نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۲۸، شماره ۱، بهار ۱۳۹۳، ص. ۱۳۳-۱۲۵
شاپا: ۴۷۳۰ - ۲۰۰۸

Journal of Horticultural Science
Vol. 28, No. 1, Spring 2014, P. 125-133
ISSN: 2008 - 4730

بررسی تاثیر پلی‌مر سوپرجاذب و سطوح مختلف کم‌آبیاری بر رشد و برخی خصوصیات کمی و کیفی میوه گوجه‌فرنگی (*Lycopersicum esculentum* L.)

مریم حقیقی[1*]- مریم مظفریان[2]- زهرا عفیفی‌پور[3]

تاریخ دریافت:۱۳۹۱/۱۲/۱۲
تاریخ پذیرش:۱۳۹۲/۸/۱۱

چکیده

پلی‌مرهای سوپرجاذب می‌توانند با جذب مقادیر قابل ملاحظه آب و افزایش قدرت نگهداری آب در خاک، به مرور آن را در اختیار ریشه گیاه قرار دهند. برای تعیین تاثیر کاربرد مقادیر پلی‌مر سوپر جاذب در کاهش اثرات تنش خشکی و افزایش راندمان آبیاری، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با ۴ تکرار و تیمارهای ۰، ۱۰ و ۲۰ درصد حجمی سوپر جاذب و میزان رطوبت۱۰۰ درصد، ۵۰ و ۲۵ درصد ظرفیت زراعی به روش وزنی در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز انجام شد. تنش آبی باعث کاهش اجزای عملکرد چون محتوای کلروفیل، وزن تر و خشک شاخساره شد ولی تاثیر معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد بر شاخص های میوه نداشت. سوپرجاذب باعث بهبود پارامترهای رشدی گوجه‌فرنگی در شرایط تنش شد به‌طوری که در ظرفیت زراعی ۵۰ درصد سوپرجاذب ۱۰ درصد حجمی باعث افزایش ۱۴ درصدی محتوای نسبی آب بافت و ۶۰ درصدی وزن تر ریشه نسبت به تیمار بدون اعمال سوپرجاذب شد. سوپرجاذب ۲۰ درصد حجمی باعث افزایش ۲۲ درصدی کلروفیل در ظرفیت زراعی ۲۵ درصد، سوپرجاذب ۱۰ درصد حجمی به ترتیب باعث افزایش ۲۸ و ۵۳ درصدی محتوای نسبی آب بافت و وزن تر ریشه در ظرفیت زراعی ۲۵ درصد نسبت به تیمار بدون اعمال سوپرجاذب در سطح احتمال ۵ درصد شد. به کار بردن پلی‌مر سوپرجاذب با افزایش ویژگی‌هایی مانند افزایش قدرت نگهداری آب در خاک و ریشه می‌تواند در شرایط تنش رشد معمول گیاه را منجر شود.

واژه‌های کلیدی: تنش خشکی، سوپرجاذب، گوجه‌فرنگی

مقدمه

کمبود آب مهمترین عامل محدود کننده تولید محصولات کشاورزی بویژه در مناطق خشک و نیمه خشک محسوب می‌شود. از آن‌جایی که بیشتر مساحت ایران را مناطق خشک و نیمه‌خشک با منابع آب محدود تشکیل می‌دهد در صورتی که حداقل نیاز آبی گیاه بنا به دلایلی نتواند فراهم شود، گیاه مواجه با تنش خشکی شده و می‌تواند صدمات جبران ناپذیری به محصول وارد آید. تنش شدید کمبود آب باعث افزایش دمای برگ و در نتیجه پژمردگی، پیچیدگی و پیری زود رس برگ‌ها شده است که این نیز کاهش جذب تشعشع فعال فتوسنتزی را در پی داشته و منجر به کاهش تولید ماده خشک می‌شود (۱۶). با افزایش تنش کمبود آب، اسمولیت‌ها با صرف انرژی زیاد در گیاه تجمع یافته و درنتیجه انرژی که می‌توانست برای رشد و توسعه برگ‌ها استفاده گردد صرف کاهش پتانسیل اسمزی شده و در نتیجه شاخص تنش خشکی با تاثیر مستقیم، باعث کاهش شاخص کلروفیل سطح برگ می‌شود (۱۱). در شرایط تنش آب، انتقال الکترون در فتوسیستم II مختل شده و الکترون اضافی خارج شده از آب، باعث تولید اکسیژن فعال و درنتیجه خسارت به غشاء سلولی به دلیل پراکسید شدن چربی‌ها، پروتئین‌ها وکاهش میزان کلروفیل گیاه می‌گردد (۱۷).

جهت استفاده بهینه از منابع آب، روش‌های مختلف آبیاری گسترش یافته است که رایج‌ترین آنها در ایران، آبیاری تحت فشار قطره‌ای می‌باشد. یکی دیگر از روش‌های موثر روش Rootzoone Drying (PRD)Partial است که در این روش فقط قسمتی از ریزوسفر ریشه با درصدی از آب آبیاری به روش معمول، آبیاری می‌شود و به طور متناوب پس از اینکه قسمت باقیمانده ریشه به مقدار

۱- استادیار گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان
۲ و ۳- دانشجوی سابق کارشناسی، دانشجوی سابق کارشناسی ارشد گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز
(* - نویسنده مسئول: Email: mhaghighi@cc.iut.ac.ir)

مشخصی از رطوبت رسید تناوب آبیاری عوض می‌شود (۲۵). برخی مواد نظیر بقایای گیاهی، کود دامی، کود کمپوست و هیدروژل‌های پلی‌مری سوپرجاذب می‌توانند مقادیر متفاوتی آب در خود ذخیره نموده و قابلیت نگهداری و ذخیره‌سازی آب را در خاک افزایش دهند. آب ذخیره شده در این مواد در مواقع کم آبی آزاد شده و مورد استفاده ریشه گیاه قرار می‌گیرد (۹). پلی‌مرهای سوپرجاذب ازجنس هیدروکربن هستند. پلی‌مرهای سوپرجاذب در سه دسته کوپلی‌مر های نشاسته اکریلات، پلی اکریل آمیدها و پلی وینیل الکل‌ها دسته‌بندی می‌شوند (۷). این مواد چندین برابر وزن خود آب را جذب، نگهداری و در اثر خشک شدن محیط، آب داخل پلی‌مر به تدریج تخلیه می‌شود و بدین ترتیب خاک به مدت طولانی و بدون نیاز به آبیاری مجدد مرطوب می‌ماند (۲۲). ذرات هیدروژل سوپرجاذب تا رسیدن به حجم تعادلی خود متورم شده و به دلیل داشتن اتصالات عرضی در شبکه پلی‌مری خود، تورم باعث انحلال آن‌ها نمی‌شود. برخلاف مواد اسفنجی که جذب آب درآن‌ها فیزیکی است، جذب آب در پلی‌مرها به صورت شیمیایی است و به همین دلیل پلی‌مرها حتی تحت فشار هم آب را به مدت طولانی‌تری حفظ می‌کنند (۶). مقدار جذب آب در این پلی‌مرها بسته به فرمولاسیون، ناخالصی‌ها ومیزان نمک موجود درآب از مقادیر بسیارکم حدود ۲۰ برابر تا بیش از۲۰۰۰ برابر وزنی متغیر است (۱). این خصوصیت برای مقابله با شرایط کم آبی و کاهش اثرات مضر تنش خشکی در گیاهان اهمیت بسزایی دارد. سرعت تجزیه بیولوژیکی پلی‌مرهای سوپر جاذب در خاک به ابعاد خاک‌دانه و میزان مواد آلی بستگی دارد. همچنین با کاهش اکسیژن خاک و در نتیجه کاهش فعالیت باکتری‌ها سرعت تجزیه بیولوژیکی پلی‌مرهای سوپر جاذب نیز کاهش می‌یابد. پلی‌مرهای سوپر جاذب بر میزان نفوذ آب در خاک، وزن مخصوص ظاهری، ساختمان خاک و نیز میزان تبخیر از سطح خاک تاثیر می‌گذارند. هدف اصلی از افزودن پلی‌مرهای سوپر جاذب به خاک، بالا بردن ظرفیت نگهداری آب در خاک است (۹).

