نشریه تولید گیاهان زراعی
جلد هفتم، شماره دوم، تابستان ۹۳
۴۳-۶۰
http://ejcp.gau.ac.ir

بررسی تأثیر پلیمر سوپرجاذب، سولفات پتاسیم و کود دامی بر صفات فیزیولوژیک ارزن دم‌روباهی (*Setaria italica*) در شرایط آبیاری مطلوب و تنش خشکی

***علی چهل‌گردی[۱]، مهری صفاری[۲] و روح‌اله عبدالشاهی[۳]**

[۱و۲و۳] دانشجوی کارشناسی‌ارشد، دانشیار و استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه شهید باهنر کرمان

تاریخ دریافت: ۹۲/۴/۱ ؛ تاریخ پذیرش: ۹۲/۱۲/۲۶

چکیده

تنش خشکی یکی از مشکلات مهم کشاورزی و از مهم‌ترین فاکتورهای کاهش محصولات زراعی است. با کاربرد برخی مواد جاذب رطوبت می‌توان از بارندگی‌های پراکنده استفاده و موجب کاهش تبخیر آب از خاک، حفظ و ذخیره آب در خاک شد. به‌منظور بررسی تأثیر پلیمر سوپرجاذب، سولفات پتاسیم و کود دامی در شرایط تنش خشکی و آبیاری مطلوب روی برخی ویژگی‌های ارزن دم‌روباهی آزمایشی به‌صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه شهید باهنر کرمان در سال ۱۳۹۱ اجرا گردید. تیمار آبیاری با ۳ سطح (۵۰، ۷۵ و ۱۰۰) درصد ظرفیت زراعی به‌عنوان کرت اصلی و پلیمر سوپرجاذب (۱۰۰ کیلوگرم بر هکتار) سولفات پتاسیم (۲۰۰ کیلوگرم بر هکتار)، کود دامی (۲۵ تن بر هکتار) و شاهد به‌عنوان کرت‌های فرعی در نظر گرفته شد. در این بررسی صفاتی چون شاخص کلروفیل برگ، محتوای آب نسبی برگ، نشت یونی، قند، پرولین و عملکرد علوفه تر بررسی گردید. نتایج نشان داد که با کاهش میزان آبیاری، میانگین صفات محتوای آب نسبی و عملکرد علوفه تر به‌طور معنی‌داری کاهش و میزان شاخص کلروفیل، درصد نشت یونی، پرولین و قندهای احیاکننده افزایش پیدا کرد. بالاترین میانگین صفات محتوای نسبی آب برگ و عملکرد علوفه تر، همچنین کم‌ترین درصد نشت یونی، میزان قند و پرولین مربوط به پلیمر سوپرجاذب بود. با توجه به نتایج به‌دست آمده پلیمر سوپرجاذب موجب کاهش خسارات وارد شده در تنش خشکی می‌باشد. بیش‌ترین میزان علوفه تر با استفاده از پلیمر سوپرجاذب نشان‌دهنده نقش تأثیرگذار آن در شرایط تنش خشکی است.

واژه‌های کلیدی: ارزن، تنش خشکی، سوپرجاذب، صفات فیزیولوژیکی

* مسئول مکاتبه: ali_cho381@yahoo.com

مقدمه

خشکی از مهم‌ترین عوامل کاهش‌دهنده پتانسیل تولید در اراضی کشاورزی است (اسماعیل‌پور و همکاران، ۲۰۰۹). در کشور ایران اقلیم خشک و نیمه‌خشک اغلب مناطق را تحت‌تأثیر قرار داده و به‌خصوص خشکسالی‌های اخیر بر مشکل کم‌آبی افزوده است. در شرایط محدودیت منابع آب، تغییر الگوی کشاورزی به‌سمت کشت گیاهان سازگار به خشکی می‌تواند راهکار بسیار مناسبی باشد. ژنوتیپ‌های مختلف ارزن به‌دلیل برخورداری از فصل رشد کوتاه و برخی خصوصیات ویژه، به آب کم‌تری نیاز دارند و می‌توانند در شرایط مساعد محیطی نسبت به سایر غلات محصول بیش‌تری تولید کنند.

برخی مواد مانند بقایای گیاهی، کود دامی، کمپوست و هیدروژل‌های پلیمری سوپرجاذب می‌توانند مقادیر متفاوتی آب را در خود ذخیره نموده و قابلیت نگهداری و ذخیره‌سازی آب را در خاک افزایش دهند. آب ذخیره شده در این مواد در موقع کم‌آبی در خاک آزاد شده و مورد استفاده ریشه گیاه قرار می‌گیرد (چاتزوپلوس و گراهام، ۲۰۰۰).

پلیمرهای سوپرجاذب می‌توانند مقادیر زیادی آب یا محلول‌های آبی را جذب نموده و متورم شوند (باچهولز و همکاران، ۱۹۹۷). این مخازن ذخیره‌کننده آب وقتی در داخل خاک قرار می‌گیرند آب آبیاری و بارندگی را به خود جذب نموده و از فرونشست آن جلوگیری می‌نمایند و پس از خشک شدن محیط آب داخل پلیمر به‌تدریج تخلیه شده و بدین‌ترتیب خاک به‌مدت طولانی‌تر و بدون نیاز به آبیاری مجدد، مرطوب می‌ماند (کوچک‌زاده و همکاران، ۲۰۰۰). این مواد بی‌بو، بی‌رنگ و بدون خاصیت آلایندگی خاک، آب و بافت گیاه می‌باشند (روشن، ۲۰۰۲).

رستم‌پور و همکاران (۲۰۱۰) گزارش کردند شاخص کلروفیل و عملکرد ذرت با مصرف ۱۰۵ کیلوگرم سوپرجاذب در هکتار افزایش یافت. سیشوآیی و همکاران (۲۰۱۱) بیان کردند با کاربرد پلیمر سوپرجاذب محتوی آب نسبی در برگ گیاه ذرت افزایش یافت. مصرف پلیمر سوپرجاذب میزان فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز، گلوتاتیون ردوکتاز و کاتالاز را کاهش می‌دهد که با توجه به تأثیر سوپرجاذب در افزایش عملکرد و کاهش صدمات اکسیداتیو در گیاه مصرف این ماده درصد نشت یونی غشاء را کاهش می‌دهد (حبیبی و همکاران، ۲۰۰۶).

پتاسیم علاوه‌بر افزایش عملکرد و بهبود کیفیت محصول، مقاومت گیاهان به تنش کم‌آبی و کارایی مصرف آب را نیز افزایش می‌دهد (ولدآبادی و علی‌آبادی، ۲۰۱۰). پتاسیم یکی از عناصر ضروری برای

گیاه است که در بسیاری از فعالیت‌های گیاه مانند فتوسنتز، جذب آب و حفظ پتانسیل اسمزی نقش دارد (اپستین، ۱۹۷۲). مصرف کود پتاسیم در تعدیل خسارت‌های ناشی از تنش خشکی از طریق حفظ فشار آماس و کاهش تعرق بسیار مؤثر خواهد بود (آندرسن و همکاران، ۱۹۹۲). گزارش شده که ارزن نیاز زیادی به پتاسیم دارد (بیوک‌نژاد و همکاران، ۲۰۱۰). نتایج آزمایش‌های ملاولی و همکاران (۲۰۰۹) بیانگر آن است که افزایش سولفات پتاسیم تا ۱۵٦/٦ کیلوگرم در هکتار خاک سبب افزایش شاخص کلروفیل برگ شد. فوگر و ملکوتی (۲۰۰۰) بیان نمودند پتاسیم علاوه‌بر افزایش تولید و بهبود کیفیت محصول، سبب افزایش تحمل گیاهان به شوری، کم‌آبی، انواع تنش‌ها، آفات و بیماری‌ها شده و کارایی مصرف آب و عناصر غذایی را افزایش می‌دهد.

