

## تأثیر سوپر جاذب A200 در شرایط تنش خشکی بر برخی پارامترهای فیتوشیمیایی گیاه فلفل قلمی (*Capsicum frutescence*) و بهره‌وری آب

فرشته رستمی<sup>۱</sup>، محمدعلی غلامی سفیدکوهی<sup>۲\*</sup>، علی شاهنظری<sup>۳</sup> و وحید اکبرپور<sup>۴</sup>

### چکیده

خشکسالی‌های پی در پی سبب شده تا در حال حاضر بیشتر نقاط جهان با بحران آب روبرو شوند. از این رو برای صرفه‌جویی در مصرف آب بخش کشاورزی از فناوری‌های جدید و مواد مختلفی استفاده می‌شود. یکی از این مواد پلیمرهای سوپر جاذب بوده که می‌توانند مقادیر زیادی از آب حاصل از بارندگی و یا آبیاری را جذب کرده و دوباره آن را در دسترس گیاه قرار دهند. بر این اساس، این پژوهش برای بررسی تأثیر پلیمر سوپر جاذب A200 در شرایط تنش خشکی بر برخی صفات فیتوشیمیایی گیاه فلفل مانند ویتامین ث، مواد جامد محلول، نشت یونی، کلروفیل و بهره‌وری آب در قالب طرح کاملاً تصادفی و آزمایش فاکتوریل با سه سطح آبیاری شامل ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد نیاز آبی و چهار سطح پلیمر سوپر جاذب شامل ۰، ۰/۱، ۰/۲ و ۰/۳ درصد وزنی انجام شد. نتایج نشان داد، در شرایط تنش سطوح سوپر جاذب سبب افزایش مواد جامد محلول و کاهش نشت یونی در گیاه فلفل قلمی خواهد شد. تحلیل آماری نشان می‌دهد که برای دستیابی به حداکثر بهره‌وری آب و کاهش اثرات منفی برخی از پارامترهای فیتوشیمیایی از جمله نشت یونی، مناسب‌ترین سطح آبیاری و سطح پلیمر سوپر جاذب به ترتیب تأمین ۵۰ درصد نیاز آبی و کاربرد ۰/۳ درصد وزنی سوپر جاذب است.

**واژه‌های کلیدی:** آبیاری، پارامترهای فیتوشیمیایی، سوپر جاذب، کم‌آبی.

**ارجاع:** رستمی ف. غلامی سفیدکوهی م. ع. شاهنظری ع. و اکبرپور و. ۱۳۹۵. تأثیر سوپر جاذب A200 در شرایط تنش خشکی بر برخی پارامترهای فیتوشیمیایی گیاه فلفل قلمی (*Capsicum frutescence*) و بهره‌وری آب. مجله پژوهش آب ایران. ۲۰: ۱۰۷-۱۱۴.

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی، دانشکده مهندسی زراعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری.

۲- استادیار گروه مهندسی آب، دانشکده مهندسی زراعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری.

۳- دانشیار گروه مهندسی آب، دانشکده مهندسی زراعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری.

۴- استادیار گروه باغبانی، دانشکده علوم زراعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری.

\* نویسنده مسئول: [ma.gholami@sanru.ac.ir](mailto:ma.gholami@sanru.ac.ir)

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۱۱/۱۹

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۰۸/۲۸

## مقدمه

کمبود آب و منابع آبی در دنیا و به خصوص در کشور ایران یکی از عوامل محدود کننده اصلی توسعه فعالیت‌های کشاورزی در دهه‌های آینده است. تنش خشکی از طریق ایجاد تغییرات آناتومیک، مورفولوژیک، فیزیولوژیک و بیوشیمیایی بر جنبه‌های مختلف رشد و نمو گیاه تأثیر دارد که شدت خسارت خشکی بستگی به طول مدت تنش و مرحله رشد گیاه متفاوت است (عبدالجلیل و همکاران، ۲۰۰۹). اولین بخش از سلول که در برابر تنش خشکی آسیب می‌بیند غشاء سلول است که از بین رفتن یکپارچگی آن سبب افزایش نشت الکترولیت می‌شود (اینز و مونتگو، ۱۹۹۵). فلفل (*Capsicum frutescens*) دارای پتانسیل عملکرد و تحمل پایین به تنش‌های فیزیولوژیکی مانند خشکی، خاک‌های غرقاب و شور است.

