نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۳، شماره ۳، مرداد – شهریور ۱۳۹۸، ص. ۴۷۶-۴۶۳

Journal of Water and Soil
Vol. 33, No. 3, Jul-Aug. 2019, p. 463-476

اثر سطوح مختلف سوپرجاذب، کود نیتروژنی و کم‌آبیاری بر عملکرد و کارآیی مصرف آب گیاه فلفل دلمه‌ای

حمید زارع ابیانه[۱] – فرزانه حیدری[۲] – غلامرضا حیدری[۳]– مهدی جوزی[۴*]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۸/۳۰
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۳/۲۱

چکیده

در این پژوهش گلدانی، اثر سه سطح صفر (A0)، سه (A1) و پنج گرم (A2) سوپرجاذب اکوازورب در هر کیلوگرم خاک، سه سطح ۷۰ (W1)، ۸۵ (W2) و ۱۰۰ (W3) درصد نیاز آبیاری و دو سطح ۷۵ (F1) و ۱۰۰ (F2) درصد نیاز کود نیتروژنی بر برخی صفات گیاه فلفل دلمه بررسی شد. آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در ۱۸ تیمار و سه تکرار انجام یافت. نتایج بیان‌گر معنی‌داری اثر تیمارهای سوپرجاذب و آبیاری بر تمامی مؤلفه‌ها به‌جز قطر ساقه بود. در بین تیمارهای سوپرجاذب، بیشترین مقادیر عملکرد میوه با ۶۶۶/۲ گرم بر بوته و کارآیی مصرف آب ۱۲/۳۶ کیلوگرم بر متر مکعب در تیمار A2 به‌دست آمد. در بین تیمارهای آبیاری نیز بیشترین مقادیر عملکردهای ذکر شده به‌ترتیب با ۶۲۱/۸۱ گرم بر بوته در تیمار W3 و ۱۰/۵۷ کیلوگرم بر متر مکعب در تیمار W1 به‌دست آمد. اثر تیمارهای کودی نیز بر عملکرد میوه معنی‌دار شد. بیشترین عملکرد میوه با ۶۳۸/۷۰ گرم بر بوته در تیمار F2 به‌دست آمد. اثر متقابل آبیاری با سوپرجاذب، کود با سوپرجاذب و آبیاری با کود بر عملکرد و کارآیی مصرف آب معنی‌دار بود. بیشترین عملکرد میوه (۹۱۶/۶۵ گرم بر بوته) و کارآیی مصرف آب (۱۴/۵۵ کیلوگرم بر متر مکعب) در تیمار A2W3 حاصل شد. با توجه به این‌که تفاوت کارآیی مصرف آب دو تیمار A2W3 و A2W1 غیرمعنی‌دار شد لذا با مصرف ۰/۵ درصد سوپرجاذب در خاک می‌توان با حفظ بیشترین کارآیی مصرف آب، ۳۰ درصد در مصرف آب صرفه‌جویی نمود.

واژه‌های کلیدی: اندام هوایی، ریشه، عملکرد میوه، گلخانه

مقدمه

کمبود آب و محدودیت آن مهم‌ترین عامل محدود کننده کشاورزی فاریاب است. یکی از راه‌های حفظ رطوبت در خاک استفاده از مواد جاذب رطوبت و کشت گلخانه‌ای گیاهان است. فلفل دلمه، گیاه جالیزی یک‌ساله، از خانواده سیب‌زمینی‌یان، در رنگ‌های مختلف و دارای ترکیبات آنتی اکسیدانی است (۳۲ و ۳۹). گیاهان جالیزی برای رشد و عملکرد مناسب به آب و کود فراوان و به‌موقع نیاز دارند و خشکی می‌تواند میانگین عملکرد را تا ۵۰ درصد و بیشتر کاهش دهد (۱۰ و ۲۳).

سوپرجاذب‌ها مواد اصلاح کننده آبدوست هستند که قادر به آزادسازی آب و عناصر غذایی جذب شده برای گیاه، مدیریت آب آبیاری و افزایش کارآیی مصرف آب می‌باشند (۱۲). از جمله سوپرجاذب‌ها می‌توان به سوپرجاذب آکوازورب اشاره کرد این سوپرجاذب از نوع کاتیونی بر پایه‌ی پتاسیم است. ذرات سوپرجاذب‌ها دارای ابعاد مختلفی می‌باشند. به‌طورکلی، هرچه اندازه ذرات سوپرجاذب ریزتر باشد، ظرفیت جذب بالاتر و سرعت جذب هم سریع تر می‌شود. بهتر است هنگامی‌که آکوازورب را برای خاک‌های با نفوذپذیری بالا استفاده می‌کنند (مثل خاک‌های شنی) از اندازه ریز جهت جذب سریع‌تر آب استفاده شود. در خاک‌های سنگین اندازه درشت آکوازورب توصیه می‌شود زیرا استفاده از دانه‌بندی درشت‌تر باعث افزایش بیشتر اندازه ذرات به‌هنگام جذب آب و کاهش اندازه به علت از دست دادن آب شده که این افزایش و کاهش اندازه، نفوذپذیری و تخلخل خاک را بهبود می‌بخشد. تحقیقات بر روی سوپرجاذب‌ها از دهه ۱۹۸۰ شروع و مواردی از کاهش آب و کود

۱ و ۲– استاد و دانش‌آموخته سابق گروه آبیاری و زهکشی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان
۳– دانشیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه کردستان، سنندج
۴– استادیار بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان کرمانشاه، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرمانشاه، ایران
(*– نویسنده مسئول: Email: jovzimehdi11@yahoo.com)
DOI: 10.22067/jsw.v0i0.76431

مصرفی، کاهش آبشویی سریع کودها و افزایش عملکرد محصولات کشاورزی در به‌کارگیری آن‌ها گزارش شده است (۱۵، ۱۷،۲۵ و ۳۵).

پرواسی و جیوسی (۲۶) با بررسی اثر سوپرجاذب پلی‌اکریل آمید بر رشد و عمکرد گیاه فلفل قرمز در دورهای متفاوت آبیاری نشان دادند مقدار حفظ رطوبت خاک به مقدار سوپرجاذب مورد استفاده وابسته است که می‌تواند با رهاسازی کنترل شده‌ی آب، رطوبت خاک را فراهم سازد. مارکویس و باستوس (۲۴) رشد و عملکرد گیاه فلفل شیرین را با افزودن سوپرجاذب پلی اکریل آمید در مقایسه با تیمار فاقد سوپرجاذب در برزیل مورد بررسی قرار دادند. نتایج آنان نشان داد اثر سوپرجاذب در کیفیت فلفل، وزن میوه و وزن تر اندام هوایی گیاه فلفل معنی‌دار و بر سیستم ریشه آن فاقد اثر معنی‌داری بود. لوپز الیاس و همکاران (۲۲) استفاده از سوپرجاذب پلی‌اکریل آمید (PAM) در یک سطح ۶ متر مربعی را در مقایسه با تیمار خاک بدون سوپرجاذب در گیاه فلفل مورد ارزیابی قرار دادند. نتایج آنان بیان‌گر افزایش ۱/۵ درصدی محتوای رطوبتی خاک و کاهش ۱۲ درصدی حجم آب آبیاری در تیمار سوپرجاذب بود. سیاری و قنبری (۳۳) اثر پنج سطح سوپرجاذب A200 بر رشد، تولید و پاسخ فیزیولوژیکی گیاه فلفل دلمه تحت چهار رژیم دور آبیاری ۵، ۷، ۹ و ۱۱ روز را بررسی و اظهار داشتند سطوح مختلف سوپرجاذب، آبیاری و اثر متقابل آن‌ها بر صفات مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی و بیولوژیکی فلفل معنی‌دار بود. لوبو و همکاران (۲۱) عملکرد متفاوت گیاه فلفل رشد یافته در سه بستر خاک، کمپوست و سوپرجاذب تراکوتم را به‌واسطه اختلاف معنی‌دار ارتفاع گیاه، تعداد برگ‌ها، میزان کلروفیل و عملکرد کل گزارش نمودند. در این تحقیق بیشترین و کمترین وزن خشک گیاه و وزن تر ریشه به‌ترتیب به تیمار سوپرجاذب و تیمار بستر خاک مربوط بود. ال‌باهو و همکاران (۵) عملکرد متفاوتی از دو رقم گیاه فلفل رشد یافته در سه بستر کشت را مشاهده و دلیل آن را رشد و پاسخ متفاوت ارقام فلفل در این بسترها دانستند. سجادی و همکاران (۳۰) با بررسی اثر تنش شوری و بیش‌آبیاری بر گیاه فلفل سبز گلخانه به این نتیجه رسیدند که شوری موجب کاهش معنی‌دار و بیش‌آبیاری باعث افزایش غیر معنی‌دار عملکرد و وزن تر و خشک میوه شد. رستمی و همکاران (۲۹) اثر چهار سطح سوپرجاذب A200 صفر، ۰/۱، ۰/۲ و ۰/۳ درصد وزنی، به‌همراه سه سطح ۱۰۰، ۷۵ و ۵۰ درصد نیاز آبی را بر روی گیاه فلفل قلمی بررسی نمودند. نتایج آنان نشان داد سطح ۵۰ درصد نیاز آبی و ۰/۳ درصد سوپرجاذب، مناسب‌ترین مقادیر برای کاهش اثرات منفی کم‌آبیاری است. جوادی‌خدری و همکاران (۱۴) حساسیت گیاه فلفل سبز گلخانه به شته جالیز را با اعمال تنش‌های آبی ۱۵، ۳۰ و ۴۵ درصد در بسترهای حاوی ۲، ۴، ۶ و ۸ گرم سوپرجاذب پلی‌اکریلات سدیم نسبت به تیمار شاهد بررسی نمودند. نتایج آنان بیان‌گر کاهش معنی‌دار جمعیت شته‌ها در تنش ۱۵ درصد و بستر ۶ گرم سوپرجاذب و افزایش جمعیت شته‌ها در سطوح بالاتر سوپرجاذب و تنش بود. شانگوی و همکاران (۳۴) تیمار رطوبت خاک ۸۰ درصد ظرفیت زراعی را علی‌رغم کاهش معنی‌دار برخی مولفه‌های زراعی گیاه فلفل در مقایسه با تیمار ۱۰۰ درصد به‌دلیل عملکرد و کیفیت مناسب محصول پیشنهاد نمودند.

