

## اثر پلیمر سوپر جاذب بر عملکرد و برخی صفات گوجه‌فرنگی تحت رژیم‌های مختلف آبیاری

حمداله ساجدی نیا<sup>۱</sup>، مهدی صیدی<sup>۲\*</sup>، فردین قنبری<sup>۲</sup>، مجید بگنظری<sup>۲</sup>

تاریخ دریافت: ۹۶/۱۰/۱۰ تاریخ پذیرش: ۹۷/۴/۱۶

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد، گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام

۲- گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام

\*مسئول مکاتبه: E-mail: msaidi@ilam.ac.ir, saidi490@yahoo.com

### چکیده

به منظور بررسی اثرات پلیمر سوپر جاذب بر گوجه‌فرنگی تحت دوره‌های مختلف آبیاری در شرایط مزرعه آزمایشی در دانشکده کشاورزی دانشگاه ایلام در سال ۱۳۹۴ به صورت اسپلیت پلات در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام گرفت. در کرت‌های اصلی چهار سطح آبیاری شامل فاصله دو، چهار، شش و هشت روز یکبار و در کرت‌های فرعی پنج سطح پلیمر سوپر جاذب A<sub>200</sub> (۱۰۰، ۱۷۰، ۲۴۰ و ۳۱۰ کیلوگرم در هکتار) اعمال شد. میوه‌ها در مرحله رسیدن برداشت و صفات عملکردی و پارامترهای فیزیولوژیکی اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد که سطوح مختلف پلیمر سوپر جاذب و آبیاری تأثیر معنی‌داری بر عملکرد و پارامترهای فیزیولوژیکی گیاه مانند محتوای رطوبت نسبی، کلروفیل، پرولین، نشت یونی و بازده مصرف آب داشت. با افزایش دور آبیاری عملکرد کل، محتوای رطوبت نسبی، بازده مصرف آب و کلروفیل کاهش ولی نشت یونی و پرولین افزایش یافت. کاربرد پلیمر سبب کاهش آثار منفی تنش خشکی بر گیاه شد. کاربرد این ماده سبب افزایش معنی‌دار عملکرد، محتوای رطوبت نسبی، کلروفیل و همچنین بازده مصرف آب و کاهش نشت یونی و پرولین شد. به‌طور کلی نتایج این تحقیق نشان داد که با کاربرد پلیمر سوپر جاذب می‌توان دور آبیاری را در گیاه گوجه‌فرنگی افزایش داد بدون اینکه اثر مضر بر عملکرد و کیفیت میوه داشته باشد.

واژه‌های کلیدی: بازده مصرف آب، پرولین، کلروفیل، نشت یونی، هیدروژل

## Effects of Superabsorbent Polymer on Yield and Some characteristics of Tomato under Various Irrigation Regimes

Hamdolah Sajedinia<sup>1</sup>, Mehdi Saidi<sup>2\*</sup>, Fardin Ghanbari<sup>2</sup>, Majid Bagnazari<sup>2</sup>

Received: December 31, 2017 Accepted: July 7, 2018

<sup>1</sup> MSc. Alumni, Dept. of Horticultural Sciences, Faculty of Agriculture, Ilam University, Ilam, Iran.

<sup>2</sup> Dept. of Horticultural Sciences, Faculty of Agriculture, Ilam University, Ilam, Iran.

\*Corresponding Author Email: msaidi@ilam.ac.ir, saidi490@yahoo.com

### Abstract

In order to evaluate the effect of the super absorbent polymer application on tomato plant under different irrigation intervals in field condition, an split plot experiment in a completely randomized block design (CRBD) at three replications was carried out at the Agricultural Research Station, University of Ilam, Iran at 2013. Main plot consisted of four levels of irrigation (2, 4, 6 and 8 days) and sub-plot was consisted of super absorbent (100, 170, 240 and 310 kg.ha<sup>-1</sup>). The Fruits were harvested at the ripening stage and traits were assessed. Results showed significant effects of irrigation and superabsorbent polymer on total yield and plant physiological parameters including relative water content (RWC), water use efficiency (WUE), chlorophyll and proline content of leaves and electrolyte leakage. In drought conditions total yield, RWC, WUE and chlorophyll reduced but electrolyte leakage, proline content and WUE increased. Application of super absorbent lead to decreases on the negative effects of drought on the studied traits. Application of superabsorbent polymer significantly increased total yield, RWC, WUE, chlorophyll and reduced electrolyte leakage and proline content. The results clearly showed that the use of super absorbent polymer can expand irrigation intervals in planting tomatoes without loss of yield and product quality.

**Keywords:** Chlorophyll, Electrolyte leakage, Hydrogel, Proline, Water Use Efficiency

### مقدمه

سبزی‌ها به تنش خشکی حساس است و معمولاً در مراحل از رشد در معرض آن قرار می‌گیرد (ژو و همکاران ۲۰۱۷).

میزان آب در دسترس گیاه یکی از مهم‌ترین عوامل محیطی است که توزیع، پراکنش، رشد و تولید موفق محصولات کشاورزی را تحت تأثیر قرار می‌دهد. کاهش آب در دسترس گیاه منجر به تنش خشکی و بروز تغییرات مرفولوژیکی، فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی متعددی در گیاه می‌گردد. در واقع، خشکی شایع‌ترین تنش محیطی و مهم‌ترین عامل محدودکننده تولید محصولات کشاورزی در سرتاسر جهان است (علیزاده ۲۰۰۸). از بین عوامل تنش‌زای زنده و غیرزنده، خشکی به‌تنهایی

گوجه‌فرنگی (*Solanum lycopersicum*) یکی از معروف‌ترین و پرمصرف‌ترین سبزی‌ها و از تیره Solanaceae می‌باشد که به دلیل کالری کم، غنی بودن از آهن، ویتامین C، ویتامین A و یک آنتی‌اکسیدان قوی به نام لیکوپین در سراسر دنیا مورد مصرف قرار می‌گیرد (رای و همکاران ۲۰۱۳). بر اساس آمار موجود، ایران با تولید ۵۹۷۳۲۷۵ کیلوگرم گوجه‌فرنگی در سال ۲۰۱۴، پس از کشورهای چین، هند، آمریکا، ترکیه و مصر، ششمین کشور تولید کننده این محصول می‌باشد و حدود ۴ درصد از تولید جهانی گوجه‌فرنگی را به خود اختصاص داده است (فائو ۲۰۱۴). گوجه‌فرنگی همانند سایر

خاک می‌شوند. هدف اصلی از افزودن پلیمرهای سوپر جاذب به خاک، افزایش ظرفیت نگهداری آب و کاهش دور آبیاری است (پترسون ۲۰۰۲). صیدی و همکاران (۲۰۱۴) گزارش کردند که کاربرد پلیمر سوپر جاذب در گیاه گوجه‌فرنگی تحت تنش خشکی در شرایط گلخانه سبب بهبود رشد گیاه در شرایط کم آبیاری می‌شود. توحیدی مقدم و همکاران (۲۰۰۹) در بررسی مقایسه پاسخ ۶ ژنوتیپ مختلف کلزا تحت تنش خشکی و کاربرد هیدروژل سوپر جاذب نشان دادند که تنش خشکی سبب کاهش فتوسنتز و محتوای کلروفیل شد. در این مطالعه کاربرد پلیمر سوپر جاذب سبب کاهش اثرات مخرب کمبود آب به وسیله افزایش قابلیت جذب آب توسط گیاه شد و از این طریق رشد و عملکرد را افزایش داد. با توجه به موارد شرح داده شده و لزوم بررسی کارایی این مواد در شرایط مزرعه، در تحقیق حاضر اثر پلیمر سوپر جاذب A200 بر رشد و عملکرد و برخی پاسخ‌های فیزیولوژیکی گوجه‌فرنگی در شرایط مزرعه ارزیابی شده است.