افزودن مواد اصلاحی به خاک برای افزایش بهره‌وری آب و بهبود خواص فیزیکی خاک، یکی از مهم‌ترین روش‌های سازگاری با کمبود آب است (نورافکن، ۱۳۸۶). هیدروژل‌های سوپرچادب یا ابر جاذب یا ژل‌های پلیمری آب‌دوست، هیدروژل‌هایی هستند که می‌توانند مقدار زیادی آب را جذب کنند (برونیک، ۱۹۹۴). اتصال بین زنجیره‌های پلیمر مانع حل شدن آن در آب می‌شود (جان، ۲۰۱۱). پلیمرهای سوپرچادب شبکه‌های پلیمری آب‌دوستی هستند که هر ذره آن‌ها پس از جذب آب و تورم، در زمان نیاز گیاه منقبض شده و آب و املاح کودی را در اختیار گیاه قرار می‌دهد (الهادی و واناس، ۲۰۰۶). شانگوی و همکاران (۲۰۱۰) تأثیر رژیم‌های مختلف آبیاری را روی کمیت و کیفیت فلفل قرمز بررسی کردند و به این نتیجه رسیدند که بین رطوبت ۱۰۰ درصد و ۸۰ درصد ظرفیت زراعی ( $FC^1$ ) اختلاف معنی‌داری در سطح آماری پنج درصد بر برخی پارامترها مانند تعداد برگ، ارتفاع گیاه، میزان کلروفیل، سطح سایه‌انداز، وزن تر و خشک و طول میوه وجود دارد. به طوری که مقادیر کمتر رطوبت سبب کاهش هر کدام از پارامترها و رطوبت بالاتر سبب افزایش عملکرد و کاهش کیفیت محصول می‌شود. ایشان پیشنهاد کردند که برای افزایش عملکرد و کیفیت محصول از تیمار ۸۰ درصد ظرفیت زراعی خاک استفاده شود. شیخ‌مرادی و همکاران (۱۳۹۰) آزمایشی شامل چهار دور آبیاری و چهار میزان سوپرچادب برای بررسی تأثیر سوپرچادب و دور

آبیاری روی چمن انجام دادند. آن‌ها دریافتند که میزان سوپرچادب برای صفاتی مانند ارتفاع شاخه، کلروفیل کل و میزان تراکم در سطح آماری یک درصد معنی‌دار و وزن تر ریشه، وزن خشک ریشه، وزن تر شاخه، عمق توسعه ریشه و وزن خشک شاخه معنی‌دار نبودند. نتایج این پژوهش نشان داد که با کاربرد ۳۰ گرم سوپرچادب و دور آبیاری دو روزه تیمارها خصوصیات مناسب خود را به نحو مناسبی حفظ کردند. فواتی و همکاران (۲۰۰۹) گزارش کردند که آبیاری سبب افزایش ویتامین ث و مواد جامد محلول در گوجه‌فرنگی می‌شود. کارام و همکاران (۲۰۰۹) گزارش کردند که افزایش تنش آبی، کیفیت میوه فلفل شیرین را از طریق افزایش مواد جامد محلول و ماده خشک بهبود می‌بخشد. فوجی شیتا و ماسودا (۱۹۹۴) گزارش نمودند که عملیات مدیریتی در ژاپن از قبیل هرس، تنک میوه و محدود کردن آبیاری با تغییر در دور آبیاری، سبب افزایش مواد جامد محلول در رقم گلامور طالی شد.

با توجه به اینکه کاربرد سوپرچادب‌ها تأثیر به‌سزایی در افزایش ویژگی‌های مورفولوژیک و فیتوشیمیایی گیاهان مورد بررسی داشته و تاکنون پژوهشی روی فلفل قلمی تند انجام نشده، هدف از این پژوهش بررسی بهره‌وری آب و برخی پارامترهای فیتوشیمیایی گیاه فلفل قلمی تند با کاربرد پلیمر سوپرچادب A200 در شرایط تنش خشکی است.

## مواد و روش‌ها

این پژوهش در گلخانه گروه باغبانی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، به صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه سطح آبیاری (۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد نیاز آبی) و چهار سطح پلیمر سوپرچادب (۰، ۰/۱، ۰/۲ و ۰/۳ درصدوزنی) با چهار تکرار انجام شد. سوپرچادب مورد استفاده از نوع SuperabA200 محصول پژوهشگاه پلیمر و پتروشیمی ایران بود. مشخصات سوپرچادب A200 در جدول ۱ ارائه شده است. بافت خاک مورد استفاده برای انجام این آزمایش از نوع لومی بود. در ابتدا برخی آزمایش‌های فیزیکی و شیمیایی خاک از جمله ظرفیت زراعی خاک تعیین شد. مشخصات خاک مورد استفاده نیز در جدول ۲ قابل مشاهده است.

جدول ۱- خصوصیات پلیمر SuperabA200

ظرفیت جذب آب (gr/gr)			حداکثر طول عمر (سال)	اندازه ذرات (μm)	pH	چگالی (g/cm <sup>3</sup> )	محتوای رطوبت (%)
محلول ۹۰٪ NaCl	آب معمولی	آب مقطر					
۴۵	۱۹۰	۲۲۰	۷	۵۰-۱۵۰	۶-۷	۱/۴-۱/۵	۵-۷

جدول ۲- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک

هدایت الکتریکی (ds/m)	اسیدیته pH	کربن آلی (%)	ازت کل (%)	پتاسیم (mg/kg)	فسفر (mg/kg)	شن (%)	سیلت (%)	رس (%)	بافت θ <sub>FC</sub> (%)
۱/۳۳	۷/۶۵	۰/۴	۰/۰۴	۹۰	۶/۴۲	۳۴	۴۸/۷	۱۷/۳	۲۱/۳ لومی

بود که در انتهای دوره رشد (مرحله زایشی) اندازه‌گیری شدند.

