ارزیابی برخی شاخص‌های فیزیولوژیکی گیاه گوجه‌فرنگی تحت تأثیر دور آبیاری و سطوح مختلف پلی‌مر سوپرجاذب A_{200}

مهدی صیدی*، هیثم صفری‌نیا، فردین قنبری و محمد سیاری[۱]

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۳/۳۰ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۲/۱۱)

چکیده

تنش کم آبی به‌عنوان مهم‌ترین تنش غیرزیستی نقش مهمی در کاهش عملکرد گیاهان در جهان دارد. هدف از این مطالعه ارزیابی اثرات دور آبیاری (آبیاری بعد از ۵، ۷، ۹ و ۱۱ روز) و پلی‌مر سوپرجاذب A_{200} (صفر، ۰/۲، ۰/۳، ۰/۴ و ۰/۵ درصد وزنی) بر برخی از واکنش‌های فیزیولوژیک گیاه گوجه‌فرنگی (*Solanum lycopersicum*) در شرایط گلخانه بود. این آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار در سال ۱۳۸۹ در گلخانه دانشکده کشاورزی دانشگاه ایلام انجام گرفت. نتایج حاصل از تجزیه آماری داده‌ها نشان داد دور آبیاری و کاربرد سوپرجاذب اثر معنی‌داری بر عملکرد کل و پارامترهای فیزیولوژیکی گیاه شامل محتوای نسبی آب برگ (RWC)، بازده مصرف آب (WUE)، کل مواد جامد محلول (TSS)، میزان پرولین، کلروفیل و محتوای مالون دی آلدهید (MDA) دارد. در شرایط خشکی عملکرد کل، RWC، WUE و کلروفیل a کاهش یافت. اما این شرایط سبب افزایش MDA، پرولین و TSS میوه شد. کاربرد پلی‌مر سوپرجاذب به‌طور معنی‌داری سبب افزایش عملکرد کل، RWC، WUE و کلروفیل a و کاهش MDA، پرولین و TSS میوه شد. نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که پلی‌مرهای سوپرجاذب می‌توانند مقادیر زیادی آب ذخیره و جذب کنند و از این طریق سبب کاهش آثار سوء کم آبی بر گیاهان شوند.

واژه‌های کلیدی: بازده مصرف آب، پرولین، کل مواد جامد محلول، کلروفیل، مالون دی آلدهید، محتوای نسبی آب

۱. گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام

* : مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: msaidi@mail.ilam.ac.ir

مقدمه

تنش معمولاً به‌عنوان یک عامل خارجی که اثرات سوء بر گیاه به جا می‌گذارد تعریف می‌شود (۱۷). گیاهان در طول دوره رشد خود در معرض تنش‌های گوناگونی قرار دارند و در این میان کمبود آب بزرگ‌ترین چالش در تولید محصولات کشاورزی به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه خشک دنیا از جمله ایران می‌باشد (۲۹). به‌علت کمبود منابع آب و نیاز به صرفه‌جویی در مصرف آب به‌خصوص در بخش کشاورزی لازم است علاوه بر بالا بردن عملکرد محصولات، افزایش بازده مصرف آب را نیز در اولویت قرار دهیم.

گیاهان در هنگام مواجه با شرایط خشکی مکانیسم‌های فیزیولوژیک مختلفی را به خدمت می‌گیرند. یکی از مکانیسم‌های کارآمد که گیاه در شرایط کمبود آب از آن بهره می‌برد، تنظیم اسمزی است. تنظیم اسمزی یک پدیده فیزیولوژیکی است که در طی آن پتانسیل اسمزی بافت‌های تحت تنش، در اثر انباشت مواد اسمزی از جمله عناصر غذایی (مانند پتاسیم، سدیم و کلیسم) و برخی متابولیت‌ها مانند قندها، اسیدهای آمینه (خصوصاً پرولین) و اسیدهای آلی کاهش می‌یابد و بنابراین فشار ترگر سلول‌ها در حد مطلوب نگهداری می‌شود. (۱۶). این متابولیت‌ها چون هیچ‌گونه تعارضی با واکنش‌های عادی بیوشیمیایی گیاه ندارند به متابولیت‌های سازگاری(Compatible solutes) نیز مرسومند (۷). از طرف دیگر کمبود آب مانند سایر شریط نامساعد محیطی، تنش اکیسداتیو ایجاد می‌کند و از طریق بسته شدن روزنه‌ها و در نتیجه کمبود CO_2، باعث مهار فتوسنتز شده و منجر به تشکیل انواع اکسیژن فعال((Reactive Oxygen Species (ROS) در کلروپلاست می‌شود که باعث آسیب به غشا در اثر پراکسیداسیون لیپیدی می‌گردد (۲۵). گزینش گیاهان در شرایط بدون تنش، تأثیری بر پاسخ به خشکی ندارد. بنابراین هدف اصلی در علوم گیاهی جهت سازگاری گیاهان با شرایط محیطی، درک مکانیسم‌های فیزیولوژیک مقاومت به تنش‌هاست (۵).

گوجه‌فرنگی یکی از محصولاتی است که در بین سبزیجات، بیشترین مصرف را به خود اختصاص داده و در طی قرن گذشته با تولید سالانه حدود ۵۰ میلیون تن یکی از محبوب‌ترین سبزی‌ها محسوب می‌شود. به تازگی با توجه به صدور فرآورده‌های آن به سایر کشورها، رونق بازار جهانی تولیدات حاصل از این سبزی و امکانات وسیع تولید و فرآوری آن در ایران، اهمیت زیادی یافته و با توجه به ارز آوری مناسب، مورد توجه مسئولین، صاحبان صنایع و کشاورزان قرار گرفته است. در سال‌های اخیر سطح زیر کشت این محصول به شدت افزایش یافته است. به‌طوری‌که به‌عنوان یک گیاه زراعی در سطح وسیع مورد کشت و کار قرار می‌گیرد. (۱۵). در استان ایلام در سال زراعی ۸۶-۱۳۸۵، سطح زیر کشت گوجه‌فرنگی ۶۶۳ هکتار، میزان تولید ۱۱۹۶۸ تن و عملکرد متوسط آن ۱۸/۰۵۱ تن در هکتار گزارش شده است (۳).

اگر چه توانایی زنده ماندن گیاه و ادامه رشد، نمو و فتوسنتز در شرایط تنش به پتانسیل ژنتیکی گیاه وابسته است که به‌صورت پاسخ‌های فیزیولوژیکی و مولکولی خود را نشان می‌دهد ولی می‌توان با استفاده از روش‌های خاص بر این محدودیت غلبه کرد. اعمال مدیریت صحیح و به‌کارگیری تکنیک‌های پیشرفته به منظور حفظ ذخیره رطوبتی خاک از جمله اقدامات مؤثر برای افزایش راندمان آبیاری و در نتیجه بهبود بهره‌برداری از منابع محدود آب در شرایط کم‌آبی می‌باشد (۲۱).