## مواد و روش‌ها

### محل انجام آزمایش

این تحقیق به صورت آزمایش کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با دو فاکتور در دانشکده کشاورزی دانشگاه ایلام انجام شد. فاکتور اصلی شامل چهار رژیم آبیاری ۲، ۴، ۶ و ۸ روزه و فاکتور فرعی شامل پنج سطح صفر، ۱۰۰، ۱۷۰، ۲۴۰ و ۳۱۰ کیلوگرم در هکتار سوپر جاذب A200 بودند. موقعیت جغرافیایی محل آزمایش با طول جغرافیایی ۴۶ درجه و ۲۸ دقیقه و عرض جغرافیایی ۲۳ درجه و ۳۷ دقیقه، دارای ارتفاع ۱۱۷۴ متر از سطح دریا بود. دمای متوسط سالیانه منطقه ۲۶ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. قبل از اجرای آزمایش، نمونه خاک از عمق ۳۰-۶۰ و ۳۰-۶۰ سانتی‌متر تهیه و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آن تعیین شد که نتایج در جدول ۱ آورده شده است.

سبب ۴۵ درصد کاهش عملکرد محصولات زراعی بوده است (کافی و همکاران ۲۰۰۹).

از جمله راهکارهای مؤثر برای کاهش آثار کمبود آب بر رشد و نمو گیاه افزودن برخی مواد مانند ژل سوپر جاذب به خاک است (لیائو و همکاران ۲۰۱۶؛ میلانی و همکاران ۲۰۱۷). هیدروژل‌های سوپر جاذب، پلیمرهای آبدوستی هستند که به دلیل وجود اتصالات عرضی در حلال حل‌نشده، بلکه جزئی از حلال را در ساختارشان نگه می‌دارند و می‌توانند مقادیر زیادی آب یا محلول‌های آبی را جذب نموده و متورم شوند (بوخولز و گراهام ۱۹۹۷). این مخازن ذخیره کننده آب وقتی در داخل خاک قرار می‌گیرند آب آبیاری و بارندگی را به خود جذب نموده و از فرو نشستن آن جلوگیری می‌نمایند و پس از خشک شدن محیط، آب داخل پلیمر به تدریج تخلیه شده و بدین ترتیب خاک به مدت طولانی و بدون نیاز به آبیاری مجدد، مرطوب می‌ماند (میلانی و همکاران ۲۰۱۷). زمانی که پلیمرها آب را جذب و رها می‌کنند، در اثر انبساط و انقباض ساختمان خاک بهبود می‌یابد و منافذ حاوی هوا در خاک جهت توسعه ریشه به‌ویژه در خاک‌های ریزبافت افزایش می‌یابد (لیائو و همکاران ۲۰۱۶). در حالتی که پتانسیل شیمیایی آب در محیط بیش از هیدروژل باشد، نفوذ آب از محیط به داخل این مواد صورت گرفته که این عمل جذب باعث تورم این پلیمرها تا چندین برابر حجم اولیه خواهد شد و در حالتی که پتانسیل شیمیایی آب در هیدروژل بالاتر از محیط باشد، نفوذ آب از هیدروژل به سمت محیط اطراف بوده و یا به عبارت دیگر عمل دفع صورت می‌گیرد که این پدیده نیز با انقباض هیدروژل همراه است (نادری و اشقانی فراهانی ۲۰۰۶). استفاده از این مواد هیچ‌گونه عوارضی برای انسان، گیاه و خاک و همچنین محیط زیست ندارد و میزان جذب آب در این پلیمرها بسته به فرمولاسیون، ناخالصی‌ها و میزان نمک موجود در آب از مقادیر ۴۰ تا ۱۵۰۰ گرم به ازای هر گرم هیدروژل متغیر است (وانداوالی و همکاران ۲۰۱۵). این پلیمرها آب مورد استفاده گیاهان را کاهش نمی‌دهند. سوپر جاذب‌ها موجب افزایش ظرفیت نگهداری آب در

جدول ۱- نتایج تجزیه خاک مورد استفاده در آزمایش

عمق خاک سانتی متر)	بافت خاک	اسدیته	هدایت الکتریکی (dS.m <sup>-1</sup> )	کربن آلی (درصد)	نیترژن (درصد)	فسفر (mg.Kg <sup>-1</sup> )	پتاسیم (mg.Kg <sup>-1</sup> )	منیزیم (mg.Kg <sup>-1</sup> )	سدیم (mg.Kg <sup>-1</sup> )
۳۰	لومی	۷/۳۲	۰/۶۲	۱/۴	۰/۱۲	۱۹/۶	۶۰۱	۰/۶	۵/۴
۶۰	لومی رسی	۷/۱۴	۰/۲۹	۱/۱۷	۰/۰۸	۷/۶	۴۷۰	۰/۹	۹/۵

### عملیات زراعی و تولید نشاء

برای انجام این تحقیق از گوجه فرنگی رقم "Early Urbana VF 132- 7171" محصول شرکت Petoseed® کشور ایتالیا استفاده شد. ابتدا جهت تهیه نشاء مطلوب و یکدست، حدود ۲ گرم بذر گوجه فرنگی از رقم مورد آزمایش در خزانه در محیط بیرون به مساحت (۱×۴ متر) روی ردیف‌های به فواصل ۱۵cm کاشته شد. فاصله بذور از هم حدود یک سانتی متر در نظر گرفته شد. عملیات آبیاری در چند روز اول با توجه به ضرورت و جلوگیری از خشک شدن بستر و بذور بصورت روزانه انجام گرفت. وجین علف‌های هرز هم بصورت هر ۲-۳ روز یک بار انجام گرفت. پس از جوانه زنی و ظهور برگ‌های حقیقی به منظور تولید نشاءهای قوی و یکدست و نیز اجتناب از رقابت نوری بین نشاءها عملیات تنک‌کاری در چند مرحله صورت گرفت.

