



بررسی تاثیر رژیم‌های آبیاری و سوپرچاذب بر میزان پرولین و قندهای محلول و رابطه آن‌ها با عملکرد ماده خشک سورگوم علوفه‌ای رقم اسپیدفید

منصور فاضلی رستم پور^۱، مهرداد یارنیا^۲، سیدغلامرضا موسوی^۳، محمدجواد ثقه الاسلامی^۳

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۰۸/۲۶ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۱۲/۰۵

چکیده

به منظور بررسی امکان کاهش آب مورد نیاز سورگوم با کاربرد سوپرچاذب و بررسی رابطه بین تجمع قندهای محلول و پرولین با محتوی نسبی آب برگ و عملکرد ماده خشک سورگوم علوفه‌ای رقم اسپیدفید آزمایشی در منطقه دشتک زاهدان طی سال‌های ۱۳۹۲ و ۱۳۹۳ بصورت کرت‌های خرد شده با ۴ رژیم آبیاری، شامل تامین ۴۰، ۶۰، ۸۰ و ۱۰۰ درصد آب مورد نیاز گیاه براساس تبخیر و تعرق پتانسیل گیاه در کرت‌های اصلی و ۴ سطح سوپرچاذب ۰، ۷۵، ۱۵۰ و ۲۲۵ کیلوگرم در هکتار در کرت‌های فرعی در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار انجام شد. نتایج نشان داد که اثر رژیم آبیاری، سوپرچاذب و اثر متقابل آن‌ها بر صفات اندازه گیری شده معنی دار بود. مدل‌های رگرسیون برآورد شده در ۲ سال نشان داد که کاربرد سوپرچاذب اگرچه در تیمار ۱۰۰ درصد آبیاری بر صفات مورد بررسی تاثیری نداشت اما در سایر تیمارهای آبیاری باعث کاهش تجمع پرولین و قندهای محلول و افزایش محتوی نسبی آب برگ و عملکرد ماده خشک شد. بنابراین کاربرد ۷۵ کیلوگرم سوپرچاذب در هکتار همراه با ۲۰ درصد کاهش آب مورد نیاز سورگوم، عملکرد ماده خشکی مشابه تیمار ۱۰۰ درصد آبیاری تولید کرد.

واژه‌های کلیدی: پلیمر، علوفه، محتوی نسبی آب برگ، نیاز آبی

فاضلی رستم پور^۱، م. یارنیا، غ. ر. موسوی و م. ج. ثقه الاسلامی. ۱۳۹۵. بررسی تاثیر رژیم‌های آبیاری و سوپرچاذب بر میزان پرولین و قندهای محلول و رابطه آن‌ها با عملکرد ماده خشک سورگوم علوفه‌ای رقم اسپیدفید. مجله اکوفیزیولوژی گیاهی. ۲۷: ۱۰۲-۹۰.

۱- استادیار مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی سیستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، زابل، ایران- مسئول مکاتبات. پست

الکترونیک: Mansour_fazeli@yahoo.com

۲- استاد گروه زراعت، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران

۳- دانشیار گروه زراعت، واحد بیرجند، دانشگاه آزاد اسلامی، بیرجند، ایران

مقدمه

کشور ایران از نظر اقلیمی در زمره مناطق خشک و نیمه-خشک جهان می باشد. در چنین شرایطی کمبود رطوبت خاک و درجه حرارت بالای هوا از جمله عوامل اصلی محدود کننده تولید علوفه بوده که باعث می گردد از گیاهان سازگار با شرایط کم آبی از جمله سورگوم استفاده شود (المدرس و همکاران، ۲۰۰۷؛ کورتلو و همکاران، ۲۰۰۹). گیاه سورگوم با شرایط آب و هوایی ایران به خصوص مناطق گرم و خشک مثل سیستان و بلوچستان، کرمان، اصفهان و بنادر جنوب سازگار است (مولدون، ۱۹۸۵). در بین ارقام سورگوم، رقم اسپیدفید، یک رقم خارجی است که امتیاز آن توسط وزارت جهاد کشاورزی ایران از شرکت پاسفیک سیدز استرالیا خریداری شده است و تولید بذر انبوه آن در کشور انجام می گیرد و اولین رقم سورگوم هیبرید علوفه ای است که برای مناطق گرم و خشک کشور توصیه شده است (آیسا و همکاران، ۲۰۱۱؛ فاضلی رستمپور، ۲۰۱۳؛ موسوی و همکاران، ۲۰۰۹). از طرف دیگر استان سیستان و بلوچستان با سطح زیر کشتی معادل ۳۵۰۰ هکتار و عملکردی برابر ۱۲۰۰۰۰۰ کیلوگرم رتبه دوم را در بین استان های کشور دارد (المدرس و همکاران، ۲۰۰۷). استان سیستان و بلوچستان از جمله استان های گرم و خشک کشور بوده که محدودیت شدید منابع آبی آن به دلیل تبخیر بالا و نزولات اندک، سطح زیر کشت و عملکرد محصولات زراعی را محدود کرده است (فاضلی رستمپور و همکاران، ۲۰۱۳). در چنین شرایطی می توان با اعمال مدیریت صحیح و به کارگیری موادی همچون سوپرچاذب ها، ضمن حفظ ذخیره رطوبتی خاک باعث افزایش ظرفیت نگهداری آب در خاک و افزایش راندمان آبیاری و در نتیجه بهبود بهره برداری از منابع محدود آب شد. سوپرچاذب ها موادی هستند که چندین برابر وزن خود آب را جذب و در خود نگهداری می نمایند (اسلام و همکاران، ۲۰۱۱a؛ اسلام و همکاران، ۲۰۱۱b؛ ویدیاستوتی و همکاران، ۲۰۰۸). کاربرد پلیمرهای سوپرچاذب در مزرعه باعث افزایش نگهداری آب در خاک، کاهش مصرف آب و آبشویی کودها می گردد (فاضلی رستمپور و همکاران، a ۲۰۱۲؛ لتز و سوچکا، ۱۹۹۴؛ لیانگ و لیو، ۲۰۰۶). در واقع سوپرچاذب شبکه پلیمری به شدت آب دوستی است که در آب به شدت متورم می شود، اما به دلیل وجود تعداد اندکی پیوندهای عرضی حل نمی شود (فاضلی رستمپور و همکاران، b ۲۰۱۲). پلیمرها از نظر زیست محیطی، سالم و بدون اثر سمی و نامطلوب در خاک هستند و سرانجام به دی اکسیدکربن، آب و یون های آمونیوم و پتاسیم تجزیه می شوند (میکلسن، ۱۹۹۴). مقدار جذب آب در این پلیمرها بسته به فرمول شیمیایی پلیمر،