یکی از راهکارهای استفاده بهینه از منابع آب و حفظ آن، اختلاط برخی مواد افزودنی به خاک همانند مواد پلی‌مری سوپرجاذب(Superabsorbent polymer) است. پلیمرهای سوپر جاذب، ژل‌های پلی‌مری آبدوست یا هیدروژل‌هایی هستند که می‌توانند مقادیر زیادی آب، آب نمک و یا محلول‌های فیزیولوژیکی را جذب نمایند. این پلی‌مرها ضمن برخورداری از سرعت و ظرفیت زیاد جذب آب مانند آب انبارهای مینیاتوری عمل کرده و در موقع نیاز ریشه به راحتی آب را در اختیار آن قرار می‌دهند. استفاده بهینه از آب، کود و سموم شیمیایی،

جلوگیری از تنش‌های ناشی از نوسانات رطوبتی، امکان کشت در مناطق بیابانی و سطوح شیب‌دار، هوادهی بهتر در خاک و افزایش بازده محصول را می‌توان از جمله منافع حاصل از کاربرد سوپرجاذب‌های کشاورزی دانست(۲۷). اساس ساخت این پلیمرها که از جنس مواد آلی بوده و به‌صورت مصنوعی تولید می‌گردد، از پلی اکریلات پتاسیم و کوپلی‌مرهای پلی اکریل آمید بوده و ویژگی منحصر به فرد آنها بالا بودن ظرفیت جذب آب و حفظ آن است. مطالعات نشان داده است که استفاده از این مواد هیچ‌گونه عوارضی برای انسان، گیاه، خاک و محیط زیست ندارد. این مواد تقریباً ۲۰۰ تا ۵۰۰ برابر وزن خود آب جذب می‌کنند و پس از ۵ تا ۱۲ سال در اثر تجزیه میکروبی و یا تأثیر نور خورشید به‌تدریج از بین رفته و به موادی هم‌چون آب، دی اکسید کربن و آمونیوم تبدیل می‌شوند (۳۴).

یزدانی و همکاران (۳۸) گزارش کردند که کاربرد ۲۲۵ کیلوگرم در هکتار پلی‌مر سوپرجاذب Tarawat A_{200} می‌تواند در شرایط تنش خشکی وکم‌آبی موجب افزایش ۲۷ درصدی عملکرد دانه گیاه سویا شود و نتیجه گرفتند که کاربرد مقدار کافی پلی‌مر سوپرجاذب نه تنها تحت شرایط آبیاری کافی بلکه تحت شرایط تنش کم‌آبی نیز می‌تواند علاوه بر جبران هزینه‌های خرید آن، مقداری سود و افزایش عملکرد را عاید سازد. براساس نتایج برس و وستون (۹) با اضافه کردن ۳ گرم در لیتر هیدروژل به بستر کشت گوجه‌فرنگی، ظرفیت نگهداری آب و عناصر غذایی در بستر افزایش یافته و میزان آبشویی عناصر کاهش می‌یابد. عملکرد و میزان ذخیره غذایی در میوه خیار گلخانه‌ای با افزایش پلی‌مر سوپرآب A_{200} به بستر کشت، افزایش یافته است. به‌طوری‌که با مخلوط کردن ۴ گرم سوپرجاذب در یک کیلوگرم خاک، بیشترین عملکرد به‌دست آمده و با کاهش میزان آبیاری و افزایش درصد اختلاط پلیمر میزان ذخیره عناصر غذایی افزایش یافته است (۱). الهادی و همکاران (۱۴) گزارش کردند که افزودن ۲ و ۴ گرم سوپرجاذب در محیط ریشه میزان عملکرد گوجه‌فرنگی گلخانه‌ای را نسبت به شاهد به‌ترتیب ۳۳ و ۳۶ درصد افزایش می‌دهد. کاربرد سوپرجاذب در مورد گیاهان رز، برگ نو و ارغوان باعث افزایش چشم‌گیر دور آبیاری شده است (۲۱). استفاده از پلی‌مر سوپرجاذب A_{200} در گیاه آفتاب‌گردان در شرایط تنش خشکی سبب کاهش پرولین، افزایش محتوای رطوبت نسبی و کلروفیل شده است، در این آزمایش استفاده از این ماده به نسبت ۲/۲۵ و ۳ گرم در کیلوگرم خاک سبب کاهش آثار تنش در این گیاه شده است (۳۱). هم‌چنین تأثیر مثبت پلیمرهای سوپرجاذب در افزایش بازده مصرف آب در گیاهان ذرت علوفه‌ای (۱۹) و خیار گلخانه‌ای (۲) گزارش شده است. خادم و همکاران (۲۰) نشان دادند که استفاده از پلی‌مر سوپرجاذب در شرایط تنش خشکی سبب افزایش رطوبت نسبی برگ، محتوای کلروفیل و پایداری غشا سیتوپلاسمی در گیاه ذرت می‌شود. هم‌چنین استفاده از پلی‌مر سوپرجاذب آب به نسبت‌های ۰/۱، ۰/۲ و ۰/۳ درصد وزنی در گیاه ریحان در شرایط تنش خشکی سبب افزایش محتوای نسبی آب و کلروفیل و هم‌چنین کاهش تجمع پرولین شده است (۱۲).

درک کامل و دقیق واکنش‌های فیزیولوژیکی و عکس‌العمل گیاهان در مقابل تنش‌های محیطی برای اعمال روش‌های جدید در کاهش آثار سوء تنش بر گیاهان ضرورت دارد. با توجه به موارد شرح داده شده و لزوم استفاده از مواد و روش‌های جدید به منظور مقابله با تنش‌های محیطی از جمله تنش خشکی بر گیاهان در کشور، مطالعه حاضر جهت ارزیابی فیزیولوژیکی نقش پلی‌مر سوپرجاذب در بهبود مقاومت به تنش خشکی در گیاه گوجه‌فرنگی انجام شده است.

مواد و روش‌ها

پرورش گیاهان و نحوه اعمال تیمارها

این تحقیق در سال ۱۳۸۹ در گلخانه دانشکده کشاورزی دانشگاه ایلام اجرا شد. این گلخانه از نوع کوانست با پوشش دو جداره پلی کربنات و میزان عبور ۹۰ درصد نور می‌باشد. سیستم گرمایشی شامل یک کوره با سوخت گازوئیل و سیستم خنک‌کننده از نوع پوشال و پنکه بود. دما به‌وسیله دماسنج‌های

جدول ۱. برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مورد استفاده در آزمایش

ظرفیت زراعی (٪)	شن (٪)	رس (٪)	سیلت (٪)	بافت خاک	pH	EC (dS/m)	فسفر (ppm)	پتاسیم (ppm)	کربن (٪)	نیتروژن (٪)
۳۲	۲۲	۱۱	۷۷	لوم- سیلتی	۷/۳	۰/۷	۳۷/۴	۳۳۳/۶	۰/۴۲۳	۰/۰۴

دیجیتالی که در چند نقطه از گلخانه نصب شده بود، کنترل می‌شد. در طول مدت آزمایش میانگین دمای روزانه ۲۸-۲۳ و دمای شبانه ۱۸-۱۵ درجه سانتی‌گراد بود. مخلوط خاک گلدان شامل خاک زراعی، ماسه بادی و کود دامی پوسیده به نسبت ۱:۱:۲ بود. ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی خاک مورد استفاده در آزمایش در جدول ۱ ارائه شده است. ابتدا جهت تهیه نشاء مطلوب و یکدست، حدود دو گرم بذر گوجه فرنگی (رقم Early Urbana VF 132- 7171 محصول شرکت Petoseed® کشور ایتالیا) در خزانه (مساحت ۱×۳ متر) روی ردیف‌هایی به فاصله ۱۵ سانتی‌متر در تاریخ ۲۵ مهر ۸۹ کاشته شد. فاصله بذور از هم حدود یک سانتی‌متر در نظر گرفته شد. عملیات آبیاری در چند روز اول با توجه به ضرورت و جلوگیری از خشک شدن بستر و بذور به‌صورت روزانه انجام گرفت. وجین علف‌های هرز هم به‌صورت هر دو تا سه روز یک بار انجام گرفت. پس از جوانه‌زنی و ظهور برگ‌های حقیقی عملیات تنک کاری و واکاشت در خزانه دوم به‌منظور تولید نشاهای قوی و یکدست و نیز اجتناب از رقابت نوری بین نشاها صورت گرفت.