برای تهیه زمین، شخم با گاو آهن چیزل و دیسک انجام گردید. بعد از تعیین نقشه کاشت زمین مورد نظر کرت‌بندی شد و بعد از مشخص شدن محل دقیق کاشت نشاءها، سوپر جاذب تا عمق ۳۰ سانتی‌متری با خاک مخلوط گردید. کرت‌ها یا واحدهای آزمایشی به ابعاد ۲ در ۳ متر بوده بین هر دو کرت مجاور از هر طرف ۱/۵ متر فاصله لحاظ شد. فاصله بوته روی ردیف‌ها ۳۰ سانتی‌متر و بین ردیف‌ها ۷۵ سانتی‌متر لحاظ گردید. لذا با در نظر گرفتن چهار ردیف در هر کرت و فاصله بین

بوته‌ها، در هر واحد آزمایشی جمعاً ۲۰ بوته کاشته شد. از زمان انتقال نشاءها به زمین اصلی تا ۲۰ روز پس از آن همه بوته‌ها سیرآب می‌شدند. اما از آن به بعد تیمار-های آبیاری بر اساس دوره‌های آبیاری ذکر شده انجام شد. آبیاری با لوله‌های سوپردریپ انجام گردید.

### مراقبت‌های زراعی پس از کاشت

در طول مدت آزمایش از زمان کاشت تا برداشت مراقبت‌های زراعی شامل وجین علف‌های هرز، آبیاری بر اساس جدول زمان‌بندی تیمارها، مبارزه با آفات (کاربرد دیازینون با غلظت یک در هزار)، استفاده از کودهای شیمیایی مکمل (دو مرتبه به فاصله ۳۰ روز کود فوسامکو ۲۰-۲۰-۲۰ به مقدار ۱۳ گرم به ازای هر متر مربع)، استفاده از قیم و غیره صورت گرفت. به منظور هدایت رشد بوته‌ها و جلوگیری از خوابیدن آنها بر روی زمین، کلیه شاخه‌های اصلی بوته‌ها با استفاده از نخ پنبه‌ای و دو ردیف سیم‌های مفتولی نرم که به پایه‌های فلزی (با فاصله ۲ متر از هم) وصل شده بودند، قیم‌بندی شدند. همچنین، برای دقت بیشتر داده‌برداری، از هر تکرار ۵ بوته سالم انتخاب و با برچسب مخصوص کد گذاری شد تا در کلیه مراحل رشد و میوه‌دهی، اطلاعات مربوط به هر بوته بصورت اختصاصی جمع‌آوری شود.

## ارزیابی صفات کمی

برای اندازه‌گیری عملکرد کل، عملکرد محصول بازارپسند و عملکرد میوه‌های با پوسیدگی گلگاه، میوه‌های هر یک از بوته‌های انتخاب شده بصورت مجزا برداشت و به کمک ترازوی دیجیتالی توزین شده، تعداد میوه کل، میوه بازار پسند و میوه گلگاه پوسیده آن‌ها شمارش شدند. برای محاسبه عملکرد کل از جمع نمودن وزن محصول برداشت‌های متوالی برای تمام بوته‌های هر تکرار و تقسیم آن بر تعداد بوته‌های موجود در هر تکرار (۲۰ بوته) استفاده شد. برای تعیین محتوای نسبی آب<sup>۱</sup> از روش دیازپرز و همکاران (۲۰۰۶)، نشت یونی از روش لوتس و همکاران (۱۹۹۵)، محتوای کلروفیل از روش لیشن تالر و ولبرن (۱۹۸۳) و استخراج و اندازه‌گیری پرولین<sup>۲</sup> از روش بهیتس و همکاران (۱۹۷۳) استفاده شد. همچنین کارایی مصرف آب از تقسیم عملکرد کل (بر حسب کیلوگرم) به مقدار آب مصرف شده (بر حسب متر مکعب) محاسبه شد.

## تجزیه آماری

به‌منظور انجام محاسبات آماری از نرم‌افزارهای SAS و MSTAT-C استفاده گردید. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن انجام گرفت. جهت رسم نمودارها از نرم‌افزار Excel استفاده شد.

## نتایج و بحث

نتایج این پژوهش نشان داد که استفاده از پلیمر سوپر جاذب نسبت به عدم استفاده از آن تأثیر مثبت و معنی‌داری بر اکثر صفات مورد آزمایش داشت (جدول ۱). عملکرد به دست آمده در هر بوته با کاربرد ۳۱۰ کیلوگرم سوپر جاذب A<sub>200</sub> حدود ۲۴ درصد نسبت به شاهد افزایش نشان داد. بیشترین (۱۴۳/۶ تن در هکتار) و کمترین (۵۸ تن در هکتار) عملکرد کل گیاه به ترتیب در دور آبیاری دو و هشت روز به دست آمد (جدول ۲).

بیشترین درصد میوه‌های بازار پسند (۸۹ درصد) مربوط به سطح آبیاری دو روز و بیشترین درصد میوه‌های پوسیده گلگاه (۴۰ درصد) و کمترین درصد میوه‌های بازار پسند (۵۹ درصد) برای تیمار آبیاری هشت روز ثبت گردید (جدول ۲). نتایج حاصل از جدول مقایسه اثر سوپر جاذب بر میانگین عملکرد نشان داد که در این آزمایش با افزایش مقدار سوپر جاذب عملکرد کل گیاه نیز بیشتر شد. بالاترین میزان عملکرد گیاه (۱۱۱/۲۰ تن در هکتار) در تیمار ۳۱۰ کیلوگرم در هکتار، کمترین میزان آن (۹۰ تن در هکتار) در تیمار صفر سوپر جاذب به دست آمد که از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری با یکدیگر داشتند (جدول ۲). بیشترین وزن تک میوه (۸۹/۷۶ گرم) مربوط به تیمار ۲۴۰ کیلوگرم در هکتار سوپر جاذب و کمترین مقدار آن (۸۱/۵۵ گرم) در سطح صفر سوپر جاذب مشاهده شد. این نتایج با نتایج تحقیقات مشابه روی گوجه‌فرنگی (صیدی و همکاران ۲۰۱۴؛ حقیقی و همکاران ۲۰۱۴؛ و الهادی و همکاران ۲۰۰۴)، باقلا (تیموری ۲۰۱۲)، آفتابگردان (نظری و همکاران ۲۰۱۰) و سویا (یزدانی و همکاران ۲۰۰۷) مطابقت دارد. گیاه گوجه‌فرنگی در مراحل رشد خود درست بعد از نشاءکاری، در دوره گلدهی و شکل‌گیری میوه به کمبود آب بسیار حساس می‌باشد. به‌طوری که کمبود آب در دوره گلدهی سبب ریزش گل‌ها و کاهش عملکرد آن می‌شود (مولوی و همکاران ۲۰۱۱). گزارش شده است که تنش خشکی در گیاه گوجه‌فرنگی سبب بسته‌شدن روزنه‌ها و در نتیجه کاهش تثبیت CO<sub>2</sub> شده و از این طریق رشد و عملکرد گیاه را کاهش می‌دهد (سان و همکاران ۲۰۱۶). با توجه به این‌که برای تولید و عملکرد بالا وجود آب کافی ضروری است، مصرف پلیمر سوپر جاذب با رساندن آب و مواد غذایی به گیاه در مرحله رشد رویشی و زایشی قادر است در زمان تنش، کمبود آب در مرحله گرده افشانی را برطرف کرده و عملکرد گیاه را افزایش دهد (لیائو و همکاران ۲۰۱۶؛ میلانی و همکاران ۲۰۱۷).