کودهای آلی فرآورده‌های اصیل و بی‌خطری هستند که می‌توانند برای پایداری کشاورزی مناسب باشند (نجفی و رضوانی‌مقدم، ۲۰۰۱). طبق گزارش شریفی‌عاشورآبادی (۱۹۹۸) کودهای آلی سبب کاهش وزن مخصوص ظاهری و افزایش نگهداری آب در خاک می‌شوند. کود دامی یکی از منابع کود آلی است که استفاده از آن در سیستم مدیریت پایدار خاک مرسوم می‌باشد (موزیک و والکر، ۱۹۸۷).

تنش کمبود آب فرآیندهای گیاهی را مختل کرده و با افزایش شدت تنش، این اثرات تشدید شده و برخی دیگر از فرآیندها هم تحت‌تأثیر قرار می‌گیرند. بردمیر (۲۰۰۵) بیان داشته است شاخص کلروفیل در تنش خشکی نسبت به گیاه شاهد در ذرت افزایش می‌یابد. به‌طوری‌که برگ‌های گیاهان تحت تیمار تنش خشکی نسبت به برگ‌های گیاهان تحت آبیاری مطلوب، شاخص کلروفیل بالاتری نشان می‌دهند. اتیها (۲۰۰۳) طی آزمایشی با اعمال تنش در مراحل مختلف رویشی و زایشی ذرت تأثیر معنی‌دار تنش رطوبتی را بر محتوای آب نسبی برگ (RWC) گزارش کرد. ازمی و قاسمی (۲۰۰۷) گزارش کردند که تنش خشکی به واسطه تأثیر منفی بر صفات رویشی موجب افت عملکرد سورگوم می‌شود.

این پژوهش با هدف بررسی اثرات کاربرد پلیمر سوپرجاذب، سولفات پتاسیم و کود دامی در ۳ سطح آبیاری، تأثیر بر خصوصیات فیزیولوژیک ارزن دم‌روباهی در شرایط تنش رطوبتی، تعیین بهترین ماده مصرفی جهت کاهش خسارات وارد شده از سوی تنش اعمال شده، همچنین میزان کاهش عملکرد در مقابل کاهش آب مصرفی تا آبیاری در حد ۵۰ درصد نیاز گیاه انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

آزمایش در سال زراعی ۹۱-۱۳۹۰ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید باهنر کرمان در شهر کرمان اجرا شد. این شهرستان بین ٥٦ درجه و ٥٨ دقیقه طول شرقی و ۳۰ درجه و ۱۵ دقیقه عرض شمالی با ارتفاع ۱۷٥٤ متر از سطح دریا قرار گرفته است. آب و هوای محل آزمایش براساس روش آمبرژه خشک نیمه‌بیابانی می‌باشد. خاک محل اجرای طرح براساس آزمایش خاک دارای بافت لومی شنی و pH قلیایی می‌باشد (جدول ۱). آزمایش به‌صورت طرح کرت‌های خرد شده و در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار اجرا گردید. تنش خشکی به‌عنوان عامل اصلی در ۳ سطح (۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی) در کرت‌های اصلی و پلیمر سوپرجاذب به‌میزان ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار، سولفات پتاسیم ۵۰ درصد به‌میزان ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار، کود دامی به‌میزان ۲۵ تن در هکتار و تیمار بدون مصرف کود و سوپرجاذب (شاهد) در کرت‌های فرعی در نظر گرفته شد. میزان مصرف سوپرجاذب براساس توصیه شرکت تولیدکننده و میزان مصرف کودها براساس مطالعات پیشین و انتخاب بهترین میزان مؤثر بر عملکرد بوده است. از دلایل انتخاب سوپرجاذب و کودها، نقششان در تعدیل تنش خشکی به‌علت دارا بودن پتاسیم در ترکیب آن‌ها می‌باشد. سوپرجاذب مصرفی آکوازورب ۳۰۰۵KM محصول کشور فرانسه می‌باشد که ترکیب آن شامل پلیمرهای شبکه‌ای اکریل‌آمید و اکریلات‌پتاسیم است. برخی از خصوصیات این سوپرجاذب در جدول ۲ آورده شده است. بذر ارزن دم‌روباهی (*Setaria italica*) رقم باستان از مرکز تحقیقات نهال و بذر کرج تهیه گردید. طول هر کرت آزمایشی ٤ متر و شامل ۵ خط کاشت با فواصل ۵۰ سانتی‌متر بین ردیف‌ها و ٤-۳ سانتی‌متر بین بوته‌ها بود. همچنین در هر بلوک فاصله بین کرت‌های اصلی ۱/۵ متر و فاصله بین دو بلوک ۲ متر در نظر گرفته شد تا رطوبت کرت‌های مجاور اثری بر هم نداشته باشد. قبل ازکاشت بذر، سوپرجاذب و همچنین کود سولفات پتاسیم در تیمارهای موردنظر در کنار پشته و در عمق ۲۰-۱۵ سانتی‌متری زیر بذر قرار گرفت همچنین کود دامی به‌طور کامل تا عمق ۳۰ سانتی‌متری خاک قبل از کاشت مخلوط گردید. از زمان کاشت بذر (اوایل خردادماه) تا مرحله ٤ برگی آبیاری به‌صورت غرقابی انجام شد. پس از مرحله ٤ برگی و استقرار گیاهچه‌ها آبیاری بر حسب ظرفیت زراعی صورت گرفت. آبیاری مزرعه به‌وسیله لوله‌های پلی‌اتیلن و کنتور حجمی انجام شد. نحوه اعمال آبیاری طوری بود که مقدار آب موردنیاز بر حسب ظرفیت مزرعه با استفاده از لایسیمتر انجام شد. دور آبیاری بر حسب ۱۰۰ میلی‌متر تبخیر از تشت تبخیر کلاس A صورت پذیرفت.

جدول ۱- مشخصات خاک در محل آزمایش.

عمق (سانتی‌متر)	۰-۳۰
بافت خاک	لومی شنی
اسیدیته گل اشباع	۸/٦
هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر)	۳/۸
نیتروژن کل (درصد)	۰/۱۳
فسفر قابل‌جذب (میلی‌گرم/ کیلوگرم)	۲/۹۹
پتاسیم قابل‌جذب (میلی‌گرم/ کیلوگرم)	٦۰
درصد ماده آلی	۰/۸۸

جدول ۲- مشخصات سوپرجاذب آکوازورب فرانسه.