برای انجام آزمایش از گلدان‌های به ابعاد ۲۰ سانتی‌متر ارتفاع، ۲۳ سانتی‌متر قطر دهانه و ۱۸ سانتی‌مترکف قطر گلدان استفاده شد. سوپر جاذب مورد استفاده با نسبت‌های مورد نظر به محیط کشت اضافه و به‌طور کامل مخلوط شد. زیرا براساس تحقیقات انجام شده برای گیاهانی از قبیل گوجه‌فرنگی که سیستم ریشه‌ای گسترده دارند، روش مخلوط با خاک مناسب‌تر از روش‌های کپه‌ای، نواری و تزریق به داخل خاک است (۳۷). این آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. فاکتور اصلی شامل پنج سطح صفر، ۰/۲، ۰/۳، ۰/۴ و ۰/۵ درصد وزنی سوپر جاذب در محیط کشت و فاکتور دوم شامل چهار دور آبیاری به فواصل ۵، ۷، ۹ و ۱۱ روز یک بار بود. هر یک از تیمارها در سه تکرار و هر تکرار شامل سه گلدان و در هر گلدان یک نشاء گوجه‌فرنگی کشت شد. با در نظر گرفتن سطوح فاکتورها (تیمار ۲۰=۴×۵) و تعداد تکرار (سه) و تعداد گلدان‌ها (سه) در مجموع ۱۸۰ گلدان مورد استفاده قرار گرفت. در داخل هر گلدان شش کیلوگرم مخلوط خاکی (منهای وزن سوپرجاذب با نسبت‌های متفاوت) ریخته شد. در تاریخ ۲۸ آبان ۸۹ از بین نشاءهای تولید شده، نشاءهای یکدست، عاری از بیماری و قوی انتخاب و در داخل هر گلدان دو نشا کاشته شد. در یک هفته اول به‌منظور کاهش تنش کم‌آبی و اطمینان از استقرار نشاءها، گلدان‌ها هر روز آبیاری شدند. حذف نشاء دوم از هر گلدان پس از انتخاب نشاء بهتر و استقرار کامل آن انجام گرفت. پس از حذف نشاء ضعیف‌تر، گلدان‌ها براساس نوع تیمار آبیاری شدند. بدین ترتیب که عملیات آبیاری در سطوح مختلف ۵، ۷، ۹ و ۱۱ روز یک‌بار انجام گرفت. در طول مدت آزمایش از زمان کاشت تا برداشت مراقبت‌های زراعی شامل وجین علف‌های هرز، آبیاری براساس جدول زمان‌بندی تیمارها، مبارزه با آفات، استفاده از کودهای شیمیایی مکمل و قیم‌زنی برحسب نیاز انجام شد. پس از حدود ۴۵ روز از کاشت نشا، با فواصل زمانی هر ۱۵ روز یک‌بار پنج گرم کود کامل کریستالون ۱۸- ۱۸- ۱۸ (N.P.K) به‌ازای هر گلدان مصرف گردید.

اندازه‌گیری صفات مورد ارزیابی

برای اندازه‌گیری عملکرد کل هر یک از بوته‌ها پس از برداشت میوه‌ها، به کمک یک ترازوی دیجیتالی، وزن میوه‌ها در

برداشت‌های متوالی ثبت و در پایان پس از جمع‌بندی و برآورد میانگین عملکرد سه بوته هر تکرار، میانگین عملکرد هر بوته محاسبه شد.

برای تعیین محتوای نسبی آب (Relative Water Content)(RWC) از روش دیازپرز و همکاران (۱۳) استفاده شد. در مرحله گلدهی کامل چند برگ رسیده و جوان از هر نمونه انتخاب و جدا گردید و بلافاصله نمونه‌ها در محیط آزمایشگاهی به‌وسیله ترازو (با دقت ۰/۰۰۱ گرم) توزین شدند (FW). سپس به‌مدت ۲۴ ساعت در آب مقطر (جهت آب‌گیری کامل) قرار گرفته و در این مدت در محیط آزمایشگاهی با دمای تقریبی ۲۲ درجه سانتی‌گراد نگه‌داری شده و پس از خشک شدن آب سطحی مجدداً توزین شدند (TW). پس از آن برگ‌ها به‌مدت ۴۸ ساعت و در دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد در داخل آون الکتریکی قرار داده شدند. پس از این مدت نمونه‌ها توزین تا وزن خشک (DW) به‌دست آید. از رابطه زیر محتوای نسبی آب برگ محاسبه شد.

$$RWC = (FW - DW)/(TW - DW) \times ۱۰۰$$

به‌منظور اندازه‌گیری بازده مصرف آب در هر بار آبیاری میزان آب داده شده به گلدان‌ها اندازه‌گیری و ثبت گردید. در پایان دوره رشد عملکرد کل در هر گلدان نیز یادداشت شد. روشی که به‌عنوان اندازه‌گیری بازده مصرف آب معمول است از تقسیم عملکرد کل (برحسب کیلوگرم) به آب از دست رفته از طریق تبخیر و تعرق (برحسب مترمکعب) به‌دست می‌آید (۲)

کل مواد جامد محلول (Total Soluble Solids)(TSS) میوه به‌وسیله دستگاه رفرکتومتر دستی مدل ATC-1E ساخت شرکت Atago کشور ژاپن اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری محتوای TSS میوه یک قطره از آب میوه‌های هر تکرار (از هر سه بوته) را روی منشور رفروکتومتر ریخته و عدد آن قرائت گردید و میزان آن برای هر تکرار معدل‌گیری شد.

برای اندازه‌گیری کلروفیل از روش لیشتن تالر و ولبورن (۲۴) استفاده شد. در این روش ابتدا مقدار ۰/۲۵ گرم برگ تازه را با استفاده از ۵ میلی‌لیتر آب مقطر در هاون چینی کاملاً ساییده تا توده یکنواختی به‌دست آید. مخلوط حاصل را به یک فالکون منتقل کرده و حجم آن به‌وسیله آب مقطر به ۱۲/۵ میلی‌لیتر رسانده شد. سپس ۰/۵ میلی‌لیتر از عصاره نمونه برداشته و با ۴/۵ میلی‌لیتر استون ۸۰ درصد مخلوط کرده و محلول حاصل به‌مدت ۱۰ دقیقه با سرعت ۳۰۰۰ دور بر دقیقه سانتریفیوژ شد. سپس محلول رویی را برداشته و در طول موج‌های ۶۶۳ و ۶۴۶ نانومتر و با استفاده از اسپکتروفتومتر طول موج جذبی (A) قرائت، و کلروفیل براساس فرمول‌های زیر محاسبه شد.

$$\text{Chlorophyll a}(\mu g/ml) = ۱۲/۲۱(A_{۶۶۳}) - ۲/۸۱(A_{۶۴۶})$$

$$\text{Chlorophyll b}(\mu g/ml) = ۲۰/۱۳(A_{۶۴۶}) - ۵/۰۳(A_{۶۶۳})$$

سنجش پرولین با استفاده از روش بیتس و همکاران (۶) صورت گرفت. در این روش ۰/۵ گرم از ماده تر گیاهی با ۱۰ میلی‌لیتر محلول ۳ درصد اسید سولفوسالیسیلیک ساییده گردید. از مخلوط حاصل پس از صاف کردن، ۲ میلی‌لیتر برداشته شد، و پس از افزودن ۲ میلی‌لیتر معرف اسید نین هیدرین(Ninhydrine) و ۲ میلی‌لیتر اسید استیک خالص در بن ماری با دمای ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد به‌مدت یک ساعت قرار داده شد. سپس لوله‌ها را در حمام آب یخ گذاشته و پس از اضافه کردن ۴ میلی‌لیتر تولوئن، مقدار جذب در طول موج ۵۲۰ نانومتر خوانده شد و مقدار پرولین با استفاده از منحنی استاندارد آن به‌دست آمد.