فاضلی رستم پور و همکاران (۶) در آزمایشی که به منظور بررسی اثر سوپرجاذب بر گیاه ذرت تحت تنش خشکی انجام شد، گزارش کردند که سوپر جاذب بر شاخص کلروفیل تاثیر مثبت و معنی‌داری داشت ولی بر محتوای نسبی آب برگ تاثیر معنی‌داری نداشته است. این نتایج با نتایج آزمایش دانشمندی (۲) که اثر پلی‌مر سوپر جاذب در شرایط تنش خشکی در گیاه دارویی ریحان را بررسی کرد، متفاوت است. دانشمندی گزارش کرد که افزایش درصد سوپرجاذب باعث روند صعودی میزان نسبی آب برگ، تعداد و سطح برگ و ارتفاع گیاه ریحان می‌شود. در آزمایش دیگری مشاهده شد که کاربرد ۲۲۵ کیلوگرم پلی‌مر سوپر جاذب در هکتار بهترین تاثیر بر رشد و عملکرد گیاه سویا در تمامی شرایط آبیاری و تنش خشکی دارد (۹). همچنین در پژوهشی دیگر مشاهده شد که می‌توان با کاربرد سوپر جاذب در مزارع طالبی دور آبیاری را به جای ۶ روز، ۱۲ روز یکبار در نظر گرفت که راندمان مصرف آب افزایش پیدا می‌کند (۸).

تا کنون مطلعات جداگانه‌ای روی اثر سوپرجاذب و یا روش کم آبیاری به عنوان روش‌های موثر در کاهش میزان آبیاری صورت گرفته است لذا هدف از انجام این آزمایش بررسی همزمان تاثیر سطوح مختلف تنش خشکی حاصل از کم‌آبیاری و کاربرد سوپر جاذب بر شاخصهای رشد و عملکرد گوجه‌فرنگی می‌باشد.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی اثر سوپر جاذب بر گیاه گوجه فرنگی *Lycopersicum esculentum* Mill c.v. Falcato تحت شرایط تنش خشکی، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با ۴ تکرار در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز انجام شد، برای پر کردن گلدان‌ها، محیط کشت خاک/ پرلیت با نسبت حجمی ۱ به ۱ تهیه و هر گلدان با سوپر جاذب‌های مربوط به هر تیمار بر اساس صفر درصد به عنوان شاهد، ۱۰ و ۲۰ درصد حجمی بستر با محیطهای کشت مخلوط و در گلدان‌ها ریخته شد. نشاهای گوجه فرنگی پس از مرحله ۵- ۶ برگی به گلدان‌ها منتقل شد و تیمارهای آبیاری بر اساس ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ درصد آب مورد نیاز گیاه بر حسب ظرفیت مزرعه (بهبودیان، ۱۹۹۴) به روش وزنی (۲۵) در طول آزمایش انجام شد. همچنین کوددهی با NPK در زمان گدهی و میوه دهی به غلظت ۲ در هزار انجام شد.

برداشت محصول در زمان ۵۰ روز بعد از شروع تشکیل میوه انجام شد و در مرحله برداشت کلیه میوه‌ها پس از شمارش و تعیین مرحله فیزیولوژیک میوه (سبز، قرمز و نارنجی) وزن شده و میزان مواد جامد محلول و عارضه پوسیدگی گلگاه آنها ثبت شد. سپس گیاه به طور کامل از گلدان خارج و بدون وارد شدن آسیب به ریشه، ریشه‌ها کاملاً شسته و برای اندازه‌گیری به آزمایشگاه برده شد و فاکتورهای وزن تر، شاخص پایداری غشا سلولی MSI از روش سریم و سریواستا (۱۹) ومقدار نسبی آب بافتRWC از روش ریچی و همکاران (۱۸) و وزن خشک اندازه‌گیری شد. میزان مواد جامد محلول میوه بوسیله رفرکتومتر مدل ATC-1Atago, Japanاندازه‌گیری شد. در پایان آزمایش محتوای کلروفیل[1] گیاه با استفاده از دستگاه SPAD(مدل Minolta-502) اندازه گیری شد.

پس از برداشت، میوه‌ها به وسیله ترازوی دقیق توزین شدند و برای اندازه‌گیری وزن خشک، میوه‌ها در آون با دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت قرار گرفت و پس از ثابت شدن وزن دوباره توزین شد. جهت اندازه‌گیری وزن تر و خشک اندام هوایی، ابتدا

1- SPAD Value

ریشه از محل طوقه از قسمت شاخساره جدا شد و وزن تر ریشه و شاخساره به طور جداگانه با ترازوی دیجیتال دقیق اندازه‌گیری شد. سپس نمونه‌های ریشه و شاخساره به طور جداگانه درون پاکت قرار گرفتند و در آزمایشگاه درون آون با دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد در مدت ۴۸ ساعت خشک شدند. از ترازوی دیجیتالی دقیق برای اندازه گیری وزن خشک نمونه‌ها استفاده شد.