برای محاسبه مواد جامد محلول<sup>۱</sup> از دستگاه رفرکترومتر دیجیتالی استفاده شد. به این صورت که یک قطره از آب میوه بر روی سنسور دستگاه ریخته شد و عدد نمایش داده شده به عنوان درصد مواد جامد محلول گزارش شد. برای تعیین نشت یونی از روش لوتس و همکاران (۱۹۹۶) استفاده شد. کلروفیل a و کلروفیل b با روش پورا و همکاران (۱۹۸۹) به دست آمد و مجموع مقادیر کلروفیل a و b به عنوان کلروفیل کل گزارش شد. ویتامین ث با روش ساینی و همکاران (۲۰۰۱) به دست آمد.

برای اندازه‌گیری بهره‌وری آب، وزن هر میوه پس از هر برداشت با ترازوی دیجیتالی ثبت و مجموع وزن میوه‌های هر بوته یادداشت شد. میزان آب مصرفی در طول دوره رشد برای هر تیمار نیز یادداشت و در انتها بهره‌وری آب با استفاده از معادله (۱) محاسبه شد.

$$WP = \frac{Y}{W} \quad (1)$$

که در آن WP<sup>۲</sup> بهره‌وری آب (گرم بر لیتر)، Y وزن محصول تولید شده (گرم) و W آب مصرفی (لیتر) است.

### نتایج و بحث

در ادامه تجزیه و تحلیل پارامترهای اندازه‌گیری شده شامل نشت یونی، کلروفیل، ویتامین ث، مواد جامد محلول و بهره‌وری آب ارائه شد.

### نشت یونی

بر اساس جدول ۳ اثر سطوح آبیاری و سوپرچادز بر نشت یونی در سطح آماری یک درصد معنی‌دار بود. با افزایش

بر اساس نتایج مربوط به آزمایش‌های شیمیایی، میزان کود مورد نیاز بر اساس نیاز کودی گیاه فلفل و کمبود عناصر شیمیایی موجود در خاک تعیین شد. برای انجام کار از گلدان‌های به قطر ۳۰ سانتی‌متر و ارتفاع ۳۵ سانتی‌متر استفاده شد. در کف تمامی گلدان‌ها سوراخ‌هایی جهت تهویه و تخلیه آب اضافی و لایه‌ای شن آماده شد. سوپرچادز در عمق مؤثر توسعه ریشه یعنی ۶۰ درصد قسمت بالایی ریشه با خاک ترکیب شد و نشاها در ۱۱ خرداد ماه ۱۳۹۲ کشت شدند. برای اعمال سطوح آبیاری از TDR استفاده شد. بدین منظور تعداد ۴ عدد TDR در عمق مؤثر ریشه (۱۸ سانتی‌متر) تیمار با سطح کامل آبیاری (تأمین نیاز آبی ۱۰۰ درصد) و سطوح مختلف سوپرچادز نصب شدند. گلدان‌ها به طور تصادفی در میان سایر گلدان‌ها قرار گرفتند تا به طور حتم شرایط یکسانی داشته باشند. برای سازگار شدن نشاها با شرایط جدید، مدتی گلدان‌ها آبیاری کامل شدند. دو هفته بعد، پس از رشد نهال‌ها و آماده شدن نشاها (مرحله تشکیل شاه‌گل)، تیمار آبیاری اعمال شد. نیاز آبی گیاه با دور آبیاری سه روز بر اساس اندازه‌گیری رطوبت با استفاده از سنسور TDR برآورد شد. نحوه آبیاری به صورت دستی و میزان آب آبیاری با استفاده از داده‌های رطوبت برداشت شده و بر اساس رساندن رطوبت خاک به حالت ظرفیت زراعی، محاسبه و آبیاری انجام شد. به تیمارهای با سطح ۱۰۰ درصد نیاز آبی، آب کامل تحویل شد. برای تحویل آب به سایر سطوح آبیاری، ضریب تنش در مقدار آب کامل اعمال شد. اعمال کود دهی و تنک و وجین علف‌های هرز در طول دوره به طور یکسان انجام شد. پارامترهای اندازه‌گیری شامل کلروفیل کل، نشت یونی در برگ، میزان ویتامین ث و مواد جامد محلول در میوه و بهره‌وری آب

1- Total Soluble Solid (TSS)

2- Water productivity

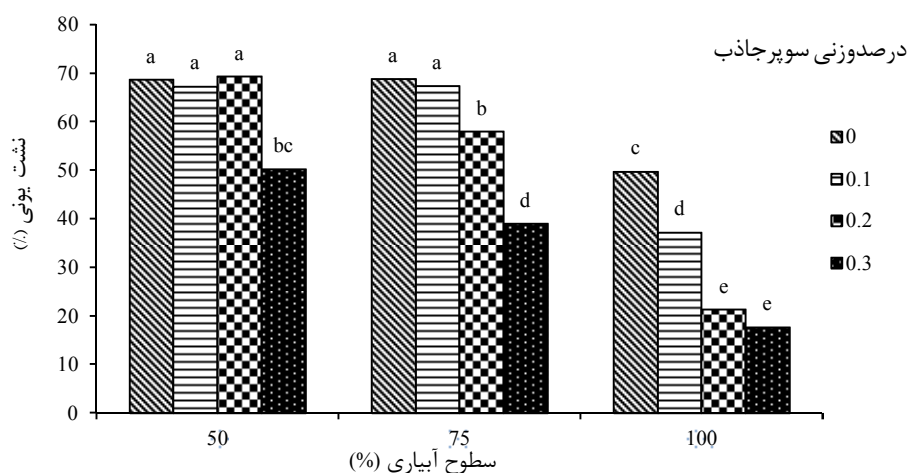
اینز و مونتاگو، ۱۹۹۵). اثر متقابل سطوح آبیاری و سطوح سوپر جاذب بر نشت یونی در سطح آماری یک درصد معنی دار است. بر اساس شکل ۱ و جدول ۴ که اثر متقابل آبیاری و سوپر جاذب را نشان می‌دهند، نشت یونی با کاهش سوپر جاذب افزایش یافت. کمترین مقدار نشت یونی مربوط به تیمار با ۱۰۰ درصد آبیاری و ۰/۳ درصد سوپر جاذب است که اختلاف معنی داری با تیمار ۱۰۰ درصد آبیاری با ۰/۲ درصد سوپر جاذب ندارد و بیشترین مقدار آن مربوط به تیمار با ۵۰ درصد آبیاری و ۰/۲ درصد سوپر جاذب است که اختلاف معنی داری با تیمارهای ۵۰ درصد آبیاری و ۰/۱ درصد سوپر جاذب، تیمار ۵۰ درصد آبیاری و بدون سوپر جاذب، تیمار ۷۵ درصد آبیاری و بدون سوپر جاذب و تیمار ۷۵ درصد آبیاری و بدون سوپر جاذب ندارد.