میزان پراکسیداسیون لیپیدهای غشا براساس تشکیل کمپلکس مالون دی آلدهید (Malondialdehayde)(MDA) ایجاد شده با تیوباربی تیوریک اسید(Thiobarbituric acid) سنجیده شد. اندازه‌گیری مقدار مالون دی آلدهید با استفاده از روش استیوارت و بیولی (۳۶) در دو طول موج ۵۳۲ و ۶۰۰ نانومتر با استفاده از اسپکتروفتومتر صورت گرفت.

به منظور انجام محاسبات آماری از نرم‌افزارهای SAS و MSTAT-C استفاده گردید. هم‌چنین مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح ۵ درصد انجام گرفت.

جدول ۲. تجزیه واریانس صفات مورد ارزیابی در گیاه گوجه‌فرنگی تحت کاربرد سوپرجاذب و رژیم‌های مختلف آبیاری

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات							
		عملکرد کل	محتوای نسبی آب	بازده مصرف آب	کل مواد جامد محلول	کلروفیل a	کلروفیل b	مالون دی آلدهید	پرولین
بلوک	۲	۵۲۸	۰/۰۰۳ ns	۰/۱۱ns	۰/۰۴ ns	۰/۰۷ ns	۰/۲۶ **	۲۴/۲۵ **	۲/۷۶ ns
سوپرجاذب	۴	۱۵۳۴۶**	۰/۰۶۵ **	۳۸/۶۲**	۰/۴۲**	۰/۲۵ **	۰/۰۵ ns	۴۳/۸۷ **	۱۲۹۴/۳۵ **
آبیاری	۳	۱۶۸۶۶۹**	۰/۳۷۴ **	۹۵/۳۷**	۰/۲۷ *	۰/۱۹ *	۰/۱۱ **	۵۹/۶۲ **	۶۸۶۹/۶۶ **
سوپرجاذب×آبیاری	۱۲	۱۰۰۲۷**	۰/۰۰۳ ns	۷/۷۴**	۰/۰۴ns	۰/۰۴ns	۰/۰۴ ns	۵/۳۰ *	۱۳۵/۷۴ **
خطای آزمایشی	۳۸	۶۰۹	۰/۰۰۴	۱/۲۳	۰/۰۷	۰/۰۵	۰/۰۲	۲/۳۵	۱۵/۴۲

ns، * و **: به‌ترتیب فاقد تفاوت معنی‌دار و دارای تفاوت معنی‌دار در سطح ۵ و ۱ درصد

جدول ۳. مقایسه میانگین صفات مورد ارزیابی گیاه گوجه‌فرنگی تحت رژیم‌های مختلف آبیاری

دور آبیاری	صفات مورد ارزیابی							
	عملکرد کل (g/plant)	محتوای نسبی آب (٪)	بازده مصرف آب (Kg/m^3)	کلروفیل a (µg / ml)	کلروفیل b (µg / ml)	کل مواد جامد محلول(٪)	مالون دی آلدهید (n mol/g FW)	پرولین (µmol/g FW)
۵ روز	۳۰۳a	۸۰ a	۱۱/۵۱a	۳/۷۳ a	۱/۵۳ ab	۳/۴۸ b	۱۶/۳۱ c	۳۴/۰۶ c
۷ روز	۲۱۶b	۷۴ b	۱۱/۰۱a	۳/۵۸ ab	۱/۴۳ b	۳/۶۲ ab	۱۸/۱۴ b	۶۴/۱۵ b
۹ روز	۱۰۵c	۶۴ c	۷/۷۶b	۳/۵۵ b	۱/۶۰a	۳/۶۹ a	۱۹/۱۲ b	۷۷/۹۴ a
۱۱ روز	۷۱d	۴۴ d	۶/۳۰c	۳/۴۶ b	۱/۶۱ a	۳/۸۰ a	۲۱/۱۰ a	۸۰/۸۳ a

میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک از نظر آماری فاقد اختلاف معنی‌دار براساس آزمون دانکن در سطح ۵ درصد می‌باشد.

نتایج

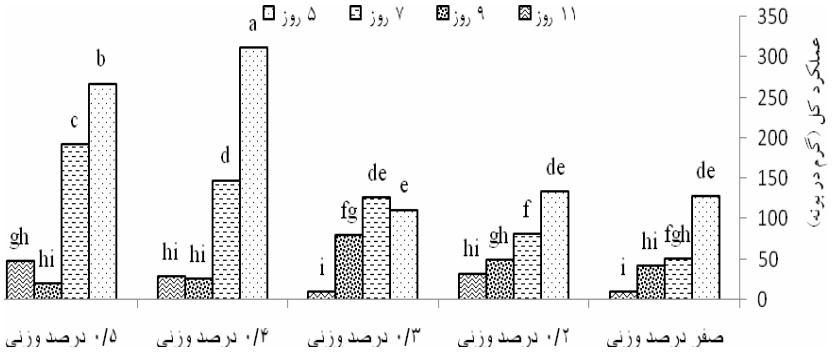
نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۲) نشان داد که اثر ساده پلیمر سوپرجاذب بر کلیه صفات مورد آزمایش غیر از کلروفیل b در سطح ۱ درصد آماری معنی‌دار شد. اثرات ساده آبیاری بر صفات عملکرد کل، محتوای نسبی آب، بازده مصرف آب، کلروفیل b، مالون دی آلدهید و پرولین در سطح ۱ درصد آماری و صفات کل مواد جامد محلول و کلروفیل a در سطح ۵ درصد آماری معنی‌دار شد. هم‌چنین اثرات متقابل دور آبیاری و پلی‌مر سوپر جاذب تنها بر صفات عملکرد کل، بازده مصرف آب، مالون دی آلدهید و پرولین معنی‌دار شد. مقایسه میانگین اثرات ساده دور آبیاری بر صفات مورد مطالعه (جدول ۳) نشان داد که بالاترین میزان عملکرد کل (۳۰۳ گرم در بوته)، محتوای نسبی آب (۸۰ درصد)، بازده مصرف آب (۱۱/۵۱ کیلوگرم بر مترمکعب) و کلروفیل a (۳/۷۳ میکروگرم بر میلی‌لیتر) در دور آبیاری ۵ روز یک بار، و بالاترین میزان کلروفیل b (۱/۶۱ میکرو گرم بر میلی‌لیتر)، کل مواد جامد محلول (۳/۸۰ درصد)، مالون دی آلدهید (۲۱/۱۰ نانومول بر گرم وزن تر) و پرولین (۸۰/۸۳ میکرو مول بر گرم وزن تر) در دور آبیاری ۱۱ روز یک‌بار به‌دست آمد.

مقایسه میانگین اثرات ساده پلی‌مر سوپرجاذب بر صفات مورد مطالعه (جدول ۴) نشان داد که بالاترین میزان عملکرد کل (۲۱۹ گرم در بوته)، محتوای نسبی آب (۷۴ درصد)، بازده

جدول ۴. مقایسه میانگین صفات مورد ارزیابی در گیاه گوجه‌فرنگی تحت تأثیر سطوح مختلف سوپرجاذب