ناخالصی ها و مقدار نمک موجود در آب تا ۴۰۰ برابر وزن پلیمر متغیر است (فاضلی رستمپور و همکاران، ۲۰۱۳؛ مونیگ، ۲۰۱۱). بنابراین سوپرچاذب ها می توانند با جذب و نگهداری آب، باعث افزایش آب در دسترس گیاه و در نتیجه افزایش پتانسیل آب گیاه شوند (فاضلی رستمپور و همکاران، ۲۰۱۳). مونبوش و همکاران (۲۰۰۷) بیان داشتند که پتانسیل آب گیاه رابطه نزدیکی با محتوی نسبی آب برگ دارد و با کاهش پتانسیل آب خاک، پتانسیل آب گیاه و در نتیجه محتوی نسبی آب برگ کاهش می یابد. در چنین شرایطی برخی از ترکیب های داخلی گیاه به میزان قابل توجهی افزایش پیدا می کنند (فرخنده و همکاران، ۲۰۱۲). این ترکیبات که به صورت منفرد یا همراه با یکدیگر به منظور کمک به تنظیم اسمزی در شرایط کاهش آب سلول ذخیره می شوند، محلول های سازگار نامیده می شوند (نانجو، ۱۹۸۸). از جمله این ترکیبات می توان به پرولین و قندهای محلول اشاره نمود (بلوم و همکاران، ۱۹۹۶؛ شمسی، ۲۰۱۰؛ صفرنژاد، ۲۰۰۴). پرولین رادیکال های هیدروکسیل را از بین برده، مانع کاهش اسیدپتید سلول شده، از ماکرومولکول ها در برابر تخریب محافظت کرده و قندهای محلول، محافظ غشاء سلولی و نگه دارنده فشار تورگر از طریق دخالت در تنظیم اسمزی است (ایزانلو و همکاران، ۲۰۰۸؛ حسو و همکاران، ۲۰۰۳؛ سکی و همکاران ۲۰۰۷؛ شرما و دایتز، ۲۰۰۶؛ کیسور و همکاران، ۲۰۰۵). در این شرایط گیاه با تنظیم اسمزی، به دنبال جذب آب از خاک و در نتیجه حفظ پتانسیل آب سلول و جلوگیری از مسدود شدن روزنه ها و تداوم فتوسنتز است. چراکه تنش شدید کمبود آب، باعث افزایش دمای برگ، پژمردگی و پیچیدگی برگ، پیری زودرس برگ ها و کاهش جذب تشعشع فعال فتوسنتزی و کاهش تولید ماده خشک می شود (ایرل و داویس، ۲۰۰۳). بنابراین تداوم فتوسنتز برای بقاء گیاه و تا حدی حفظ عملکرد ضروری است چراکه هدف نهایی کشاورزی تولید حداکثر محصول در واحد سطح است (ریچارد و همکاران، ۲۰۰۲). سینگ و سینگ (۱۹۹۵) گزارش کردند که در شرایط تنش شدید کم آبی نسبت به تیمار بدون تنش کم آبی مقدار فتوسنتز خالص در سورگوم، ذرت و ارزن به ترتیب ۴۸، ۵۵ و ۵۰ درصد کاهش داشت. کاهش میزان فتوسنتز خالص در شرایط تنش خشکی، بیانگر کاهش مقدار تولید ماده خشک در واحد سطح برگ و در نتیجه کاهش عملکرد (برنگر و فسی، ۲۰۰۱؛ طباطبایی و همکاران، ۲۰۱۲). برای مثال در شرایط کم آبی، سورگوم به دلیل بسته شدن روزنه های برگ در پتانسیل های پایین آب برگ نسبت به ذرت عملکرد ماده خشک بالاتری داشت (سینگ و سینگ، ۱۹۹۵). بنابراین با توجه به اهمیت

بازندگی نشان می‌دهد که میانگین بارش سالانه در این منطقه ۶۱/۳ میلی متر و مربوط به ماه‌های دی، بهمن و اسفند است. لازم به ذکر است که منبع تامین آب در منطقه دشتک از طریق استخراج آب‌های می‌باشد.

زمین انتخابی جهت انجام آزمایش در سال قبل از کاشت، آیش بود و در پاییز ۱۳۹۱ زمین به وسیله گاوآهن برگردان‌دار شخم زده شد. سپس در اسفند ۱۳۹۱ جهت خرد کردن کلوخه‌ها و آماده سازی بستر از دیسک و لولر استفاده شد. کود نیتروژن نیز از منبع کود اوره به میزان ۱۵۰ کیلوگرم در زمان کاشت و پس از برداشت هر چین، جمعا در ۳ نوبت همراه با آبیاری مصرف شد. در ابتدای فروردین جوی و پشته‌های لازم با ادوات موجود در مزرعه ایجاد و کشت بذر سورگوم به صورت دستی انجام و بلافاصله مزرعه آبیاری شد. قبل از کاشت بذر (۱۵ فروردین)، سوپرچاذب A200 در تیمارهای مورد نظر در کنار پشته به صورت نواری، و در عمق ۲۵-۲۰ سانتی متری زیر بذر قرار گرفت. خصوصیات سوپرچاذب A200، تهیه شده از شرکت رهاب رزین تحت لیسانس پژوهشگاه پلیمر پتروشیمی ایران در جدول (۱) آورده شده است (عابدی-کویایی و اسدکاظمی، ۲۰۰۶؛ فاضلی رستم‌پور و همکاران، ۲۰۱۲ a).