تنش، نشت یونی افزایش می‌یابد که با نتایج (شاهرخی و همکاران، ۲۰۱۱) هماهنگی دارد. تحت شرایط تنش، غشاه گیاهی با تغییراتی روبرو است که سبب افزایش نفوذ پذیری می‌شود (لوتس و همکاران، ۱۹۹۶). بنابراین توانایی غشاه سلول برای کنترل سرعت حرکت یون به داخل و خارج سلول که به عنوان ملاکی برای آسیب به بافت‌های گیاهی به کار می‌رود، کم می‌شود. ولنتوویک و همکاران (۲۰۰۶) گزارش کردند که نشت یونی رقم حساس مرزه بین ۱۱ تا ۵۴ درصد افزایش می‌یابد اما افزایش در نشت یونی رقم مقاوم مرزه زیاد نیست. تنش خشکی با شروع یک تنش اکسیداتیو همراه است. بنابراین در طی آن، تولید و ذخیره گروه‌های سمی و مخرب اکسیژن آزاد افزایش می‌یابد. در نتیجه تحت شرایط تنش خشکی به سرعت چربی‌های غشاه پراکسید شده و پایداری غشاه یاخته از بین می‌رود

جدول ۳- میانگین مربعات اثر سطوح آبیاری و درصد وزنی سوپر جاذب بر پارامترها

منبع تغییرات	درجه آزادی	کلروفیل	ویتامین ث	نشت یونی	مواد جامد محلول	بهره‌وری آب
سطوح آبیاری	۲	۱۰/۰۷**	۸۲۴/۲۶ <sup>ns</sup>	۴۷۹۲/۴**	۲۸/۴۱**	۴/۹۲**
سطوح سوپر جاذب	۳	۳/۱**	۱۲۸۷/۹ <sup>ns</sup>	۱۶۳۰/۳**	۴/۲۳ <sup>ns</sup>	۱/۷۲**
اثر متقابل	۶	۰/۸ <sup>ns</sup>	۳۲۲۱/۲ <sup>ns</sup>	۱۶۹**	۵/۲۵*	۰/۳۲**
خطای آزمایشی	۳۶	۰/۳۴	۲۰۶۷/۹	۳۰/۹	۱/۷۷	۰/۰۹۳

\*, \*\* و <sup>ns</sup> به ترتیب معنی داری در سطح احتمال پنج درصد، معنی داری در سطح احتمال یک درصد و عدم وجود اختلاف معنی دار



شکل ۱- اثر متقابل سطوح آبیاری و سوپر جاذب بر نشت یونی

SPAD (شاخص کلروفیل) در گندم افزایش می‌یابد. با توجه به وجود رابطه مثبت و قوی بین میزان نیتروژن، کلروفیل و SPAD، افزایش میزان SPAD نشان از افزایش میزان کلروفیل در واحد سطح برگ است که با نتایج به دست آمده از این پژوهش هماهنگی دارد. موحدی دهنوی

## کلروفیل

بر اساس جدول ۳ اثر ساده آبیاری و سوپر جاذب روی کلروفیل کل در سطح آماری یک درصد بسیار معنی دار است. با افزایش تنش، کلروفیل کل افزایش یافت. باراکلوف و کیت (۲۰۰۱) نشان دادند که تحت تنش خشکی میزان

بین سطح ۰/۱ با ۰/۲ و ۰/۳ درصد وزنی، اختلاف معنی‌داری وجود ندارد. اثر متقابل آبیاری و سوپرچاذب معنی‌دار نیست که با نتایج موسوی و همکاران (۲۰۱۲) هماهنگی دارد.