2- Proline

1- Relative Water Content (RWC)

در خاک از مزیت‌های استفاده از هیدروژل‌های سوپر جاذب می‌باشد. با استفاده از این هیدروژل‌ها و بالا بردن ظرفیت تبادل کاتیونی خاک بستر مناسبی جهت نگهداری و در اختیار قرار دادن مواد غذایی و کاتیون‌های حل شده در محلول خاک برای مدت طولانی جهت استفاده گیاه فراهم گشته و از آبشویی و خروج آن‌ها از ناحیه قابل دسترسی برای گیاهان جلوگیری می‌گردد (زهان ۲۰۰۴). در مورد اثرات تغذیه‌ای این پلیمر می‌توان اظهار داشت که این ترکیبات با افزایش هوا در خاک باعث کارایی بهتر آب و نیز فعالیت بهتر ریزجانداران خاک می‌شوند و به علت داشتن بار منفی در حالت هیدراته، امکان جذب بعضی یون‌های مثبت مانند کلسیم در خاک را دارند (بوخولز و گراهام ۱۹۹۷). سوپر جاذب‌ها با تأمین تدریجی و مداوم آب برای گیاه در موقع نیاز و در نتیجه جلوگیری از وقوع نوسانات رطوبتی و افزایش جذب کلسیم از بروز چنین عارضه‌ای می‌کاهند.

در این تحقیق نیز سوپر جاذب با کاهش نوسانات رطوبتی و افزایش آب قابل دسترس گیاه باعث افزایش عملکرد و فاکتورهای وابسته به آن شد، به طوری که حداکثر عملکرد در تیمار ۳۱۰ کیلوگرم سوپر جاذب در هکتار ثبت گردید. همچنین تأثیر مثبت سوپر جاذب بر کاهش تعداد میوه پوسیده گلگاه در این آزمایش مشاهده شد، بطوری که تعداد میوه پوسیده در گیاهان تیمار شده با سوپر جاذب کمتر از گیاهان تیمار نشده بود. کمترین تعداد میوه پوسیده گلگاه در تیمار ۳۱۰ کیلوگرم در هکتار سوپر جاذب به دست آمد که نسبت به شاهد ۲۷ درصد کاهش نشان داد. عارضه فیزیولوژیکی پوسیدگی گلگاه در برخی محصولات از جمله گوجه‌فرنگی به علت عدم جذب کلسیم در شرایط کاهش رطوبت خاک به وجود می‌آید و در اثر نوسانات رطوبتی تشدید می‌شود. اگر میزان آب محدود باشد این عارضه نشانه کاهش غلظت کلسیم در گیاه است. زیرا کلسیم توسط جریان آب در گیاه جابه‌جا می‌شود (پیوست ۲۰۰۷). بالا بردن ظرفیت تبادل کاتیونی

جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس صفات مورد ارزیابی در گوجه‌فرنگی تحت کاربرد سوپر جاذب و رژیم‌های مختلف آبیاری

منابع تغییر	درجه آزادی	عملکرد کل	تعداد میوه کل	وزن تک میوه	تعداد میوه پوسیده گلگاه	تعداد میوه بازار پسند	نشست یونی	محتوای نسبی آب	محتوای پرولین	محتوای کلروفیل	کارایی مصرف آب
بلوک	۲	۰/۱۷۷**	۷/۷ <sup>ns</sup>	۶۷۲/۸۱**	۱۰/۵۸*	۱۷/۶۳ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۰۸ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۱ <sup>ns</sup>	۰/۵۸ <sup>ns</sup>	۰/۰۴ <sup>ns</sup>	۱۲/۵۱*
آبیاری	۳	۱۶/۳۴۶**	۳۸۴/۵۸**	۹۶۷۱/۷**	۲۱۷/۳**	۹۰۸/۳۲**	۰/۱۳۴**	۰/۱۳۷*	۶۶۲۵/۳**	۲/۸۷**	۲۷۱/۰۳**
خطای اصلی	۶	۱/۵	۹/۶۵	۵۵/۶۷	۳/۸۹	۸/۲۳۳	۰/۰۰۰۷	۰/۰۰۰۶۲	۵/۴۷	۰/۰۹	۶/۶۵
سوپر جاذب	۴	۰/۶۱۳**	۳۵/۳۹**	۲۵۷/۵*	۱۰/۱۶*	۸۰/۲۹**	۰/۰۱۲*	۰/۰۱*	۲۸۹/۱۹**	۰/۲۴**	۶۹/۳۶**
سوپر جاذب* آبیاری	۱۲	۰/۰۲۳۱ <sup>ns</sup>	۴/۳۳ <sup>ns</sup>	۵۸/۰۴ <sup>ns</sup>	۰/۷۸ <sup>ns</sup>	۴/۸۴ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۰۶۲*	۰/۰۰۰۶ <sup>ns</sup>	۴۵/۳۶*	۰/۰۹ <sup>ns</sup>	۴/۴۶ <sup>ns</sup>
خطای فرعی	۳۸	۰/۹۸۶۲۰۴	۸/۵	۷۴/۴۸	۲/۵۸	۱۰/۹۸	۰/۰۰۰۶۱	۰/۰۰۰۶۶	۶/۰۷	۰/۰۶	۴/۳۹
ضریب تغییرات (%)		۸/۱۸	۱۰/۰۶	۱۰/۱۹	۱۷/۶۲	۱۶/۶۹	۴/۴۷	۴/۲۵	۵/۹۸	۹	۲/۰۹

ns و \*\* به ترتیب فاقد تفاوت معنی‌دار و دارای تفاوت معنی‌دار در سطح ۵ و ۱ درصد می‌باشد.