افزایش وزن خشک در گیاهان علوفه‌ایی و تاثیر تنش کمبود آب بر کاهش تولید ماده خشک سورگوم، این آزمایش به منظور کاهش اثرات سوء تنش کمبود آب بر عملکرد و کارایی مصرف آب سورگوم از طریق اضافه نمودن سوپرچاذب به خاک و همچنین بررسی رابطه میزان پرولین و قندهای محلول با عملکرد ماده خشک سورگوم علوفه‌ای رقم اسپیدفید انجام شد.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی تاثیر سطوح آبیاری و سوپرچاذب بر سورگوم علوفه‌ای رقم اسپیدفید آزمایشی طی دو سال زراعی ۱۳۹۲ و ۱۳۹۳ در منطقه دشتک واقع در ۸۰ کیلومتری جاده زاهدان به بیرجند با $30^{\circ}18'$ عرض شمالی و $60^{\circ}86'$ و طول شرقی با ارتفاع ۵۸۴ متر از سطح دریا و با آب و هوای گرم و خشک واقع در جنوب شرقی ایران انجام شد. منطقه سیستان و بلوچستان با توجه به موقعیت جغرافیایی، از یک طرف تحت تاثیر جریان‌های جوی متعدد مانند جریان بادی شبه قاره هند و به تبع آن باران‌های موسمی اقیانوس هند است و از طرف دیگر تحت تاثیر فشار زیاد عرض‌های متوسط قرار دارد که گرمای شدید مهم‌ترین پدیده مشهود اقلیمی آن است. آمار بلند مدت

جدول ۲- بعضی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی نمونه‌های خاک مکان

آزمایش قبل از کاشت (۰-۳۰ سانتی متر) در سال‌های ۱۳۹۲ و ۱۳۹۳

خصوصیات خاک	*۱۳۹۲	*۱۳۹۳
سیلت	۲۴/۹	۲۴/۸
شن	۶۵/۳	۶۵/۹
رس	۹/۸	۹/۳
بافت	شنی لومی	شنی لومی
مواد آلی %	۰/۰۵	۰/۰۶
$(ds m^{-1})$ شوری	۶/۸	۶/۷
اسیدیته	۷/۷	۷/۶
مجموع نیتروژن %	۰/۱۵	۰/۱۶
مجموع کربنات کلسیم %	۰/۹	۱/۱
$(mg L^{-1})$ فسفر قابل جذب	۳/۵	۳/۷
$(mg L^{-1})$ پتاسیم قابل جذب	۹۰	۹۳

*هر عدد میانگین ۳ تکرار است.

در جدول ۲ آمده است. همچنین مشخصات رده بندی خاک عبارت بود از خاک آنتی سول با ترکیبی از کانی‌های مختلف با رژیم حرارتی متوسط بود.

جدول ۱- برخی از ویژگی‌های ماده سوپرچاذب A200

شکل ظاهری	گرانول سفید رنگ
اندازه ذرات (میلی متر)	۰/۵-۱/۵
مقدار رطوبت (درصد)	۳-۵
چگالی (گرم/سانتی متر)	۱/۴-۱/۵
اسیدیته	۶-۷
ظرفیت عملی جذب محلول نمک کلرید سدیم %/۹	۴۵
ظرفیت عملی جذب آب مقطر	۱۹۰
ظرفیت عملی جذب آب شهر	۲۲۰
حداکثر دوام (سال)	۷

به منظور انجام آزمایش خاک پس از عملیات خاک‌ورزی و تسطیح و پیش از کاشت، در هر سال یک نمونه مرکب از عمق ۰-۳۰ سانتی متر جهت اندازه‌گیری مشخصات فیزیکی و شیمیایی برداشت و به آزمایشگاه منتقل شد که نتایج تجزیه خاک

توجه به سطوح آبیاری مقدار لازم آب در هر کرت وارد گردید تا محاسبه راندمان مصرف آب به طور دقیق انجام شود. در طی دوره رشد سه تا چهار نوبت عملیات مبارزه با علف های هرز به صورت وجین دستی انجام گرفت. علف های هرز اغلب از نوع خارشتر، تلخه و خارخسک بود.

محتوی نسبی آب برگ (RWC) در تمام چین ها قبل از برداشت و روز قبل از آبیاری، در جوان ترین برگ کامل شده اندازه گیری شد. نمونه گیری بین ساعت ۸ تا ۹ صبح انجام و بلافاصله نمونه ها در کلمن حاوی یخ قرار گرفته و به آزمایشگاه منتقل گردید. نمونه ها وزن شده (W_f)، سپس به مدت ۲۴ ساعت در آب مقطر قرار داده شده و وزن گردید (W_t). در مرحله بعد به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۷۲ درجه سلسیوس در آون قرار گرفته و وزن شد (W_d) سپس محتوی نسبی آب برگ با استفاده از رابطه ۳ اندازه گیری شد (شلمر، ۲۰۰۵):

(رابطه ۳)

$$LRWC(\%) = \frac{W_f - W_d}{W_t - W_d} \times 100$$

پرولین و قندهای محلول قبل از مرحله گلدھی (ظهور پانیکول)، در ۳ بوته از هر کرت و در برگ های انتهایی کامل شده با استفاده از روش اریگوبین و همکاران (۱۹۹۲) اندازه گیری شد. جهت تعیین عملکرد سورگوم از دو خط وسط هر کرت آزمایشی (۳ و ۴) و پس از حذف یک متر ابتدا و انتهای خطوط به عنوان اثر حاشیه، بوته ها برداشت شدند و سپس نمونه های برگ و ساقه به طور جداگانه به ترتیب برای مدت حدود ۴۸ و ۷۲ ساعت در آون الکتریکی با دمای ۷۰ درجه سلسیوس قرار داده شد. پس از اطمینان از رسیدن وزن نمونه ها به وزن ثابت با استفاده از ترازوی حساس الکتریکی وزن خشک آنها اندازه گیری و ثبت شد.

تجزیه و تحلیل آماری با استفاده از نرم افزار SAS نسخه ۹.۲ انجام شد. تجزیه واریانس با استفاده از رویه MIXED در شرایطی انجام شد که سال به عنوان عامل تصادفی در نظر گرفته شد (لیتل و همکاران، ۲۰۰۶). تجزیه واریانس مربوط به ۲ سال وقتی انجام شد که آزمون بارتلت همگنی واریانس ها را تایید نمود. مدل های رگرسیون خطی، درجه ۲ و درجه ۳ برای هر سطح آبیاری با استفاده از رویه REG و روش backward در شرایطی که سوپرچاذب به عنوان یک متغیر مستقل وارد مدل شده بود، مورد آزمون قرار گرفت. تنها پارامترهایی در مدل های رگرسیونی وارد شد که در سطح

این آزمایش با استفاده از کرت های خرد شده با ۴ رژیم آبیاری شامل تامین ۴۰، ۶۰، ۸۰ و ۱۰۰ درصد آب مورد نیاز گیاه براساس تبخیر و تعرق پتانسیل گیاه در کرت های اصلی و ۴ سطح سوپرچاذب ۰، ۷۵، ۱۵۰ و ۲۲۵ کیلوگرم در هکتار در کرت های فرعی در قالب طرح پایه بلوک های کامل تصادفی با ۳ تکرار انجام شد. هر کرت آزمایشی شامل ۶ خط کاشت با فاصله ردیف ۵۰ سانتی متر و فاصله بین بوته ۶ سانتی متر روی ردیف بود. تراکم گیاهی در این آزمایش ۳۳۳ هزار بوته در هکتار در نظر گرفته شد و کشت در کنار پشته در عمق ۳-۲ سانتی متری انجام گرفت.