بررسی منابع نشان می‌دهد کمبود آب سبب اختلال در بسیاری از فرآیندهای رشد در گیاهان می‌شود. استفاده از سوپرجاذب‌ها، یکی از روش‌های سازگار با کمبود آب و فراهم کننده بستر مناسب برای رشد گیاه است. گزارش‌هایی از اثر بخشی این مواد در کاهش آب مصرفی و ایجاد شرایط مناسب در رشد گیاهان مثل خیار گلخانه‌ای (۳)، گوجه‌فرنگی گلخانه‌ای (۱۱)، بادام زمینی (۷) و رزماری (۴۳) وجود دارد. با این‌حال گزارشات از تاثیر توام مقادیر متفاوت سوپرجاذب‌ها در ترکیب با خاک و سطوح مختلف آب و کود بر عملکرد و کارآیی مصرف آب برای گیاه فلفل دلمه در شرایط گلخانه به‌ویژه در منابع داخلی محدود است. هدف این تحقیق بررسی سودمندی برهم‌کنش توام سطوح متفاوتی از سه متغیر سوپرجاذب، آب و کود بر عملکرد، کارآیی مصرف آب و برخی مولفه‌های رشد گیاه فلفل دلمه می‌باشد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در گلخانه مرکز فنی حرفه‌ای شهرستان کامیاران (کردستان) در تابستان و پاییز سال ۱۳۹۲، به‌صورت فاکتوریل با طرح بلوک‌های کامل تصادفی در ۱۸ تیمار و سه تکرار بر مبنای کشت گلدانی انجام شد. برای این منظور ۵۴ گلدان، با ارتفاع ۳۰ سانتی‌متر و قطر دهانه ۲۲ سانتی‌متر تهیه و در کف آن‌ها سوراخ‌هایی جهت تهویه و تخلیه آب اضافی و لایه‌ای از شن ایجاد شد. در مجموع از سه سطح وزنی سوپرجاذب آکوازورب صفر درصد (A0)، ۰/۳ درصد (A1)، ۰/۵ درصد (A2) وزن خاک گلدان، سه سطح نیاز آبی ۷۰ درصد (W1)، ۸۵ درصد (W2)، و۱۰۰ درصد (W3) و دو سطح ۷۵ (F1) و 100 درصد (F2) نیاز کود نیتروژنی استفاده شد. گلدان‌ها پس از آماده‌سازی براساس تیماربندی طرح شماره‌گذاری و چیدمان شدند (شکل ۱).

مقادیر مصرف کودهای اوره، سوپرفسفات ساده و سولفات پتاسیم براساس توصیه کودی حاصل از نتایج آزمون خاک به‌ترتیب به‌میزان ۳۵۰، ۱۴۴ و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار بود به‌طوری‌که مقادیر کود اوره به نسبت سطوح هر تیمار کودی در زمان اعمال تیمارها به‌همراه آب آبیاری و کودهای سوپرفسفات و سولفات پتاسیم در زمان آماده‌سازی خاک به‌میزان لازم به گلدان‌ها داده شد. بوته‌های گیاه فلفل دلمه پس از چهار برگی شدن نشاءها از جعبه کشت در تاریخ ۹۲ /۴/۲۱ به داخل گلدان‌ها جابه‌جا شدند. اعمال تیمارهای آبیاری پس از استقرار کامل بوته‌ها در هفته چهارم کاشت صورت گرفت. نیاز آبی گلدان‌ها به‌صورت حجمی و در مقیاس روزانه براساس اندازه‌گیری‌های حاصل از یک میکرو لایسیمتر مستقر در

داخل گلخانه تامین شد. مقدار آب مصرف شده در دوره رشد گیاه در تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی ۱۶۵۸ میلی‌متر و در تیمارهای ۸۵ و ۷۰ درصد نیاز آبی به‌ترتیب ۱۴۰۹ و ۱۱۶۱ میلی‌متر به‌دست آمد.

بافت خاک مورد استفاده لوم رسی بود. همچنین برخی از خصوصیات فیزیکو شیمیای خاک و سوپرجاذب مورد استفاده در جدول ۱ ارائه شده است.

شکل ۱- چیدمان تصادفی گلدان‌ها در گلخانه (سمت راست)، گلدهی بوته‌های فلفل دلمه (وسط) و میوه‌های قابل برداشت (سمت چپ)

Figure 1- Random arrangement of pots in the greenhouse (right), flowering of bell peppers shrubs (middle) and removable fruits (left)

جدول ۱- ویژگی‌های خاک و سوپرجاذب مورد استفاده

Table 1- Soil and superabsorbent properties used

خاک soil	مقدار amount	سوپرجاذب superabsorbent	مقدار amount
سیلت Silt	40%	جرم مخصوص Bulk density	1.10 g/cm^3
رس Clay	36%	پهاش pH	8.10
شن Sand	24%	شکل ظاهری مواد Appearance of materials	در حالت خشک پودر سفید و در حالت آب‌دار ژل بی‌رنگ In dry state, white powder and in a watery state, colorless gel
هدایت الکتریکی Electrical conductivity	0.985 dS/m	اندازه ذرات Particle size	متوسط Medium
تخلخل Porosity	47%	حداکثر جذب آب Maximum water absorption	400 برابر در آب مقطر و 150 برابر در خاک 400 times distilled water and 150 times in the soil
ازت کل Total nitrogen	0.091%	ظرفیت تبادل کاتیونی Cation exchange capacity	4.6 Meq/g
پتاسیم قابل جذب K absorbable	265 mg/kg	اثر گذاری در خاک Effect on soil	بیش از 5 سال More than 5 years
فسفر قابل جذب P absorbable	12.5 mg/kg	نوع عناصر مغذی جذب شده در سطح Elements type absorbed on the surface	عناصر آنیونی Anionic elements

لازم به ذکر است که دوره رشد شش ماه و دور آبیاری هفت روز بود. پس از برداشت میوه‌ها، پارامترهای وزن تر و خشک اندام هوایی، وزن تر و خشک اندام زیرزمینی (ریشه)، طول و قطر ساقه و وزن (عملکرد) میوه، مقدار آب آبیاری و کارآیی مصرف آب در هر یک از تیمارها تعیین شد. وزن میوه‌ها، وزن تر و خشک اندام هوایی و وزن تر و خشک ریشه با ترازوی دیجیتالی دارای دقت ۰/۰۱ گرم، قطر ساقه با کولیس و طول ساقه با خط‌کش فلزی ۵۰۰ میلی‌متری اندازه‌گیری شد. در انتهای فصل رشد، گیاه از محل طوقه قطع و خاک درون گلدان‌ها همراه ریشه به آرامی تخلیه و ریشه با شستشو از خاک به‌طور کامل جدا و وزن تر آن‌ها اندازه‌گیری شد. به‌همین ترتیب وزن خشک آن‌ها با قرار دادن نمونه‌ها، به‌مدت ۴۸ ساعت در گرمخانه با دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد به‌دست آمد. کارآیی مصرف آب از نسبت مجموع وزن میوه‌های هر تیمار بر حسب کیلوگرم، نسبت به‌میزان آب مصرفی همان تیمار برحسب متر مکعب محاسبه شد.

تجزیه و تحلیل‌های آماری نتایج با نرم‌افزار SPSS و مقایسه میانگین اثرات ساده و اثرات متقابل سطوح مختلف تیمارها در قالب دو جدول مجزا آورده شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس کارآیی مصرف آب، عملکرد و اجزای عملکرد گیاه فلفل در جدول ۲ ارائه شده است. براساس نتایج جدول ۲، اثرات تیمارهای سوپرجاذب، مقدار آب آبیاری و کود بر وزن تر و خشک اندام هوایی، وزن تر و خشک ریشه و وزن میوه معنی‌دار بود. اما اثرات تیمارهای ذکر شده و اثرات متقابل آن‌ها بر قطر ساقه غیرمعنی‌دار شد. اثرات متقابل سوپر جاذب × آب، سوپرجاذب × کود و آب × کود بر تمام صفات مورد بررسی به جز قطر ساقه معنی‌دار بود. اثرات متقابل سوپرجاذب × آب × کود بر تمام صفات مورد بررسی غیرمعنی‌دار شد.

اثرات ساده تیمارها

در جدول ۳ مقایسه میانگین اثرات تک عاملی سوپرجاذب، آبیاری و کود نیتروژنی بر مقادیر صفات مورد بررسی گیاه فلفل دلمه ارائه شده است.

نتایج جدول ۳ نشان داد با افزایش سطح سوپرجاذب وزن تر و خشک ریشه کاهش و وزن تر و خشک اندام هوایی، اندازه طول و قطر ساقه، وزن میوه و کارآیی مصرف آب افزایش یافت. بیشترین مقدار مولفه وزن تر و خشک ریشه به سطح صفر گرم سوپرجاذب (A0) و برای سایر مولفه‌ها به سطح ۵ گرم سوپرجاذب (A2) مربوط بود. ریشه گیاه در خاک فاقد سوپرجاذب به‌دلیل توانایی کمتر ذخیره‌سازی آب نسبت به خاک دارای سوپرجاذب گسترش بیشتری یافته است. بیشترین وزن تر ریشه (۵۶/۷۸ گرم) و وزن خشک ریشه (۲۸/۸۷ گرم) متعلق به سطح صفر گرم سوپرجاذب (A0) بود که به‌ترتیب تفاوت معنی‌داری با تیمار A2 و A1 و A2 داشت. بیشترین وزن میوه (۶۶۶/۲ گرم) متعلق به سطح ۵ گرم سوپرجاذب (A2) بود که تفاوت معنی‌داری با تیمارهای A0 و A1 داشت. علت بیشتر بودن وزن میوه و دیگر مولفه‌های رشد در سطح ۵ گرم سوپرجاذب، دسترسی گیاه به آب و عناصر غذایی ذخیره شده توسط سوپرجاذب و داشتن رشد رویشی مناسب آن نسبت به دو سطح دیگر است.