و همکاران (۱۳۸۳) افزایش SPAD را در شرایط تنش به دلیل کاهش سطح برگ و تجمع کلروفیل در سطح کمتر برگ‌ها دانستند. بر اساس جدول ۵، میزان کلروفیل با افزایش سوپرچاذب (تا ۰/۳ درصد وزنی)، افزایش می‌یابد و

جدول ۴- مقایسه میانگین اثر ساده سطوح آبیاری و سوپرچاذب بر پارامترها

فاکتور	سطح	کلروفیل (µg/ml)	ویتامین ث (mg/100g)	نشت یونی (%)	مواد جامد محلول (%)	بهره‌وری آب (g/l)
آبیاری	۱۰۰	۲/۳۶۱۹ <sup>c</sup>	۲۰۸/۶۲ <sup>a</sup>	۳۱/۵۶ <sup>c</sup>	۷/۸۳۱۳ <sup>b</sup>	۰/۸۱۱۱ <sup>c</sup>
	۷۵	۲/۸۳۴۴ <sup>b</sup>	۲۲۰/۸۱ <sup>a</sup>	۵۸/۳۴ <sup>b</sup>	۹/۵۴۳۸ <sup>a</sup>	۱/۴۰۸۵ <sup>b</sup>
	۵۰	۳/۹۱۰۱ <sup>a</sup>	۲۲۱/۲۸ <sup>a</sup>	۶۳/۹۵ <sup>a</sup>	۱۰/۴۵۶۳ <sup>a</sup>	۱/۹۱۹۹ <sup>a</sup>
سوپرچاذب	۰	۲/۳۷۳۰ <sup>c</sup>	۲۰۲/۵۳ <sup>a</sup>	۶۲/۴۶ <sup>a</sup>	۸/۷۴۱۷ <sup>ab</sup>	۱/۰۲۶۵ <sup>c</sup>
	۰/۱	۲/۹۹۷۱ <sup>b</sup>	۲۲۳/۶۵ <sup>a</sup>	۵۷/۳۴ <sup>b</sup>	۸/۷۹۱۷ <sup>b</sup>	۱/۱۹۴۶ <sup>bc</sup>
	۰/۲	۳/۱۷۳۵ <sup>ab</sup>	۲۱۶/۲۱ <sup>a</sup>	۴۹/۶۴ <sup>c</sup>	۹/۷۰۸۳ <sup>ab</sup>	۱/۳۹۸۰ <sup>b</sup>
	۰/۳	۳/۵۹۸۳ <sup>a</sup>	۲۲۵/۲۳ <sup>a</sup>	۳۵/۶۸ <sup>d</sup>	۹/۸۶۶۷ <sup>a</sup>	۱/۹۰۰۱ <sup>a</sup>

میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون بر اساس آزمون LSD دارای تفاوت معنی‌دار نیستند.

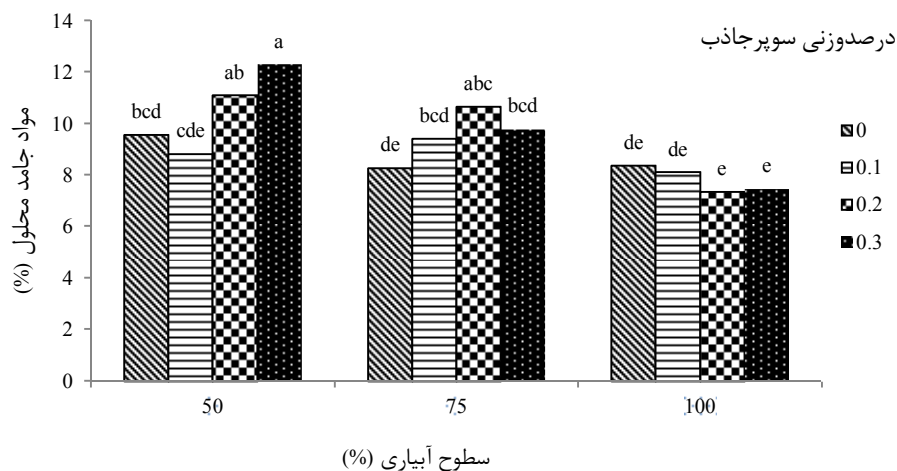
### ویتامین ث

بر اساس جدول‌های ۳ و ۵ تأثیر تیمارهای آبیاری بر ویتامین ث از نظر آماری معنی‌دار نشد ولی روند تغییرات نشان داد که با افزایش شدت تنش خشکی، ویتامین ث افزایش یافت. لی و کادر (۲۰۰۰) گزارش کردند که آبیاری کمتر یا دور آبیاری زیاد سبب افزایش ویتامین ث می‌شود که با یافته‌های این پژوهش هماهنگی کامل دارد. افزایش ویتامین ث در شرایط تنش خشکی را می‌توان بر اساس متابولیت‌های ثانویه توجیه کرد زیرا ویتامین ث جزء متابولیت‌های ثانویه محسوب می‌شود که از بیوسنتز گلوکز تشکیل می‌شود (ویلر و اسمیرنوف، ۱۹۹۸) و متابولیت ثانویه بخشی از سیستم دفاعی گیاه را تشکیل می‌دهد (راماچاندرا و راویشنکار، ۲۰۰۲). اثر متقابل آبیاری و سوپرچاذب معنی‌دار نیست.