ترکیبات	پلیمر اکریلات پتاسیم و اکریل آمید
مواد خشک	۹۰-۸۵ درصد
وزن مخصوص	۱/۱ (گرم در مترمکعب)
اسیدیته	۸/۱
حداکثر میزان جذب	٤۰۰-۱۵۰ برابر
ظرفیت تبادل کاتیونی	٤/٦ (میلی‌اکی‌والان/ گرم)
عمر مفید	۵ سال

تعیین میزان کلروفیل برگ با استفاده از دستگاه کلروفیل‌متر SPAD مدل Minolta 502 (ساخت کشور ژاپن) انجام شد، به‌طوری‌که ۳ نقطه از هر برگ با در نظر گرفتن ٤ برگ از گیاهی که به‌طور تصادفی در هر کرت در نظر گرفته شده بود، اندازه‌گیری شد.
طبق رابطه ۱ درصد محتوای آب نسبی برگ محاسبه شد (شونفلد و همکاران، ۱۹۸۸):

(۱) ۱۰۰×(وزن خشک برگ - وزن اشباع‌شده برگ)/(وزن خشک برگ - وزن تازه برگ)=RWC (درصد)

برای به‌دست آوردن نشت یونی برگ‌ها از بین رگبرگ‌های لبه برگ قسمت‌هایی با وزن ۰/۱ گرم به‌دست آورده و در یک ظرف سربسته در ۱۵ میلی‌لیتر آب به‌مدت ۲٤ ساعت قرار داده و نشت یونی اولیه (EC_1) آن توسط ECسنج خوانده شد و ظروف سربسته به‌مدت ۲٤ ساعت در فریزر قرار داده و سپس به‌مدت ۲٤ ساعت در دمای معمولی اتاق قرار داده و نشت یونی ثانویه (EC_2) خوانده شد و نشت یونی از رابطه ۲ براساس روش (سیدیکیو و همکاران، ۲۰۰۰) محاسبه گردید:

$$EC = \frac{EC_1}{EC_2} \times 100 \quad (2)$$

برای اندازه‌گیری پرولین از روش (باتس و همکاران، ۱۹۷۳) استفاده شد. ۰/۰۲ گرم از بافت فریز شده گیاه (برگ) در ۱۰ میلی‌لیتر محلول ۳ درصد سولفوسالیسیلیک اسید سائیده و عصاره حاصل به‌مدت ۵ دقیقه در ۱۰۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ شد. سپس ۲ میلی‌لیتر از مایع رویی را با ۲ میلی‌لیتر معرف نین هیدرین و ۲ میلی‌لیتر استیک اسید خالص مخلوط کرده و ۱ ساعت در دمای ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد در حمام آب‌گرم قرار گرفت. سپس بلافاصله لوله‌های محتوی مخلوط در حمام یخ سرد گردید. سپس ٤ میلی‌لیتر تولوئن به مخلوط اضافه گردید و لوله‌ها به‌خوبی تکان داده شد. با ثابت نگه داشتن لوله‌ها به‌مدت ۲۰-۱۵ ثانیه دو لایه مجزا تشکیل شد. میزان جذب لایه رنگی فوقانی که حاوی تولوئن و پرولین بود در ۵۲۰ نانومتر تعیین شد و برای محاسبه مقدار پرولین از منحنی استاندارد پرولین استفاده گردید و نتایج بر حسب میلی‌گرم بر گرم وزن تر محاسبه شد.

برای اندازه‌گیری مقدار قندهای احیاکننده از روش (سوموگی، ۱۹۵۲) استفاده شد. ۰/۰۲ گرم از اندام برگ گیاه با ۱۰ میلی‌لیتر آب مقطر در هاون چینی سائیده شد. سپس محتوای هاون به بشر کوچکی منتقل گردید و روی اجاق برقی قرار داده شد تا حرارت ببینند. به محض این‌که به نقطه جوش رسید، حرارت قطع شد و محتوای بشر به کمک کاغذ صافی واتمن شماره ۱ صاف گردید و عصاره گیاهی به‌دست آمد. مقدار ۲ میلی‌لیتر از هر یک از عصاره‌های تهیه شده به لوله آزمایش منتقل شد و پس از افزودن ۲ میلی‌لیتر محلول سولفات مس به آن‌ها، به‌مدت ۲۰ دقیقه در حمام گرم قرار داده شدند. پس از آن‌که لوله‌ها سرد شدند، ۲ میلی‌لیتر محلول فسفومولیبدیک اسید به آن‌ها اضافه شد و پس از چند لحظه رنگ آبی پدیدار گردید. لوله‌های آزمایش به‌شدت تکان داده شدند تا این رنگ به‌طور یکنواخت درون لوله آزمایش منتشر گردد. شدت جذب محلول‌ها در طول موج ٦۰۰ نانومتر توسط دستگاه اسپکتروفتومتر تعیین شد و با استفاده از منحنی استاندارد غلظت قندهای احیاکننده محاسبه گردید. نتایج حاصل از اندازه‌گیری مقدار قندهای احیاکننده بر حسب میلی‌گرم بر گرم وزن تر محاسبه و ارایه گردیدند.

اندازه‌گیری عملکرد علوفه تر در هر کرت آزمایشی پس از حذف دو ردیف حاشیه و نیم متر از ابتدا و انتهای کرت، کل کرت برداشت شده و به‌وسیله ترازو اندازه‌گیری شد.

در این بررسی، مقایسه میانگین‌ها به روش LSD در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد. برای تجزیه واریانس داده‌ها از نرم‌افزار SAS و برای رسم نمودارها از نرم‌افزار Excel استفاده شد.

نتایج و بحث

علوفه تر: تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که علوفه تر در سطح احتمال ۱ درصد تحت‌تأثیر آبیاری قرار گرفت و اثر متقابل آبیاری با سوپرجاذب و تیمارهای کودی در مورد این صفت معنی‌دار نبود (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین نشان داد که بالاترین میانگین علوفه تر (۲۵/۵۹ تن) از سطح ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی به‌دست آمد که تفاوت معنی‌داری با سایر سطوح داشت و کم‌ترین میانگین این صفت (۱۷/۷۸ تن) از سطح ۵۰ درصد بود (جدول ٤) که با یافته‌های راهنما و همکاران (۲۰۰۸) مطابقت دارد. در مقایسه بین میانگین علوفه تر بین سوپرجاذب و سولفات پتاسیم با سایر تیمارها اختلاف معنی‌داری وجود داشت به‌طوری‌که کم‌ترین مقدار علوفه مربوط به تیمار عدم مصرف سوپرجاذب و کود (۱۸/۵۱ تن) بود که با تیمار کود دامی اختلاف معنی‌داری نداشت و بیش‌ترین مقدار علوفه مربوط به تیمار پلیمر سوپرجاذب (۲٦/۱۱ تن) بود (جدول ۵). کاربرد پلیمر سوپرجاذب در خاک موجب افزایش نگهداری رطوبت خاک و بهبود ساختمان خاک می‌گردد (یزدانی و همکاران، ۲۰۰٦). بنابراین افزایش وزن تر علوفه ارزن را می‌توان به بهبود خصوصیات خاک و در نتیجه افزایش رطوبت قابل استفاده در خاک، جلوگیری از هدر رفتن عناصر غذایی نسبت داد که در نهایت موجب بهبود رشد و افزایش وزن تر و خشک علوفه گیاه می‌گردد (پلات و همکاران، ۲۰۰٤). استرن و همکاران (۱۹۹۲) گزارش کردند که کاربرد پلیمر سوپرجاذب در هکتار موجب افزایش وزن خشک گیاه گندم گردید.