جدول ۲- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) برخی شاخص‌های مرتبط با عملکرد متأثر از سطوح مختلف سوپرجاذب، آبیاری و کود

Table 2- Analysis of variance (Mean Square) of some indicators related to the effect of various levels of superabsorbent, irrigation and nitrogen fertilizer

منابع متغیر Sources of variations	درجه آزادی Degree of freedom	وزن اندام هوایی Shoot weight		وزن ریشه Root weight		ساقه Stem		وزن میوه Fruit weight	کارآیی مصرف آب Water use efficiency
		تر Fersh	خشک Dry	تر Fersh	خشک Dry	قطر Diameter	طول Length		
سوپرجاذب Superabsorbent	2	837.24**	138.63*	780.1**	237.32**	0.003 ns	170.74**	681.96**	93.54**
آبیاری Irrigation	2	276.05**	1191.79**	829.47**	1538.09**	0.048 ns	146.27**	118.11*	9.05*
کود Fertilizer	1	1253.58**	2241.38**	304.26**	310.56**	0.001 ns	43.74 ns	940.25**	5.48 ns
سوپرجاذب×آبیاری Superabsorbent× irrigation	4	81.52*	274.45**	48.71**	87.50**	0.015 ns	93.64*	423.11**	20.42**
سوپرجاذب×کود Superabsorbent× fertilizer	2	41.51**	4.48*	88.22*	10.16*	0.0005 ns	4.53*	252.57**	7.11*
آبیاری×کود Irrigation× fertilizer	2	3.59**	5.01**	8.34**	6.07**	0.007 ns	21.16*	25.46*	2.57*
سوپرجاذب×آبیاری×کود Irrigation × fertilizer× superabsorbent	4	51.68 ns	87.55 ns	44.62 ns	29.43 ns	0.014	68.82 ns	17.38 ns	6.76 ns
خطا Error	36	25.13	33.93	25.32	14.65	0.02	32.43	85.05	3.87
CV%	-	9.70	13.58	9.78	15.36	14.87	12.26	10.46	19.91

ns عدم وجود اختلاف معنی‌دار، * اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد و ** اختلاف معنی‌دار در سطح ۱ درصد.

ns non-significant, * Significant at the 5% probability level (P<0.05), ** Significant at the 1% probability level (P<0.01).

جدول ۳- مقایسه میانگین اثرات تک عاملی تیمارهای سوپرجاذب، آبیاری و کود نیتروژنی بر مقادیر صفات مورد بررسی گیاه فلفل دلمه

Table 3- Mean comparison of the single effects of superabsorbent, irrigation and nitrogen fertilizer treatments on the traits of bell peppers

عامل Factor	تیمار Treatment	وزن اندام هوایی در بوته Shoot weight (g)		وزن ریشه در بوته Root weight (g)		ساقه Stem (cm)		وزن میوه در بوته Fruit weight (g)	کارآیی مصرف آب Water use efficiency (kg m^{-3})
		تر Fersh	خشک Dry	تر Fersh	خشک Dry	قطر Diameter	طول Length		
سوپرجاذب Superabsorbent	A0 (0 g)	44.11 c	41.12 b	56.78 a	28.87 a	0.98 a	43.81 b	425.27 b	7.89 c
	A1 (3 g)	53.59 b	41.47 b	53.44 a	24.17 b	1.0 a	45.69 a	503.42 b	9.34 b
	A2 (5 g)	57.34 a	46.09 a	44.08 b	21.73 b	1.01 a	45.83 a	666.20 a	12.36 a
آبیاری Irrigation	W1 (70%)	48.22 b	34.81 c	59.23 a	35.28 a	1.01 a	44.40 b	473.53 b	10.57 a
	W2 (85%)	50.89 b	43.58 b	48.24 b	21.99 b	0.95 a	45.01 b	493.18 b	9.15 b
	W3 (100%)	55.93 a	50.28 a	46.84 b	17.50 c	1.03 a	49.92 a	621.81 a	9.87 ab
کود Fertilizer	F1 (75%)	46.86 b	36.45 b	49.06 b	22.53 b	0.99 a	45.62 a	601.20 b	9.54 a
	F2 (100%)	56.50 a	49.33 a	53.81 a	27.32 a	1.0 a	47.27 a	638.70 a	10.14 a

در هر ستون و برای هر عامل، اعدادی که دارای حروف مشترک هستند تفاوت معنی‌داری در سطح ۵ درصد باهم ندارند. A0، A1 و A2 به‌ترتیب به‌معنای مصرف صفر، سه و پنج گرم سوپرجاذب در هر کیلوگرم خاک، W1، W2 و W3 آبیاری به‌میزان ۷۰، ۸۵ و ۱۰۰ درصد نیاز آبی و F1 و F2 به‌ترتیب به‌معنای مصرف ۷۵ و ۱۰۰ درصد نیاز کود نیتروژنی گیاه فلفل.

level (P<0.05). A0, A1 and A2 At the each column and factors, the values with the same letter are not significantly different at the 5% probability mean zero, three and five grams of superabsorbent per kilogram of soil, respectively, W1, W2 and W3 irrigation with 70, 85 and 100 percent water requirement, and F1 and F2 meaning consumption of 75 and 100 percent of nitrogen fertilizer requirement of pepper crop, respectively.

سوپرجاذب به‌دلیل افزایش ظرفیت نگهداری آب، افزایش آب قابل دسترس، افزایش جذب عناصر غذایی در بهبود رشد گیاه و بهبود مؤلفه‌های گیاهی اثر دارد (۱۲ و ۲۶). بیشترین وزن تر و خشک اندام هوایی (۵۷/۳۴ و ۴۶/۰۹ گرم) نیز به تیمار A2 اختصاص یافت که تفاوت معنی‌داری با تیمارهای A0 و A1 داشت. تیمارهای A2 و A1 نیز با ۴۵/۸۳ و ۴۵/۶۹ سانتی‌متر دارای بیشترین طول ساقه بودند که با تیمار A0 (۴۳/۸۱ سانتی‌متر) تفاوت معنی‌داری داشتند. گیاهان برای تولید و عملکرد بالا نیازمند رشد رویشی مناسبی هستند و معنی‌دار بودن وزن تر و خشک اندام هوایی و اندازه طول ساقه در سطح ۵ گرم سوپرجاذب نسبت به مقادیر متناظر سطوح ۳ و صفر گرم سوپرجاذب نشانه بالاتر بودن رشد رویشی است. رستمی و همکاران (۲۹) وجود سوپرجاذب در شرایط کمبود رطوبت را موجب کاهش آبشویی، کاهش هدررفت آب و جذب قابل توجه آب و عناصر غذایی می‌دانند. آنان اثر سوپرجاذب به‌هنگام خشکی را برای گیاه، به‌واسطه آزادسازی آب و عناصر غذایی جذب شده به خاک ناحیه ریشه مثبت ارزیابی نمودند.

همچنین نتایج جدول ۳ نشان می‌دهد که اثر تیمارهای سوپرجاذب بر روی کارآیی مصرف آب گیاه فلفل دلمه‌ای معنی‌دار بوده به‌طوری‌که بیشترین کارآیی مصرف آب به سطح پنج گرم سوپرجاذب به مقدار ۱۲/۳۶ کیلوگرم بر مترمکعب و کمترین آن نیز به سطح صفر گرم سوپرجاذب به مقدار ۷/۸۹ کیلوگرم بر مترمکعب اختصاص یافت. بیشتر بودن کارآیی مصرف آب با توجه به بالاتر بودن مقدار وزن میوه (۶۶۶/۲ گرم)، در سطح پنج گرم سوپرجاذب، منطقی است. در این رابطه ضیایی و همکاران (۴۳) بیان می‌دارند سوپرجاذب با نگهداشت آب در ناحیه ریشه باعث بازماندن روزنه‌ها به‌مدت طولانی‌تر، تثبیت مناسب دی‌اکسید کربن، افزایش وزن اندام هوایی و به‌تبع افزایش عملکرد گیاه و کارآیی مصرف آب می‌شود. پژوهش‌ها نشان می‌دهد که به حداکثر رساندن محصول گیاهان یکی از برتری‌های اصلی سوپرجاذب‌ها محسوب می‌شود (۴۲). حقیقی و همکاران (۱۱) در بررسی تأثیر سوپرجاذب بر گوجه‌فرنگی گزارش نمودند تعداد میوه‌های دارای عارضه پوسیدگی کاهش پیدا می‌کند و به‌تبع آن صفت بازارپسندی افزایش می‌یابد. محققان دلیل افزایش عملکرد گیاهان را افزایش ظرفیت نگه‌داری آب در خاک و کاهش شستشوی عناصر غذایی و نیز هوادهی بهتر در خاک به واسطه حضور سوپرجاذب بیان کردند (۱۸). احرار و همکاران (۴) نیز بیان می‌دارند با توجه به کاهش کسر زهکشی در خاک‌های آمیخته با سوپرجاذب می‌توان دریافت که افزودن سوپرجاذب از طریق افزایش ظرفیت نگه‌داری باعث کاهش هدررفت آب و عناصر غذایی شده و از این طریق به گیاه کمک کرده تا بخش بیشتری از آب و عناصر غذایی موجود در فرآیند تولید را به کار گیرد و افزایش عملکرد داشته باشد به این ترتیب کارآیی مصرف مصرف آب افزایش می‌یابد.