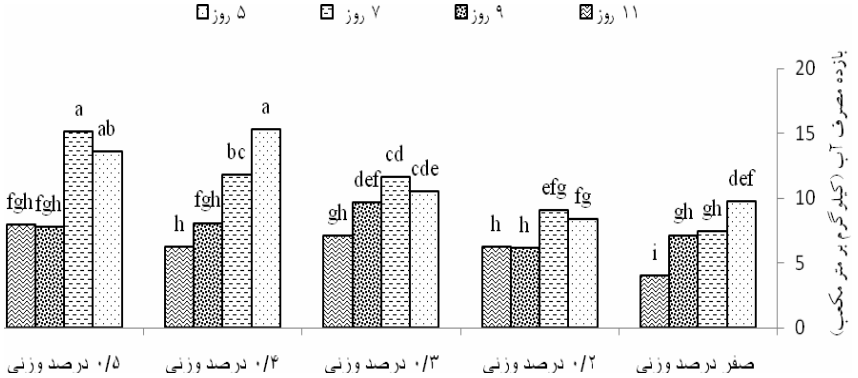
سطوح سوپر جاذب	صفات مورد ارزیابی							
	عملکرد کل (g/plant)	محتوای نسبی آب (٪)	بازده مصرف آب (Kg/m^3)	کلروفیل a (µg / ml)	کلروفیل b (µg / ml)	کل مواد جامد محلول(٪)	مالود دی آلدهید (n mol/g FW)	پرولین (µmol/g FW)
صفر	۱۴۰^{b}	۵۸ ^{d}	۷/۰۷^{c}	۳/۳۵ ^{b}	۱/۶۱ ^{a}	۳/۹۶ ^{a}	۲۱/۴۲ ^{a}	۷۶/۵۰ ^{a}
۰/۲ درصد	۱۴۷^{b}	۵۹ ^{d}	۷/۴۵^{c}	۳/۵۷ ^{a}	۱/۴۷ ^{ab}	۳/۵۴ ^{b}	۱۹/۷۷ ^{b}	۶۷/۳۲ ^{b}
۰/۳ درصد	۱۵۶^{b}	۶۴ ^{c}	۹/۷۳^{b}	۳/۶۵ ^{a}	۱/۵۱ ^{ab}	۳/۶۹ ^{b}	۱۷/۵۱ ^{c}	۶۸/۹۳ ^{b}
۰/۴ درصد	۲۰۴^{a}	۷۰ ^{b}	۱۰/۳۶^{ab}	۳/۷۳ ^{a}	۱/۴۷ ^{ab}	۳/۵۴ ^{b}	۱۷/۹۴ ^{c}	۵۹/۱۹ ^{c}
۰/۵ درصد	۲۱۹^{a}	۷۴ ^{a}	۱۱/۱۱^{a}	۳/۶۱ ^{a}	۱/۳۷ ^{b}	۳/۵۱ ^{b}	۱۶/۶۸ ^{c}	۴۹/۲۷ ^{d}

میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک از نظر آماری فاقد اختلاف معنی‌دار براساس آزمون دانکن در سطح ۵ درصد می‌باشند.

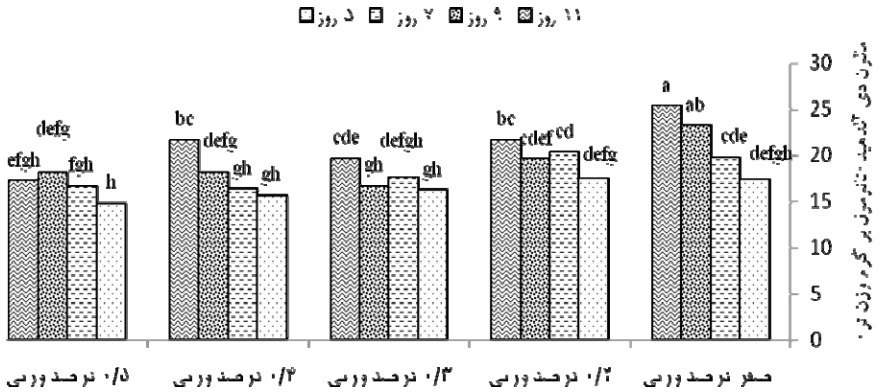


شکل ۱. تأثیر سطوح مختلف پلی‌مر سوپرجاذب بر عملکرد کل گیاه گوجه‌فرنگی تحت رژیم‌های مختلف آبیاری

مصرف آب (۱۱/۱۱ کیلوگرم بر مترمکعب)، کلروفیل a (۳/۶۱ میکروگرم بر میلی‌لیتر) با کاربرد ۰/۵ درصد و بالاترین میزان کلروفیل b (۱/۶۱ میکروگرم بر میلی‌لیتر)، کل مواد جامد محلول (۳/۹۶ درصد)، مالون دی آلدهید (۲۱/۴۲ نانومول بر گرم وزن تر) و پرولین (۷۶/۵۰ میکرومول بر گرم وزن تر) در عدم کاربرد سوپرجاذب (شاهد) به‌دست آمد. بالاترین میزان عملکرد کل (۳۱۲ گرم در بوته) در ترکیب تیماری دور آبیاری ۵ روز یک‌بار و کاربرد ۰/۴درصد پلی‌مر سوپرجاذب و پایین‌ترین آن (۹/۵ گرم در بوته) در ترکیب تیماری دور آبیاری ۱۱ روز یک بار و بدون کاربرد پلیمر سوپرجاذب (شاهد) به‌دست آمد (شکل ۱). بالاترین میزان بازده مصرف آب (۱۵/۲۹ درصد) در ترکیب تیماری دور آبیاری ۵ روز یک بار و کاربرد ۰/۴ درصد پلی‌مر سوپرجاذب و پایین‌ترین آن (۳/۹۷ درصد) در ترکیب تیماری دور آبیاری ۱۱ روز یک بار و بدون کاربرد پلی‌مر سوپرجاذب (شاهد) به‌دست آمد (شکل ۲). بالاترین میزان مالون دی آلدهید (۲۵/۳۲ نانو مول برگرم وزن تر) در ترکیب تیماری دور آبیاری ۱۱ روز یک بار و بدون کاربرد پلی‌مر سوپرجاذب (شاهد) و پایین‌ترین آن (۱۴/۷۸ نانو مول برگرم وزن تر) در ترکیب تیماری دور آبیاری ۵ روز یک بار و کاربرد ۰/۵ درصد پلیمر سوپرجاذب به‌دست آمد (شکل ۳). هم‌چنین بالاترین میزان پرولین (۹۶/۰۹ میکرومول بر گرم وزن تر) در ترکیب تیماری دور آبیاری ۱۱ روز یک بار و بدون کاربرد پلی‌مر سوپرجاذب (شاهد) و پایین‌ترین آن (۲۲/۵۸ میکرومول بر گرم وزن تر) در ترکیب تیماری دور آبیاری ۵ روز



شکل ۲. تأثیر سطوح مختلف پلیمر سوپرجاذب بر بازده مصرف آب گیاه گوجه‌فرنگی تحت رژیم‌های مختلف آبیاری



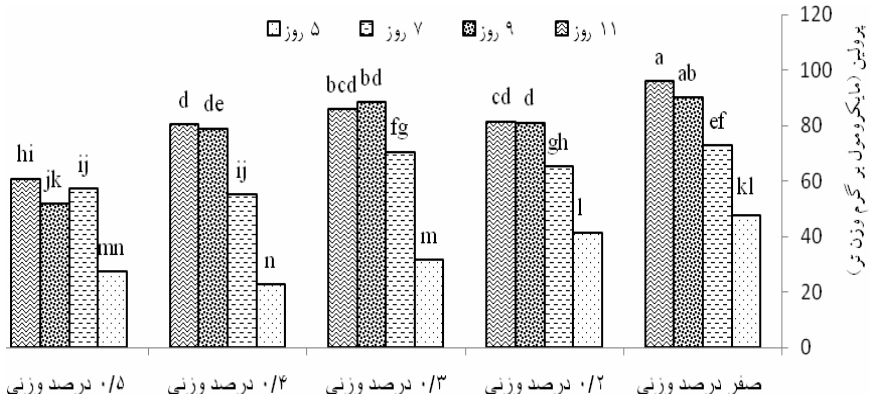
شکل ۳. تأثیر سطوح مختلف پلیمر سوپرجاذب بر تجمع مالون دی آلدهید در گیاه گوجه‌فرنگی تحت رژیم‌های مختلف آبیاری

یک بار و کاربرد ۰/۴ درصد پلی‌مر سوپرجاذب به‌دست آمد (شکل ۴).