شاخص کلروفیل برگ: تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که شاخص کلروفیل برگ در سطح احتمال ۱ درصد تحت‌تأثیر آبیاری و تیمارهای سوپرجاذب و کود قرار گرفت و اثر متقابل آبیاری با سوپرجاذب و کود در مورد این صفت معنی‌دار نبود (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین نشان داد که بالاترین میانگین شاخص کلروفیل برگ (٤٤/۷۵) از سطح ۵۰ درصد ظرفیت زراعی به‌دست آمد که تفاوت معنی‌داری با سایر سطوح داشت و کم‌ترین میانگین این صفت از سطح ۱۰۰ درصد بود (جدول ٤). در مقایسه بین میانگین شاخص کلروفیل برگ بین تیمارها اختلاف معنی‌داری وجود داشت به‌طوری‌که کم‌ترین شاخص کلروفیل مربوط به تیمارهای کود دامی و عدم مصرف سوپرجاذب و کود (۳۷/۵ و ۳۸/۵) و بیش‌ترین شاخص کلروفیل مربوط به سولفات پتاسیم بود (جدول ۵). شاخص کلروفیل به‌علت افزایش ضخامت برگ در اثر کاهش رشد و توسعه سلولی، در شرایط تنش خشکی افزایش می‌یابد. بردمیر و همکاران (۲۰۰۵) بیان نمودند شاخص کلروفیل در تنش خشکی نسبت به

گیاه شاهد افزایش می‌یابد. طوری‌که برگ‌های گیاهان تحت تیمار تنش خشکی نسبت به برگ‌های گیاهان تحت آبیاری مطلوب شاخص کلروفیل بالاتری نشان می‌دهند. خضرلو و همکاران (۲۰۱۰) نتیجه گرفتند که با کاربرد پتاسیم در تنش خشکی شاخص کلروفیل در گیاه سورگوم افزایش می‌یابد. نتایج همبستگی صفات نشان داد که شاخص کلروفیل همبستگی مثبت و معنی‌داری با صفات نشت یونی، پرولین و قند احیا دارد.

محتوای آب نسبی برگ: تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که درصد محتوای آب نسبی برگ در سطح احتمال ۱ درصد تحت‌تأثیر آبیاری و سوپرجاذب و کود قرار گرفت ولی اثر متقابل آن‌ها در مورد این صفت معنی‌دار نبود (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین نشان داد که بالاترین میانگین درصد محتوای آب نسبی برگ (۸۵/۷۵ درصد) از سطح ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی به‌دست آمد که تفاوت معنی‌داری با سایر سطوح داشت و کم‌ترین میانگین این صفت (۵۸ درصد) از سطح ۵۰ درصد بود (جدول ٤). در مقایسه بین میانگین درصد محتوای آب نسبی برگ بین سوپرجاذب و کود اختلاف معنی‌داری وجود داشت به‌طوری‌که کم‌ترین میانگین محتوای آب نسبی برگ مربوط به تیمار عدم مصرف سوپرجاذب و کود (٦٦ درصد) بود و بیش‌ترین محتوای آب نسبی برگ مربوط به مصرف پلیمر سوپرجاذب (۷٦/٦٦ درصد) بود (جدول ۵). کاهش مقدار محتوای آب نسبی برگ در اثر تنش کمبود آب از یک طرف به‌دلیل کاهش جذب آب توسط ریشه‌ها و از طرف دیگر افزایش تعرق آب از طریق برگ‌ها می‌باشد که در نهایت منجر به بسته شدن روزنه‌های برگ می‌شود. با افزایش تنش کمبود آب، پتانسیل آب برگ در ذرت به‌شدت منفی می‌گردد (کاسکول‌لولا و فکت، ۱۹۹۲). افزایش محتوای نسبی آب برگ با کاربرد سوپرجاذب را می‌توان به نقش مثبت این پلیمرها در جذب بیش‌تر آب نسبت داد (یانگ و همکاران، ۲۰۱۱). محتوای آب نسبی برگ همبستگی مثبت و معنی‌داری در سطح ۱ درصد با عملکرد علوفه تر داشت که نشان‌دهنده این است که با افزایش محتوای آب نسبی برگ، عملکرد نیز افزایش می‌یابد.

نشت یونی غشاء سلولی: با توجه به نتیجه تجزیه واریانس داده‌ها، درصد نشت یونی در سطح احتمال ۱ درصد تحت‌تأثیر آبیاری و تیمارهای سوپرجاذب و کود قرار گرفت و اثر متقابل آن‌ها در مورد این صفت معنی‌دار نبود (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین نشان داد که بالاترین میانگین درصد نشت یونی (٥٤ درصد) از سطح ۵۰ درصد ظرفیت زراعی به‌دست آمد که تفاوت معنی‌داری با سایر سطوح داشت و کم‌ترین میانگین این صفت (۳۱/۲۵ درصد) در سطح ۱۰۰ درصد بود (جدول ٤). در مقایسه بین میانگین درصد نشت یونی بین تیمارهای سوپرجاذب و کود اختلاف معنی‌داری وجود داشت

به‌طوری‌که کم‌ترین میانگین درصد نشت یونی مربوط به تیمار پلیمر سوپرجاذب (۳۸/٦٦ درصد) بود و بیش‌ترین درصد نشت یونی مربوط به تیمار عدم مصرف سوپرجاذب و کود (٤۷/۷۷ درصد) بود (جدول ۵). با افزایش میزان تنش در دوره رشد تراوش مواد بیش‌تری صورت گرفته و در نتیجه پایداری غشاء سلولی کاهش یافت. افزایش درصد آسیب سلولی احتمالاً به‌دلیل کاهش درصد آب در ساختمان غشاء سلولی است زیرا ۵۰-۳۰ درصد ساختمان غشاء را آب تشکیل می‌دهد (ظریف‌کتابی، ۱۹۹۷). پرماچاندرا و همکاران (۱۹۸۹) نیز نتایج مشابهی بر افزایش تراوایی غشاء سیتوپلاسمی در بین ارقام سورگوم با افزایش تنش آب گزارش نمودند. اینز و مونتاگو (۱۹۹۵) گزارش کردند مقادیر نشت یونی از یاخته‌های برگی در سطوح رطوبتی پایین، بیش‌تر اتفاق می‌افتد. با توجه به نتایج به‌دست آمده می‌توان گفت مصرف سوپرجاذب موجب کاهش خسارت ناشی از تنش خشکی بر غشاء سیتوپلاسمی می‌شود که نتایج به‌دست آمده با گزارش‌های اسماعیل‌پور و همکاران (۲۰۰۹) مطابقت دارد. نشت یونی با صفات محتوای آب نسبی برگ و عملکرد علوفه تر همبستگی منفی در سطح ۱ درصد داشت. با توجه به این نتیجه می‌توان گفت با افزایش نشت یونی غشاء، میزان خسارت وارد شده به سلول افزایش می‌یابد که در نهایت موجب کاهش عملکرد در گیاه خواهد شد.

جدول ۳- تجزیه واریانس اثر سطوح مختلف آبیاری همچنین سوپرجاذب، سولفات پتاسیم و کود دامی بر صفات اندازه‌گیری شده.