مقایسه میانگین اجزای عملکرد در بین تیمارهای آبیاری در

جدول ۳ نشان داد که کمترین وزن تر و خشک ریشه در سطح آبیاری کامل (۱۰۰ درصد) معادل ۴۶/۸۴ و ۱۷/۵ گرم حاصل شد که مقادیر آن با تیمارهای ۷۰ و ۸۵ درصد نیاز آبی تفاوت معنی‌داری داشت. دلیل این امر، دسترسی ریشه به رطوبت کافی و عدم نیاز گیاه به توسعه آن در تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی می‌باشد. در حالی‌که بیشترین مقدار دیگر صفات هوایی نظیر وزن تر و خشک اندام هوایی، قطر ساقه و وزن میوه به تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی مربوط است. به‌عبارت دیگر با کاهش سطح آبیاری از مقادیر صفات عملکردی گیاه فلفل به‌صورت معنی‌داری کاسته شده است. این امر منجر به کاهش معنی‌دار وزن تر و خشک اندام هوایی، به‌ترتیب از ۵۵/۹۳ و ۵۰/۲۸ گرم (در سطح ۱۰۰ درصد تامین نیاز آبی گیاه) به ۴۸/۲۲ و ۳۴/۸۱ گرم (در سطح ۷۰ درصد تامین نیاز آبی گیاه) و کاهش معنی‌دار مقدار عملکرد میوه از ۶۲۱/۸۱ گرم (در سطح ۱۰۰ درصد تامین نیاز آبی گیاه) به ۴۷۳/۵۳ گرم (در سطح ۷۰ درصد تامین نیاز آبی گیاه) شده است. رستمی و همکاران (۲۹) علت این کاهش را آسیب‌دیدگی بافت‌های گیاهی به‌دلیل کاهش توانایی غشاء سلولی گیاه فلفل در شرایط کمبود آب ذکر کرده‌اند. ضیایی و همکاران (۴۳) علت تاثیرپذیری بیشتر اندام هوایی گیاهان نسبت به اندام ریشه در شرایط تنش آبی را کاهش حجم سلولی در اندام هوایی و افزایش جذب آب از طریق حفظ نسبی رشد ریشه دانسته‌اند که با نتایج پژوهش حاضر هم‌خوانی دارد. لوبو و همکاران (۲۱) نیز وزن خشک بیشتر و وزن ریشه کمتر گیاه فلفل را در تیمار آبیاری ۱۰۰ درصد را به‌دلیل دسترسی راحت‌تر گیاه و ریشه به آب، نسبت به سطح ۸۰ درصد نیاز آبی گزارش نمودند. افاضاتی و همکاران (۳) کاهش عملکرد گیاه خیار در شرایط کمبود رطوبت را ناشی از کاهش مقدار کلروفیل و گیرنده‌های نوری و به‌تبع جذب نور کمتر و کاهش صفات عملکردی گزارش نموده که می‌تواند هم‌سو با نتایج تحقیق حاضر باشد. نتایج جدول ۳ نشان می‌دهد که اثر تیمارهای آبیاری بر کارآیی مصرف آب گیاه فلفل دلمه‌ای معنی‌دار بود به‌طوری‌که بیشترین و کمترین کارآیی مصرف آب در بین تیمارهای مختلف آبیاری به‌ترتیب به تیمار ۷۰ و ۸۵ درصد تامین نیاز آبی گیاه معادل ۱۰/۵۷ و ۹/۱۵ کیلوگرم بر متر مکعب اختصاص یافت. نتایج نشان می‌دهد با افزایش تنش آبی، ضمن کاهش مقدار آب مصرفی در تیمار ۷۰ درصد تأمین نیاز آبی موجب افزایش کارآیی مصرف آب در این تیمار نسبت به دیگر تیمارهای آبیاری شده است. نتایج این تحقیق هم‌راستا با نتایج تحقیقات وحیدی و همکاران (۴۱) می‌باشد نتایج آن‌ها نشان داد که کارآیی مصرف آب در تیمار تنش ۶۰ درصد نیاز آبی گیاه دارویی حنا بیشتر از تیمارهای ۸۰ و ۱۰۰ درصد نیاز آبی می‌باشد.

نتایج مربوط به تاثیر کود نیتروژنی در جدول ۳ نشان داد بیشترین مقادیر میانگین اجزای عملکرد به سطح ۱۰۰ درصد تیمار کودی مربوط است که ناشی از دسترسی گیاه به عناصر غذایی بیشتر در این سطح کودی است. بیشترین مقادیر وزن میوه‌های فلفل و کارآیی مصرف آب به‌ترتیب ۶۳۸/۷۰ گرم و ۱۰/۱۴ کیلوگرم بر متر مکعب و بیشترین وزن تر ریشه (۵۳/۸۱ گرم) و وزن تر اندام هوایی (۵۶/۵۰ گرم) در سطح ۱۰۰ درصد تیمار کودی اندازه‌گیری شد. مقادیر صفات طول و قطر ساقه، و کارآیی مصرف آب، نیز در سطح ۱۰۰ درصد تیمار کودی نسبت به سطح ۷۵ درصد بیشتر بود اما تفاوت معنی‌داری بین دو سطح ۷۵ و ۱۰۰ درصد کودی مشاهده نشد. گیاه با توجه به توسعه بیشتر ریشه به‌واسطه فزونی وزن تر و خشک ریشه در تیمار ۱۰۰ درصد کودی و توسعه بیشتر اندام هوایی، می‌تواند عناصر غذایی را راحت‌تر از خاک جذب و در اختیار گیاه قرار دهد و باعث افزایش اجزای عملکرد گردد.

اثر متقابل تیمارها

در جدول ۴ مقایسه میانگین اثرات متقابل صفات مورد مطالعه آمده است. مقایسه میانگین اثر متقابل سوپرجاذب × آب بر وزن تر و خشک اندام‌هوایی نشان داد که در سطوح آبیاری یکسان با افزایش مقدار کاربرد سوپرجاذب وزن تر اندام هوایی به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. با افزایش مقدار کاربرد سوپرجاذب در خاک از صفر به ۰/۵ درصد، در سطح آبیاری ۷۰ درصد (W1) مقدار آن از ۴۰/۷ به ۵۱/۲، در سطح آبیاری ۸۵ درصد (W2) از ۴۳/۳ به ۵۵/۰ و در سطح آبیاری ۱۰۰ درصد نیاز آبی (W3) مقدار آن از ۴۸/۳۲ به ۶۵/۸۲ گرم افزایش یافت. همچنین در سطوح سوپرجاذب یکسان با افزایش مقدار کاربرد آب آبیاری وزن تر اندام هوایی افزایش یافت. با افزایش مقدار کاربرد آب آبیاری از ۷۰ به ۱۰۰ درصد، در سطح کاربرد صفر درصد سوپر جاذب (A0) مقدار آن از ۴۰/۷ به ۴۸/۳۲، در سطح کاربرد ۰/۳ درصد سوپر جاذب (A1) از ۵۲/۷۵ به ۵۴/۳۷ و در سطح کاربرد ۰/۵ درصد سوپر جاذب (A2) از ۵۱/۲ به ۶۵/۸۲ گرم افزایش یافت. که این افزایش در سطوح کاربرد صفر و ۰/۵ درصد سوپر جاذب معنی‌دار بود. اما به‌طور کلی نتایج جدول ۴ برای اثرات متقابل سوپرجاذب × آبیاری نشان داد که بیشترین مقدار وزن تر اندام هوایی با ۶۵/۸۲ گرم به تیمار A2W3 تعلق داشت. و کمترین آن نیز با ۴۰/۷۰ گرم به تیمار A0W1 اختصاص داشت. بیشترین مقدار وزن خشک اندام هوایی نیز به‌ترتیب با ۵۵/۳۸ و ۵۵/۱۸ گرم به تیمارهای A1W3 و A2W3 مربوط است و کمترین آن نیز با ۳۰/۷۷ گرم به تیمار A1W1 تعلق گرفت (جدول ۴). سالار و همکاران (۳۱) گزارش کردند کاربرد پلیمر سبب افزایش عناصر غذایی قابل دسترس گیاه در خاک شده، بنابراین بیوماس گیاه را افزایش می‌دهد. نتایج تحقیقات تایلور (۳۸) نیز افزایش بیوماس گیاهان با کاربرد سوپر جاذب را تأیید می‌کند.

جدول ٤- مقایسه میانگین اثرات متقابل تیمارهای سوپرجاذب، آبیاری و کود نیتروژنی بر مقادیر صفات مورد بررسی گیاه فلفل دلمه

Table 4- Mean comparison of the interaction effects of superabsorbent, irrigation and nitrogen fertilizer treatments on the traits of bell peppers

عامل Factor	تیمار Treatment	وزن اندام هوایی در بوته Shoot weight (g)		وزن ریشه در بوته Root weight (g)		ساقه Stem (cm)		وزن میوه در بوته Fruit weight (g)	کارآیی مصرف آب Water use efficiency (kg m^{-3})
		تر Fersh	خشک Dry	تر Fersh	خشک Dry	قطر Diameter	طول Length		
سوپرجاذب × آبیاری Superabsorbent × Irrigation	A0W1	40.70 e	37.32 de	67.85 a	43.18 a	0.93 a	43.56 bc	368.70 c	8.23 de
	A0W2	43.30 de	45.75 bc	51.30 c	25.57 c	0.97 a	43.30 bc	471.08 bc	8.74 cde
	A0W3	48.32 cd	40.28 cd	51.20 c	17.87 de	1.05 a	44.58 bc	421.47 bc	6.69 e
	A1W1	52.75 bc	30.77 e	58.58 b	30.28 b	0.97 a	39.97 c	499.07 b	11.14 bc
	A1W2	54.37 bc	38.28 d	50.90 c	22.62 cd	1.00 a	47.99 b	459.22 bc	8.52 de
	A1W3	53.65 bc	55.38 a	50.85 c	19.62 de	1.03 a	49.10 ab	527.31 b	8.37 de
	A2W1	51.20 bc	34.43 de	51.27 c	32.37 b	0.92 a	49.67 ab	552.38 b	12.33 ab
	A2W2	55.0 b	48.65 ab	42.52 d	17.80 de	1.10 a	44.41 bc	540.07 b	10.19bcd
	A2W3	65.82 a	55.18 a	38.47 d	15.02 e	1.02 a	55.41 a	916.65 a	14.55 a
سوپرجاذب × کود Superabsorbent × Fertilizer	A0F1	39.80 d	34.37 b	52.17 b	25.79 b	0.98 a	43.38 b	369.75 d	6.86 c
	A0F2	48.41 c	47.87 a	61.40 a	31.96 a	0.99 a	44.24 b	480.78 cd	8.92 b
	A1F1	49.97 c	35.60 b	53.26 b	19.21 c	1.00 a	44.85 b	494.80 cd	9.50 b
	A1F2	57.21 b	47.33 a	53.63 b	25.77 b	1.00 a	46.53 ab	512.05 bc	9.18 b
	A2F1	50.81 c	39.38 b	41.77 c	22.58 bc	1.00 a	48.40 ab	661.35 ab	12.27 a
	A2F2	63.86 a	52.80 a	46.40 c	24.24 b	1.02 a	51.26 a	670.51 a	12.44 a
آبیاری × کود Irrigation × Fertilizer	W1F1	43.89 d	27.31 e	57.61 a	32.53 b	0.95 a	44.65 b	439.48 d	9.81 ab
	W1F2	52.54 bc	41.03 cd	60.86 a	38.02 a	0.92 a	44.15 b	507.14 c	12.32 a
	W2F1	45.69 d	37.6 d	45.69 cd	20.27 c	1.00 a	44.19 b	485.1 cd	9.00 b
	W2F2	56.09 ab	50.83 ab	50.79 b	23.72 c	1.04 a	46.28 b	500.73 c	9.29 ab
	W3F1	51.00 c	44.43 bc	43.89 d	14.78 d	1.02 a	47.80 ab	618.03 ab	9.81 ab
	W3F2	60.86 a	56.13 a	49.79 bc	20.22 c	1.04 a	51.61 a	625.59 a	9.93 ab