بحث

نتایج این پژوهش نشان داد که کاربرد پلیمر سوپرجاذب نسبت به عدم استفاده از آن تأثیر مثبت و معنی‌داری بر عملکرد کل گیاه گوجه‌فرنگی دارد، به‌طوری‌که استفاده از این ترکیب در تمام دورهای آبیاری سبب افزایش عملکرد کل شد (شکل ۱). این اثر احتمالاً به‌دلیل جذب مقادیر قابل ملاحظه آب در ساختمان پلی‌مر و متعاقب آن قرار دادن آب جذب شده به خاک اطراف و ریشه گیاه در هنگام خشکی و حذف تنش‌های رطوبتی دانست به‌طوری‌که گیاه به نحو بهتری به رشد خود ادامه داده و عملکرد مطلوب به‌دست می‌آید. تأثیر مثبت مواد پلیمری سوپرجاذب در افزایش عملکرد در گیاهان گوجه‌فرنگی (۱۴)، خیار (۱) آفتابگردان (۳۱) و سویا (۳۸) نیز گزارش شده است که با یافته‌های این تحقیق مطابقت دارد.

اندازه‌گیری وضعیت آب گیاه، به‌عنوان یک شاخص فیزیولوژیکی مهم در شناسایی پاسخ گیاه به تنش خشکی مطرح است. یکی از شاخص‌های نشان‌دهنده وضعیت آب گیاه محتوای نسبی آب بافت گیاهی می‌باشد. در این تحقیق با افزایش دور آبیاری محتوای نسبی آب برگ کاهش یافت (جدول ۳)، که با نتایج خادم و همکاران (۲۰) و نظرلی و همکاران (۳۱) مطابقت دارد. بسیاری از محققان معتقدند که کاهش میزان محتوای نسبی آب برگ در اثر تنش کم‌آبی در ارتباط با کاهش میزان رطوبت خاک می‌باشد که این شرایط سبب بسته شدن روزنه‌ها شده تا از اتلاف بیشتر آب جلوگیری شود. علت انسداد روزنه‌ها تجمع هورمون آبسزیک اسید می‌باشد، که در شرایط تنش خشکی در ریشه ساخته شده و در



شکل ۴. تأثیر سطوح مختلف پلیمر سوپرجاذب بر میزان پرولین در گیاه گوجه‌فرنگی تحت رژیم‌های مختلف آبیاری

سلول‌های روزنه‌ای تجمع می‌یابد (۱۰). کاهش در محتوای رطوبت نسبی برگ ارتباط مستقیمی با کاهش آب در خاک دارد (۳۰). استفاده از مواد جاذب آب همانند مواد پلیمری سوپرجاذب که ویژگی جذب و نگهداری مقدار زیادی آب را دارند، سبب حفظ رطوبت در خاک می‌شود و در این شرایط میزان آب در پیکره گیاه نیز افزایش می‌یابد. نتایج این تحقیق به درستی مطلب فوق را تأیید کرد به‌طوری‌که کاربرد ۰/۵ درصد وزنی این پلیمر سبب افزایش ۱۲۸ درصدی میانگین این صفت نسبت به شاهد شد که با نتایج خادم و همکاران (۲۰) در گیاه ذرت، نظرلی و همکاران (۳۱) در گیاه آفتاب گردان و دانشمندی و عزیزی (۱۲) در گیاه ریحان مطابقت دارد.

کل مواد جامد محلول یکی از پارامترهای کیفی است که غلظت مواد جامد محلول در میوه را معین می‌کند. نتایج حاصل از مقایسه میانگین‌ها نشان داد که با افزایش دور آبیاری، مقدار کل مواد جامد محلول گوجه‌فرنگی افزایش یافت که با نتایج زمردی و همکاران (۳۹) و موسوی فضل و محمدی (۲۸) در گیاه گوجه‌فرنگی مطابقت دارد. دلیل اساسی تجمع مواد جامد محلول در سلول در اثر کمبود آب آبیاری، غلبه بر کاهش پتانسیل اسمزی بوده و در نتیجه، آب ذخیره شده کاهش و مقدار مواد جامد انحلال‌پذیر افزایش پیدا می‌کند (۲۶). در تحقیق حاضر نیز هم‌راستا با توجیه علمی فوق، حداکثر کل مواد جامد محلول (۳/۸۰ درصد) در بالاترین سطح تنش یعنی دور آبیاری ۱۱ روز و حداقل آن (۳/۴۸ درصد) در پایین‌ترین سطح تنش آزمایش(دور آبیاری پنج روز)، مشاهده شد. استفاده از مواد پلی‌مری سوپرجاذب با ذخیره وحفظ رطوبت در خاک و در دسترس قرار دادن تدریجی آن برای گیاهان از بروز آثار کم آبی از جمله کاهش مواد جامد محلول جلوگیری می‌کنند. نتایج این تحقیق به درستی مطلب فوق را تأیید می‌کند به‌طوری‌که کاربرد این ماده در تمام سطوح سبب کاهش معنی‌دار این صفت نسبت به عدم کاربرد آن شد. در دانش ما تاکنون گزارشی از تأثیر این مواد بر کل مواد جامد محلول گزارش نشده است.

بیشتر تحقیقاتی که روی بازده مصرف آب صورت گرفته است در جهت افزایش همزمان بازده مصرف آب و عملکرد است. در تحقیق حاضر استفاده از پلیمر سوپرجاذب سبب افزایش معنی‌دار بازده مصرف آب گیاه گوجه‌فرنگی در دورهای آبیاری مختلف شد (شکل ۲). بیشترین تأثیر این ماده در دور آبیاری ۷ روز مشاهده شده که کاربرد ۰/۵ درصد وزنی پلیمر سوپرجاذب تقریباً سبب افزایش ۲۰۰ درصدی بازده مصرف آب نسبت به عدم استفاده از آن شد. بازده مصرف آب ارزیابی محصول تولید شده به ازای میزان آب مصرف شده می‌باشد و از طریق میزان عملکرد به میزان تبخیر و تعرق گیاه به‌دست می‌آید. بر همین اساس هر عاملی که عملکرد را افزایش دهد یا تبخیر و تعرق را کاهش دهد، کارایی مصرف آب را بالا می‌برد. استفاده از پلیمرهای سوپرجاذب هم از طریق افزایش عملکرد و هم از طریق کاهش تلفات آب سبب افزایش بازده مصرف آب می‌شوند. در تحقیق حاضر استفاده از پلی‌مر سوپر جاذب سبب

افزایش عملکرد در گیاه گوجه‌فرنگی شد (جدول ۳). به نظر می‌رسد اختلاط این ماده با بستر کشت سبب تأمین مداوم نیاز آبی گیاه و تداوم رشد آن و هم‌چنین کاهش تنش‌های رطوبتی شده و از این طریق عملکرد مطلوب گیاه تأمین می‌شود و افزایش عملکرد موجب افزایش بازده مصرف آب می‌شود. به‌طور مشابه احرار و همکاران (۲) در خیار گلخانه‌ای و کریمی و نادری (۱۹) در ذرت علوفه‌ای افزایش بازده مصرف آب با کاربرد مواد پلیمری سوپرجاذب را گزارش کردند که با یافته‌های این تحقیق مطابقت دارد.