تعیین آب مورد نیاز هر محصول در تهیه اطلاعات کافی جهت تعیین زمان و مقدار آبیاری کلیدی است (پیسینی و همکاران، ۲۰۰۹؛ جیووانی و همکاران، ۲۰۰۹). نیازآبی به کمک روش FAO با استفاده از آمار تبخیر از تشتک کلاس A و با استفاده از رابطه های ۱ و ۲ محاسبه شد. سپس با در نظر گرفتن راندمان ۸۰ درصد برای پخش آب در مزرعه آبیاری انجام شد. در این روش برای محاسبه مقدار آب مورد نیاز گیاه، ابتدا تبخیر از تشتک روزانه (E_p) از اداره هواشناسی اخذ و سپس در ضریب تشتک ضرب شد (K_{pan}). حاصل ضرب این دو مقدار تبخیر و تعرق گیاه مرجع بود (ET_0). سپس با اعمال ضریب گیاهی (K_c) پتانسیل نیاز آبی سورگوم علوفه ای تعیین گردید (هاول و همکاران، ۲۰۰۸؛ هلن و همکاران، ۱۹۹۸). مقدار K_c نیز با استفاده از اشنایدر و همکاران (۱۹۸۹) تعیین شد (مقدار K_c از ۰/۱۴ در ابتدای رشد تا ۱/۰۳ در پایان دوره رشد در نظر گرفته شد).

$$ET_c = K_c \times ET_0 \quad (\text{رابطه ۱})$$

$$ET_0 = K_{pan} \times E_p \quad (\text{رابطه ۲})$$

ET_0 ، K_{pan} و E_p به ترتیب تبخیر و تعرق گیاه مرجع، ضریب تشتک (۰/۶۶) و تبخیر از تشتک بود (علیزاده و کمالی، ۲۰۰۷).

بدور سورگوم پس از ۷ تا ۹ روز در اواخر فروردین مزرعه سبز شد و انجام آبیاری تا استقرار کامل گیاه (۲۰ روز) به طور مرتب در همه واحدهای آزمایشی و بدون اعمال تیمارهای تنش انجام گرفت. حذف بوته های اضافی سورگوم در مرحله سه تا چهار برگی انجام و از این مرحله به بعد تیمارهای تنش آبیاری اعمال گردید. آبیاری مزرعه در فواصل زمانی ۷ روز یک بار انجام گرفت. نحوه آبیاری به گونه ای بود که مقدار آب خروجی از شلنگ در هر جوی آبیاری با استفاده از کنتور نصب شده در محل خروج آب قابل کنترل بود و بنابراین در هر نوبت آبیاری با

محتوی نسبی آب برگ در تیمار ۴۰ و ۶۰ درصد آبیاری و واکنش مثبت درجه ۲ محتوی نسبی آب برگ در تیمار ۱۰۰ درصد آبیاری شد (جدول ۴). همچنین پاسخ محتوی نسبی آب برگ به سوپرژاذب در تیمار ۱۰۰٪ تبخیر از تشتک معنی دار نبود و نشان داد که کاربرد سوپرژاذب در شرایط آبیاری مطلوب تاثیر نداشت (جدول ۴).

$P \leq 0.01$ معنی دار بود. شکل‌ها با استفاده از نرم افزار Sigma plot رسم شد.

نتایج و بحث

محتوی نسبی آب برگ: رژیم آبیاری، سوپرژاذب و اثر متقابل آبیاری و سوپرژاذب بر محتوی نسبی آب برگ تاثیر معنی داری داشتند (جدول ۳). معادلات رگرسیون نشان داد که افزایش میزان کاربرد سوپرژاذب، باعث واکنش مثبت خطی

جدول ۳- مقادیر درجه آزادی، میانگین مربعات، ضریب تغییرات و سطح احتمال آزمون بارتلت (P) در ۲ سال آزمایش مربوط به تجزیه مرکب اثرات رژیم آبیاری، سوپرژاذب در قالب طرح کرت های خرد شده با پایه بلوک های کامل تصادفی در سورگوم علوفه ای رقم اسپیدفید

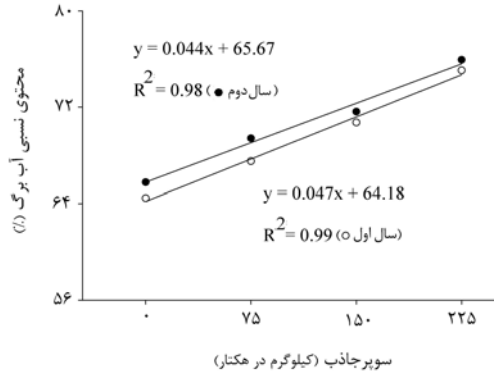
میانگین مربعات					
سال	درجه آزادی	محتوی نسبی آب برگ	پرویلین	قندهای محلول	عملکرد ماده خشک
سال (۷)	۱	۶۸/۱ ^{n.s}	۵/۳۶ ^{n.s}	۱/۳ ^{n.s}	۱۳۹۷۰۲/۲**
آبیاری (I)	۳	۱۱۴۹۸/۰۶*	۸۰/۲۹**	۲۱۳۱۹/۳**	۵۴۵۴۹۵۸/۳**
سال (تکرار)	۴	۸۲۵/۴۷	۵/۳۳	۶۲۳/۷	۱۷۷۰۱/۶
اثر متقابل Y×I	۳	۶۸/۲۳ ^{n.s}	۰/۳ ^{n.s}	۱۶/۲۶ ^{n.s}	۲۲۶۵۵/۶**
اشتباه a	۱۲	۲۰۴/۱۴	۱/۴۱	۸۸/۷۸	۱۷۷۰۱/۶
سوپرژاذب (S)	۳	۱۲۴۲/۱۲**	۱۱/۱۸**	۶۷۷**	۱۱۷۳۸۳/۷**
اثر متقابل I×S	۹	۱۰۸/۲۹**	۱/۳۴**	۶۲/۶*	۲۵۶۴۰/۵**
اثر متقابل Y×S	۳	۴۸/۴۶ ^{n.s}	۰/۰۲ ^{n.s}	۲/۹۷ ^{n.s}	۲۲۲۲/۷ ^{n.s}
اثر متقابل Y×I×S	۹	۱۳/۶۴ ^{n.s}	۰/۱۵ ^{n.s}	۱۰/۱۵ ^{n.s}	۱۷۳۴۱/۰۶ ^{n.s}
اشتباه b	۴۸	۳۷/۳۴	۰/۳	۲۹/۴۹	۱۴۲۲/۷
ضریب تغییرات (%)		۹/۶۳	۷/۴۶	۶/۳۹	۱۶/۸۹
آزمون بارتلت (P)		۰/۲۳	۰/۴۳	۰/۶۳	۰/۱۶

^{n.s}، * و ** به ترتیب غیر معنی دار و معنی دار در سطح احتمال پنج و یک درصد.