در هر ستون و برای هر عامل، اعدادی که دارای حروف مشترک هستند تفاوت معنی‌داری در سطح ۵ درصد باهم ندارند. A0، A1 و A2 به‌ترتیب به‌معنای مصرف صفر، سه و پنج گرم سوپرجاذب در هر کیلوگرم خاک، W1، W2 و W3 آبیاری به‌میزان ۷۰، ۸۵ و ۱۰۰ درصد نیاز آبی و F1 و F2 به‌ترتیب به‌معنای مصرف ۷۵ و ۱۰۰ درصد نیاز کود نیتروژنی گیاه فلفل.

level (P<0.05). At the each column and factors, the values with the same letter are not significantly different at the 5% probability A0, A1 and A2 mean zero, three and five grams of superabsorbent per kilogram of soil, respectively, W1, W2 and W3 irrigation with 70, 85 and 100 percent water requirement, and F1 and F2 meaning consumption of 75 and 100 percent of nitrogen fertilizer requirement of pepper crop, respectively.

مقایسه میانگین اثر متقابل سوپرجاذب × آبیاری (AW) برای وزن تر و خشک ریشه نشان داد (جدول ۴) در سطوح آبیاری یکسان با افزایش کاربرد سوپرجاذب در خاک از صفر به ۰/۵ درصد، وزن تر ریشه به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. با افزایش کاربرد سوپرجاذب از صفر به ۰/۵ درصد، در سطح آبیاری ۷۰ درصد (W1) مقدار آن از ۶۷/۸۵ به ۵۱/۲۷، در سطح آبیاری ۸۵ درصد (W2) از ۵۱/۳ به ۴۲/۵۲ و در سطح آبیاری ۱۰۰ درصد (W3) از ۵۱/۲۰ به ۳۸/۴۷ گرم کاهش یافت. همچنین در سطوح سوپرجاذب یکسان با کاهش آب آبیاری وزن تر و خشک ریشه به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. با کاهش آب آبیاری از ۱۰۰ به ۷۰ درصد، در سطح صفر درصد سوپر جاذب (A0) مقدار وزن تر و خشک ریشه به‌ترتیب از ۵۱/۲۰ و ۱۷/۸۷به ۶۷/۸۵ و ۴۳/۱۸، در سطح ۰/۳ درصد سوپر جاذب (A1) از ۵۰/۸۵ و ۱۹/۶۲ به ۵۸/۵۸ و ۳۰/۲۸ و در سطح ۰/۵ درصد سوپر جاذب (A2) از ۳۸/۴۷ و ۱۵/۰۲ به ۵۱/۲۷ و ۳۲/۳۷ گرم افزایش یافت. اما به‌طور کلی نتایج جدول ۴ برای اثرات متقابل سوپرجاذب × آبیاری نشان داد که بیشترین وزن تر و خشک ریشه به‌ترتیب ۶۷/۸۵ و ۴۳/۱۸ گرم به تیمار A0W1، با اعمال ۷۰ درصد نیاز آبی در خاک فاقد سوپرجاذب به‌دست آمد که تفاوت معنی‌داری با مقادیر سطوح دیگر این تیمار دارد. و کمترین وزن تر و خشک ریشه به‌ترتیب با ۳۸/۴۷ و ۱۵/۰۲ گرم در ترکیب تیماری A2W3 (سطوح ۵ گرم سوپرجاذب در کیلوگرم خاک و آبیاری ۱۰۰ درصد) به‌دست آمد. کمبود آب سبب تلاش گیاه برای دست‌یابی به آب جهت زنده‌مانی و فراهم‌سازی رشد و توسعه می‌باشد که این امر در راستای توسعه ریشه و حداکثر بودن وزن تر و خشک آن در تیمار A0W1، است. نتایج تحقیقات دیگر محققان از جمله توپسین و همکاران (۴۰) نیز مؤید این مطلب است، که ارقام گندم متحمل به خشکی ریشه طویل‌تر و

حجم ریشه بیشتری نسبت به دیگر ارقام دارند. بسیاری از گونه‌های گیاهی با افزایش سهم مواد فتوسنتزی اختصاص یافته به رشد ریشه و بنابراین افزایش نسبت ریشه به اندام هوایی و بهره‌گیری بیشتر از آب قابل دسترس به کمبود رطوبت پاسخ می‌دهند (۱۶). از طرف دیگر آلکیر و همکاران (۶) در بررسی اثر آبیاری کامل، کم‌آبیاری و عدم انجام آبیاری بر گیاه نعناع فلفلی کاهش طول ریشه در شرایط تنش‌آبی را مشاهده کردند. تأثیر تنش‌خشکی بر محدود نمودن رشد ریشه در برخی گیاهان دیگر نظیر نعناع ژاپنی و گیاه بومادران نیز گزارش شده است (۲۰). بنابراین تنش آبی با توجه به نوع گیاه می‌تواند اثرات مختلفی بر ریشه داشته باشد. بیشترین طول ساقه به تیمار A2W3 با ارتفاع ۵۵/۴۱ سانتی‌متر مربوط است (جدول ۴). نتایج این مطالعه نشان دهنده‌ی این مطلب است که با افزایش تنش آبی طول ساقه کاهش می‌یابد و سوپرجاذب تأثیر معنی‌داری در مقابله با این کاهش دارد. ادت (۲) گزارش کرد که تنش خشکی موجب کاهش طول ساقه و ایجاد حالت کوتاه قدی در گیاهان می‌گردد. نتایج پژوهش‌های روبیول اسلام و همکاران (۲۸) بر روی نخود بیان‌گر افزایش ارتفاع بوته، قطر ساقه، عملکرد زیست توده با کاربرد ۴۰ کیلوگرم در هکتار پلیمر سوپر جاذب بود.

براساس نتایج جدول ۴ برای اثرات متقابل سوپرجاذب × آبیاری، در سطوح آبیاری یکسان با افزایش کاربرد سوپرجاذب در خاک، وزن میوه افزایش یافت. با افزایش کاربرد سوپرجاذب از صفر به ۰/۵ درصد، در سطح آبیاری ۷۰ درصد (W1) مقدار آن از ۳۶۸/۷ به ۵۵۲/۳۸، در سطح آبیاری ۸۵ درصد (W2) از ۴۷۱/۰۸ به ۵۴۰/۰۷ و در سطح آبیاری ۱۰۰ درصد (W3) از ۴۲۱/۴۷ به ۹۱۶/۶۵ گرم افزایش یافت. این افزایش در سطوح آبیاری ۷۰ و ۱۰۰ درصد معنی‌دار بود. همچنین در سطوح سوپرجاذب یکسان با افزایش آب آبیاری وزن میوه افزایش یافت. با افزایش آب آبیاری از ۷۰ به ۱۰۰ درصد، در سطح صفر درصد سوپر جاذب (A0) مقدار آن از ۳۶۸/۷ به ۴۲۱/۴۷، در سطح ۰/۳ درصد سوپر جاذب (A1) از ۴۹۹/۰۷ به ۵۲۷/۳۱ و در سطح ۰/۵ درصد سوپر جاذب (A2) از ۵۵۲/۳۸ به ۹۱۶/۶۵ گرم افزایش یافت. که این افزایش در سطح کاربرد ۰/۵ درصد سوپر جاذب، معنی‌دار بود. به‌طور کلی نتایج جدول ۴ برای اثرات متقابل سوپرجاذب × آبیاری نشان می‌دهد که بیشترین میزان وزن میوه با مقدار ۹۱۶/۶۵ گرم متعلق به ترکیب تیماری A2W3 و کمترین میزان آن ۳۶۸/۷۰ گرم و متعلق به ترکیب تیماری A0W1 است. کوهستانی و همکاران (۱۹) در تحقیقی با هدف بررسی تأثیر هیدروژل بر عملکرد ذرت دانه‌ای، اثر متقابل آبیاری و سوپرجاذب را بر وزن دانه معنی‌دار گزارش نمودند. آنان دلیل این امر را افزایش ظرفیت نگه‌داری آب در خاک و کاهش شستشوی عناصر غذایی و نیز هوادهی بهتر در خاک به واسطه حضور سوپرجاذب بیان کردند.