ویژگی‌های سوپرجاذب مورد استفاده از جمله میزان جذب آب، بیشترین میزان نگهداری آب خاک، میزان تورم دانه‌ها و میزان ژلی شدن دانه‌های سوپر جاذب نیز در این آزمایش اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری میزان جذب آب، وزن مشخصی از سوپر جاذب (حدود ۰/۵ گرم) درون مقدار مشخصی آب در دمای اتاق و برای مدت ۲ ساعت غوطه‌ور شد. پس از آن بوسیله توری آب جذب نشده از دانه ها جدا شد و ژل بدست آمده وزن شد. میزان جذب آب بوسیله معادله زیر بدست آمد، که در این معادله M وزن سوپر جاذب پس از جذب آب و M_0 وزن سوپر جاذب خشک بود و WA میزان جذب آب بر گرم سوپر جاذب خشک بود. در این آزمایش ۱۱۵/۵۸ میزان آب بر وزن خشک بود (۲۲).

$$WA = (M - M_0)/M_0$$

بیشترین میزان نگهداری آب در این آزمایش در خاک بدون سوپرجاذب ۳۴/۶۴ درصد بود در حالی که این میزان با حضور سوپرجاذب در خاک ۵۲/۱۵ درصد شد. این ویژگی به صورت زیر اندازه‌گیری شد. ۲ گرم سوپر جاذب با ۲۰۰ گرم خاک به خوبی آمیخته شده و به عنوان W1 وزن شد. نمونه خاک به آرامی آبیاری شد تا زمانی که تمام نمونه خیس شد و آب از ته آن خارج شد. پس از خروج آب اضافی نمونه وزن شد (W2). یک آزمایش به عنوان شاهد بدون سوپرجاذب نیز انجام شد و بوسیله معادله زیر بیشترین میزان نگهداری آب خاک اندازه‌گیری شد (۲۲).

$$W\% = 100 \times (W2 - W1) / (W2 - W1 + 200)$$

میزان تورم دانه‌ها نیز بوسیله غوطه‌ور کردن میزان مشخصی از دانه‌های سوپر جاذب (۲ گرم) در آب مقطر به مدت ۱۵ دقیقه در دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد، اندازه‌گیری شد. پس از این مدت دانه‌ها از آب خارج شده و بوسیله کاغذهای جاذب آب اضافی آن‌ها گرفته شد و وزن شد. این آزمایش سه بار تکرار شد و در نهایت میانگین وزن دانه‌های متورم شده بدست آمد. معادله زیر برای بدست آوردن میزان تورم دانه‌ها استفاده شد، که در این آزمایش این میزان ۳۴ گرم بر گرم وزن خشک دانه‌ها بود (۱۰).

$$\text{Swelling ratio (g/g)} = (Ws - Wg)/Wg$$

درصد تورم سوپرجاذب Wsو Wgبه ترتیب وزن تر و خشک نمونه است.

میزان ژلی شدن دانه‌ها نیز در این آزمایش اندازه‌گیری شد. برای این کار، میزان مشخصی از دانه های سوپرجاذب (۲ گرم) در کیسه‌های استریل ریخته شد و برای مدت ۴۸ ساعت در آب مقطر ۷۵ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد. پس از آن ژل بدست آمده در آون خشک شد. این آزمایش برای ۳ بار متوالی انجام شد و میانگین وزن نمونه خشک بدست آمد. درصد ژلی شدن دانه‌ها از معادله زیر بدست آمد که Wg و Ws به ترتیب وزن نمونه ژل قبل و بعد از جذب آب است (۱۰). در این آزمایش درصد ژلی شدن نمونه سوپر جاذب ۴۹ درصد بود.

$$\text{Gel \%} = (Wg/Wi) \times 100$$

آنالیز آماری داده‌ها توسط نرم افزار Statestix8 و مقایسه میانگین‌ها توسط آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد صورت گرفت. زمانی که ضریب تغییرات به دلیل پراکندگی داده‌ها بیش از ۳۰ بود نرمال کردن و تبدیل داده‌ها به روش لگاریتمی توسط نرم‌افزار Statestix8 انجام شد.

نتایج

اثر میزان آبیاری و سوپر جاذب بر تغییرات رشدی گوجه‌فرنگی

نتایج این پژوهش نشان داد که، با کاهش میزان آبیاری شاخص محتوای کلروفیل به طور معنی‌داری کاهش یافت به طوری که کمترین محتوای کلروفیل در ظرفیت زراعی ۲۵ درصد مشاهده شد که ۱۰ درصد نسبت به تیمار شاهد کاهش داشت (جدول۱). سطوح مختلف خشکی تاثیر معنی‌داری بر شاخص پایداری غشا سلول نداشت. با کاهش میزان آبیاری محتوای نسبی آب بافت به طور معنی‌داری کاهش یافت به طوری که کمترین میزان محتوای نسبی آب بافت در تیمار ۲۵درصد ظرفیت زراعی مشاهده شد که ۱۵ درصد نسبت به تیمار شاهد کاهش یافت (جدول ۱). با کاهش میزان آبیاری به طور معنی داری وزن تر شاخساره نیز کاهش یافت به طوری که در ظرفیت زراعی ۵۰ درصد ۱۴ درصد و در ظرفیت زراعی ۲۵ درصد ۸۰ درصد نسبت به شاهد کاهش یافت. کمترین وزن خشک شاخساره در ظرفیت زراعی ۲۵ درصد مشاهده شد. تنش خشکی تاثیر معنی‌داری بر وزن تر و خشک ریشه نداشت (جدول ۱).

وزن تر میوه نیز تحت تاثیر خشکی قرار گرفته و وزن میوه با کاهش میزان آبیاری کاهش یافت هر چند این کاهش از نظر آماری معنی‌دار نبود (جدول ۲). کاهش درصد آبیاری تاثیر معنی‌داری بر وزن خشک میوه و نیز میزان مواد جامد محلول نداشت. کمترین تعداد میوه و کاهش قطر میوه در تیمار ۲۵ درصد ظرفیت زراعی مشاهده شد (جدول۲) به طوری که کاهش تعداد میوه و کوچک شدن میوه باعث کاهش عملکرد میوه می‌گردد.

میزان سوپر جاذب اثر معنی‌داری بر محتوای کلروفیل نداشت. با کاربرد سوپر جاذب محتوی نسبی آب بافت افزایش یافت و بیشترین محتوی نسبی آب بافت با کاربرد سوپر جاذب ۱۰ درصد حجمی مشاهده شد هرچند که این تغییرات از نظر آماری معنی‌دار نبود (جدول۳).

جدول ۱- اثر تنش خشکی بر برخی از شاخص‌های رشدی گیاه

سطح آبیاری	شاخص محتوای کلروفیل	شاخص پایداری غشا سلول٪	محتوای نسبی آب بافت٪	وزن تر شاخساره(گرم)	وزن خشک شاخساره(گرم)	وزن تر ریشه (گرم)	وزن خشک ریشه (گرم)
۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی	۳۶/۷۰a	۶۲/۴۲a	۱۰۲/۱۸a	۹۲/۰۰a	۱۰/۷۲a	۱۹/۴۳a	۹/۳۱a
۵۰ درصد ظرفیت زراعی	۳۳/۵۳ab	۵۶/۶۸a	۹۲/۵۵ab	۸۰/۷۰ab	۸/۹۴ab	۲۰/۱۰a	۶/۷۲a
۲۵ درصد ظرفیت زراعی	۳۳/۱۶b	۵۵/۴۳a	۸۹/۶۰b	۵۰/۹۳b	۶/۹۸b	۱۴/۲۶a	۶/۲۴a

†حروف یکسان سطح معنی‌داری مشابهی را توسط آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد در هر ستون نشان می‌دهد.