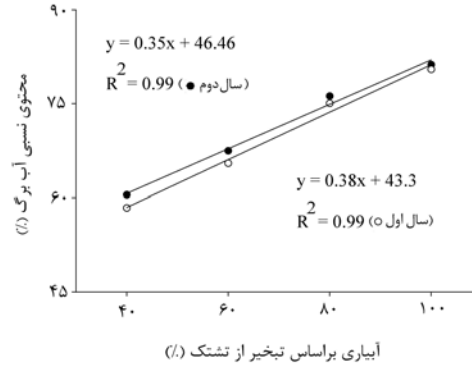
رستم پور، ۲۰۱۳؛ فروک، ۲۰۱۱؛ گریما و کریگ، ۲۰۱۱؛ متو و همکاران، ۱۹۹۲). سورگوم می تواند در شرایط تنش خشکی و در طی روز، با بسته نگه داشتن روزنه ها، تا حدی محتوی نسبی آب برگ را کنترل نماید (امام و زواره، ۱۳۸۴). با بسته شدن روزنه ها و کاهش غلظت CO₂ واکنش های تاریکی فتوسنتز مختل شده، در چنین شرایطی به دلیل افزایش غلظت NADPH و کاهش NADP⁺، الکترون حاصل از شکستن آب در واکنش هیل، به اکسیژن منتقل شده و رادیکال های سوپر اکسید و هیدروکسیل تولید می شود (سریم و سربوستاوا، ۲۰۰۲). انواع اکسیژن فعال نیز می توانند به طور مستقیم اسیدهای چرب و ناقل های پروتئینی غشاء را مورد حمله قرار داده و موجب نشت غشاء سلولی و در نتیجه کاهش توانایی سلول در تنظیم اسمزی

بین سطح آبیاری و محتوی نسبی آب برگ در سال اول و دوم آزمایش رابطه خطی معنی دار ($P < 0.01$) وجود داشت و محتوی نسبی آب برگ با افزایش مقدار آبیاری افزایش یافت (شکل ۱). بیشترین و کمترین محتوی نسبی آب برگ از تیمارهای ۱۰۰ و ۴۰ درصد آبیاری براساس تبخیر از تشتک در هر دو سال به دست آمد. کاربرد سوپرژاذب باعث افزایش محتوی نسبی آب برگ در هر دو سال آزمایش شد (شکل ۲). میانگین محتوی نسبی آب برگ برای کاربرد ۰، ۷۵، ۱۵۰ و ۲۲۵ کیلوگرم سوپرژاذب در خاک به ترتیب ۶۵/۱۱، ۶۸/۴۵، ۷۱/۱۷۶ و ۷۵/۴۹ درصد بود. این نتایج منطبق با نتایج حاصل از آزمایش های محقق دیگر بود (جونز و ترنر، ۱۹۸۰؛ فاضلی

گردد (پینگ و همکاران، ۲۰۰۶). عدم توانائی سلول در تنظیم اسمزی در شرایط تنش خشکی نیز، به مرور باعث عدم جذب آب و کاهش محتوی نسبی آب برگ می گردد (مان بوش و همکاران، ۲۰۰۷).



شکل ۲- محتوی نسبی آب برگ به عنوان تابعی از سوپرچاذب در ۲ سال آزمایش

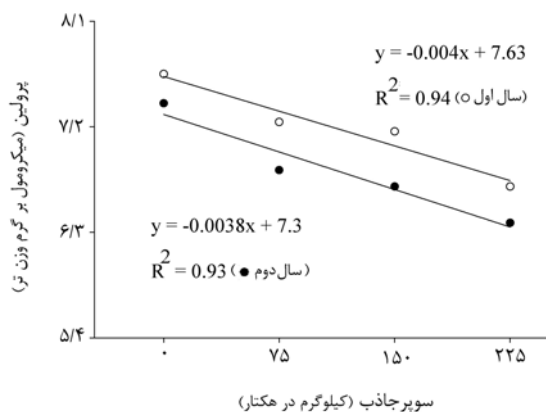


شکل ۱- محتوی نسبی آب برگ به عنوان تابعی از آبیاری براساس تبخیر از تشتک در ۲ سال آزمایش

جدول ۴- پارامترهای پیش بینی شده در مدل های رگرسیونی مربوط به هر سطح رژیم آبیاری (درصد آبیاری براساس تبخیر از تشتک) و سوپرچاذب (کیلوگرم در هکتار) برای پرولین، قندهای محلول، محتوی نسبی آب برگ و عملکرد ماده خشک

سطح معنی داری مدل	پارامترهای برآورد شده برای مدل های رگرسیونی				تیمارها		متغیر وابسته	
	R^2	$\hat{\beta}_1$	$\hat{\beta}_0$	X_0	سوپرچاذب	آبیاری		
بی معنی	-	-	-	-	-	۱۰۰	پرولین (میکرومول بر گرم وزن تر)	
<۰/۰۱	۰/۹۸	-	-۰/۱۸	۶/۶۲	خطی	۸۰		
<۰/۰۱	۰/۹۷	-	-۰/۳۵	۸/۶۸	خطی	همه سطوح		
بی معنی	-	-	-	-	-	۴۰	قندهای محلول (میکروگرم بر گرم وزن تر)	
بی معنی	-	-	-	-	-	۱۰۰		
<۰/۰۱	۰/۹۳	-	-۴/۶۳	۴۳/۳۲	خطی	۸۰		
<۰/۰۱	۰/۹۷	-	-۴/۵۹	۶۵/۹۶	خطی	همه سطوح		
<۰/۰۱	۰/۹۲	-	-۳/۴	۷۷/۴۱	خطی	۴۰		
بی معنی	-	-	-	-	-	۱۰۰		
<۰/۰۱	۰/۹۹	۰/۱۶	-	۷۱/۸۶	درجه ۲	۸۰		
<۰/۰۱	۰/۹۷	-	۳/۹۱	۵۶/۶۸	خطی	همه سطوح	۶۰	
<۰/۰۱	۰/۸۸	-	۳/۵۸	۵۰/۴۶	خطی	۴۰		
بی معنی	-	-	-	-	-	۱۰۰	عملکرد ماده خشک (گرم بر مترمربع)	
<۰/۰۱	۰/۹۹	۸۱/۵۶	۵۶۶/۱۱	۱۱۱۳/۳	درجه ۲	۸۰		
<۰/۰۱	۰/۹۹	۵۰/۳۵	-	۶۵۶/۷۷	درجه ۲	همه سطوح		۶۰
<۰/۰۱	۰/۹۴	-	۳۶/۱۷	۲۷۸.۳۳	خطی	۴۰		