براساس نتایج جدول ۴ برای اثرات متقابل سوپرجاذب × آبیاری، در سطوح آبیاری یکسان با افزایش کاربرد سوپرجاذب در خاک، کارآیی مصرف آب افزایش یافت. با افزایش کاربرد سوپرجاذب از صفر به ۰/۵ درصد، در سطح آبیاری ۷۰ درصد (W1) مقدار آن از ۸/۲۳ به ۱۲/۳۳، در سطح آبیاری ۸۵ درصد (W2) مقدار آن از ۸/۷۴ به ۱۰/۱۹ و در سطح آبیاری ۱۰۰ درصد نیاز آبی (W3) مقدار آن از ۶/۶۹ به ۱۴/۵۵ کیلوگرم بر مترمکعب افزایش یافت که این افزایش در سطوح آبیاری ۷۰ و ۱۰۰ درصد معنی‌دار بود. همچنین در سطوح سوپرجاذب یکسان با افزایش کاربرد آب آبیاری، کارآیی مصرف آب روند تغییرات منظمی نداشت. اما به‌طور کلی نتایج جدول ۴ برای اثرات متقابل سوپرجاذب × آبیاری نشان داد که بیشترین و کمترین مقدار کارآیی مصرف آب به‌ترتیب مربوط به تیمارهای A2W3 (به‌مقدار ۱۴/۵۵ کیلوگرم بر متر مکعب) و A0W3 (۶/۶۹ کیلوگرم بر متر مکعب) می‌باشد. شایان‌ذکر است دو تیمار A2W3 و A2W1 در یک گروه آماری قرار دارند (جدول ۴). در واقع با مصرف پنج گرم سوپرجاذب می‌توان با حفظ بیشترین کارآیی مصرف آب، ۳۰ درصد در مصرف آب صرفه‌جویی نمود. به‌طور کلی کم‌آبیاری یک استراتژی بهینه برای به عمل آوردن گیاهان زراعی و باغی، تحت شرایط کمبود آب است که همواره با کاهش محصول مواجه می‌باشد و هدف آن افزایش کارآیی مصرف آب است. سوپرجاذب از طریق جلوگیری از کاهش محصول، باعث افزایش کارآیی مصرف می‌شود (۱). در تأیید این مطلب رفیعی‌مجومرد و همکاران (۲۷) گزارش کردند که تیمارهای سوپرجاذب تأثیر معنی‌داری بر میزان آب مصرفی نهالستان سیاه‌تاغ داشته‌اند. دلیل این امر نگه‌داشت آب اضافی توسط سوپرجاذب، و به‌تبع آن افزایش کارآیی مصرف آب است. پژوهش‌هایی مبنی بر افزایش کارآیی مصرف آب به واسطه استفاده از سوپرجاذب در داخل و خارج کشور توسط محققانی از جمله، بال و همکاران (۸)، سیواپالان (۳۷)، دشت‌بزرگ و همکاران (۹)، جلیلی و همکاران (۱۳)، شیخ‌مرادی و همکاران (۳۶) منتشر شده است.

مقایسه میانگین‌های جدول ۴، در خصوص اثر متقابل سوپرجاذب × کود، نشان داد در سطوح کود نیتروژنی یکسان با افزایش کاربرد سوپرجاذب در خاک، خصوصیات وزن تر اندام هوایی، طول ساقه، وزن میوه و کارآیی مصرف آب به‌طور معنی‌داری افزایش و وزن تر ریشه کاهش یافت. به‌عنوان مثال با افزایش کاربرد سوپرجاذب از صفر به ۰/۵ درصد، در سطح کود نیتروژنی ۷۵ درصد نیاز کودی (F1)، وزن تر اندام هوایی از ۳۹/۸۰ به ۵۰/۸۱ گرم، طول ساقه از ۴۳/۳۸ به ۴۸/۴ سانتی‌متر، وزن میوه از ۳۶۹/۷۵ به ۶۶۱/۳۵ گرم و کارآیی مصرف آب از ۶/۸۶ به ۱۲/۲۷ کیلوگرم بر مترمکعب افزایش داشته و در سطح کود نیتروژنی ۱۰۰ درصد (F2) مقادیر آن‌ها به‌ترتیب از ۴۸/۴۱ به ۶۳/۸۶ گرم، ۴۴/۲۴ به ۵۱/۲۶ سانتی‌متر، ۴۸۰/۷۸ به ۶۷۰/۵۱ گرم و ۸/۹۲ به ۱۲/۴۴ کیلوگرم بر متر مکعب افزایش یافت. همچنین با افزایش مقدار کاربرد سوپرجاذب در خاک از صفر به ۰/۵ درصد، در

سطح کود نیتروژنی ۷۵ درصد (F1) وزن تر ریشه از ۵۲/۱۷ به ۴۱/۷۷ گرم و در سطح کود نیتروژنی ۱۰۰ درصد (F2) مقدار آن از ۶۱/۴۰ به ۴۶/۴۰ گرم کاهش یافت. همچنین در سطوح سوپرجاذب یکسان با افزایش کاربرد کود نیتروژنی وزن تر و خشک اندام هوایی، وزن تر و خشک ریشه، طول ساقه و وزن میوه افزایش یافت. به‌عنوان مثال با افزایش کاربرد کود نیتروژنی از ۷۵ به ۱۰۰ درصد، در سطح کاربرد صفر درصد سوپر جاذب (A0) وزن تر و خشک اندام هوایی به‌ترتیب از ۳۹/۸۰ و ۳۴/۳۷ به ۴۸/۴۱ و ۴۷/۸۷ گرم، در سطح کاربرد ۰/۳ درصد سوپر جاذب (A1) مقدار آن‌ها از ۴۹/۹۷ و ۳۵/۶۰ به ۵۷/۲۱ و ۴۷/۳۳ گرم و در سطح کاربرد ۰/۵ درصد سوپر جاذب (A2) مقدار آن‌ها از ۵۰/۸۱ و ۳۹/۳۸ به ۶۳/۸۶ و ۵۲/۸۰ گرم افزایش یافت که این افزایش در هر سه سطح کاربرد سوپر جاذب، معنی‌دار بود. اما به‌طور کلی نتایج جدول ۴ برای اثرات متقابل سوپرجاذب × کود نشان داد که تیمار A0F2 دارای بیشترین مقدار وزن تر و خشک ریشه به‌ترتیب به مقدار ۶۱/۴۰ و ۳۱/۹۶ گرم بود. همچنین تیمار A2F2 دارای بیشترین مقادیر وزن تر و خشک اندام هوایی (۶۳/۸۶ و ۵۲/۸۰ گرم)، اندازه طول و قطر ساقه (۱/۰۲ و ۵۱/۲۶ سانتی‌متر)، عملکرد میوه (۶۷۰/۵۱ گرم) و میزان کارآیی مصرف آب (۱۲/۴۴ کیلوگرم بر متر مکعب) بود. ضمن آن‌که تفاوت معنی‌داری بین بیشترین مقدار عملکردهای میوه و کارآیی مصرف آب در دو تیمار A2F2 و A2F1 مشاهده نشد. افاضاتی و همکاران (۳) در کشت گلخانه‌ای خیار بیان داشته‌اند سوپرجاذب‌ها به‌واسطه پتانسیل ذخیره نمودن آب و عناصر غذایی ضمن ممانعت از کاهش میزان کلروفیل، موجب فتوسنتز بیشتر می‌گردد. در همین راستا می‌توان گفت که سطح ۵ گرم سوپرجاذب در تیمار A2F2، ضمن حفظ رطوبت خاک در آزادسازی آن به‌همراه عناصر غذایی موجب توسعه بیشتر اندام هوایی گیاه به‌واسطه بیشتر بودن وزن این اندام شده است. این امر سبب دست‌یابی گیاه به حداکثر صفات اصلی مدنظر یعنی عملکرد میوه و کارآیی مصرف آب شده است.

نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل آبیاری × کود در جدول ۴ نشان داد در سطوح کود نیتروژنی یکسان با کاهش آب آبیاری، خصوصیات وزن تر و خشک اندام هوایی، طول ساقه و وزن میوه به‌طور معنی‌داری کاهش و وزن تر و خشک ریشه افزایش یافت. به‌عنوان مثال با کاهش کاربرد آب آبیاری از ۱۰۰ به ۷۰ درصد، در سطح کود نیتروژنی ۷۵ درصد (F1)، وزن تر و خشک اندام هوایی به‌ترتیب از ۵۱/۰۰ و ۴۴/۴۳ به ۴۳/۸۹ و ۲۷/۳۱ گرم، طول ساقه از ۴۷/۸۰ به ۴۴/۶۵ سانتی‌متر و وزن میوه از ۶۱۸/۰۳ به ۴۳۹/۴۸ گرم کاهش داشته و در سطح کود نیتروژنی ۱۰۰ درصد (F2) مقادیر آن‌ها به‌ترتیب از ۶۰/۸۶ و ۵۶/۱۳ به ۵۲/۵۴ و ۴۱/۰۳ گرم، ۵۱/۶۱ به ۴۴/۱۵ سانتی‌متر و ۶۲۵/۵۹ به ۵۰۷/۱۴ گرم کاهش یافت. با کاهش آب آبیاری از ۱۰۰ به ۷۰ درصد، در سطح کود نیتروژنی ۷۵ درصد (F1) وزن تر و خشک ریشه به‌ترتیب از ۴۳/۸۹ و ۱۴/۷۸ به ۵۷/۶۱ و ۳۲/۵۳ گرم و در سطح کود نیتروژنی ۱۰۰ درصد (F2) مقدار آن‌ها از ۴۹/۷۹ و ۲۰/۲۲ به ۶۰/۸۶ و ۳۸/۰۲ گرم افزایش داشت. اما در سطوح آبیاری یکسان با افزایش کاربرد کود نیتروژنی وزن تر و خشک اندام هوایی به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. با افزایش مقدار کود نیتروژنی از ۷۵ به ۱۰۰ درصد، در سطح ۷۰ درصد نیاز آبی (W1) مقدار وزن تر و خشک اندام هوایی به‌ترتیب از ۴۳/۸۹ و ۲۷/۳۱ به ۵۲/۵۴ و ۴۱/۰۳ گرم، در سطح ۸۵ درصد نیاز آبی (W2) مقدار آن‌ها از ۴۵/۶۹ و ۳۷/۶ به ۵۶/۰۹ و ۵۰/۸۳ گرم و در سطح ۱۰۰ درصد نیاز آبی (W3) مقدار آن‌ها از ۵۱/۰ و ۴۴/۴۳ به ۶۰/۸۶ و ۵۶/۱۳ گرم افزایش یافت. همچنین نتایج کلی جدول ۴ برای اثرات متقابل تیمارهای آبیاری × کود نشان داد که تیمار W1F2 دارای بیشترین وزن تر و خشک ریشه به‌ترتیب به مقدار ۶۰/۸۶ و ۳۸/۰۲ گرم شد. ضمن آن‌که حداکثر مقدار کارآیی مصرف آب ۱۲/۳۲ کیلوگرم بر متر مکعب آب بود که حاصل اثر متقابل سطوح ۷۰ درصد نیاز آبی و ۱۰۰ درصد کود از تیمار W1F2 بود. حداکثر مقدار صفات وزن تر و خشک اندام هوایی، اندازه قطر و طول ساقه و عملکرد میوه به‌ترتیب ۶۰/۸۶ و ۵۶/۱۳ گرم، ۱/۰۴ و ۵۱/۶۱، و ۶۲۵/۵۹ گرم در هر بوته به تیمار W3F2 تعلق دارد. نتایج این پژوهش هم‌راستا با نتایج وحیدی و همکاران (۴۱) می‌باشد.