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات					
		شاخص کلروفیل	درصد محتوای آب نسبی برگ	نشت یونی	قند احیا	پرولین	علوفه تر
بلوک	۲	۱/۰۲^{ns}	۷/٤٤^{ns}	۰/٤٤^{ns}	۵۵/۵^{ns}	۰/۰۰۸^{ns}	۰/۰٦^{ns}
آبیاری (کرت اصلی)	۲	۲۲۹/٦**	۲۳۱۲**	۱۵٦۱**	٦۸۰۰**	۱۲/٦۷**	۱۸٤/۳**
خطای ۱	٤	۳۹/۲	۱۱۸/٤	٤۹/۵	۵۵/۰۲	۰/٤۳	۵/٤۹
سوپرجاذب و کود (کرت فرعی)	۳	۷۸/۵**	۲٦۹/۲**	۱٤۱/۳**	۲۲٦۲**	۱/۵٤**	۱۰۸/۳**
آبیاری × سوپرجاذب و کود	٦	۰/۱۸^{ns}	۵/٤۷^{ns}	٤/۷۵^{ns}	٤۸٦**	۰/۱۷**	۰/۷٦^{ns}
خطای ۲	۱۸	۳/٦۸	۲/۵۵	۳/٤۱	۵/۸٤	۰/۰۰٤	۲/٦۳
ضریب تغییرات		٤/۷۵	۲/۲۳	٤/۲۸	٤/۰٦	۲/۱۲	۷/٤۱

*، ** و ns به‌ترتیب معنی‌داری در سطح ۵ درصد، ۱ درصد و عدم معنی‌داری می‌باشد.

جدول ٤- مقایسه میانگین سطوح مختلف آبیاری بر صفات اندازه‌گیری شده براساس آزمون LSD و سطح احتمال ٥ درصد.

	شاخص کلروفیل	درصد محتوای آب نسبی برگ	درصد نشت یونی	قند احیا (میلی‌گرم در گرم وزن تر)	پرولین (میلی‌گرم در گرم وزن تر)	علوفه تر (تن در هکتار)
۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی	۳٦/۰^{b}	۸٥/۷٥^{a}	۳۱/۲٥^{c}	٤۰/٥٥^{c}	۲/۱۸^{c}	۲٥/٥۹^{a}
۷٥ درصد ظرفیت زراعی	٤۰/۳^{ab}	۷۱/۰۸^{b}	٤٤/۰۸^{b}	٥۱/٦۳^{b}	۲/۹۸^{b}	۲۲/۲۸^{b}
٥۰ درصد ظرفیت زراعی	٤٤/۷^{a}	٥۸^{c}	٥٤^{a}	۸٦/۱۹^{a}	٤/۲۲^{a}	۱۷/۷۸^{c}

میانگین‌هایی که دارای حرف مشترک هستند در سطح احتمال ٥ درصد با همدیگر اختلاف معنی‌دار ندارند.

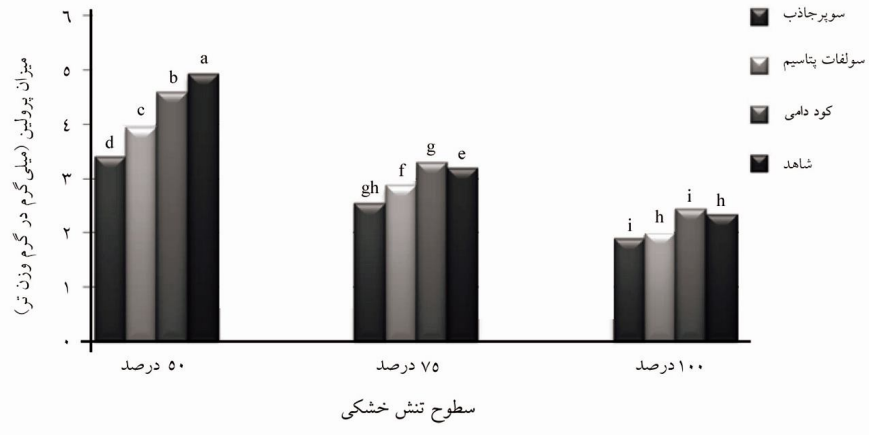
جدول ٥- مقایسه میانگین اثر سوپرجاذب، سولفات پتاسیم و کود دامی بر صفات اندازه‌گیری شده براساس آزمون LSD و سطح احتمال ٥ درصد.

	شاخص کلروفیل	درصد محتوای آب نسبی برگ	درصد نشت یونی	قند احیا (میلی‌گرم در گرم وزن تر)	پرولین (میلی‌گرم در گرم وزن تر)	علوفه تر (تن در هکتار)
پلیمر سوپرجاذب	٤۱/٥^{b}	۷۷/٦٦^{a}	۳۸/٦٦^{d}	٤٥/٦۷^{d}	۲/٦۲^{c}	۲٦/۱۱^{a}
سولفات پتاسیم	٤٤^{a}	۷٤/٦٦^{b}	٤۱/۳۳^{c}	٦۲/۸۱^{b}	۲/۹٥^{b}	۲۳/۲٦^{b}
کود دامی	۳۸/٥^{c}	٦۸/۱۱^{c}	٤٤/٦٦^{b}	٤۸/۸۹^{c}	۳/٤٥^{a}	۱۹/٦٥^{c}
عدم مصرف سوپرجاذب و کود	۳۷/٥^{c}	٦٦^{d}	٤٤/٤۷^{a}	۸۰/٤٦^{a}	۳/٤۸^{a}	۱۸/٥۱^{c}

میانگین‌هایی که دارای حرف مشترک هستند در سطح احتمال ٥ درصد با همدیگر اختلاف معنی‌دار ندارند.

اندازه‌گیری پرولین: نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که مقدار پرولین به‌طور معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد تحت‌تأثیر آبیاری و تیمارهای کودی قرار گرفت (جدول ۳) و اثر متقابل آن‌ها در مورد این صفت نیز در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود (شکل ۱). نتایج مقایسه میانگین نشان داد که بالاترین میانگین مقدار پرولین (٤/۲۲ میلی‌گرم در گرم) از سطح ٥۰ درصد ظرفیت زراعی به‌دست آمد که تفاوت معنی‌داری با سایر سطوح داشت و کم‌ترین میانگین این صفت (۲/۱۸ میلی‌گرم در گرم) از سطح ۱۰۰ درصد بود (جدول ٤). در مقایسه بین میانگین پرولین بین تیمارهای کودی اختلاف