### مواد جامد محلول

بر اساس جدول ۳ اثر ساده آبیاری روی مواد جامد محلول در سطح آماری یک درصد بسیار معنی‌دار است. به طور کلی با کاهش میزان آبیاری، مواد جامد محلول افزایش یافت که با نتایج میشل و همکاران (۱۹۹۱) هماهنگی دارد. آن‌ها نتیجه گرفتند که آب درون میوه‌ها در تیمارهای کم آبیاری ۷۵ درصد، از شاهد کمتر بوده که این موضوع در فرآیندهای صنعتی مورد توجه است، زیرا برای

تبخیر آب درون میوه‌ها انرژی کمتری نیاز خواهد بود. این نتیجه‌گیری را می‌توان به این شکل بیان کرد که در گیاهان تحت تنش به دلیل کمبود آب، میوه آب کمتری دارد و همچنین میزان آب به حدی است که گیاه توانسته مواد فتوسنتزی خود را تولید کند و در نتیجه صرفه اقتصادی دارد. تجمع قندهای محلول در این شرایط، به تنظیم اسمولاریته درون سلول‌های گیاه کمک می‌کند و موجب حفظ و نگهداری مولکول‌های زیستی و غشاها می‌شود، همچنین گیاه با افزایش قندهای محلول در شرایط تنش بر حفظ پتانسیل اسمزی قادر خواهد بود تا ذخیره کربوهیدراتی خود را برای متابولیسم پایه سلولی در حد مطلوب نگه دارد (سدراس و میلری، ۱۹۹۶). مواد جامد محلول یک پارامتر مهم است که افزایش آن سبب بهبود راندمان می‌شود (بلخینا و همکاران، ۲۰۰۳). اثر متقابل تنش خشکی و سوپرچاذب روی مواد جامد محلول در سطح آماری پنج درصد معنی‌دار است. بر اساس شکل ۲ و جدول ۵ که اثر متقابل سطوح آبیاری و سطوح سوپرچاذب را نشان می‌دهد، تأثیر سوپرچاذب در مقادیر بیشتر آبیاری بر کلروفیل، کمتر است. تیمار ۵۰ درصد آبیاری و ۰/۳ درصد سوپرچاذب بیشترین میزان مواد جامد محلول را دارد که با نتیجه تنیده و همکاران (۱۳۸۱) روی گوجه‌فرنگی هماهنگی دارد.

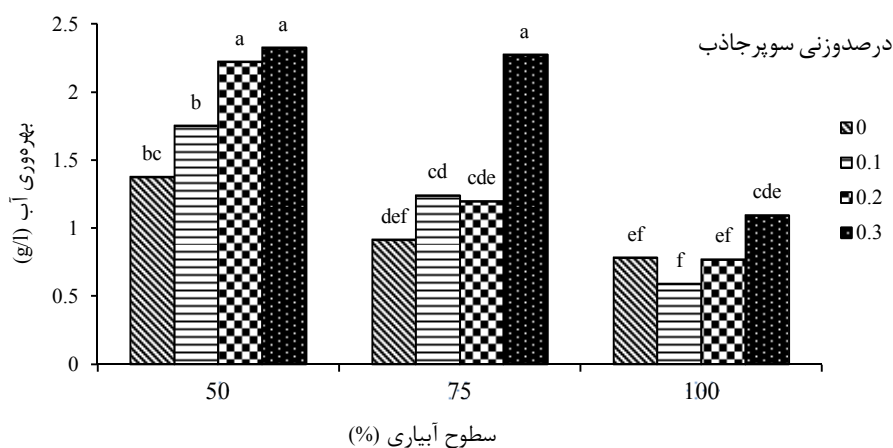


شکل ۲- اثر متقابل سطوح آبیاری و سوپر جاذب بر مواد جامد محلول

۰/۳ درصد سوپر جاذب بیشترین بهره‌وری آب را دارد و بین این تیمار و تیمار ۵۰ درصد آبیاری با ۰/۲ درصد سوپر جاذب و تیمار ۷۵ درصد آبیاری با ۰/۳ درصد سوپر جاذب اختلاف معنی‌دار مشاهده نشد. هر عاملی که عملکرد را در گیاه ارتقا بخشد می‌تواند بهره‌وری آب را نیز افزایش دهد و همچنین هر عاملی که سبب کاهش تبخیر تعرق می‌شود در صورتی که تأثیر نامطلوبی بر عملکرد نداشته باشد سبب افزایش بهره‌وری آب خواهد شد (پوراسماعیل و همکاران، ۱۳۸۸).

### بهره‌وری آب

بر اساس جدول ۳ اثر ساده آبیاری و سوپر جاذب بر بهره‌وری آب در سطح آماری یک درصد بسیار معنی‌دار است. بیشترین بهره‌وری آب مربوط به سطح آبیاری ۵۰ درصد است. بین سطوح سوپر جاذب، بیشترین بهره‌وری آب مربوط به مقدار سوپر جاذب ۰/۳ درصد وزنی است و با کاهش سوپر جاذب، کاهش می‌یابد که با نتایج پوراسماعیل و همکاران (۱۳۸۸) در مورد لوبیا قرمز هماهنگی دارد. اثر متقابل سطوح آبیاری و سطوح سوپر جاذب معنی‌دار است. بر اساس شکل ۳ و جدول ۴، تیمار ۵۰ درصد آبیاری و