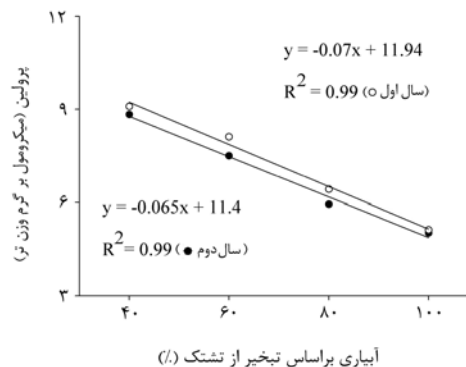
رابطه بین سوپرچاذب و پرولین برای دو سال آزمایش در شکل ۴ نشان داده شده است. کاربرد سوپرچاذب باعث کاهش مقدار پرولین در هر دو سال آزمایش شد. میانگین پرولین برای کاربرد ۰، ۷۵، ۱۵۰ و ۲۲۵ کیلوگرم سوپرچاذب در خاک به ترتیب ۷/۵۲، ۷/۰۲، ۶/۹۲ و ۶/۵۳ میکرومول بر گرم وزن تر بود. پرولین در تنش خشکی باعث سازگاری و بقاء گیاهان می گردد (شاهرخی و همکاران، ۲۰۱۱). گزارش شده است گیاهانی که در شرایط تنش خشکی قرار می گیرند آب درون سلولی خود را از دست داده و در نتیجه تنظیم کننده های اسمزی مانند پرولین، گلاسیسین-بتائین به منظور عکس العمل به تنش خشکی در آن ها تجمع می یابد (پاتاکاس و همکاران، ۲۰۰۲). در شرایط تنش خشکی افزایش سنتز یا کاهش کاتابولیسم پرولین می تواند عامل تجمع آن باشد (بلوم و همکاران، ۱۹۹۶؛ صفرنژاد، ۲۰۰۴).



شکل ۴- پرولین به عنوان تابعی از سوپرچاذب در ۲ سال آزمایش

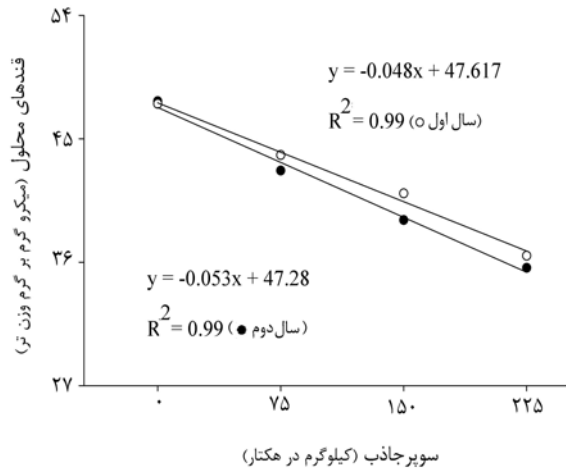
محلول در سال اول و دوم آزمایش رابطه خطی معنی دار وجود داشت و با افزایش مقدار آبیاری قندهای محلول کاهش یافت (شکل ۵). بیشترین و کمترین میزان قندهای محلول از تیمارهای ۴۰ و ۱۰۰ درصد تبخیر از تشتک در هر دو سال به دست آمد. کاربرد سوپرچاذب باعث کاهش مقدار قندهای محلول در هر دو سال آزمایش شد (شکل ۶). میانگین قندهای محلول برای کاربرد ۰، ۷۵، ۱۵۰ و ۲۲۵ کیلوگرم سوپرچاذب در خاک به ترتیب ۴۷/۶۴، ۴۳/۲۴، ۴۰/۰۴ و ۳۶/۰۳ میکروگرم بر گرم وزن تر بود.

پرولین: پرولین تحت تاثیر معنی دار رژیم آبیاری، سوپرچاذب و اثر متقابل آن ها در سطح یک درصد قرار گرفت (جدول ۳). پاسخ پرولین به سوپرچاذب برای ۶۰ و ۸۰ درصد آبیاری براساس تبخیر از تشتک خطی بود، همچنین این پاسخ برای ۴۰ و ۱۰۰ درصد آبیاری براساس تبخیر از تشتک بی معنی بود (جدول ۴). میانگین پرولین برای ۴۰، ۶۰، ۸۰ و ۱۰۰ درصد آبیاری براساس تبخیر از تشتک به ترتیب ۸/۹۶، ۷/۸، ۶/۱۸ و ۵/۰۸ میکرومول بر گرم وزن تر بود. معادلات رگرسیون نشان داد که بین سطح آبیاری و پرولین در سال اول و دوم آزمایش رابطه خطی معنی دار وجود داشت و با افزایش مقدار آبیاری پرولین کاهش یافت (شکل ۳). بیشترین و کمترین مقدار پرولین از تیمارهای ۴۰ و ۱۰۰ درصد آبیاری براساس تبخیر از تشتک در هر دو سال به دست آمد.