از علائم تنش‌های محیطی در گیاهان کاهش میزان کلروفیل است که این کاهش به ژنوتیپ گیاه بستگی دارد (۱۱). در تحقیق حاضر با افزایش دور آبیاری کلروفیل a کاهش و کلرفیل b روند نامنظمی داشت به‌طوری‌که در دور آبیاری ۷ روز کلروفیل b کاهش یافت که اختلاف معنی‌داری با دور آبیاری ۵ روز نداشت ولی در دورهای آبیاری ۹ و ۱۱ روز افزایش معنی‌داری با دور آبیاری ۷ روز مشاهده شد. این مسأله ممکن است به‌علت افزایش فعالیت کلروفیلاز به هنگام تنش کم‌آبی باشد و کلروفیل a حساس‌تر از کلروفیل b است و بیشتر تخریب می‌شود (۸). گزارش‌های مشابهی در مورد کاهش میزان کلروفیل در اثر تنش در گیاهان آفتابگردان (۳۲) و بابونه (۴) وجود دارد. میزان کلروفیل در گیاهان زنده یکی از فاکتورهای مهم حفظ ظرفیت فتوسنتزی به‌شمار می‌رود. در این حالت با توجه به‌شدت، مدت و مرحله رشدی، تأثیر تنش بر هر کدام از مقادیر کلروفیل a، b و کل در گیاهان متفاوت خواهد بود (۴). کاهش کلروفیل برگ می‌تواند به‌علت اختلال در جذب عناصر غذایی ضروری در سنتز کلروفیل باشد (۳۲). اسمیرنوف (۳۵) اعلام کرد که تنش خشکی موجب افزایش تولید انواع اکسیژن فعال می‌شود و کاهش میزان کلروفیل، نشان‌دهنده وسعت آسیب‌های اکسیداتیو است. این کاهش می‌تواند به‌دلیل بازدارندگی مراحل مختلف بیوسنتز کلروفیل نیز باشد (۳۲). نتایج حاصل از مقایسه میانگین اثرات ساده سوپرجاذب نشان داد که این ماده سبب حفظ کلروفیل می‌شود. پسارک لی (۳۳) بیان می‌دارد که حفظ کلروفیل و دوام فتوسنتز برگ تحت شرایط تنش از جمله شاخص‌های فیزیولوژیک مقاومت به تنش محسوب می‌شود. جلوگیری از تنش‌های ناشی از نوسانات رطوبتی به‌خصوص در مناطق خشک، که پلیمر با قرار دادن آب به‌طور تدریجی در اختیار گیاه، تنش‌های حاصل از نوسانات رطوبتی را به حداقل می‌رساند یکی از کاربردهای مهم این مواد در کشاورزی می‌باشد (۳۱) و از این طریق سبب افزایش رشد و دوام بهتر گیاهان در شرایط تنش می‌شود. حفظ و دوام کلروفیل کل در شرایط تنش به‌وسیله کاربرد مواد پلیمری سوپرجاذب در گیاهان آفتاب گردان (۳۱) و ذرت (۲۰) نیز نشان داده شده است.

رادیکال‌های آزاد تولید شده در اثر تنش خشکی می‌توانند باعث افزایش واکنش پراکسیداسیون و در نتیجه باعث افزایش MDA در گیاه گوجه‌فرنگی تحت تنش خشکی شود. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که سوپرجاذب می‌تواند از طریق کاهش نوسانات رطوبتی، زمینه تولید این ماده را کاهش دهد. در تحقیق حاضر استفاده از پلیمر سوپرجاذب به نسبت ۰/۵ درصد وزنی بیشترین تأثیر را در کاهش MDA داشت. کمترین میزان تجمع این ماده در دور آبیاری ۱۱ روز (شدیدترین حالت تنش) با کاربرد ۰/۵ درصد وزنی به‌دست آمد که نسبت به عدم کاربرد حدود ۷۰ درصد کاهش نشان داد (شکل ۳). خادم و همکاران (۲۰) گزارش کردند که کاربرد مواد پلی‌مری سوپرجاذب در شرایط تنش خشکی سبب بهبود شرایط فیزیکی خاک و افزایش ذخیره آب در خاک می‌شود و از این طریق میزان پایداری غشای سلولی افزایش می‌یابد. به عبارت دیگر آسیب وارده به گیاهان در اثر تنش خشکی با کاربرد مواد پلیمری سوپرجاذب کاهش می‌یابد.

پرولین یکی از اسیدهای آمینه فعال در پدیده تنظیم اسمزی می‌باشد که در ایجاد و حفظ فشار اسمزی درون گیاه نقش بسزایی دارد. بررسی نتایج تحقیق حاضر نشان داد که کاربرد سوپرجاذب در دورهای آبیاری مختلف باعث کاهش تجمع این اسید آمینه در برگ‌های گوجه‌فرنگی شده است (شکل ۴).

مقدار پرولین در اندام‌های گیاه شاخصی برای میزان تنش وارده است و با افزایش شدت تنش‌ها، بر میزان پرولین نیز افزوده می‌شود (۱۲ و ۳۲). افزایش غلظت پرولین که به تنظیم اسمزی کمک می‌کند، ناشی از چند عامل گزارش شده است از جمله: ممانعت از تجزیه پرولین، جلوگیری از ورود پرولین به پروتئین و یا افزایش تجزیه پروتئین (۱۸). پرولین از طریق تنظیم اسمزی، جلوگیری از تخریب آنزیم‌ها و حذف کردن رادیکال‌های هیدروکسیل، بردباری و تحمل گیاهان را در برابر تنش‌ها افزایش می‌دهد (۲۳). کاربرد سوپر جاذب رطوبتی سبب کاهش تجمع پرولین در گیاه آفتاب‌گردان (۳۲) شده است. در این تحقیق نیز با افزایش نسبت کاربرد سوپر جاذب تجمع پرولین نیز کاهش یافت. این مواد با در اختیار گذاشتن تدریجی آب برای گیاه در موقع نیاز و جلوگیری از وقوع نوسانات رطوبتی از بروز تنش کم‌آبی در گیاه جلوگیری کرده و زمینه را برای کاهش تجمع پرولین در گیاهان تحت تنش مهیا می‌کنند. نتایج این تحقیق به درستی این مطلب را تأیید کرد که با نتایج دانشمندی و همکاران (۱۲) همخوانی داشت.

نتیجه‌گیری

به‌طورکلی از نتایج به‌دست آمده چنین استنباط می‌شود که گیاهان در موقع کم‌آبی و وقوع تنش خشکی با تغییراتی که در برخی از خصوصیات فیزیولوژیکی خود ایجاد می‌کنند به تنش پاسخ می‌دهند. درک کامل این واکنش‌ها می‌تواند در بهبود رشد و عملکرد گیاهان در شرایط تنش‌زا مفید باشد. افزون بر این کاربرد مواد پلیمری سوپرجاذب که توانایی جذب و ذخیره مقادیر قابل توجهی آب را دارند، باعث بهبود شرایط فیزیکوشیمیایی خاک شده و به‌طور غیرمستقیم بر پاسخ گیاهان به خشکی مؤثرند و می‌توانند گیاهان را در شرایط کم آبی یاری کنند. با توجه به نتایج به‌دست آمده از این تحقیق تیمار آبیاری ۵ روز یک‌بار و کاربرد پلیمر سوپرجاذب به نسبت ۰/۵ وزنی برای گیاه گوجه‌فرنگی توصیه می‌شود.