جدول ۳- مقایسه میانگین صفات مورد ارزیابی در گوجه فرنگی تحت تاثیر سطوح مختلف سوپر جاذب

تیمار	عملکرد کل (تن در هکتار)	تعداد میوه	وزن تک میوه (گرم)	تعداد میوه	تعداد میوه	نشت یونی (درصد)	محتوای نسبی آب (درصد)	محتوای پرولین (میکرومول بر گرم وزن تر)	محتوای دی آلدئید (نانومول بر گرم وزن تر)	محتوای کلروفیل	کارایی مصرف آب (گرم بر متر مکعب)
صفر کیلوگرم	۹۰/۰۰ <sup>c</sup>	۲۶/۶۸ <sup>b</sup>	۸۱/۱۵۵ <sup>b</sup>	۱۰/۱ <sup>a</sup>	۱۶/۵۷ <sup>b</sup>	-۰/۶۱ <sup>a</sup>	۰/۵۸ <sup>bc</sup>	۵۵/۵۲ <sup>a</sup>	۰/۲۲۲ <sup>a</sup>	۲/۶۲ <sup>b</sup>	۲۳/۸۳ <sup>c</sup>
۱۰۰ کیلوگرم	۹۴/۶۰ <sup>b</sup>	۲۷/۶۵ <sup>b</sup>	۸۱/۴۶ <sup>b</sup>	۹/۹۷ <sup>a</sup>	۱۷/۶۷ <sup>b</sup>	-۰/۵۰ <sup>c</sup>	۰/۵۵ <sup>c</sup>	۵۳/۰۴ <sup>b</sup>	۰/۲۱۶ <sup>b</sup>	۲/۶۲ <sup>b</sup>	۲۵/۸۴ <sup>bc</sup>
۱۷۰ کیلوگرم	۹۸/۸۰ <sup>b</sup>	۲۹/۸۲ <sup>a</sup>	۸۲/۳۶ <sup>b</sup>	۸/۸۷ <sup>ab</sup>	۲۱/۲۱ <sup>a</sup>	-۰/۵۶ <sup>b</sup>	۰/۶۰ <sup>ab</sup>	۴۹/۱۸ <sup>c</sup>	۰/۲۰۱ <sup>d</sup>	۲/۷۳ <sup>b</sup>	۲۶/۸۱ <sup>b</sup>
۲۴۰ کیلوگرم	۱۰۸/۸ <sup>a</sup>	۳۰/۰۲ <sup>a</sup>	۸۹/۷۵ <sup>a</sup>	۸/۷ <sup>ab</sup>	۲۱/۱۵۵ <sup>a</sup>	-۰/۵۹ <sup>ab</sup>	۰/۶۵ <sup>a</sup>	۴۳/۵۲ <sup>e</sup>	۰/۲۰۸ <sup>c</sup>	۲/۸۳ <sup>ab</sup>	۲۸/۶ <sup>a</sup>
۳۱۰ کیلوگرم	۱۱۱/۳ <sup>a</sup>	۳۰/۷ <sup>a</sup>	۸۹/۵۶ <sup>a</sup>	۷/۹۱ <sup>b</sup>	۲۲/۶۸ <sup>a</sup>	-۰/۴۹ <sup>c</sup>	۰/۶۱۸ <sup>ab</sup>	۴۶/۱ <sup>d</sup>	۰/۱۹ <sup>e</sup>	۲/۹۵ <sup>a</sup>	۲۹/۸۱ <sup>a</sup>
۲ روز	۱۴۳/۶ <sup>a</sup>	۳۴/۲۷ <sup>a</sup>	۱۲۱/۲۳ <sup>a</sup>	۶/۱۱ <sup>b</sup>	۲۸/۰۷ <sup>a</sup>	-۰/۴۴ <sup>d</sup>	۰/۷۰ <sup>a</sup>	۲۳/۳۱ <sup>d</sup>	۰/۱۵ <sup>d</sup>	۳/۱۸ <sup>a</sup>	۲۷/۹۸ <sup>b</sup>
۴ روز	۱۳۰/۸ <sup>b</sup>	۳۲/۱۴۱ <sup>a</sup>	۱۱۲/۹۷ <sup>a</sup>	۷/۳۵ <sup>b</sup>	۲۴/۷۹ <sup>a</sup>	-۰/۵۸ <sup>b</sup>	۰/۶۵ <sup>b</sup>	۴۲/۰۱ <sup>c</sup>	۰/۱۸ <sup>c</sup>	۳/۰۱ <sup>a</sup>	۳۲/۳۶ <sup>a</sup>
۶ روز	۷۱/۶ <sup>c</sup>	۲۶ <sup>b</sup>	۷۰/۲۸ <sup>b</sup>	۱۱/۶۱ <sup>a</sup>	۱۴/۳۹ <sup>b</sup>	-۰/۵۰ <sup>c</sup>	۰/۵۶ <sup>c</sup>	۶۳/۱۳ <sup>b</sup>	۰/۲۲۴ <sup>b</sup>	۲/۴۴ <sup>b</sup>	۲۲/۷۲ <sup>d</sup>
۸ روز	۵۸/۴ <sup>d</sup>	۲۳/۴۹ <sup>b</sup>	۶۲/۱۴ <sup>b</sup>	۱۱/۳۸ <sup>a</sup>	۱۲/۱۱ <sup>b</sup>	-۰/۶۷ <sup>a</sup>	۰/۴۸ <sup>d</sup>	۶۹/۴۴ <sup>a</sup>	۰/۲۶۸ <sup>a</sup>	۲/۳۵ <sup>b</sup>	۲۴/۴۸ <sup>c</sup>

میانگین‌های دارای حروف مشترک دارای اختلاف آماری معنی‌دار بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد نیستند.

جاذب در این تحقیق سبب افزایش محتوای نسبی آب در گیاه گوجه‌فرنگی شد که این نتیجه با نتایج تیموری (۲۰۱۲) در باقلا، صیدی و همکاران (۲۰۱۴) در گوجه‌فرنگی مطابقت دارد. سوپر جاذب با قرار دادن آب بیشتر در هنگام محدودیت آبی باعث می‌شود آب بیشتری در برگ‌ها ذخیره شود و در نتیجه محتوای نسبی آب برگ افزایش یابد (هاروی ۲۰۰۰). لیپتی و همکاران (۱۹۹۸) گزارش کردند که سوپر جاذب در زمان تنش ملایم با قرار دادن آب متناسب در اختیار گیاه باعث می‌شود گیاه کاهش وزن نداشته باشد و در نتیجه محتوای نسبی آب برگ کاهش پیدا نکند.