جدول ۲- اثر تنش خشکی بر برخی از شاخص‌های میوه

خشکی	متوسط وزن میوه (گرم)	وزن خشک میوه (گرم)	مواد جامد محلول٪	تعداد میوه در بوته	قطر میوه (سانتی‌متر)
۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی	۴۴/۳۶a	۱۱/۶۱a	۴/۵۸a	۹a	۱۴/۴۹a
۵۰ درصد ظرفیت زراعی	۲۳/۶۳a	۱۲/۱۳a	۴/۴۸a	۱۱a	۱۳/۳۸ab
۲۵ درصد ظرفیت زراعی	۳۸/۲۶a	۱۵/۵۶a	۵/۶۱a	۶a	۱۰/۳۳b

†حروف یکسان سطح معنی‌داری مشابهی را توسط آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد در هر ستون نشان می‌دهد.

وزن تر شاخساره به طور معنی‌داری با کاربرد سوپرجاذب افزایش یافت به طوری که با اعمال سوپرجاذب ۱۰ درصد حجمی ۶ درصد و با اعمال سوپرجاذب ۲۰ درصد حجمی ۲۵ درصد نسبت به شاهد افزایش داشت. سوپر جاذب بر وزن خشک شاخساره تاثیر معنی‌داری نداشت ولی کاربرد سوپر جاذب باعث افزایش جزئی نسبت به تیمار شاهد شد (جدول۳). بیشترین وزن تر ریشه در تیمار ۲۰ درصد حجمی سوپر جاذب مشاهده شد که ۲۰ درصد نسبت به تیمار شاهد افزایش داشت (جدول ۳).

کاربرد سوپر جاذب تاثیر معنی‌داری بر میزان قند میوه، تعداد کل میوه و قطر میوه نداشت (داده‌ها نشان داده نشده است). بیشترین وزن تر میوه در تیمار ۱۰ درصد حجمی سوپرجاذب مشاهده شد هرچند که تفاوت معنی‌داری بین تیمارهای مختلف مشاهده نشد. با کاربرد سوپرجاذب وزن خشک میوه به طور معنی‌داری کاهش یافت به طوری که در تیمار ۲۰ درصد حجمی سوپر جاذب کمترین وزن خشک میوه مشاهده شد (جدول ۴).

اثرات متقابل میزان آبیاری و سوپر جاذب بر تغییرات رشدی گوجه‌فرنگی

در بررسی اثر متقابل میزان آبیاری و سوپر جاذب مشاهده شد که بیشترین محتوای کلروفیل در ظرفیت زراعی ۲۵ درصد با کاربرد ۲۰ درصد حجمی سوپر جاذب می‌باشد که افزایش محتوای کلروفیل ۱۷/۳۵ درصد نسبت به ظرفیت زراعی ۲۵ درصد و سوپرجاذب ۱۰ درصد حجمی و ۲۱/۵۱ درصد نسبت به ظرفیت زراعی ۲۵ درصد و بدون سوپر جاذب افزایش محتوای کلروفیل بود، در ظرفیت زراعی ۵۰ درصد سوپر جاذب تاثیر معنی‌داری بر محتوای کلروفیل مشاهده نشد (جدول ۵).

جدول ۳- اثر سطوح مختلف سوپرجاذب بر برخی از شاخص‌های رشدی گیاه

سوپرجاذب	شاخص محتوای کلروفیل (٪)	شاخص پایداری غشا سلول (٪)	محتوای نسبی آب بافت (٪)	وزن تر شاخساره (گرم)	وزن خشک شاخساره (گرم)	وزن تر ریشه (گرم)	وزن خشک ریشه (گرم)
شاهد	۳۰/۱۶a	۶۴/۴۲a	۹۸/۱۱ab	۶۸/۶۶c	۸/۱۰a	۱۵/۴۶b	۹/۳۱a
۱۰٪ حجمی سوپرجاذب	۳۰/۳۳a	۵۹/۸۷a	۱۰۶/۵۴a	۷۳/۲۳b	۹/۶۹a	۱۰/۶۳b	۳/۶۵c
۲۰٪ حجمی سوپرجاذب	۲۸/۳۶a	۶۵/۱۷a	۱۰۱/۸۸b	۹۲/۰۰a	۱۳/۱۹a	۱۹/۴۳a	۶/۰۸b

†حروف یکسان سطح معنی‌داری مشابهی را توسط آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد در هر ستون نشان می‌دهد.

جدول ٤- اثر سطوح مختلف سوپر جاذب بر برخی از شاخص‌های میوه

سوپر جاذب	وزن تر میوه (گرم)	وزن خشک میوه (گرم)	مواد جامد محلول (٪)
شاهد	۴۴/۳۶a	۱۱/۶۱a	۴/۵۸a
۱۰٪ حجمی سوپر جاذب	۶۰/۵۲a	۷/۶۵ab	۳/۸۴a
۲۰٪ حجمی سوپر جاذب	۳۵/۰۲a	۱/۰۱b	۲/۶۶a

†حروف یکسان سطح معنی‌داری مشابهی را توسط آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد در هر ستون نشان می‌دهد.

در ظرفیت زراعی ۵۰ و ۲۵ درصد کاربرد ۱۰ درصد حجمی سوپر جاذب باعث افزایش محتوای نسبی آب بافت نسبت به شرایط بدون سوپر جاذب شد به طوری که در ظرفیت زراعی ۵۰ درصد، ۱۴ درصد نسبت به شاهد و ۶ درصد نسبت به تیمار ۲۰ درصد حجمی سوپر جاذب افزایش داشت و در ظرفیت زراعی ۲۵ درصد، سوپر جاذب ۱۰ درصد حجمی باعث افزایش ۲۸/۴۶ و ۱۰ درصد محتوای نسبی آب بافت نسبت به شاهد و ۲۰ درصد حجمی سوپر جاذب شد (جدول۵). بیشترین شاخص پایداری غشا سلول، در تیمار ظرفیت زراعی ۵۰ درصد و کاربرد ۱۰ درصد سوپر جاذب حجمی مشاهده شد و کمترین شاخص پایداری غشا سلول در تیمار ۵۰ درصد ظرفیت زراعی و اعمال ۲۰ درصد حجمی سوپرجاذب مشاهده شد (جدول ۵).

