان مزرعه و آزمایشگاه فیزیولوژی پس از برداشت گروه علوم باغبانی دانشگاه زنجان بابت همکاری صمیمانه در انجام این تحقیق سپاسگزاری می‌نمایند.

منابع

Abdalla, M. M. and El-Khoshiban, N. H. (2007) The influence of water stress on growth, relative water content, photosynthetic pigments, some metabolic and hormonal contents of two *Triticium aestivum* cultivars. Journal of Applied Sciences Research 3(12): 2062-2074.

Abkhezr, H. R. and Ghahreman, B. (2003) The analysis correlations of winter wheat to water stress in different growth stages. Journal of Agricultural researches 1: 3-12.

Arnon, D. T. (1949) Copper enzymes in isolated chloroplast phenoloxidase in *Beta vulgaris*. Plant Physiology 24: 1-15.

Aspinall, D. and Paleg, L. G. (1981) Proline accumulation, Physiological aspects. In: Physiology and biochemistry of drought resistance in plants (Eds. Leslie, G. P. and Donald, A.) 205-240. Academic Press, University of California, Berkley.

Baby, J. and Jini, D. (2011) Development of salt stress tolerance plants by gene manipulation of antioxidant enzymes. Asian Journal of Agricultural Research 5: 17-27.

Badiei, A. and Kashi, A. K. (2012) Effects of black and transparent polyethylene mulches and irrigation interval on growth and yield of melon. Journal of Horticultural Science and Technology 13(3): 339-348 (in Persian).

Baghani, C., Dhqanysanych, C. and Sadr Ghaini, S. H. (2010) Effect of plastic mulch and different irrigation levels on yield and quality of melon in surface and subsurface drip irrigation. Journal of Irrigation and Drainage 2(4): 175-181.

Bates, L., Waldren, R. P. and Teare, I. D. (1973) Rapid determination of free proline for water stress studies. Plant and Soil 39: 205-207.

Baysal Furtana, G. and Tıpırdamaz, R. (2010) Physiological and antioxidant response of three cultivars of cucumber (*Cucumis sativus* L.) to salinity. Turkish Journal of Biology 34: 287-296.

Behero, R. K., Mishra, P. C. and Choadhury, N. K. (2002) High irradiance and water stress induce alteration in pigment composition and chloroplast activities of primary wheat leave. Journal of Plant Physiology 159: 967-973.

Cabello, M. J., Castellanos, M. T., Romojaro, F., Martinez-Madrid, C. and Ribas, F. (2009) Yield and quality of melon grown under different irrigation and nitrogen rates. Agricultural Water Management 96: 866-874.

Cakmak, I. and Horst, W. (1991) Effect of aluminium on lipid peroxidation, superoxide dismutase, catalase and peroxidase activities in root tip of soybean (*Glysine max* L.). Plant Physiology 83: 463-468.

Dat, J., Vandenabeele, S., Vranova, E., Van Montagu, M., Inze, D. and Van Breusegem, F. (2000) Dual action of active oxygen species during plant stress responses. Cellular Molecular of Life Science 57: 779-795.

Fabeiro, C., Martı, N. F. and Juan, J. A. (2002) Production of muskmelon (*Cucumis melo* L.) under controlled deficit irrigation in a semi-arid climate. Agricultural Water Management 54: 93-105.

Ghanati, F., Morita. A. and Yokota, H. (2002) Induction of suberin and increase of lignin content by excess boron in tobacco cells. Soil Science and Plant Nutrition 48: 357-364.

Gill, S. S. and Tuteja, N. (2010) Reactive oxygen species and antioxidant machinery in abiotic stress tolerance in crop plants. Plant Physiology and Biochemistry 48: 909-930.

Heuer, B. (1999) Osmoregulatory role of proline in plants exposed to environmental stresses. In: Handbook of plant and crop stress (Ed. Pessarakli, M.) 2: 675-695. CRC Press, Israel.

Heydari-Shrifabad, H. (2000) Plants, drought and droughty. Research Institute of Forests and Rangelands, Tehran (in Persian).

Kerje, T. and Grum, M. (2000) The origin of melon, *Cucumis melo*: a review of the literature. Eucarpia Meeting on Cucurbit Genetics and Breeding 510: 37-44.