نتیجه‌گیری

نتایج کلی این پژوهش نشان داد خصوصیات گیاه فلفل دلمه‌ای شامل وزن تر و خشک اندام هوایی، وزن تر و خشک ریشه، طول ساقه، وزن میوه و کارآیی مصرف آب تحت تاثیر مقدار آب آبیاری قرار گرفتند. با کاهش آب آبیاری تمامی خصوصیات ذکر شده، کاهش یافت اما کارآیی مصرف آب و وزن تر و خشک ریشه افزایش داشت. همچنین تمامی خصوصیات ذکر شده نیز تحت تأثیر مقدار مصرف سوپرجاذب قرار گرفتند. با افزایش سوپرجاذب وزن تر و خشک ریشه کاهش و سایر خصوصیات افزایش یافت. مقادیر مصرف کود نیتروژنی نیز بر تمامی خصوصیات ذکر شده به جز طول ساقه و کارآیی مصرف آب تاثیر معنی‌داری داشت. بیشترین مقادیر میانگین اجزای عملکرد و کارآیی مصرف آب به سطح ۱۰۰ درصد تیمار کودی مربوط بود. در بررسی اثرات متقابل سوپرجاذب×آبیاری بیشترین و کمترین کارآیی مصرف آب به‌ترتیب مربوط به تیمارهای A2W3 و A0W3 بود. در بررسی کارآیی مصرف آب با توجه به این‌که دو تیمار A2W3 و A2W1 در یک گروه آماری قرار گرفتند لذا با مصرف ۰/۵ درصد سوپرجاذب در خاک می‌توان با حفظ بیشترین کارآیی مصرف آب، ۳۰ درصد در مصرف آب صرفه‌جویی نمود. در بررسی اثرات متقابل سوپرجاذب×کود نیتروژنی، بیشترین میزان وزن میوه و کارآیی مصرف

آب متعلق به ترکیب تیماری A2F2 بود، اما تفاوت معنی‌داری بین دو تیمار A2F2 و A2F1 به‌لحاظ این خصوصیات وجود نداشت. لذا با کاربرد ۰/۵ درصد سوپرجاذب در خاک می‌توان با حفظ بیشترین عملکرد میوه و کارآیی مصرف آب، ۲۵ درصد در مصرف کود نیتروژنی نیز صرفه‌جویی نمود.

منابع

1- 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 lrrigation and Drainage 2(3): 100-111. (In Persian with English abstract)
2- Adt S.K., Clifford S.C., Wanek W., Jones H.G., and Popp M. 2001. Physiological and morphological adaptations of the fruit tree Ziziphus rotundifolia in response to progressive drought stress. Tree Physiology 21: 705-715.
3- Afazaty M., Irandost M., and Rezaei Estakhroeih A. 2016. Effect of application of super absorbent on the growth and yield of cucumber under deficit irrigation. Journal of Water and Irrigation Management (Journal of Agriculture) 5(2): 203-214. (In Persian with English abstract)
4- Ahrar M., Delshad M., and Babalar M. 2009. Improving water/fertilizer use efficiency of hydroponically cultured greenhouse cucumber by grafting and hydrogel amendment. Journal of Horticultural Sciences 23(1): 69-77. (In Persian with English abstract)
5- Albaho M., Bhat N., Abo H., and Tomas B. 2009. Effect of three substrates on growth and yield of two cultivars of C*apcicum annum*. Eroupean Journal of Scientific Reasearch 28: 227-233.
6- Alkire B.H., and Simon J.E. 1993.Water management for Midwestern peppermint (*Mentha piperita* L.) growing in highly organic soils Indiana, USA. Acta Horticulturae Journal 344: 544-556.
7- Babaee Sabzikar Langaroodi N., Ashouri M., Dorodian H.R., and Azarpour E. 2013. Study effect of super absorbent application, saline water and irrigation management on yield and yield components of peanut (*Arachis hypogaea* L.). Annals of Biological Research 4(1):160-169.
8- Bal W., Zhang H., Wu L.Y., and Song J. 2010. Effects of super- absorbent polymers on the physical and chemical properties of soil following different wetting and drying cycles. Soil Use and Management Journal 26: 253-260.
9- Dashtbozorg A., Sayyad Gh. Kazeminezhad I., and Mesgarbashi M. 2013. The Effects of Different Sizes of Particles of a Superabsorbent Polymer on Water Holding Capacity of Two Different Soil Textures. Journal of Agricultural Engineering 36(1): 65-75. (In Persian with English abstract)
10- Efeoğlu B., Ekmekçi Y., and Çiçek N. 2009. Physiological responses of three maize cultivars to drought stress and recovery. South African Journal of Botany 75: 34–42.
11- Haghighi M., Mozafariyan M., and Afifipour Z. 2014. The Effect of Superabsorbent Polymer and Different Withholding Irrigation Level on Some Qualitative and Quantitative Traits of Tomato (*Lycopersicum esculentum*). Journal Of Horticulture Science 28(1): 125-133. (In Persian with English abstract)
12- Islam M.R., Xue X.Z., Mao S., Ren C.Z., Eneji A.E., and Hu Y.G. 2011. Effects of water-saving superabsorbent polymer on antioxidant enzyme activities and lipid peroxidation in oat (*Avena sativa* L.) under drought stress. Journal of the Science of Food and Agriculture 91(4): 680–686.
13- Jalili J., Jalili Kh., and Sohrabi H. 2013. Possibility of Increasing Irrigation Period Without Decreasing Growth of Rose Saplings by Implementing Super Absorbent Polymer Trawat A200 in a Semi Arid Region. Journal of horticulture science 27(2): 185-192. (In Persian with English abstract)
14- Javadi Khederi S., Khanjani M., Ahmad Hoseini M., Hoseininia A., and Safari H. 2016. Effects of drough stress and supper absorbent polymer on susceptibility of pepper to damage A*phis gossypii* Glover (Hem.: Aphididae). Journal of Crop Protection 5(1) :49-57.
15- Jhurry D. 1997. Agricultural Polymers. Food and Agricultural Research council, Reduit, Mauritius, 109-113.
16- Kafi M., and Mahdavi Damghani A. 2000. Resistance mechanisms of plants to environmental stresses. Ferdowsi University Press, Mashhad. (In Persian)
17- Karimi A., and Naderi M. 2011. Investigating the effects of super absorbent polymer and soil type on yield, water consumption, distance and number of irrigation in corn fodder. Journal of Plant Production (Scientific Journal of Agriculture) 34(1): 69-82. (In Persian with English abstract)
18- Keshavarz L., Farahbakhsh H., and Golkar P. 2013. Effect of Hydrogel and Irrigation Regimes on Chlorophyll Content, Nitrogen and Some Growth Indices and Yield of Forage Millet (*Pennisetum glaucum* L.). Journal of Crop Production and Processing 3(9):147-161. (In Persian with English abstract)
19- Koohestani SH., Askari N., and Maghsoudi K. 2010. Assessment effects of super absorbent hydro gels on corn yield (*Zea mays* L.) under drought stress condition. Iranian Water Research Journal 3(5): 71-78. (In Persian with English abstract)
20- Lebaschy M.H., and Sharifi Ashoorabadi E. 2004. Growth indices of some medicinal plants under different water stresses. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research 20(3): 249-261. (In Persian with English