جدول۵- اثر متقابل تنش خشکی و سوپرجاذب بر محتوای کلروفیل، محتوای نسبی آب بافت، شاخص پایدار غشا سلول

ظرفیت زراعی	میزان سوپرجاذب	محتوای کلروفیل	محتوای نسبی آب بافت ٪	شاخص پایداری غشا سلول ٪
٪۱۰۰	شاهد	۳۶/۷۰ab	۹۸/۱۱ab	۶۴/۴۲ab
	۱۰٪ حجمی	۳۰/۳۳bc	۱۰۶/۵۴a	۵۹/۸۷abc
	۲۰٪ حجمی	۲۸/۳۶bc	۱۰۱/۸۳ab	۶۵/۱۷ab
٪۵۰	شاهد	۳۳/۵۳abc	۸۵/۲۱bc	۵۲/۶۸bc
	۱۰٪ حجمی	۳۲/۲۶abc	۹۹/۲۴ab	۷۷/۹۲a
	۲۰٪ حجمی	۳۴/۰۳abc	۹۳/۱۸abc	۳۹/۷۱c
٪۲۵	شاهد	۳۰/۱۶bc	۷۴/۰۵c	۴۳/۶۳c
	۱۰٪ حجمی	۳۱/۷۶bc	۱۰۱/۵۱ab	۵۱/۹۶bc
	۲۰٪ حجمی	۳۸/۴۳a	۹۳/۲۴ab	۵۱/۳۸bc

†حروف یکسان سطح معنی‌داری مشابهی را توسط آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد در هر ستون نشان می‌دهد.

سوپر جاذب ۲۰ درصد حجمی در ظرفیت زراعی ۵۰ درصد اثرات تنش را کاهش داد به طوری که ۱۵/۸۲ و ۴۸ درصد افزایش نسبت به تیمار ۱۰ درصد حجمی و شاهد داشت و در ظرفیت زراعی ۲۵ درصد کاربرد سوپر جاذب ۲۰ درصد حجمی ۲۶/۷ درصد افزایش وزن تر شاخساره نسبت به تیمار بدون سوپر جاذب داشت. بیشترین میزان وزن تر شاخساره در تیمار بدون تنش خشکی و سوپر جاذب ۲۰ درصد حجمی مشاهده شد که تفاوت معنی‌داری با تیمار ظرفیت زراعی ۵۰ درصد و سوپر جاذب ۲۰ درصد حجمی نداشت (جدول ۶). در ظرفیت زراعی ۵۰ و ۲۵ درصد وزن خشک شاخساره تحت تاثیر کاربرد سوپرجاذب قرار گرفت، وزن خشک در تیمار ظرفیت زراعی۵۰ درصد با اعمال سوپر جاذب ۱۰ و ۲۰ درصد حجمی ۳۱ و ۴۰ درصد نسبت به تیمار بدون سوپر جاذب افزایش یافت و در ظرفیت زراعی ۲۵ درصد با کاربرد سوپر جاذب ۱۰ و ۲۰ درصد حجمی ۲۰ و ۴۱ درصد وزن خشک افزایش نشان داد. بیشترین وزن خشک در تیمار ۲۰ درصد حجمی سوپرجاذب بدون تنش خشکی و کمترین در تیمار ۲۵ درصد ظرفیت زراعی بدون کاربرد سوپرجاذب بود (جدول ۶). در ظرفیت زراعی ۵۰ درصد و تیمار ۲۰ درصد حجمی (۷۰ درصد افزایش نسبت به بدون سوپرجاذب) و در ظرفیت زراعی ۲۵ درصد و تیمار ۱۰ درصد حجمی سوپرجاذب (۵۳ درصد افزایش نسبت به تیمار بدون سوپرجاذب) بیشترین وزن تر مشاهده شد (جدول ۶). بیشترین وزن خشک ریشه در تیمار شاهد (۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی و بدون کاربرد سوپرجاذب، ۱۹/۳۱ گرم) و کمترین وزن خشک در تیمار ظرفیت زراعی ۲۵ درصد و سوپرجاذب ۲۰ درصد حجمی (۱/۶۴ گرم) بود، اعمال سوپرجاذب اثر مفیدی در کاهش اثرات تنش بر وزن خشک ریشه نداشت (جدول ۶).

بیشترین تعداد میوه در تیمار ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی و ۱۰ درصد سوپرجاذب حجمی مشاهده شد. تیمارهای مختلف تنش خشکی و سوپرجاذب تاثیر معنی‌داری بر وزن تر میوه نداشت (داده‌ها نشان داده نشده است).

جدول ٦- اثر متقابل تنش خشکی و سوپرجاذب بر برخی از شاخص‌های رشدی گیاه

ظرفیت زراعی	میزان سوپر جاذب	وزن تر شاخساره (گرم)	وزن خشک شاخساره (گرم)	وزن تر ریشه (گرم)	وزن خشک ریشه (گرم)
٪۱۰۰	شاهد	۶۸/۶۶abc	۸/۱۰abc	۱۹/۴۳a	۹/۳۱a
	۱۰٪ حجمی	۷۳/۲۳ab	۹/۶۹abc	۱۰/۶۳ab	۳/۶۵bc
	۲۰٪ حجمی	۹۲/۰۰a	۱۳/۱۹a	۱۵/۴۶ab	۶/۰۸ab
٪۵۰	شاهد	۴۱/۸۳cd	۷/۴۹abc	۸/۵۰bc	۶/۷۶ab
	۱۰٪ حجمی	۶۷/۹۳abc	۱۰/۸۹ab	۸/۰۶bc	۳/۸۱b
	۲۰٪ حجمی	۸۰/۷۰a	۱۲/۳۶ab	۲۰/۱۰a	۳/۱۳bc
٪۲۵	شاهد	۳۷/۳۳cd	۴/۷۲b	۸/۱۳c	۶/۲۴ab
	۱۰٪ حجمی	۵۰/۲۰bcd	۵/۹۷c	۱۷/۶۰ab	۴/۰۶b
	۲۰٪ حجمی	۵۰/۹۳bcd	۸/۰۳bc	۱۳/۴۰ab	۱/۶۴c

†حروف یکسان سطح معنی‌داری مشابهی را توسط آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد در هر ستون نشان می‌دهد.

در تیمار ۵۰ درصد ظرفیت زراعی اعمال سوپرجاذب ۲۰ درصد حجمی باعث افزایش ۸۰ درصدی وزن خشک میوه و در تیمار ۲۵ درصد ظرفیت زراعی تیمار ۱۰ درصد حجمی سوپرجاذب باعث افزایش ۵۰ درصدی وزن خشک میوه نسبت به تیمار بدون اعمال سوپرجاذب شد. اعمال تیمارهای سوپرجاذب باعث افزایش معنی دار قطر میوه نسبت به تیمارهای تنش خشکی بدون اعمال سوپرجاذب شد (جدول ۷).