شکل ۳- اثر متقابل سطوح آبیاری و سوپر جاذب بر بهره‌وری آب

جدول ۵- مقایسه میانگین اثر متقابل میزان آبیاری و سوپرچاد بر شاخص‌های اندازه‌گیری

سقوط آبیاری	سطوح سوپرچاد	نشت یونی (%)	مواد جامد محلول (%)	هره‌وری آب (g/l)
۱۰۰	.	۴۹/۸ <sup>c</sup>	۸/۳۷ <sup>dc</sup>	۰/۷۸۴ <sup>ef</sup>
	۰/۱	۳۷/۲۷ <sup>d</sup>	۸/۱۲ <sup>de</sup>	۰/۵۹۰ <sup>f</sup>
	۰/۲	۲۱/۴ <sup>e</sup>	۷/۳۵ <sup>e</sup>	۰/۷۷۲ <sup>ef</sup>
	۰/۳	۱۷/۷۷ <sup>e</sup>	۷/۴۷ <sup>e</sup>	۱/۰۹۶ <sup>cde</sup>
۷۵	.	۶۸/۸۶ <sup>a</sup>	۸/۲۷ <sup>dc</sup>	۰/۹۱۵ <sup>def</sup>
	۰/۱	۶۷/۳۹ <sup>a</sup>	۹/۴۲ <sup>bcd</sup>	۱/۲۴۱ <sup>cd</sup>
	۰/۲	۵۸/۰۸ <sup>b</sup>	۱۰/۶۷ <sup>abc</sup>	۱/۱۹۹ <sup>cde</sup>
	۰/۳	۳۹/۰۲ <sup>d</sup>	۹/۸ <sup>bcd</sup>	۲/۲۷۸ <sup>a</sup>
۵۰	.	۶۸/۷۲ <sup>a</sup>	۹/۵۷ <sup>bcd</sup>	۱/۹ <sup>bc</sup>
	۰/۱	۶۷/۳۵ <sup>a</sup>	۸/۸۲ <sup>cde</sup>	۱/۷۵۷ <sup>b</sup>
	۰/۲	۶۹/۴۴ <sup>a</sup>	۱۱/۱ <sup>ab</sup>	۲/۲۲۲ <sup>a</sup>
	۰/۳	۵۰/۲۷ <sup>bc</sup>	۱۲/۳۳ <sup>a</sup>	۲/۳۲۶ <sup>a</sup>

میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون بر اساس آزمون LSD دارای تفاوت معنی‌دار نیستند.

### نتیجه‌گیری

به طور کلی استفاده از سوپرچاد در شرایط تنش خشکی سبب افزایش بهره‌وری آب و بهبود برخی خصوصیات فیتوشیمیایی (نشت یونی و مواد جامد محلول) شد. این اثر شاید به دلیل کاهش آبشویی و هدررفت آب و جذب مقادیر قابل توجه آب و عناصر غذایی در ساختمان سوپرچاد و در پی آن، قرار دادن آب و عناصر جذب شده به خاک محیط ریشه گیاه در هنگام خشکی است. با توجه به نتایج به دست آمده از این پژوهش و مدت ماندگاری پلیمر در خاک می‌توان نتیجه گرفت که کاربرد مقدار کافی پلیمر سوپرچاد نه فقط تحت شرایط آبیاری کافی بلکه تحت شرایط تنش خشکی قابل توجه است. در این پژوهش بهترین سطح آبیاری برای بهبود پارامترهای فیتوشیمیایی گیاه فلفل قلمی تند، سطح ۵۰ درصد تأمین نیاز آبی و برای کاستن از اثرات نشت یونی، سطح ۰/۳ درصد سوپرچاد توصیه می‌شود. پیشنهاد می‌شود پژوهش‌های بیشتر در استفاده ترکیبی از سطوح آبیاری و مقادیر متفاوت سوپرچاد روی این گیاه و سایر گیاهان انجام شود تا بتوان نسبت به افزایش بهره‌وری آب آبیاری گام‌های اساسی برداشت.

### منابع

۱. پوراسماعیل پ. حبیبی د. و توسلی ا. ۱۳۸۸. تأثیر پلیمر سوپرچاد بر عملکرد و کارایی مصرف آب

- ارقام مختلف لوبیا قرمز تحت تنش خشکی در شرایط گلخانه‌ای. پژوهش‌نامه کشاورزی. ۱(۲): ۱-۱۶.
۲. تنیده ر. هنرور م. بابدائی سامانی ر. و تنیده ط. ۱۳۸۱. کاربرد پلیمر سوپرچاد روی برخی از ویژگی‌های گوجه‌فرنگی رقم چف در شرایط تنش خشکی. پنجمین همایش ملی ایده‌های نو در کشاورزی. ۴ ص.
۳. شیخ‌مرادی ف. ارجی ع. اسماعیلی ا. و عبدوسی و. ۱۳۹۰. بررسی اثر دور آبیاری و پلیمر سوپرچاد روی برخی خصوصیات کیفی چمن اسپورت. نشریه علوم باغبانی. ۲۵(۲): ۱۷۰-۱۷۷.
۴. موحدی دهنوی م. مدرس ثانوی ع. سروش‌زاده ع. و جلالی م. ۱۳۸۳. تغییرات میزان پرولین، قندهای محلول کل، کلروفیل و فلورسانس کلروفیل در ارقام گلرنگ پاییزه تحت تنش خشکی و محلول‌پاشی روی و منگنز. مجله بیابان. ۹(۱): ۹۳-۱۱۰.
۵. نورافکن ح. ۱۳۸۶. مزایای استفاده از استاکوزرب و زئولیت در آمیخته‌های حاکی گلخانه‌ها. اولین کارگاه فنی ارتقاء کارایی مصرف آب با کشت محصولات گلخانه‌ای. ۹ ص.
6. Abdul Jaleel C. Manivannan P. Wahid A. Farooq M. Somasundaram R. and Panneerselvam R. 2009. Drought stress in plants: a review on morphological characteristics and pigments composition. International Journal of Agricultural & Biology. 11(1): 100-105.