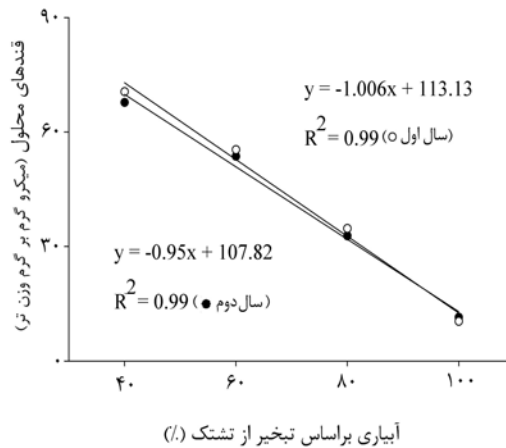


شکل ۳- پرولین به عنوان تابعی از آبیاری براساس تبخیر از تشتک در ۲ سال آزمایش

قندهای محلول: رژیم آبیاری، سوپرچاذب و اثر متقابل آبیاری و سوپرچاذب بر قندهای محلول تاثیر معنی داری داشتند (جدول ۳). میانگین قندهای محلول برای ۴۰، ۶۰، ۸۰ و ۱۰۰ درصد آبیاری براساس تبخیر از تشتک به ترتیب ۶۹/۱۴، ۵۴/۴۹، ۳۳/۷۴ و ۱۰/۹ میکروگرم بر گرم وزن تر بود. پاسخ قندهای محلول به سوپرچاذب برای ۴۰، ۶۰ و ۸۰ درصد آبیاری براساس تبخیر از تشتک خطی بود، همچنین این پاسخ برای ۱۰۰ درصد آبیاری براساس تبخیر از تشتک بی معنی بود (جدول ۴). معادلات رگرسیون نشان داد که بین سطح آبیاری و قندهای



شکل ۶- قندهای محلول به عنوان تابعی از سوپرچاذب در ۲ سال آزمایش

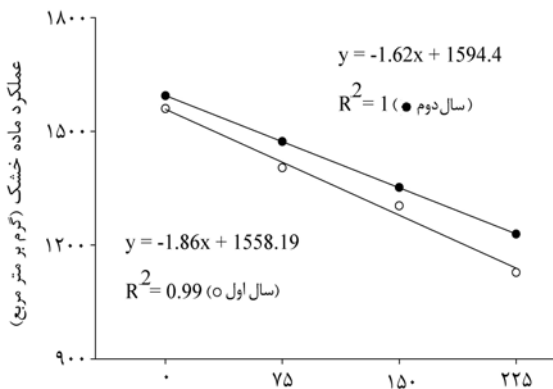


شکل ۵- قندهای محلول به عنوان تابعی از آبیاری براساس تبخیر از تشتک در ۲ سال آزمایش

درصد آبیاری براساس تبخیر از تشتک به ترتیب ۳۶۸/۷۵، ۱۰۳۴/۴۱، ۱۹۱۴/۶۱ و ۲۱۹۸/۶۶ گرم بر مترمربع بود. گزارش شده که کاهش پتانسیل آب از ۱- به ۱/۵- مگاپاسکال در سورگوم رقم اسپیدفید، باعث ۲۲ درصد کاهش عملکرد ماده خشک می گردد (آیسا و همکاران، ۲۰۱۱). پاسخ عملکرد ماده خشک به سوپرچاذب برای ۴۰، ۶۰ و ۸۰ درصد آبیاری براساس تبخیر از تشتک خطی، درجه ۲ و درجه ۲ بود، همچنین این پاسخ برای ۱۰۰ درصد آبیاری براساس تبخیر از تشتک بی معنی بود (جدول ۴). رابطه بین سوپرچاذب و عملکرد ماده خشک برای دو سال آزمایش در شکل ۸ نشان داده شده است. کاربرد سوپرچاذب باعث کاهش مقدار عملکرد ماده خشک در هر دو سال آزمایش شد. میانگین عملکرد ماده خشک برای کاربرد ۰، ۷۵، ۱۵۰ و ۲۲۵ کیلوگرم سوپرچاذب در خاک به ترتیب ۱۱۷۸/۳۷، ۱۳۲۷/۷۷، ۱۴۳۸/۳۷ و ۱۵۷۶/۹۱ گرم بر مترمربع بود.

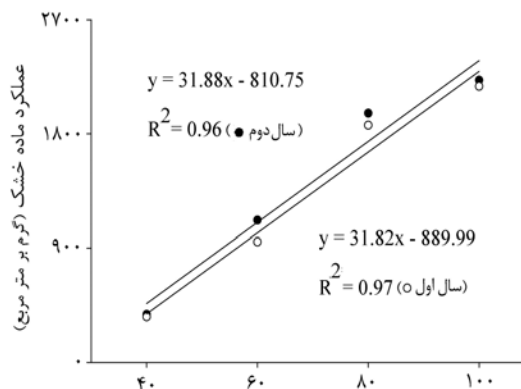
بنابراین با افزایش شدت تنش خشکی میزان قندهای محلول در گیاه افزایش و با مصرف سوپرچاذب کاهش یافت. در شرایط تنش خشکی با کاهش میزان آب سلول، موادی مانند قندهای محلول که به طور معمول تنظیم کننده اسمزی، محافظ غشاء سلولی، نگه دارنده فشار تورگر و مانع غیر فعال شدن آنزیم ها هستند، در سلول تجمع یافته تا با منفی تر کردن پتانسیل شیره سلولی باعث جذب آب به داخل سلول و به دنبال آن از خاک شود (ایزنلو و همکاران، ۲۰۰۸).

عملکرد ماده خشک: رژیم آبیاری، سوپرچاذب و اثر متقابل آبیاری و سوپرچاذب بر قندهای محلول تاثیر معنی داری داشتند (جدول ۳). بین سطح آبیاری و عملکرد ماده خشک در سال اول و دوم آزمایش رابطه خطی معنی دار وجود داشت و با افزایش میزان آبیاری، عملکرد ماده خشک افزایش یافت (شکل ۷). کمترین و بیشترین عملکرد ماده خشک از تیمارهای ۴۰ و ۱۰۰ درصد آبیاری براساس تبخیر از تشتک در هر دو سال به دست آمد. میانگین عملکرد ماده خشک برای ۴۰، ۶۰، ۸۰ و ۱۰۰



سوپرجاذب (کیلوگرم در هکتار)

شکل ۸- عملکرد ماده خشک به عنوان تابعی از سوپرجاذب در ۲ سال آزمایش



آبیاری براساس تبخیر از تشتک (%)

شکل ۷- عملکرد ماده خشک به عنوان تابعی از سوپرجاذب در ۲ سال آزمایش

درصد آبیاری بدون مصرف سوپرجاذب با تیمارهای ۸۰ درصد آبیاری و ۱۵۰، ۷۵ و ۲۲۵ کیلوگرم سوپرجاذب در هکتار تفاوت معنی دار وجود نداشت (جدول ۵).

برهمکنش آبیاری و سوپرجاذب بر عملکرد ماده خشک نشان داد که در تیمار ۱۰۰ درصد آبیاری همراه یا بدون مصرف سوپرجاذب تفاوت معنی دار دیده نشد. همچنین بین تیمار ۱۰۰

جدول ۵- اثر متقابل آبیاری (درصد آبیاری براساس تبخیر از تشتک) و سوپرجاذب (کیلوگرم در هکتار) بر عملکرد ماده خشک سورگوم.