نتایج نشان داد که اثر اصلی سوپر جاذب و دور آبیاری در سطح یک درصد آماری بر محتوای کلروفیل کل معنی‌دار شد (جدول ۱). با افزایش دور آبیاری میزان کلروفیل کل به‌طور معنی‌داری کاهش یافت به‌طوری‌که کمترین میزان این رنگیزه در تیمار ۸ روز آبیاری مشاهده شد که نسبت به تیمار دو روز آبیاری ۲۶ درصد کاهش داشت. محتوای کلروفیل در گیاهان زنده یکی از فاکتورهای مهم حفظ ظرفیت فتوسنتزی است. به نظر می‌رسد که کاهش محتوای کلروفیل در اثر افزایش دور

محتوای نسبی آب برگ به عنوان شاخصی برای نشان دادن آسیب‌های ناشی از تنش خشکی معرفی شده است. محتوای نسبی آب بیشتر باعث افزایش میزان فتوسنتز و در نتیجه افزایش عملکرد در شرایط تنش می‌شود (فاروق و همکاران ۲۰۰۹). در این تحقیق با افزایش دور آبیاری، از محتوای نسبی آب برگ گوجه‌فرنگی کاسته شد که با نتایج سانچز و همکاران (۲۰۱۰) در گوجه فرنگی مطابقت داشت. در زمان وقوع تنش خشکی میزان RWC کاهش یافته که به‌طور مستقیم با بسته شدن روزنه‌ها و پتانسیل آبی گیاه در ارتباط است (فلکساس و همکاران ۲۰۰۶). ژیانگ (۲۰۰۱) در بررسی رابطه رشد ریشه و تنظیم اسمزی با تنش خشکی در گیاه بلوگراس بیان نمود که بالا بودن RWC در ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی می‌تواند به دلیل وجود برخی عوامل کم‌کننده تلفات آب، از طریق بستن روزنه‌ها و یا به واسطه جذب بیشتر آب از طریق گسترش و توسعه ریشه باشد. به نظر می‌رسد بین محتوای رطوبت نسبی برگ و میزان رطوبت خاک رابطه مستقیم وجود دارد و با کاهش رطوبت خاک و ایجاد تنش، درصد رطوبت نسبی برگ نیز کاهش پیدا می‌کند (صیدی و همکاران ۲۰۱۴). استفاده از سوپر

یافته و در حفظ پتانسیل اسمزی نقش دارد (تایز و زایگر ۲۰۱۰). در واقع پرولین بعنوان یک اسمولیت باعث پایداری فرم طبیعی پروتئین‌ها شده و از بهم خوردن شکل طبیعی ترکیب‌های آنزیمی ممانعت می‌کند. تولید زیاد پرولین در گیاه، باعث افزایش فشار اسمزی داخل سلول شده و از این طریق از اثرات نامطلوب تنش جلوگیری می‌کند (پسراکلی ۲۰۱۶). کاربرد سوپر جاذب بر روی گیاه گوجه‌فرنگی سبب کاهش میزان پرولین در این تحقیق شد. این نتیجه با نتایج صیدی و همکاران (۲۰۱۴) در گیاه گوجه‌فرنگی و تیموری (۲۰۱۲) در گیاه باقلا مطابقت داشت. به نظر می‌رسد که کاربرد هیدروژل های سوپر جاذب با در اختیار گذاشتن تدریجی آب برای گیاه در موقع نیاز و جلوگیری از وقوع نوسانات رطوبتی از بروز تنش خشکی در گیاه جلوگیری کرده و زمینه را برای کاهش تجمع پرولین در گیاهان تحت تنش مهیا می‌کنند. این نتایج نشان می‌دهد که کاربرد سوپر جاذب در گیاه گوجه‌فرنگی سبب کاهش آثار تنش خشکی در این گیاه می‌شود.

یکی از اثرات تنش‌های محیطی نظیر خشکی افزایش تولید گونه‌های فعال اکسیژن و القای تنش اکسیداتیو است (پسراکلی ۲۰۱۶). گونه‌های فعال اکسیژن منجر به پرکسیداسیون لیپیدهای غشا و تغییر در نفوذ پذیری غشا (نشت یونی) و خسارت به سلول می‌گردند. بنابراین اندازه‌گیری میزان نشت یونی شاخص خوبی برای اندازه‌گیری میزان تنش اکسیداتیو وارد شده به غشا می‌باشد (باندوگلو و همکاران ۲۰۰۴). نتایج نشان داد که با افزایش دور آبیاری نشت یونی افزایش یافت و استفاده از سوپر جاذب باعث کاهش نشت یونی در تمام دوره‌های آبیاری شد (شکل ۲). تنش کم‌آبی با تأثیری که بر روی غشاء سیتوپلاسمی می‌گذارد، سبب ایجاد آسیب بر روی غشاء سیتوپلاسمی می‌شود که این مسئله سبب نشت محتویات سلولی به فضای بین سلولی، و در نهایت سبب مرگ سلول می‌شود (پاندوف و همکاران ۲۰۱۰). کاربرد مواد پلی‌مری سوپر جاذب در شرایط تنش خشکی سبب

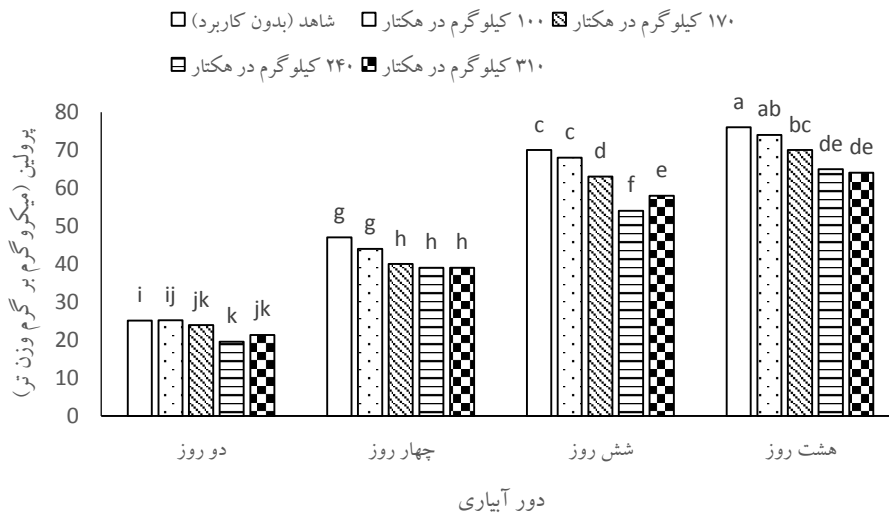
آبیاری و تنش خشکی ناشی از آن، به علت افزایش تولید رادیکال‌های فعال اکسیژن باشد که این رادیکال‌های آزاد باعث پراکسیداسیون و در نتیجه تجزیه این رنگیزه می‌گردد (اسکات و فاگمیر ۲۰۰۱). در تحقیق حاضر کاربرد سوپر جاذب با توانایی نگهداری بالای آب توانست اثرات تنش کم آبی را کاهش دهد. محتوای کلروفیل تحت تأثیر تیمارهای مختلف سوپر جاذب قرار گرفته و سوپر جاذب ۳۱۰ کیلوگرم در هکتار باعث افزایش محتوای کلروفیل نسبت به تیمار شاهد شد (جدول ۲). چون سوپر جاذب به عنوان یک ماده جذب کننده آب و سایر محلول‌ها عمل می‌کند، در جلوگیری از شستشوی عناصر غذایی از اطراف ریشه گیاه اثر مثبت داشته و باعث افزایش محتوای کلروفیل برگ می‌شود (خادم و همکاران ۲۰۱۰). صیدی و همکاران (۲۰۱۴) و نظری (۲۰۱۰) تأثیر مثبت کاربرد سوپر جاذب بر حفظ کلروفیل گیاهان تحت تنش خشکی را گزارش کردند که با نتایج این تحقیق همخوانی دارد.