جدول ۷- اثر متقابل تنش خشکی و سوپرجاذب بر برخی از شاخص‌های میوه

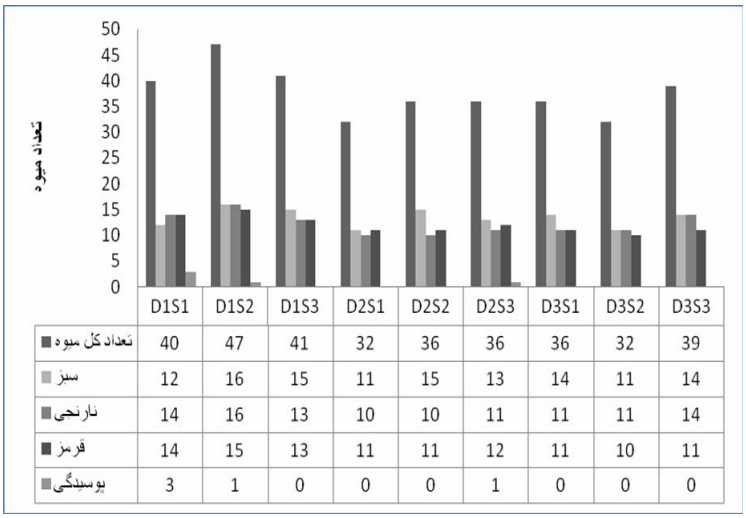
ظرفیت زراعی	میزان سوپر جاذب	تعداد میوه	وزن خشک میوه (گرم)	مواد جامد محلول (٪)	قطر میوه (سانتی متر)
٪۱۰۰	شاهد	۱۳/۳۳ab	۲/۹۹a	۴/۵۸ab	۱۴/۴۹ab
	۱۰٪ حجمی	۱۵/۶۶a	۲/۸۲a	۳/۸۴ab	۱۰/۰۶d
	۲۰٪ حجمی	۱۳/۳۳ab	۰/۵۵b	۲/۶۶b	۱۴/۱۷bc
٪۵۰	شاهد	۱۰/۶۶b	۰/۵۹b	۳/۹۷ab	۱۳/۳۸bcd
	۱۰٪ حجمی	۱۲/۰۰ab	۲/۵۲ab	۴/۳۸ab	۱۳/۶۱bcd
	۲۰٪ حجمی	۱۲/۰۰ab	۳/۵۸a	۴/۴۸ab	۱۸/۲۶a
٪۲۵	شاهد	۱۲/۰۰ab	۱/۹۵ab	۲/۷۵b	۱۰/۳۳cd
	۱۰٪ حجمی	۱۰/۶۶b	۳/۵۶a	۵/۶۱a	۱۰/۷۶bcd
	۲۰٪ حجمی	۱۳/۰۰ab	۳/۶۷a	۴/۳۸ab	۱۳/۸۸bcd

†حروف یکسان سطح معنی‌داری مشابهی را توسط آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد در هر ستون نشان می‌دهد

با کاهش ظرفیت زراعی تعداد کل میوه‌ها، میوه‌های نارنجی و قرمز کاهش یافت، با کابرد سوپرجاذب در شرایط بدون تنش تعداد میوه‌ها افزایش یافت به طوری که بیشترین تعداد میوه در تیمار ۱۰ درصد حجمی سوپر جاذب مشاهده شد که نسبت به شاهد (۱۴ درصد) افزایش داشت، تعداد میوه با پوسیدگی گلگاه تحت تاثیر سوپرجاذب قرار گرفت و تعداد میوه با عارضه پوسیدگی گلگاه کاهش یافت به طوری که در تیمار ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی و سوپر جاذب ۲۰ درصد حجمی پوسیدگی مشاهده نشد. در ظرفیت زراعی ۵۰ درصد کاربرد سوپر جاذب باعث افزایش تعداد میوه نسبت به تیمار تنش بدون سوپر جاذب شد. در ظرفیت زراعی ۲۵ درصد کاربرد سوپر جاذب و ۲۰ درصد حجمی باعث افزایش تعداد میوه نسبت به تیمار بدون سوپر جاذب و تیمار سوپرجاذب ۱۰ درصد حجمی شد. بیشترین تعداد میوه در تیمار بدون تنش و سوپرجاذب ۱۰ درصد مشاهده شد (شکل۱).

بحث

بر اساس نتایج این پژوهش، تنش خشکی به طور معنی‌داری ویژگی‌های اندازه گیری شده در گوجه‌فرنگی را تحت تاثیر قرار داد و باعث کاهش وزن تر و خشک، محتوای نسبی آب برگ و میزان کلروفیل شد.



	D1S1	D1S2	D1S3	D2S1	D2S2	D2S3	D3S1	D3S2	D3S3
تعداد کل میوه	40	47	41	32	36	36	36	32	39
سبز	12	16	15	11	15	13	14	11	14
نارنجی	14	16	13	10	10	11	11	11	14
قرمز	14	15	13	11	11	12	11	10	11
پوسیدگی	3	1	0	0	0	1	0	0	0

شکل ۱- اثر متقابل تنش خشکی و سوپرجاذب بر تعداد میوه در مراحل مختلف فیزیولوژیک

نتایج این پژوهش با یافته‌های دیگر پژوهشگران که اثرات تنش خشکی را بررسی کردند، همسو است. تنش خشکی یکی از مهمترین عوامل تنش‌زای محیطی است که روی اکثر مراحل رشد گیاه آثار مخربی وارد می‌کند (۲۴).

خشکی با ایجاد تغییرات مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی متعددی که در گیاه به وجود می‌آورد و با متوقف نمودن گسترش سلولها و کاهش فشار آماس می‌تواند بر روی وزن تر و خشک گیاه تأثیر گذاشته و آنها را کاهش دهد. خشکی باعث کاهش انتقال مواد غذایی از خاک به گیاه می‌شود و باعث کاهش معنی‌دار وزن خشک نسبت به گیاهان شاهد می‌شود (۱۵) که در این آزمایش این نتایج مشاهده شد و وزن تر و خشک شاخساره با کاهش ظرفیت زراعی مزرعه کاهش یافت. همچنین محتوای نسبی آب بافت با اعمال تیمارهای تنش کاهش یافت و کمترین محتوی نسبی آب بافت در تیمار ۵۰ درصد ظرفیت زراعی مشاهده شد، محتوای نسبی آب بافت بوسیله افزایش تبخیر و تعرق در گیاه کاهش می‌یابد. سانتوس و همکاران (۲۰) گزارش کرد که محتوی نسبی آب بافت آفتابگردان در تنش در مقایسه با شرایط غیرتنش کاهش می‌یابد. استرس خشکی باعث کاهش پتانسیل آب بافت می‌شود و پدیده اسمزی کمک به توسعه سلول و رشد گیاه در تنش می‌شود و این معین می‌کند که کاهش پتانسیل آب بافت نرخ فتوسنتز را کاهش خواهد داد (۲۰). افزایش تنش خشکی باعث کاهش معنی‌دار میزان کلروفیل گیاه شد. کلروفیل شاخص مناسبی برای ارزیابی شدت استرس است. شدت‌های تنش بوسیله تغییر در میزان کلروفیل، تاثیر بر ترکیبات کلروفیل و تخریب اجزای فتوسنتزی مانع فتوسنتز ذرت می‌شود (۲۱).