معنی‌داری وجود داشت به‌طوری‌که کم‌ترین میانگین پرولین مربوط به تیمار پلیمر سوپرجاذب (۲/٦۲ میلی‌گرم در گرم) بود و بیش‌ترین مقدار پرولین مربوط به تیمار عدم مصرف سوپرجاذب و کود (۳/٤۸ میلی‌گرم در گرم) بود (جدول ۵). در این مطالعه مشاهده شد که خشکی بر میزان پرولین تأثیرگذار بوده است، به‌طوری‌که مقدار پرولین با افزایش شدت تنش خشکی افزایش پیدا کرد. مولکول‌های پرولین شامل قسمت آب‌دوست و آب‌گریز می‌باشد. پرولین محلول، می‌تواند حلالیت پروتئین‌های مختلف را تحت‌تأثیر قرار داده و جلوی غیرطبیعی شدن آلبومین را بگیرد. این خصوصیت پرولین بدان جهت است که رابطه متقابل بین پرولین و سطح پروتئین‌های آب‌گریز برقرار شده و به‌علت افزایش سطح کل مولکول‌های پروتئین آب‌دوست، پایداری آن‌ها افزایش یافته و از تغییر ماهیت آن‌ها جلوگیری می‌کند. آنزیم‌ها نیز به‌دلیل ساختمان پروتئینی خود تحت‌تأثیر این سازوکار پرولین قرار گرفته و محافظت می‌شوند، که احتمالاً گیاهان به‌دلایل بالا، پرولین خود را افزایش می‌دهند (حیدری‌شریف‌آباد، ۲۰۰۱). معمولاً میزان پرولین آزاد در گیاهانی که در حد مطلوب آبیاری می‌شوند بسیار کم و در حدود ۰/٦–۰/۲ میلی‌گرم در گرم ماده خشک می‌باشد. نتایج به‌دست آمده در گیاه سویا تحت تنش خشکی، افزایش در میزان اسیدآمینه پرولین را نشان داد (لاباتو و همکاران، ۲۰۰۸). در پژوهش دیگر مشخص شد تنش خشکی در مراحل مختلف رشد در برنج، میزان پرولین را افزایش داده است (پیردشتی و همکاران، ۲۰۰۹). افزایش میزان پرولین در اثر تنش خشکی در نخود (سانچز و همکاران، ۱۹۹۸) و سورگوم (ضعیف‌نژاد و همکاران، ۱۹۹۷) گزارش شده است. تجمع پرولین به گیاه کمک می‌کند که در دوره کوتاهی بعد از اعمال تنش خشکی زنده بماند و گیاه بتواند بعد از رفع تنش، رشد خود را بازیابی کند و بنابراین اثر مثبت بر عملکرد خواهد داشت. اما در تنش طولانی‌مدت اثرات مفید آن عمل نخواهند کرد و تجمع آن حتی اثر منفی بر عملکرد خواهد گذاشت، زیرا منابع فتوسنتزی گیاه را به‌سمت فرآیندهایی غیر از پرشدن دانه منحرف می‌گرداند (سانچز و همکاران، ۱۹۹۸). همبستگی بین صفات نشان داد میزان پرولین با صفات محتوای آب نسبی برگ و عملکرد علوفه تر همبستگی منفی و معنی‌داری داشت که نشان‌دهنده این است که با افزایش میزان پرولین، کاهش عملکرد را خواهیم داشت.

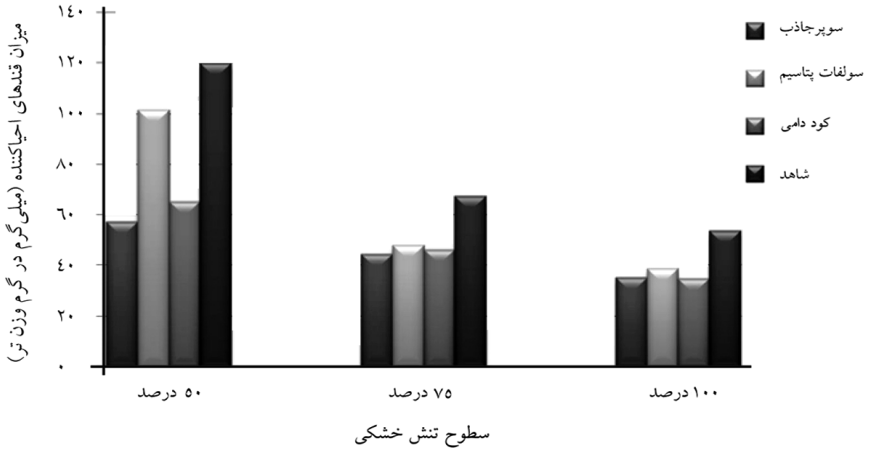


شکل ۱- اثر متقابل سطوح آبیاری و تیمارهای سوپرجاذب، سولفات پتاسیم و کود دامی بر میزان پرولین.

اندازه‌گیری قندهای احیاکننده: نتایج این پژوهش نشان داد که مقدار قندهای احیاکننده در سطح احتمال ۱ درصد تحت‌تأثیر آبیاری و تیمارهای کودی قرار گرفت (جدول ۳) و اثر متقابل آن‌ها در مورد این صفت نیز در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود (شکل ۲). نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بالاترین میانگین مقدار قندهای احیاکننده (۸٦/۱۹ میلی‌گرم در گرم) از سطح ۵۰ درصد ظرفیت زراعی به‌دست آمد که تفاوت معنی‌داری با سایر سطوح داشت و کم‌ترین میانگین این صفت (٤۰/۵۵ میلی‌گرم در گرم) از سطح ۱۰۰ درصد بود (جدول ٤). در مقایسه بین میانگین قند احیاء بین تیمارهای کودی اختلاف معنی‌داری وجود داشت به‌طوری‌که کم‌ترین میانگین قند احیاء مربوط به تیمار پلیمر سوپرجاذب (٤۵/٦۷ میلی‌گرم در گرم) بود و بیش‌ترین میزان قند احیاء مربوط به تیمار عدم مصرف سوپرجاذب و کود (۸۰/٤ میلی‌گرم در گرم) بود (جدول ۵). افزایش قند در اثر تنش خشکی، به‌عنوان یک ترکیب اسمزی و محافظت پروتئین‌ها در مقابل آسیب اکسیداتیو رادیکال‌های آزاد، که در شرایط کم‌آبی افزایش می‌یابد، مهم می‌باشد (سانچز و همکاران، ۱۹۹۸). در برخی گزارش‌ها پایین آمدن غلظت کربوهیدرات‌ها در اثر تشدید تنش خشکی، توانایی قندهای محلول را برای شرکت در تنظیم اسمزی، با شک و تردید مواجه ساخته است (تاکور و رای، ۱۹۸۰). از طرف دیگر، مقادیر قابل‌توجهی از کربن که می‌توانست برای تأمین رشد گیاه مورد استفاده قرار گیرد، در تولید ترکیبات اسمزی (قندها)، به‌منظور تنظیم اسمزی به‌کار رفته و موجب کاهش رشد در گیاهان می‌شود (دهرالد و همکاران، ۱۹۹۸). همبستگی بین صفات نشان داد میزان قند احیا با صفات محتوای آب نسبی برگ و

عملکرد علوفه تر همبستگی منفی و معنی‌داری داشت یعنی با افزایش میزان قند احیا در بافت گیاه، کاهش عملکرد را شاهد خواهیم بود (جدول ٦).

مهم‌ترین تأثیر پلیمر سوپرجاذب در تجمع پرولین و قندهای احیاکننده ملاحظه گردید، کاربرد سوپرجاذب با فراهم‌آوری آب قابل دسترس برای گیاه تا حدودی از تجمع پرولین و قندهای کل که در واکنش به کمبود آب و برای تنظیم پتانسیل اسمزی ایجاد می‌گردد جلوگیری کرد که نتایج با پژوهش‌های یزدانی و همکاران (٢٠٠٦) بر کاربرد سوپرجاذب در کاهش اثرات منفی خشکی در گیاه سویا مطابقت دارد.