نتایج نشان داد که اثرات اصلی سوپر جاذب و دور آبیاری در سطح یک درصد و اثر متقابل آن‌ها در سطح ۵ درصد بر محتوای پرولین معنی‌دار شد (جدول ۱). به‌طور کلی با افزایش دور آبیاری در گیاه گوجه‌فرنگی محتوای پرولین افزایش یافت. همچنین نتایج نشان داد که کاربرد سوپر جاذب باعث کاهش محتوای پرولین در تمام دوره‌های آبیاری شد که تأثیر آن در دوره‌های آبیاری شش و هشت روز بیشتر بود (شکل ۱). بیشترین محتوای پرولین (۷/۷۶ میکرومول بر گرم وزن تر نمونه) در ترکیب تیماری سطح صفر سوپر جاذب و دور آبیاری هشت روز مشاهده گردید. در حالی که کمترین مقدار پرولین (۲/۱۹ میکرومول بر گرم وزن تر نمونه) در ترکیب تیماری ۲۴۰ کیلوگرم در هکتار سوپر جاذب و دور آبیاری دو روز ثبت گردید (شکل ۱). از جمله مهم‌ترین موادی که تجمع آن در سلول‌های گیاهی تحت تنش خشکی افزایش می‌یابد می‌توان به اسید آمینه پرولین اشاره کرد که تحت شرایط تنش، مقدار آن افزایش

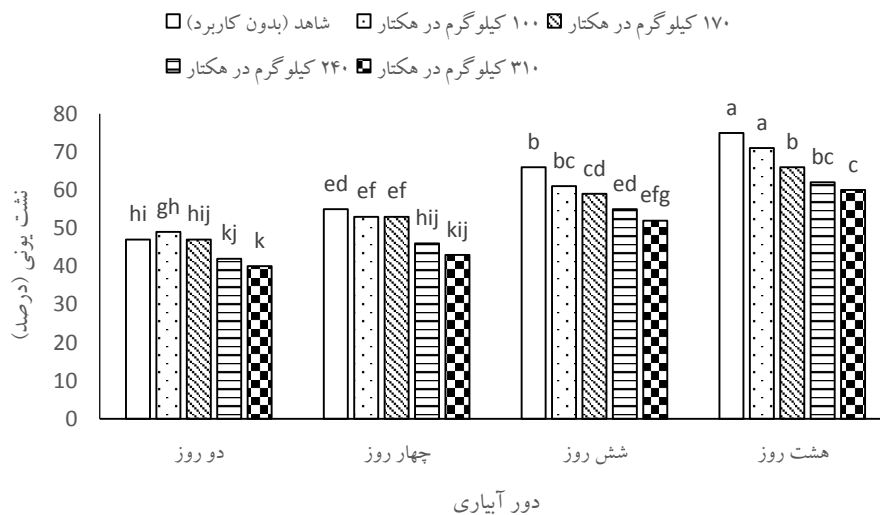


همکاران (۲۰۱۰) نشان دادند که استفاده از مواد سوپر جاذب در شرایط تنش خشکی سبب بهبود شرایط فیزیکی خاک و افزایش میزان ذخیره آب در خاک می‌شود و از این طریق میزان پایداری غشاهای سلولی افزایش می‌یابد که با نتایج تحقیق حاضر همخوانی دارد.

بهبود شرایط فیزیکی خاک و افزایش ذخیره آب در خاک می‌شود و از این طریق میزان پایداری غشاء سلولی افزایش می‌یابد. به عبارت دیگر آسیب وارده به گیاهان در اثر تنش خشکی با کاربرد مواد پلی‌مری سوپر جاذب کاهش می‌یابد (کوچکزاده و همکاران ۲۰۰۰). خادم و



شکل ۱- اثر پلیمر سوپر جاذب بر پرولین برگ گوجه‌فرنگی تحت دوره‌های مختلف آبیاری



شکل ۲- اثر پلیمر سوپر جاذب بر نشت یونی برگ گوجه‌فرنگی تحت دوره‌های مختلف آبیاری

معنی‌دار شد (جدول ۱). بیشترین میزان بازده مصرف آب مربوط به کاربرد سوپر جاذب ۳۱۰ کیلوگرم در

نتایج نشان داد که اثرات اصلی سوپر جاذب و دور آبیاری بر بازده مصرف آب در سطح یک درصد

دسترس گیاه باعث افزایش کارایی مصرف آب شد که با توجه با شرایط خشک کشور استفاده از آن را توجیه پذیر می کند.

به طور کلی نتایج این تحقیق نشان داد که با کاربرد پلیمر سوپر جاذب می توان فواصل آبیاری گوجه فرنگی را افزایش و اثرات سوء تنش کم آبی را در گیاه گوجه فرنگی کاهش داد. کاربرد این ماده سبب افزایش عملکرد و افزایش کارایی مصرف آب شد و تا حدود زیادی آثار تنش خشکی را بر گیاه گوجه فرنگی کاست. با توجه به وسعت زیاد مناطق خشک و نیمه خشک در کشور و بحران محدودیت آب که از دلایل عمده محدودیت رشد و توسعه سطح زیر کشت و عملکرد گیاهان می باشد، در این شرایط سوپر جاذب می تواند راهکار مناسبی برای افزایش سطح زیر کاشت و بهبود عملکرد گوجه فرنگی در کشور باشد.

هکتار و دور آبیاری چهار روز بود. ال- هادی و کاملیا (۲۰۰۶) در بررسی تأثیر پلیمر سوپر جاذب و کمپوست آلی بر عملکرد، جذب مواد غذایی و بازده مصرف آب و کود به وسیله گیاه گوجه فرنگی نشان دادند که این مواد به طور معنی داری وزن تر و خشک گیاه، جذب پتاسیم، فسفر، نیتروژن، عملکرد گیاه و کارایی مصرف کود و آب را افزایش دادند. بازده مصرف آب ارزیابی محصول تولید شده به ازای آب مصرف شده است. استفاده از پلیمر سوپر جاذب هم از طریق افزایش عملکرد و هم از طریق کاهش اتلاف آب باعث افزایش بازده مصرف آب می شود (صیدی و همکاران ۲۰۱۴). نظری و همکاران (۲۰۱۰) گزارش کردند که کاربرد پلیمر سوپر جاذب تا سطح ۳۰ گرم در کیلوگرم خاک سبب افزایش بازده مصرف آب در گیاه آفتابگردان تحت تنش خشکی می شود. در این تحقیق سوپر جاذب با ذخیره رطوبت از هدر رفت آب جلوگیری کرده و با افزایش آب قابل