سوپر جاذب با توانایی نگهداری بالای آب توانسته اثرات تنش را کاهش دهد، محتوای کلروفیل تحت تاثیر تیمارهای مختلف سوپرجاذب قرار گرفته و سوپرجاذب ۲۰ درصد حجمی در شرایط تنش (ظرفیت زراعی ۵۰ و ۲۵ درصد) باعث افزایش محتوای کلروفیل نسبت به تیمار شاهد شد. به دلیل اینکه سوپرجاذب به عنوان یک ماده جذب‌کننده آب و سایر محلول‌ها عمل می‌کند، در جلوگیری از شست‌وشوی ازت از اطراف ریشه گیاه اثر مثبت داشته و باعث افزایش محتوای کلروفیل برگ می‌شود (۶). زو و همکاران (۲۳) گزارش کردند که شاخص کلروفیل سورگوم با میزان کلروفیل ارتباط خطی مثبت دارد و برگ‌هایی که شاخص کلروفیل بالاتری دارند دوام بیشتری داشته و مدت زمان استفاده از تشعشع و فتوسنتز در آن‌ها افزایش می‌یابد (۲۳). در بررسی تاثیر تنش خشکی و سوپرجاذب بر محتوی نسبی آب و شاخص کلروفیل در گیاه ذرت، مشاهده شد که سوپر جاذب بر شاخص کلروفیل تاثیر مثبت و معنی‌داری دارد ولی در بررسی اثر متقابل آبیاری و سوپرجاذب بر شاخص کلروفیل معنی‌دار نبود. در آزمایشی که توسط شیخ مرادی و همکاران (۵) در بررسی اثر سوپرجاذب و تنش خشکی بر گیاه چمن انجام شد، مشاهده کردند که سوپرجاذب و دور آبیاری بر شاخص کلروفیل تاثیر معنی‌دار گذاشت که نشان دهنده کاربرد مفید سوپرجاذب و اثر مثبت آن می‌باشد.

نتایج فاضلی رستم پور و همکاران (۶) که اثر تنش خشکی و سوپر جاذب در گیاه ذرت را با کاربرد ۴ سطح سوپر جاذب بررسی کردند، مشاهده شد که سوپر جاذب تاثیر معنی‌داری بر محتوای نسبی آب بافت ندارد و فقط در سطح ۱۰۵ کیلوگرم سوپرجاذب در هکتار باعث افزایش جزئی محتوای نسبی آب بافت می‌شود. کاربرد زئولیت (نوعی پلی‌مر سوپرجاذب) نیز باعث افزایش محتوی نسبی آب بافت شد و بیشترین میزان با کاربرد ۰/۴ گرم زئولیت مشاهده شد (۶).

نتایج تحقیقات پیشین نشان داد که کاربرد پلی‌مر سوپر جاذب

باعث افزایش وزن خشک ریشه در گیاه گندم توسط جوهانسون و همکاران شد (۱۳). همچنین با توجه به پژوهش‌های انجام شده افزودن سوپرجاذب به خاک باعث افزایش وزن تر شاخساره و ریشه در گیاهان خربزه شد (۴). در بررسی پلی‌مر سوپرجاذب بر دور آبیاری و رشد و نمو گل داوودی توسط قاسمی و خوشخوی (۷) مشاهده کردند که تفاوت معنی‌داری در تمام سطوح پلی‌مر با یکدیگر و با شاهد وجود دارد و بیشترین وزن تر شاخساره مربوط به تیمار ۸ درصد پلی‌مر در دور آبیاری ۲ روز می‌باشد، همچنین بیشترین وزن خشک شاخساره و ریشه نیز در این تیمار مشاهده شد. در این پژوهش محققین اعلام کردند که با افزایش میزان پلی‌مر در خاک، تمام معیارهای مورد اندازه‌گیری افزایش یافته است و علت آن را افزایش ظرفیت نگهداشت آب و افزایش آب قابل دسترس، افزایش جذب عناصر غذایی، افزایش تخلخل خاک و بهبود رشد عمقی ریشه بیان کردند. خلیلی محله و همکاران (۱۴) گزارش کردند که دلیل کاهش وزن گیاه در اثر تنش خشکی به خاطر کاهش پتانسیل اسمزی سلول و کاهش طول سلول و تقسیم در ساقه است و نشان دادند که سوپرجاذب با توانایی بالای نگهداری آب می‌تواند اثرات بد تنش را کاهش دهد. سوپر جاذب باعث باز ماندن روزنه‌ها به مدت طولانی می‌شود و سپس باعث تثبیت مناسب با دی اکسید کربن و افزایش وزن خشک در گیاه می‌شود (۱۵). همچنین در پژوهشی دیگر، اضافه کردن پلی‌مر سوپرجاذب به خاک باعث افزایش وزن خشک برنج شد (۱۲).

نتیجه‌گیری

بر اساس نتایج این پژوهش به کار بردن پلی‌مر سوپرجاذب در سطح ۲۰ درصد حجمی در تنش آبیاری ۵۰ درصد ظرفیت زراعی باعث افزایش وزن تر شاخساره (۴۸ درصد)، وزن خشک شاخساره (۴۰ درصد)، وزن تر ریشه (۷۰ درصد) و وزن خشک میوه (۸۰ درصد) نسبت به تیمار ۵۰ درصد ظرفیت زراعی بدون کاربرد سوپرجاذب شد و در ظرفیت زراعی ۲۵ درصد کاربرد سوپرجاذب ۲۰ درصد حجمی باعث افزایش ۱۷ درصدی محتوای کلروفیل و سوپرجاذب ۱۰ درصد حجمی باعث افزایش ۲۸ درصدی محتوای نسبی آب بافت نسبت به شرایط بدون کاربرد سوپرجاذب شد. سوپرجاذب با کاهش اثرات منفی تنش خشکی و با افزایش ویژگی‌هایی مانند افزایش قدرت نگهداری آب در خاک و ریشه و هم‌چنین حفظ عناصر مورد نیاز گیاه، که در نهایت منجر به حفظ کلروفیل گیاه و تداوم فتوسنتز می‌شود، می‌تواند در شرایط تنش، رشد معمول گیاه را منجر شود. بنابراین می‌توان از این پلی‌مر در مناطقی که با کمبود آب و یا پراکنش ناموزون نزولات جوی برای کشاورزی روبرو هستند و کشت و کار گیاهان در شرایط تنش باید انجام گیرد، استفاده شود.