abstract)
21- Lobo D., Torres D., Gabriels D., Rodriguez N., and Rivero D. 2006. Effect of organic waste compost and a water absorbent polymeric soil conditioner (hydrogel) on the water use efficiency in a *Cspsicum annum* (green pepper) cultivation. P. 453-459. 4-7 September. 2006. AGROENVIRON, Ghent, Belgium.
22- López-Elías J., Huez M. A., Rueda E.O., José Jiménez L., Fidencio Cruz B., and Oscar Garrido L. 2013. Use of a hydrophilic polymer in Anaheim pepper (*Capsicum annuum* L.) under greenhouse conditions. IDESIA (Chile) 31(2): 77-81.
23- Mardani Nezhad S., Zare Abyaneh H., Tabatabei S.H., and Mohammad Khani A. 2013. Effect of different levels of soil water on root development of chili pepper. Journal of Water Research in Agriculture, 27: 241-253. (In Persian)
24- Marques P.A.A., and Bastos R.O. 2010. Use of different doses of Hidrogel for sweet pepper seedling production. Pesquisa Aplicada Agrotecnologia 3(2):59-64.
25- Nazarli H., Zardashti M.R., Darvishzadeh R., and Najafi S. 2010. The effect of water stress and polymer on water use efficiency, yield and several morphological traits of sunflower. Notulae Scientia Biologicae, 2(4): 53-58.
26- Parvathy P.C., and Jyothi A. 2014. Rheological and Thermal Properties of Saponified Cassava Starchg-Poly (acrylamide) Superabsorbent Polymers Varying in Grafting Parameters and Absorbency. Journal of Applied Polymer Science 131(11): 1-11.
27- Rafiee Majoumard Z., Tavili A., Zehtabian G.R., Heidary M., and Soltani Gerd Faramarzi M. 2012. Effects of super absorbent polymer on Haloxylon aphyllum seedlings growth properties and water consumption in nursary. Journal of Rangeland 6(2): 110-119. (In Persian with English abstract)
28- Robiul Islam M.R., Hu Y., Mao S., Jia P., Eneji A.E., and Xue X. 2011. Effects of water-saving superabsorbent polymer on antioxidant enzyme activities and lipid peroxidation in corn (*Zea max* L.) under drought stress. Journal of Science Food and Agriculture 91: 813-819.
29- Rostami F., Gholami sefid kohi M.A., Shahnazari A., and Akbarpour V. 2016. Effect of super absorbent (A200) on some phytochemical characteristics and water productivity under drought stress in Hot Pepper Pplant (*Capsicum* frutescence). Iranian Water Research Journal 10(1): 107-114. (In Persian with English abstract)
30- Sajjadi F., Sharifan H., Hezarjaribi A., Ghorbani Nasrabad Gh. 2016. The effect of salinity stress and over irrigation on yield and yield components of green pepper. Journal of Water and Irrigation Management (Journal of Agriculture) 6(1): 89-100. (In Persian with English abstract)
31- Salar N., Farahpour M., and Bahadori F. 2005. Investigation of the effect of hydrophilic polymer on irrigation frequency in melon crop. 3th Specialized Seminar on Agricultural Application of superabsorbent Hydrogels, Tehran, Iran.
32- Sanatombi K., and Sharma G. 2007. Micropropagation of *Capsicum annuum* L. Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca 35(1): 57-64.
33- Sayyari M., and Ghanbari F., 2012. Effects of Super Absorbent Polymer A200 on the Growth,Yield and Some Physiological Responses in Sweet Pepper (*Capsicum annuum* L.) Under Various Irrigation regims. International Journal of Agricultural and Food Research 1(1): 1-11.
34- Shangwe V.D., Magongo B.N., Masarirambi M.T., and Manyastsi A.M. 2010. Effects of irrigation moisture regims on yield and quality of paprika (*Cspsicum annum* L.). Pysical and Chemistry of the Earth 35(13): 717-722.
35- Shahriari A., Noori S., Asaleh F., Noori G.R., and Zaboli M. 2011. The effects of wastewater, super absorbent and soil texture on the growth of *Nitraria schoberi*. Journal of Rangeland 4(4): 564-573. (In Persian with English abstract)
36- Sheikhmoradi F., Arji I., Emaeili A., and Abdosi V. 2011. Evaluation the Effects of Cycle Irrigation and Super Absorbent on Qualitative Characteristics of Lawn. Journal of Horticulture Science 25(2): 170-177. (In Persian with English abstract)
37- Sivapalan S. 2001. Effect of polymer on soil water holding capacity and plant water use efficiency. Proceeding of 10th Australian agronomy conference, Horbat, Tasmania, Australia.
38- Taylor K.C., and Halfacre R.G. 1986. The effect of hydrophilic polymer on media water retention and nutrient availability to ligustrum lucidum. Horticultural Science 21: 1159-1161.
39- Topuz A., and Ozdemir F. 2007. Assessment of carotenoids, capsaicinoids and ascorbic acid composition of some selected pepper cultivars (*Capsicum annuum* L.) grown in Turkey. Journal of Food Composition and Analysis 20(7): 596-602.
40- Tupitsyn N.V., Waines J.G., and Lyashok A.K. 1986. Water uptake by the root system of the spring wheats Botanicheskaya 3 and Orenburgskaya 7 in relation to their drought resistance. Plant Breeding Abs, 57: 9,815.
41- Vahidi A., alizadeh A., baghizadeh A., and Ansari H. 2018. Effect of Biofertilizer and Chemical Fertilizer Application on Water use Efficiency and Physiological Growth Indices of Henna as Medicinal Plant under Water Deficit Condition. Iranian Journal of Irrigation and Drainage 12(2): 260-274. (In Persian with English abstract)
42- Zangooei Nasab Sh., Emami H., Astaraei A.R., and Yari A.R. 2013. Effects of stockosorb hydrogel and irrigation intervals on some soil physical properties and growth of haloxylon seedling. Electronic Journal of Soil Management and Sustainable Production 3(1): 167-182. (In Persian with English abstract)

43- Ziaei A., Moghaddam M., and Kashefi B. 2016. The effect of superabsorbent polymers on morphological traits of rosemary (*Rosmarinus officinalis*) under drought stress. Journal of Science and Technology of Greenhouse Culture 7(2): 99-111. (In Persian with English abstract)

Journal of Water and Soil
Vol. 33, No. 3, Jul-Aug. 2019, p. 463-476

نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۳، شماره ۳، مرداد – شهریور ۱۳۹۸، ص. ۴۷۶-۴۶۳

The Effects of Different Levels of Superabsorbent, Nitrogen Fertilizer and Deficit Irrigation on Yield and Water Use Efficiency of Bell Pepper

H. Zare Abyaneh[1]- F. Heidari[2]- G.R. Heidari[3]- M. Jovzi[4]*

Received: 21-11-2018
Accepted: 11-06-2019

Introduction: Water scarcity and its limitation are the main limiting factor for irrigated agriculture. One of the ways to maintain moisture in the soil is to use super-absorbent materials and plant greenhouse crops. Cultivars of the plant produce fruits in different colors, including red, yellow and green. The plants need water and fertilizer for optimal growth and yield. Drought can reduce the average yield by up to 50% and more. Super absorbents are hydrophilic modifying substances that can release water and nutrients absorbed for the plant, manage irrigation water and increase water use efficiency. The purpose of this study was to investigate the usefulness of interactions between different levels of superabsorbent, water and fertilizer varieties on yield, water use efficiency and some growth factors of bell peppers.

Materials and Methods: This greenhouse experiment was conducted in the greenhouse of Kamyaran Technical Center (Kurdistan) in summer and autumn of 2013 on pots. In this greenhouse experiment, the effects of three levels of zero (A0), three (A1) and five gram (A2) aquasorb super absorbent per kg of soil, three levels of 70 (W1), 85 (W2) and 100 (W3) percent of irrigation requirements and two levels of 75 (F1) and 100 (F2) percent of nitrogen fertilizer requirements were studied on some traits of bell pepper plant. The experiment was factorial based on randomized complete block design with 18 treatments and three replications. The fertilizer requirements were measured using a soil analysis method. Urea fertilizer, super-phosphate and potassium sulfate were used 350, 144 and 200 kg/ha, respectively. Urea fertilizer was given to the pots at the time of application of irrigation treatments, along with irrigation water and super-phosphate fertilizers and potassium sulfate during soil preparation. Irrigation treatments were applied after fourth week of planting. The water requirements of the pots were carried out on a volumetric and daily scale based on measurements from a micro lysimeter located inside the greenhouse. The amount of water consumed during the growth period was 1658 mm in 100% water requirement and 1409 and 1161 mm in the treatment of 85 and 70% water requirement respectively. After harvesting, the fresh and dry weight of the shoot and root, stem length and diameter, fruit weight, irrigation water, and water use efficiency were determined in each of the treatments. Statistical analysis of the results was performed using SPSS software and a comparison of the mean simple effects and interactions of different levels of treatments in two separate tables.

Results and Discussion: The results showed a significant effect of superabsorbent and irrigation treatments on all components except stem diameter. Among the superabsorbent treatments, the highest fruit yields (666.2 g) and water use efficiency (12.36 kg/m^3) were obtained in A2 treatment. The reason for the highest yields and other growth factors of A2 treatment was access to the greater water storage by the superabsorbent and its proper vegetative growth compared to the other two levels. Among the irrigation treatments, the highest values of the mentioned functions were obtained in the W3 and W1 treatments with 621.81 g and 10.57 Kg/m^3 respectively. The results showed that as deficit irrigation increasing while reducing the amount of irrigation water and non-significant yield in the W1 treatment, water use efficiency was increased in this treatment compared to other irrigation treatments. The effect of fertilizer treatments on shoot weight, root and fruit yield was significant. The highest fruit yield was 638.70 g in F2 treatment. The interaction of irrigation and superabsorbent on fresh and dry weight of shoot and root, fruit yield, and water use efficiency was significant. The highest fruit yields

1 and 2- Professor and Graduated from the Master's Degree of Irrigation and Drainage Department, Faculty of Agriculture, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran
3- Associated Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Kurdistan University, Sanandaj, Iran
4- Assistant Professor of Soil and Water Department, Kermanshah Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Kermanshah, Iran
(*- Corresponding Author Email: jovzimehdi11@yahoo.com)

(916.65g) and water use efficiency (14.55 kg/m^3) were observed in A2W3 treatment. The interaction effects of superabsorbent and fertilizer showed that the highest yield and water use efficiency were equal to 670.51 grams and 12.44 kg / m^3 in A2F2 treatment. The interactions of water and fertilizer showed that the highest yield and water use efficiency were 625.59 g in W3F2 and 12.32 kg/m^3 in W1F2 treatment. The interaction of three superabsorbent, water and fertilizer variables on all studied traits was not significant.

Conclusion: The results of this study showed that super absorbent has a positive and significant effect on improving water use efficiency and saving this valuable and limited source. The results showed that the highest water use efficiency with 14.55 kg/m^3 was obtained in A2W3 treatment. The difference in water use efficiency between two A2W3 and A2W1 treatments was not significant; therefore, using 0.5% superabsorbent in the soil by maintaining maximum water use efficiency can save 30% of irrigation water. In this study, the interaction of the super-absorbent and nitrogen fertilizer treatments showed that the highest fruit weight and water use efficiency belonged to the A2F2 treatment, while there was no significant difference between the fruit yield and water use efficiency in A2F2 and A2F1 treatments. Therefore, using 0.5% superabsorbent in soil by maintaining maximum fruit yield,water use efficiency can save 25% of nitrogen fertilizer.

Keywords: Fruit yield, Greenhouse, Root, Shoot