#### منابع مورد استفاده

- Abedi Koupai J and Mesforoush M, 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 Persian).
- Alizadeh A, 2008. Water, soil plant relationship. Edition 8. Publication of Emam Reza University. Vol 85. (In Persian).
- Anonymous, 2015. FAO website. <http://faostat.fao.org>.
- Arshi Y, 2000. Genetic improvement of vegetable crops. Mashhad Jahad Daneshgahi Publishing. pp. 724. (In Persian).
- Battes LS, Waldren RP and Teare ID, 1973. Rapid determination of free proline for water stress studies. Plant and Soil, 29: 205-207.
- Buchholz FL and Graham, AT, 1997. Modern superabsorbent polymer technology. John Wiley & Sons, pp. 279.
- Diaz-Perez JC, Shckel KL and Sutter EG, 2006. Relative water content. Annals of Botany, 97: 85-96.
- El-Hady OA and El-Dewiny Camilia Y, 2006. 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 plant. Applied Scientific Research, 2(11): 890-898.
- Farooq M. Basra S, Wahid A, Ahmad N and Saleem B, 2009. Improving the drought tolerance in rice (*Oryza sativa* L.) by exogenous application of salicylic acid. Journal of Agronomy and Crop Science, 195: 237-246.

- Flexas J, Ribas-Carbó M, Bota J, Galmés J, Henkle M, Martínez-Cañellas S and Medrano H, 2006. Decreased Rubisco activity during water stress is not induced by decreased relative water content but related to conditions of low stomata conductance and chloroplast CO<sub>2</sub> concentration, *New Phytologist*, 172(1): 73-82.
- Haghighi M, Mozaffarian M and Afifipour Z, 2014. Investigation the effect of super absorbent polymers and different levels of irrigation on growth and some quantitative and qualitative characteristics on tomato fruit. *Journal of Horticultural Science*, 28 (1): 125-133. (In Persian).
- Kafi M, Bourzoie A, Salehi M, Kamandi A and Nabati J, 2009. Physiology environment stresses in plants. First edition. Publication Mashhad Jahad Daneshgahi. (In Persian).
- Khadem SA, Galavi M, Ramordi M, Mousavi SR, Rousta MJ and Rezvani-Moghadam P, 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.
- Liao R, Wu W, Ren S and Yang P, 2016. Effects of superabsorbent polymers on the hydraulic parameters and water retention properties of soil. *Journal of Nanomaterial*, 37: 1.11.
- Lichtenthaler HK and Wellburn AR, 1983. Determination of total carotenoids and chlorophylls a and b of leaf extracts in different solvents. *Biochemical Society Transactions*, 11: 591-592.
- Liptay A, Sikkema P and Fonteno W, 1998. Transplant growth control drought water deficit stress. *Horticultural Technology*, 8:540-543.
- Milani P, França D, Balieiro AG and Faez R, 2017. Polymers and its applications in agriculture. *Polymers*: 10-20.
- Molavi H, Mohammadi M and Lighat AM, 2011. Effect of full Irrigation and alternative furrow irrigation on yield, yield components and water use efficiency of tomato (Super Strain B). *Journal of Water and Soil Science*, 21(3): 115- 126. (In Persian).
- Naderi F, 1996. Investigation of hydrogel inflationary properties in porous media. MSc Thesis of Tarbiat Modares University. (In Persian).
- Naderi F and Vashaghani-Farahani A, 2006. Maintaining soil moisture using water absorbent polymers (hydrogels). *Journal of Water and Soil Science*, 20 (1): 1-9. (In Persian).
- Nazarli H, Zarsashti MR Darvishzadeh R and Najafi S, 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.
- Pandey HC, Baig MJ, Chandra A and Bhatt RK, 2010. Drought stress induced changes in lipid peroxidation and antioxidant system in genus *Avena*. *Journal of Environment Biology*, 31(4): 435-440.
- Pessarakli M. (Ed.), 2016. Handbook of plant and crop stress. CRC press.
- Peterson D, 2002. Hydrophilic polymers-Effect and use in the landscape. *Horticulture Science*, 65- 75.
- Peyvast GH, 2002. Vegetable production. Publication of Agriculture Science. (In Persian).
- Rai A, Singh M and Shah K, 2013. Engineering drought tolerance tomato plants over-Expressing BcZAt12 gene encoding C<sub>2</sub>H<sub>2</sub> zinc finger transcription factor. *Phytochemistry*, 85: 44-50.
- Rostampour F, Seghataleslami M and Mousavi GH. 2010. Effect of drought stress and superabsorbent on relative water content and leaf chlorophyll index and relationship there with grain yield in corn. *Journal of Physiology of Crops*, 2 (1): 19-31. (In Persian).
- Saidi M, Safari-Nia H, Ghanbari F and Sayaari M, 2014. Evaluation of physiological indices of tomato (*Solanum lycopersicum*) plant under different irrigation intervals and superabsorbent polymer A200. *Journal of Crop Production and Processing*, 4 (12): 335-347. (In Persian).
- Schutz M and Fangmeir E, 2001. Growth and yield responses of spring wheat (*Triticum aestivum* L. cv.Minaret) to elevated CO<sub>2</sub> and water limitation. *Environmental Pollution*, 114: 187-194.

- Sun WH, Wu YY, Wen XY, Xiong SJ, He HG, Wang Y and Lu GQ, 2016. Different mechanisms of photosynthetic response to drought stress in tomato and *violet orychofragmus*. *Photosynthetica*, 54(2): 226-233.
- Taiz L and Zeiger E, 2010. *Plant Physiology*, Sinauer Associates, USA.
- Teymori A, 2012. Effect of irrigation round and application of super-absorber polymer on morphological trail, yield and yield components bean under condition of Ilam. Ms.C. Thesis university of Ilam. (In Persian).
- Tohidi-Moghadam HR, Shirani-Rad AH, Nour-Mohammadi G, Habibi D, Modarres-Sanavy AAM, Mashhadi-Akbar-Boojari M and Dolatabadian A, 2009. Response of six oilseed rape genotypes to water stress and hydrogel application. *Pesquisa Agropecuaria Tropical*, 39(3): 243-250.
- Vundavalli R, Vundavalli S, Nakka M and Rao DS, 2015. Biodegradable nano-hydrogels in agricultural farming-alternative source for water resources. *Procedia Materials Science*, 10: 548-554.
- Yazdani F, Dadi A, Akbari GH and Behbehani MR, 2010. Effect of super absorbent polymer (Tarawat A200) and drought stress on soybean yield and yield components (*Glycine max* L.). *Agronomy Journal*, 75: 168-174. (In Persian).
- Zhan FL, Liu MZ, Guo MY and Wu L, 2004. Preparation of superabsorbent polymer with slow-release phosphate fertilizer. *Journal of Applied Polymer Science*, 92: 3417-3421.