منابع

۱- الهدادی ا. ۱۳۸۱. بررسی تاثیرکاربرد هیدروژلهای سوپرجاذب برکاهش تنش خشکی درگیاهان. دومین دوره تخصصی - آموزشی- کاربرد. کشاورزی و صنعتی هیدروژل‌های سوپرجاذب، ۲۸ بهمن ماه. ۵-۶.

۲- دانشمندی م.، و عزیزی م. ۱۳۸۸. تاثیرپلی‌مرسوپر جاذب آب در شرایط تنش خشکی بر خصوصیات فیزیکومورفولوژیکی، عملکرد محصول و انباشت متابولیت‌های سازگاری در گیاه دارویی ریحان اصلاح شده (*Ocimum basilicum* L)، ششمین کنگره علوم باغبانی ایران، رشت. ۴۰۰.

۳- رحمانی م.، حبیبی د.، شیرانی راد ا.ح.، دانشیان ج.، ولدآبادی ع.، مشهدی اکبر بوجار م.، و خلعتبری ا.ح. ۱۳۸۹. تاثیر پلی‌مر سوپرجاذب بر عملکرد، فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان و پایدار غشا سیتوپلاسمی در گیاه دارویی خردل تحت شرایط تنش کم آبی. فصلنامه علمی پژوهشی گیاه و زیست بوم.۲۲(۶) : ۱۹-۳۸.

۴- سالار ن.، فرحپور م.، و بهادری ف.۱۳۸۴. بررسی اثر پلی‌مر آبدوست بر دور آبیاری بر کشت صیفی (خربزه). سومین دوره تخصصی- آموزشی کاربرد کشاورزی و صنعتی هیدروژل‌های سوپرجاذب. ۲۰.

۵- شیخ مرادی ف.، ارجی ع.، اسماعیلی ا.، و عبدوسی و. ۱۳۹۰. بررسی اثر دور آبیاری و پلی‌مر سوپرجاذب روی برخی خصوصیات کیفی چمن اسپورت. نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی). ۲۵(۲): ۱۷۷-۱۷۰.

۶- فاضلی رستم پور م.، ثقه الاسلامی م.، و موسوی غ. ۱۳۸۹. بررسی تاثیر تنش خشکی و سوپر جاذب بر محتوی نسبی آب و شاخص کلروفیل برگ و رابطه‌ی آن‌ها با عملکرد دانه ذرت. فصلنامه علمی پژوهشی فیزیولوژی گیاهان زراعی- دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز. ۲(۱): ۱۹-۳۱.

۷- قاسمی م.، و خوشخوی م. ۱۳۸۶. اثر پلیمر ابر جاذب بر رشد و نمو داوودی. مجله علوم و فنون باغبانی ایران. ۸(۲): ۶۵-۸۲.

۸- همتیان دهکردی م. ۱۳۸۷. بررسی اثر پلی‌مرهای سوپرجاذب و سطوح مختلف تنش خشکی بر رشد و عملکرد طالبی، پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه تهران.

۹- یزدانی ف.، اله دادی ا.، اکبری غ.، و بهبانی م.ر. ۱۳۸۶. تاثیر مقادیر پلی‌مر سوپر جاذب (Tarawat A200) و سطح مختلف خشکی بر عملکرد

و اجزای سویا (*Glycine max* L). پژوهش و سازندگی در زراعت و باغبانی. ۷۵: ۱۶۷-۱۷۴.
10- Abd El-Rehim H.A. 2005. Swelling of radiation cross linked acryl amide-based microgels and their potential applications. Radiation Physics and Chemistry, 74:111-117.
11- Cosculleola F., and Fact J.M. 1992. Determination of the maize (*Zea mays* L.) yield functions in respect to water using a line source sprinkler. Field Crops Abstract, 93: 5611.
12- Howard S., Hanson J.D., and Benjamin J.G. 1999. Nitrogen uptake and partitioning under alternate and every furrow irrigation. Plant Soil, 210: 11–20.
13- Johnson M.S., and Leah R.T. 1990. Effects of superabsorbent polyacrylamides on efficiency of water use by crop seedlings. Journal of the Science of Food and Agriculture**,** 52: 431-434.
14- Khalili Mahalleh J., Heidari Sharif Abad H., Nourmohammadi G., Darvish F., Majidi Haravan I., and Valizadegan E. 2011. Effect of Superabsorbent Polymer (Tarawat A200) On Forage yield and qualitative characters in corn under deficit irrigation condition in Khoy zone (Northwest of Iran). Advances in Environmental Biology, 5(9): 2579-2587.
15- Keshavars L., Farahbakhsh H., and Golkar P. 2012. The Effects of Drought Stress and Super Absorbent Polymer on Morphphysiological Traits of Pear millet (***Pennisetum glaucum***), International Research Journal of Applied and Basic Sciences, 3(1): 148-154.
16- Lafitte R. 2002. Relationship between leaf relative water content during reproductive stage water deficit and grain formation in rice. Field Crops Reaseachers, 76: 165-174.
17- Parry M.A.J., Andraloje P.J., Khan S., Lea P.J., and Keys A.J. 2002. Rubisco activity: Effects of drought stress. Annals of Botany, 89: 833- 839.
18- 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.
19- Sairam R.K., and Srivastava G.C. 2001. Water stress tolerance of wheat *Triticum aestivum* L.: Variation in hydrogen peroxide accumulation and antioxidant activity in tolerant and susceptible genotype. Journal of Agronomy and Crop Science, 186: 63-70.
20- Santos C., Pinto G., Loureiro J., Oliveira H., and Costa A. 2002. Response of sunflower cells under Na2SO4. I. Osmotic adjustment and nutrient responses and proline metabolism in sunflower cells under Na2SO4 stress. Journal of Soil Science and Plant Nutrition, 165:366-372.
21- Schlemmer M.R., Francis D.D., Shanahan J.F., and Schepers J.S. 2005. Remotelymeasuring chlorophyll content in corn leaves with differing nitrogen levels and relative watercontent. Agronomy Journal, 97:105-112
22- Wu L., Liu M., and Liang L. 2008. Preparation and properties of a double-coated slow-release NPK compound fertilizer with superabsorbent and water retention. Bioresource Technology, 99:547-554.
23- Xu W., Rosenowd T., and Nguyen T. 2007. Stay green trait in grain sorghum: relationship between visual rating and leaf chlorophyll concentration. Plant Breeding, 119: 365–367.
24- Yordanov I., Velikova V., and Tsonev T. 2000. Plant responses to drought, acclimation, and stress tolerance. Photosynthetica, 38 (1): 171-186.
25- Zeghbe J.A., Behboudian M.H., and Clothier B.E. 2007. Reduced irrigation maintains photosynthesis, growth yield and fruit quality in Pacific Rose apple. Journal of Sustainable Agriculture, 30(2): 125-136.