- solvents: verification of concentration of chlorophyll standards by atomic absorption spectroscopic. *Biochem. Biophys Acta*. 975: 384-394
21. Ramachandra Rao S. and Ravishankar G. A. 2002. Plant cell cultures: Chemical factories of secondary metabolites. *Biotechnology advances*. 20(2): 101-153.
  22. Sadras V. O. and Milroy S. P. 1996. Soil water thresholds for the responses of leaf expansion and gas exchange: A review. *Field Crops Research*. 47(2): 253-266.
  23. Saini R. S. Sharma K. D. Dhankhar O. P. and kaushik R. A. 2001. Laboratory manual of analytical techniques in Horticulture. Agrobios. Publisher. India. 135 p.
  24. Shahrokhi M. Tehranifar A. Hadizadeh H. and selahvarzi Y. 2011. Effect of drought stress and Paclobutrazol-Treated seeds on physiological Response of *Festuca arundinacea L.* Master and *Lolium perenne L.* Barrage. *Journal of Biological and Environmental Sciences*. 5(14): 77-85.
  25. Shongwe V. D. Magongo B. N. Masarirambi M. T. and Manyatsi A. M. 2010. Effects of irrigation moisture regimes on yield and quality of paprika (*Capsicum annuum L.*) *Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C*. 35(13): 717-722.
  26. Valentovic P. M. Luxova L. Kolarovic and Gasparikova O. 2006. Effect of osmotic stress on compatible solutes content, membrane stability and water relations in two maize cultivars. Effect of osmotic stress on compatible solutes content, membrane stability and water relations in two maize cultivars. *Plant Soil and Environment*. 52(4): 186-191.
  27. Wheeler G. L. Jones M. A. and Smirnov N. 1998. The biosynthetic pathway of vitamin c in higher plants. *Nature*. 393(6683): 365-369.
  7. Barvenik F. W. 1994. Polyacrylamide characteristics related to soil applications. *Soil Science*. 158(4): 235-243.
  8. Barraclough P. B. and kate J. 2001. Effect of water stress on chlorophyll meter reading in winter wheat. In *Plant Nutrition*. pp. 722-723.
  9. Blokhina O. E. Virolanien and Fagerstedt K. V. 2003. Antioxidants, oxidative damage and oxygen deprivation stress. *Annals of botany*. 91(2): 179-194.
  10. El-Hady O. A. and Wanas Sh. A. 2006. Water and fertilizer use efficiency by cucumber grown under stress on sandy soil treated with acrylamid hydrogels. *Journal of Applied Science Research*. 2(12): 1293-1297.
  11. Favati F. Lovelli S. Galgano F. Miccolis V. Di Tommaso T. and Candido V. 2009. Processing tomato quality as affected by irrigation scheduling. *Scientia Horticulturae*. 122(4): 562-571.
  12. Fujishita N. and Masuda M. 1994. Melons. Pages 73-78. In: K. Konishi (ed). *Horticulture in Japan*. Asakura Publishing co. Ltd. Tokio. Japan. pp. 79-85.
  13. Inze D. and Van Montagu M. 1995. Oxidative stress in plants. *Current Opinion in Biotechnology*. 6(2): 153-158.
  14. John G. F. 2011. Towards improved application of super absorbent polymers in agriculture and hydrology: A cross-disciplinary approach. Master thesis of science. Graduate Faculty of Auburn University. Alabama. 64 p.
  15. Karam F. Masaad R. Bachour R. Rhayem C. and Roupheal Y. 2009. Water and radiation use efficiencies in Drip- irrigated pepper (*Capsicum annum L.*): Response to full and deficit irrigation regimes. *European Journal of Horticultural Science*. pp. 79-85.
  16. Lee S. K. and Kader A. A. 2000. Preharvest and postharvest factors influencing vitamin c content of horticultural crops. *Postharvest biology and technology*. 20(3): 207-220.
  17. Lutts S. Kinet J. M. and Bouharmont J. 1996. NaCl-induced senescence in leaves of rice (*Oryza sativa L.*) cultivars differing in salinity resistance. *Annals of botany*. 78(3): 389-398.
  18. Mishell J. P. C. Shennan S. R. and Grran D. M. May. 1991. Tomato fruit yields and quality under deficit and salinity *Journal of the American Society for Horticultural Science*. 116(2): 215-221.
  19. Moosavi M. Rostampour G. Yarnia M. F. Khoee M. and Seghatoleslami R. F. 2012. Effect of Superab A200 and Drought Stress on Dry Matter Yield in Forage Sorghum. *pan (Class A)*. 1(2). 3.
  20. Porra R. J. Thompson A. and Friedelman P. E. 1989. Determination of accurate extraction and simultaneously equation for assaying chlorophyll a and b extracted with different