شکل ٢- اثر متقابل سطوح آبیاری و تیمارهای سوپرجاذب، سولفات پتاسیم و کود دامی بر میزان قند.

جدول ٦- همبستگی بین صفات اندازه‌گیری شده در شرایط تنش خشکی و مصرف سوپرجاذب، سولفات پتاسیم و کود دامی.

	شاخص کلروفیل	درصد محتوای آب نسبی برگ	درصد نشت یونی	پرولین	قند احیا	عملکرد علوفه تر
شاخص کلروفیل	١/٠٠					
درصد محتوای آب نسبی برگ	$-0/55^{*}$	١/٠٠				
درصد نشت یونی	$0/59^{*}$	$-0/99^{**}$	١/٠٠			
پرولین	$0/49^{*}$	$-0/80^{**}$	$0/80^{**}$	١/٠٠		
قندهای احیاکننده	$0/55^{*}$	$-0/98^{**}$	$0/96^{**}$	$0/83^{**}$	١/٠٠	
عملکرد علوفه تر	$-0/28^{*}$	$0/92^{**}$	$-0/89^{**}$	$-0/76^{**}$	$-0/91^{**}$	١/٠٠

*، ** و ^{ns} به‌ترتیب معنی‌داری در سطح ٥ درصد، ١ درصد و عدم معنی‌داری می‌باشد.

نتیجه‌گیری کلی

با توجه به نتایج به‌دست آمده بالاترین میانگین صفات محتوای نسبی آب برگ و کم‌ترین میزان تخریب غشایی، قند احیاء و پرولین متعلق به آبیاری در حد ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی می‌باشد که با توجه به همبستگی مثبت محتوای نسبی آب برگ و همبستگی منفی نشت یونی غشاء، میزان قند و پرولین با عملکرد گیاه در نهایت می‌توان نتیجه گرفت که کاهش آبیاری در نهایت باعث کاهش عملکرد گیاه می‌گردد. همچنین بیش‌ترین میانگین صفت‌های محتوای نسبی آب برگ و کم‌ترین میانگین صفت‌های تخریب غشایی، میزان قند و پرولین در بین سایر تیمارها مربوط به پلیمر سوپرجاذب بود که نشان‌دهنده کاهش اثرات مضر ناشی از تنش خشکی می‌باشد و باعث افزایش عملکرد می‌شود. بیش‌ترین میانگین شاخص کلروفیل مربوط به تیمار سولفات پتاسیم بود که به‌دلیل اثر پتاسیم بر افزایش مقاومت گیاه به تنش خشکی بوده و باعث تعدیل خسارت‌های ناشی از تنش خشکی می‌باشد. نتیجه‌ای که از این آزمایش می‌توان گرفت، برتری پلیمر سوپرجاذب در مقابل سایر موارد در برابر کاهش خسارات ناشی از تنش کم‌آبی بوده و با توجه به پایداری چندین ساله پلیمر در خاک توصیه می‌شود در شرایط کمبود آب برای افزایش عملکرد یا ثبات عملکرد در گیاه از این پلیمر جاذب رطوبت استفاده گردد. از نظر صرفه اقتصادی نیز با توجه به قیمت سوپرجاذب مصرفی و افزایشی که در میزان تولید خواهد داشت هزینه‌های مازادی که برای خرید سوپرجاذب می‌گردد در اثر این افزایش تولید جبران می‌گردد.

منابع

1.Andersen, M.N., Jansen, C.R., and Losch, R. 1992. The interaction effects of potassium and drought in field grown barley. Soil Plant Sci. 34-44.

2.Atteya, A.M. 2003. Alternation of water relations and yield of can genotypes in response to drought Stress. J. Plant Physiol. 29: 63-76.

3.Azmi, N., and Gasemi, M. 2007.Effects of irrigation regimes on growth, grain yield of sorghum varieties in Esfahan, J. Iran. Agron. Sci. 9: 2. 169-183.

4.Bates, I., Waldern, R.P., and Teare, I.D. 1973. Rapid determination of free Proline for water stress studies. Plant and Soil. 39: 205-207.

5.Biecknjad, S., Azizi, M., Rameh, V., and Afzali, M. 2010. Effect of different potassium and magnesium rates on the yield and yield components of soybean genotypes. In: The Proceeding of 11th Iranian Crop Science Congress, Iran, 24-26 July 2010, 1: 3035-3037.

6.Bredemeier, C. 2005. Laser-induced chlorophyll fluorescence sensing as a tool for site-specific nitrogen fertilizer evaluation under controlled environmental and field conditions in wheat and maize. Ph.D. Thesis. Technical University of Munich, Germany. 219p.
7.Buchholz, F.L., and Graham, A.T. 1997. Modern Superabsorbent Polymer Technology. John Wiley.
8.Chatzopoulos, F., Fugit, J.F., and Ouillous, L. 2000. Etu deocation function do different parametersdolabsption et alla desorption do Sodium retitule. Eur. Pol. J. 36: 51-60.
9.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 Abst. 93: 5611.
10.De Herralde, F., Biel, C., Save, R., Morales, M.A., Torreciallas, A., Alarcon, J.J., and Sanchez-Blanco, M.J. 1998. Effect of water and stress on the growth, gas exchange and water relations in *Agryanthemum coronopifolium* plants. Plan Sci. 139: 9-17.
11.Epstin, E. 1972. Mineral Nutrition of Plants: Principles and Perspectives. New York: Wiley.
12.Esmaeelpour, P., Habibi, D., and Tavassoli, A. 2009. Super absorbent polymer water effect on different cultivars of red beans and physiological traits under drought stress under greenhouse conditions. J. Plant Ecosys. Res. 6: 21. 75-91.
13.Fouger, Z.K., and Malakooti, M.J. 2000. Malakooti optimum fertilizer effects on yield of tomato. The first printed publishing of agricultural education in Tehran.
14.Habibi, D., Pour Ismail, P., Tavassoli, A., Mashhadi Akbar Bujar, M., Roshan, B, Rafii, H., and Shokravi, M. 2006. Study of superabsorbent polymer on antioxidant enzyme activities and enhances the performance of the different varieties red bean under drought stress. Iran. J. Agron. 2: 96-83.
15.Heidari Sharif Abad, H. 2001. Ways to cope with drought and famine. The first volume, published by the Research Institute of Forests and Rangelands, Tehran.
16.Ibrahimi, Y.M., Marcarian, V., and Dobrenz, A.K. 1995. Pearl millet response to different irrigation water stress: II. Porometer parameters, photosynthesis, and water use efficiency. Emirates J. Agric. Sci. 7: 20-38.
17.Inze, D., and Van Montagu, M. 1995. Oxidative stress in plants. Curr. Opin. Biotechnol. 6: 153-158.
18.Khezrloo, F., Jalili, F., and Khalili Mahaleh, J. 2010. Effects of water stress and amounts of nitrogen and potassium on forage feed forage sorghum varieties, J. Agric. Sci. 8.
19.Kuchak Zadeh, M., Sabbagh Farshi, A.A., and Ghanji Khoramdel, N. 2000. The effect polymer of water on some soil physical properties. J. Soil Water Sci. 14: 176-185.