Keshavarzpour, F. and Rashidi, M (2011) Response of crop yield and yield components of cantaloupe to drought stress. World Applied Sciences Journal 15(3): 382-385.

Kusvuran, S. (2010) Relationships between physiological mechanisms of tolerances to drought and salinity in melons. PhD thesis, University of Çukurova, Adana, Turkey.

Kuznetsov, V. I. and Shevykova, N. I. (1999) Proline under stress: biological role, metabolism and regulation. Russian Journal of Plant Physiology 46: 274-287.

Mafakheri, A., Siosemardeh, A., Bahramnejad, B., Struik, P. C. and Sohrabi, Y. (2011) Effect of drought stress and subsequent recovery on protein, carbohydrate contents, catalase and peroxidase activities in three chickpea (*Cicer arietinum*) cultivars. Australian Journal of Crop Science 5(10): 1255-1260.

Mahmoodnia-Mimand, M., Farsi, M., Mareshi, H. and Ebadi, P. (2012) Evaluation of physiological responses in fore species tomato to drought stress. Journal of Horticultural Science 26(4): 409-416 (in Persian).

Mansorifar, S., Shaban, M., Ghobadi, M. and Sabaghpoor, S. H. (2012) Physiological characteristics

chickpea varieties under drought stress and nitrogen fertilizer. Bean's Research 3(1): 53-66 (in Persian).

Mittler, R., Vanderauwera, S., Gollery, M. and Breusegem, F. V. (2004) Reactive oxygen gene network of plants. Trends in Plant Science 9: 490-498.

Morgan, J. (1984) Osmoregulation and water stress in higher plants. Annual Review of Plant physiology 35: 299-319.

Mostufi, I. and Najafi, F. (2005) Laboratory analytical methods in horticulture. Tehran University Press, Tehran (in Persian).

Munger, H. M. and Robinson, R. W. (1991) Cucurbit genetics cooperative. In: Nomenclature of *Cucumis melo* L.. Report 14: 43-44.

Munne-Bosch, S. and Alegre, L. (2004) Die and let live: leaf senescence contributes to plant survival under drought stress. Funetional Plant Biology 31: 203-216.

Nautiyal, P. C., Rachaputi, N. R. and Joshi, Y. C. (2002) Moisture-deficit-induced changes in leaf-water content, leaf carbon exchange rate and biomass production in groundnut cultivars differing in specific leaf area. Field Crops Research 74: 67-79.

Nayyar, H. and Gupta, D. (2006) Differential sensitivity of C_3 and C_4 plants to water deficit stress: association with oxidative stress and antioxidants. Environmental and Experimental Botany 58: 106-113.

Oliviera-Neto, C. F., Silva-Lobato, A. K., Goncalves-Vidigal, M. C., Costa, R. C. L., Santos.Filho, B. G., Alves G. A. R., Silva-Maia, W. J. M., Cruz, F. J. R., Neres H. K. B. and Santos Lopes, M. J. (2009) Carbon compounds and chlorophyll contents in sorghum submitted to water deficit during three growth stages. Science and Technology 7: 588-593.

Omidi, H. (2010) Changes of proline content and activity of anti oxidative enzymes in two canola genotype under drought stress. American Journal of Plant Physiology 5(6): 338-349.

Rabiei, V. (2003) Evaluation of response psychological and morphological of grape varieties to drought stress. MSc thesis, University of Tehran, Tehran, Iran (in Persian).

Ritchie, S. W. and Nguyen, H. T. (1990) Leaf water content and gas exchange parameters of two wheat genotypes differing in drought resistance. Crop Science 30: 105-111.

Sanitata, L. and Gabbriella, R. (1999) Response to Cd in higher plants-Review. Environment and Experimental Botany 45: 105-130.

Sarker, B. C., Hara, M. and Uemura, M. (2004) Proline synthesis, physiological responses and biomass yield of eggplants during and after repetitive soil moisture stress. Scientia Horticulturae 103: 387-402.

Sat Pal Sharma, I., Daniel, D., Leskovara Kevin, A. M., Crosbyb, A. M. H. and Astrid Volderb, I. (2014) Root growth, yield and fruit quality responses of reticulatus and inodorus melons (*Cucumis melo* L.) to deficit subsurface drip irrigation. Agricultural Water Management 136: 75-85.