منابع مورد استفاده

1. Abedi Kopaii, J. and M. Masferosh. 2009. Evaluation of superabsorbent polymer application on yield, water and fertilizer use efficiency in cucumber (*Cucumis sativus*). *Iranian Journal of Irrigation and Drainage* 2(3): 100-111. (In Farsi)
2. Ahrar, M., M. Delshad and M. Babalar. 2009. Improving water/fertilizer use efficiency on hydroponically cultured greenhouse cucumber by grafting and hydrogel amendment. *Journal of Horticultural Sciences* 23(1): 69-77. (In Farsi)
3. Anonymous. 2005. Agricultural Statistical Bulletin. Statistical and information department. Minnstry of agriculture pub. (In Faesi)
4. Arazmjo, A., M. Heidari and A. Ghanbari. 2010. The effects of water stress and three source of fertilizers on flower yield, physiological parameters and nutrient uptake in chamomile (*Matricaria chamomilla* L.). *Iranian Journal of medicinal and Aromatic Plants* 25(4): 482-494. (In Farsi)
5. Barar, K. L and T. J. Gerick. 1996. Late season water stress in cotton. *Crop Science* 36: 922-928.
6. Battes, L. S., R. P. Waldren and I. D. Teare. 1973. Rapid determination of free proline for water stress studies. *Plant and Soil* 29: 205-207.
7. Bohnert, H. J., D. E. Nelson and R. G. Jensen. 1995. Adaptation to environmental stresses. *Plant Cell* 7: 1098-1111.
8. Boyer, J. S., D. R. Ort and A. Ortiz-Lopez. 1987. Photophosphorylation at low water potential. *Current Topics in Plant Biochmistry and Physiology* 6: 69-73.
9. Bres, W. and L. A. Weston. 1993. Influence of gel additives on nitrate, ammonium and water retention and tomato growth in a soilles medium. *Horticulturae Science* 28(10): 1005-1007.
10. Chaves, M. M., J. S. Pereira, J. P. Maroco, M. L. Rodrigues, C. P. Ricardo, M. L. Osorio, I. Carvalho, T. Faria and C. Pinherio. 2002. How plants cope with water stress in the field: photosynthesis and growth. *Annals of Botany* 89: 907-916.
11. Colom, M. R. and C. Vazzana. 2001. Drought stress effect on three cultivars of Eragrostis curvula: photosynthesis and water relation. *Journal of Plant Growth Regulation* 34: 195-202.
12. Daneshmandi, M. S. and M. Azizi. 2009. The study on the effects of water stress and superabsorbent polymer (SAP) on some quantity and quality characteristics of sweet basil (*Ocimum basilicum* L. var. keshkeny levelu). Proceedings of the 6 th Iranian Horticultural Science Congress, Gilan University, pp. 1276-1279. (In Farsi)

13. Diaz-Perez, J. C., K. L. Shckel and E. G. Sutter. 2006. Relative water content. *Annals of Botany* 97: 85-96.
14. El-Hadi, O. A and Y. E. Camelia. 2004. The conditioning effect of composts (natural) or/ and acrylamide hydrogels (synthesized) on a sandy calcareous soil. Growth response, nutrients uptake and water and fertilizers use efficiency by tomato plants. *Journal of Applied Science Research* 2(12): 1293-1297.
15. Farahmand, A. R., H. Fardad., A. M. Liaghat and A. K. Kashi. 2005. Investigation of the effectiveness of irrigation water regimes and nitrigen amount on the yield and water use efficiency of tomato. *Journal of Water and Soil Science* 19: 263-270. (In Farsi)
16. Irigoyen, J. J., D. W. Emerich and M. Sanchez-Diaz. 1992. Water stress induced changes in concentrations of proline and total soluble sugars in nodulated alfalfa (Medicago sativa) plants. *Physiology of Plant* 84:55-60.
17. Kafi, M. and A. Mahsavi-Damghani. 2002. The Mechanisms of Resistance to Environmental Stresses in Plants. Mashhad, Mashhad University Press.
18. Kao, C. H. 2005. Senescence of rice leaves. Comparative study of the metabolic changes of senescing turgid and water-stressed excised leaves. *Plant and Cell Physiology* 22: 683-685.
19. Karimi, A and M. Naderi. 2005. Yield and water use efficiency of forage corn as influenced by superabsorbent polymer application in soils with different textures. *Agriculture Research* 7(3): 187-198. (In Farsi)
20. Khadem, S.A., M. Galavi., M. Ramordi., S. R. Mousavi., M. J. Rousta and P. Rezvani-Moghadam. 2010. Effect of animal manure and superabsorbent polymer on corn leaf relative water content, cell membrane stability and leaf chlorophyll content under dry condition. *Australian Journal of Crop Science* 4(8): 642-647.
21. Kochakzadeh, M., A. A. Sabagh Farshi and N. Gangi Khoramdel. 2000. Effect of Superabsorbent polymer on the some physical characteristics of soil. *Journal of Water and Soil Science* 14(2): 176-185. (In Farsi)
22. Koshnevis, M. 2002. Using superabsorbent for optimized irrigation of urban landscape and woods. 2nd professional-eductional workshop on agricultural and industrial applications of superabsorbent hydrogels. (In Farsi)
23. Kuznetsov, V. I. and N. I. Shevykova. 1999. Proline under stress: Biological role, metabolism, and regulation. *Russian Journal of Plant Physiology* 46: 274-287.
24. Lichtenthaler, H. K. and A. R. Wellburn. 1983. Determination of total carotenoides and chlorophylls a and b of leaf extracts in different solvents. *Biochemical Society Transactions* 11: 591-592.
25. Mascher, R., E. Nagy, B. Lippmann, S. Hornlein, S. Fischer, W. Scheiding, A. Neagoe and H. Bergmann. 2005. Improvement of tolerance to paraquat and drought in barley (*Hordeum vulgare* L.) by exogenous 2-aminoethanol: effect of suoeroxide dimutas activity and chloroplast ultra-structure. *Plant Science* 168: 691-698.
26. Mishell, J. P., C. Shenan., S. R. Grattana. and D. M. May. 1991. Tomato fruit yields and quality under water deficit and salinity. *Journal of American Society for Horticultural Science* 116 (2): 215-221.
27. Montazar, A. 2008. Study the effect of stockosorb super absorption polymer on the flow advance time and infiltration parameters in furrow irrigation. *Journal of Soil and Water* 22(2): 341-357. (In Farsi)
28. Mousavi-Fazl, S. H. and A. R. Mohammadi. 2005. Effects of water stress at different stages of growth on yield and fruit quality of two tomato varieties. *Journal of Agricultural Engineering Research* 22(6) 27-40. (In Farsi)
29. Munns, R. 2002. Comparative physiology of salt and water stress. *Plant Cell and Environment* 25: 239 -250.
30. Nautiyal, P. C., N. R. Rachaputi and Y. C. Joshi. 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 Crop Research* 74: 67-69.
31. Nazarli, H., M. R. Zarsashti., R. Darvishzadeh and S. Najafi. 2010. The effects of water stress and polymer on water use efficiency, yield and several morphological traits of sunflower under greenhouse condition. *Notulae Scientia Biologica* 2(4): 53-58.
32. Noorani azad, H. and D. Chobineh. 2008. Study of water stress on biomass, soluble sugars, proline, enzymes and ions in *Helianthus annuus* L. *Biological Sciences* 3(2) 19-26. (In Farsi)
33. Pessarkli, M. 1999. Hand book of Plant and Crop Stress. Maecel Dekker Inc., New York.
34. Poresmaiil, P., D. Habibi and B. Roshan. 2007. Superabsorbent Polymer a Way for Reducing Agricultural Water use. *Agricultural and Natural Resources Engineering Disciplinary Organization* 15: 80-82.
35. Smirnoff, N. 1993. The role active oxygen in the response of plants to water deficit and desiccation. *New Phytologist* 125: 27-28.
36. Stewart R. R. C. and J. D. Bewley. 1980. Lipid peroxidation associated with accelerated aging of soybean axes. *Plant Physiology* 65: 245-248.
37. Woofford, D. 1989. Use of cross-linked polyacrylamide in agriculture for increasing yeild or reducing irrigation, File://A:/orzl.htm.
38. Yazdani, F., I. Aladadi., G. Akbari and M. R. Behbehani. 2007. Effect of different rates of superabsobent polymer (Tarawat A200) on soybean (Glycine *max* L.) yield and yield components. *Pajouhesh & Sazandegi* 75: 167-174. (in Farsi)
39. Zomorodi, S and A. Emami. 2006. Study the effecrs of deficit irrigation on the yield, quality and storability of tomato. *Journal of Agricultural Engineering Research* 27(7): 19-30. (In Farsi)