20. Lobato, A.K.S., Meirelles, A.C.S., Santos Filho, B.G., Costa, R.C.L., Oliveria Neto, C.F., Cruz, F.J.R., Freitas, J.M.N., Guedes, E.M.S., Barreto, A.G.T., Ferreira, A.S., Monteiro, B.S., Neves, H.K.B., and Lopes, M.J.S. 2008. Consequences of the progressive water deficit and rehydration on nitrate reductase activity and nitrogen compounds in soybean (*Glycine max cv. Sambaiba* L.) Res. J. Agron. 2: 3. 64-70.
21. Mollavaly, M., Bolandnazar, S., and Tabatabai, S.J. 2009. The effect of different amounts of ammonium nitrate and potassium sulfate growth characteristics and yield of onion, J. Agric. Sci. 19: 2.
22. Musick, J.T., and Walker, J.D. 1987. Irrigation practices for reduced water application- Texas High Plains. App. Engin. Agric. 3: 190-195.
23. Najafi, F., and Rezvani Moghadam, P. 2001. Effects of different irrigation and density on yield and agronomic characteristics of plant (*Plantago ovata Forssk*) Agric. Sci. Technol. 16: 67-59.
24. Polat, E., Karaca, M., Demirand, H., and Nacionus, A. 2004. Use of natural zeolit in agriculture. J. Fruit. Plant. 12: 183-189.
25. Premachandra, G.S., Saneoka, H., and Ogata, S. 1989. Nutriophysiological evaluation of polyethylen glycol test of cell membrane stability in maiz. Crop Sci. 29: 1287-1292.
26. Pirdashti, H., Tahmasebi-Sarvestani, Z., and Bahmanyar, A. 2009. Comparison of physiological responses among four contrast rice cultivars under drought stress conditions. World academy of science. Engin. Technol. 49: 52-54.
27. Rahnama, A., Absalan, Sh., and Makvandi, M. 2008. The effect of deficit irrigation on yield and yield components of three cultivars of forage surgom. J. Crop Sci. 2: 1. 11-23.
28. Roshan, B. 2002. Superabsorbent effect on increasing the quantity and quality of agricultural products, the second course-education, agricultural and industrial applications of superabsorbent hydrogel Iran Polymer and Petrochemical Institute.
29. Rostampour, M.M., Seghat Aleslami, M.J.M., and Mousavi, M.G.M. 2010. The study of drought stress effect dry and superabsorbent on relative water content and chlorophyll index and its relationship with grain yield in maize, Crop Physiol. 2: 19-31.
30. Sanchez, F.J., Manzanares, M., Andres, E.F., Tenorio, J.L., and Ayerbe, L. 1998. Turgor maintenance, osmotic adjustment and soluble sugar and proline accumulation in 49 pea cultivars in response to water stress. Field Crop Res. 59: 225-235.
31. Schonfeld, M.A., Johnson, R.C., Carver, B., and Morhinweg, D.W. 1988. Water relation in winter wheat as drought resistance indicator. Crop Sci. 28: 526-531.
32. Sharifi Ashorabady, A. 1998. Evaluation of soil fertility in agricultural ecosystems. Ph.D. Thesis, Department of Agriculture, Islamic Azad University, Science and Research Branch.

33. Siddique, M.R.B., Hamid, A., and Islam, M.S. 2000. Drought stress effects on water relations of wheat. Bat. Bull. Acad. Scin. 41: 35-39.
34. Sishuai, M., Rubiul-Islam, M., Xuzhang, X., and Yuegae, H. 2011. Evaluation of a water saving super absorbent polymer of corn (*Zea mays* L.) production in arid regions of Norhern china. J. Prod. 6: 4108-4115.
35. Somogy, M. 1952. Notes on sugar determination. J. Biol. Chem. 195: 19-29.
36. Stern, R., Vanper Merwe, A.J., Laker, M.C., and Shaihbery, I. 1992. Effect Soil surface treatments on runoff and wheat yield under irrigation. Agron. J. 84: 114-119.
37. Thakur, P.S., and Rai, V.K. 1980. Water stress effects on maize: Carbohydrate metabolism of resistant and susceptible cultivars of *Zea mays* L. Biologia Plan. 21: 50-56.
38. Valadabadi, S.A.R., and Aliabadi Farahani, H. 2010. Studying the interactive effect of potassium application and individual field crops on root penetration under drought condition. J. Agric. Biotechnol. Sust. Dev. 2: 82-86.
39. Yang, G., Chen, X., and Sanico, J. 2011. Comparative genomics of two eco-logically differential populations of Hibiscus tiliaceus under salt stress. J. Func. Plant Biol. 38: 3. 199-208.
40. Yazdani, F., Allah Dadi, A., Akbari, Gh., and Behbahani, M. 2006. Effect amounts of superabsorbent (Tarawat 200) and levels of water stress on yield and yield components of soybean J. Agron. Hort. 75: 1. 167-174.
41. Zaifnejad, M., Clarck, R.B., and Sullivan, C.Y. 1997. Aliminum and water stress effects on growth and proline of sorghum. J. Plant Physiol. 150: 338-244.
42. Zarif Ketabi, H. 1997. Evaluation of drought resistance indices in several annual Medicago species M.Sc. Thesis agriculture. Ferdowsi University of Mashhad.

EJCP., Vol. 7 (2): 43-60
http://ejcp.gau.ac.ir

Effect of super absorbent polymer, potassium sulphate and farmyard manure on physiological characteristics of millet (*Setaria italica*) under optimum irrigation and drought stress conditions

***A. Chehelgerdi[1], M. Saffari[2] and R. Abdolshahi[3]**
[1,2,3]M.Sc. Student, Associate Prof. and Assistant Prof., Dept. of Agronomy and Plant Breeding, Shahid Bahonar University of Kerman
Accepted: 2013/06/22; Received: 2014/03/17

Abstract

Drought stress is one of the most important problems of agriculture and an important factor of plant production reduction. Application of absorbent materials can help usage of sporadic rain fall and cause more maintenance of water storage. In order to study the effect of super absorbent polymer, potassium sulfate and manure under drought condition and favorable irrigation on some traits of foxtail millet, a split plot experiment in a completely randomized block design in three replications was conducted in research field of Shahid Bahonar University of Kerman in 2012. Irrigation in three levels (50, 75, 100% F.C) were as main plot and super absorbent polymer (100 Kg ha^{-1}), potassium sulfate (200 Kg ha^{-1}), farmyard (25 t ha^{-1}) and no use of them (control) were as sub plot. Leaf chlorophyll index, relative water content, ion leakage, reducing sugar, proline and fresh forage yield were evaluated. Results showed that decrease in irrigation causes a significant decrease in relative water content and forage yield and increase in leaf chlorophyll index, ion leakage percent, proline and reducing sugar. The highest relative water content and fresh forage yield and the least ion leakage percent, reducing sugar and proline was observed at super absorbent polymer treatment. According to results super absorbent polymer can decreased damage of drought stress. The highest fresh forage production in presence of super absorbent polymer demonstrates the effective role of it under drought stress.

Keywords: Drought stress, Millet, Physio-morphological characteristics, Super absorbent

* Corresponding Author; Email: ali_cho381@yahoo.com