Sebastian, P., Schaefer, H., Telford, I. R. H. and Renner, S. S. (2010) Cucumber (*Cucumis sativus*) and melon (*C. melo*) have numerous wild relatives in Asia and Australia and the sister species of melon is from Australia. Proceeding of the National Academy of Science 107: 14269-14273.

Setayeshmehr, Z. and Ganjali, A. (2013) Effects of drought stress on growth and physiological characteristics of Anet (dill) (*Anethum graveolens*). Journal of Horticultural Science 27(1): 27-35 (in Persian).

Shabiri, S., Ghasemi-Ghalezani, K., Gholchin, A. and Saba, J. (2006) The effect of irrigation water on the phenology and yield of three genotypes chickpea (*Cicer arietinum* L.). Journal of Agricultural Sciences 16(2): 137-147 (in Persian).

Silva, M. A., Jifon, J. L., Silva, J. A. G. and Sharma, V. (2007) Use of physiological parameters as fast tools to screen for drought tolerance in sugarcane. Brazilian Journal of Plant Physiology 19: 193-201.

Simsek, M. and Comlekcioglu, N. (2011) Effects of different irrigation regimes and nitrogen levels on yield and quality of melon (*Cucumis melo* L.). African Journal of Biological 10(49): 10009-10018.

Monteith, J. L. (1965) Symposium of the society for experimental biology, the state and movement of water in living organisms. In: Evaporation and environment (Ed. Fogg, G. E.) 205-234. Academic Press, New York.

Penman, H. L. (1948) Natural evaporation from open water, bare soil and grass. Proceedings of the Royal Society of London. Series A, Mathematical and Physical Sciences 193(1032): 120-145.

Yu, X., Du, X. and Song, L. (2007) Effects of water stress on the growth and ecophysiology of seedlings of the *Rhus typhina*. Scientia Silvge Sinicae 43: 57-61.

Zeinali, N., Delshad, M., Kashi, A. K. and Haghbin, K. A. (2012) Effects of water stress on yield and quality characteristics of three genotypes dudaim and cantaloupe Iran. Journal of Horticultural Science 43(4): 403-410 (in Persian).

Effect of water deficit stress on yield, physiological and biochemical parameters of two Iranian cantaloupe accessions

Hadi Lotfi, Taher Barzegar * and Vali Rabiei
Department of Horticultural, Faculty of Agriculture, University of Zanjan, Zanjan, Iran

Abstract
Water deficit stress is one of the most important environmental factors limitting plant growth and crop production. In order to evaluate the tolerance of two Iranian melons to water deficit stress, an experiment in research filed of University of Zanjan was conducted. Treatments consisted of three Irrigation levels, starting irrigation at (100, 66 and 33 % Crop Evapotranspiration) and two accessions of Iranian cantaloupes (Tile-Zard and Tile-Sabz). In this experiment, total chlorophyll content, carotenoids, proline content, leaf relative water content (RWC), ascorbic acid, peroxidase and catalase activity, yield and water use efficiency (WUE) were evaluated. The results indicated that water deficit stress significantly increased proline content, peroxidase and catalase activity and WUE, but decreased RWC, yield and total chlorophyll content. The highest increase in proline content (34.8 %), catalase (18 %) and proxidase (42.3 %) activity and reduction in yield (61.6 %) and RWC (8 %) was obtained in 33 % ETc Irrigation. There has been significant difference between accesesions in relation to RWC, proline, total chlorophyll and peroxidase and catalase activity. The highest value of yield and WUE was observed in 'Tile-Zard'. According to the interaction results, both accessions, 'Tile-Sabz' and 'Tile-Zard' with 63.6 % and 59.7 % Reduction in fruit yield under deficit water stress, are.
Key words: Antioxidant, Proline, Ascorbic acid, Water use efficiency, Yield

* tbarzegar@znu.ac.ir

Copyright©2016, University of Isfahan. This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (http://creativecommons.org/licenses/BY-NC-ND/4.0), which permits others to download this work and share it with others as long as they credit it, but they cannot change it in any way or use it commercially.