سوپرجاذب	آبیاری			
	۴۰	۶۰	۸۰	۱۰۰
۰	۲۹۲/۸۳f	۷۴۴/۱۷e	۱۵۷۶/۳۳c	۲۱۰۰/۱۷ab
۷۵	۳۸۸/۱۷f	۸۱۲/۳۳e	۱۹۸۱/۶b	۲۲۰۹a
۱۵۰	۳۷۶/۸۳f	۱۱۰۹/۱۷d	۲۰۱۱/۳۳ab	۲۲۵۶/۱۷a
۲۲۵	۴۱۷/۱۷f	۱۴۷۲c	۲۰۸۹ab	۲۲۲۹/۳۳a

تفاوت دو میانگین که یک حرف مشترک دارند براساس حداقل میانگین مربعات در سطح خطای پنج درصد معنی دار نیست.

برگ، کاهش تجمع پرولین و قندهای محلول و افزایش ماده خشک گردید. میزان پرولین و قندهای محلول در سال اول آزمایش بیشتر از سال دوم و همچنین محتوی نسبی آب برگ و عملکرد ماده خشک در سال اول کم تر از سال دوم بود. به نظر می رسد که سرعت بالاتر باد در سال اول آزمایش باعث اعمال تنش مکانیکی بر سورگوم و کاهش محتوی نسبی آب برگ، عملکرد ماده خشک و در نتیجه افزایش پرولین و قندهای محلول شده باشد. بین محتوی نسبی آب برگ و عملکرد ماده خشک با درصد آبیاری براساس تبخیر از تشتک یک رابطه مثبت خطی مشاهده شد، اما این رابطه بین میزان پرولین و قندهای محلول با درصد آبیاری براساس تبخیر از تشتک منفی بود.

نتایج به دست آمده در ۲ سال آزمایش نشان داد که رژیم آبیاری، سوپرجاذب و اثر متقابل آنها بر صفات مورد بررسی تاثیر معنی داری داشتند. تنش خشکی باعث افزایش میزان پرولین و قندهای محلول و کاهش محتوی نسبی آب برگ و عملکرد ماده خشک علوفه شد. کاربرد سوپرجاذب در شرایط آبیاری مطلوب بر صفات مورد بررسی تاثیری نداشت، اما در شرایط کم آبی بر صفات مورد بررسی تاثیر معنی دار داشت. با کاهش محتوی نسبی آب برگ به دلیل تنش خشکی، گیاه با تجمع پرولین و قندهای محلول در پی کاهش اثرات منفی تنش خشکی بر تجمع ماده خشک بود. از طرف دیگر سوپرجاذب با افزایش آب در دسترس گیاه باعث افزایش محتوی نسبی آب

نشان داد که بین تیمار ۱۰۰ درصد آبیاری بدون مصرف سوپرجاذب با تیمارهای ۸۰ درصد آبیاری و ۱۵۰، ۷۵ و ۲۲۵ کیلوگرم سوپرجاذب در هکتار تفاوت معنی دار وجود نداشت. در مجموع می‌توان نتیجه گرفت که با کاربرد ۷۵ کیلوگرم سوپرجاذب در هکتار همراه با ۲۰ درصد کاهش آب مورد نیاز سورگوم در مناطق خشک، می‌توان عملکردی مشابه شرایط تامین ۱۰۰ درصد آب مورد نیاز سورگوم داشت.

بیشترین عملکرد ماده خشک و محتوی نسبی آب برگ در تیمار ۱۰۰ درصد آبیاری براساس تبخیر از تشتک مشاهده شد یعنی وقتی که کمترین مقدار پرولین و قندهای محلول در گیاه تجمع یافت. به نظر می‌رسد در شرایط کمبود آب، گیاه از طریق تجمع موادی مثل پرولین و قندهای محلول به دنبال تنظیم اسمزی و در نتیجه حفظ محتوی نسبی آب برگ است، این سرمایه گذاری باعث صرف انرژی و در نتیجه کاهش عملکرد ماده خشک می‌شود. برهمکنش آبیاری و سوپرجاذب بر عملکرد ماده خشک

منابع

- امام، ی و م، زواره. ۱۳۸۴. تحمل خشکی در گیاهان عالی (ترجمه). مرکز نشر دانشگاهی، ۱۸۰ صفحه.
- علیزاده ا و غ. کمالی. ۱۳۸۷. نیاز آبی گیاهان در ایران. مؤسسه چاپ و انتشارات آستان قدس رضوی، ۲۲۷ صفحه.
- Abedi-Koupai, J., and J. Asadkazemi. 2006. Effects of hydrophilic polymer on the field performance of an ornamental plant (*Cupressus arizonica*) under reduced irrigation regimes. *Iranian Polymer J.* 15(9): 715- 725.
- Aishah, S., H.A.R. Saberi, R.A., Halim., and A.R. Zaharah. 2011. Yield responses of forage sorghums to salinity and irrigation frequency. *Afr. J. Biotechnol.* 10(20): 4114-4120.
- Almodares, A., R. Taheri., and S. Adeli. 2007. Inter-relationship between growth analysis and carbohydrate contents of sweet sorghum cultivars and lines. *J. Environ. Biol.* 28 (3): 527-531.
- Berengner, M.J., and J.M. Faci. 2001. Sorghum (*Sorghum bicolor* L.) yield compensation processes under different plant densities and variable water supply. *Eur. J. Agron.* 15: 43-55.
- Blum, A. 1996. Crop responses to drought and the interpretation of adaptation. *Plant Growth Regulation.* 20, 135-148. In: E. Belhassen, (Ed). *Drought tolerance in Higher Plants: Genetical, Physiological and Molecular Biological Analysis.* Kluwer Academic Publishers.
- Caballero, J.I., C.V. Verduzco. J. Galan., and E.S.D. Jimenez. 2005. Proline accumulation as a symptom of drought stress in maize: A tissue differentiation requirement. *J. Exp. Bot.* 39(7): 889-897.
- Corleto, A., E. Cazzato, P. Ventricelli, S.L. Cosentino, F. Gresta, G. Testa, M. Maiorana., and J. Coulter. 2010. Plan now for successful corn planting. Available at <http://blog.lib.umn.edu/efans/cropnews/2010/03/plan-now-for-successfulcorn-p.html> (posted 20 Mar. 2010; cited 25 Feb. 2011; verified 20 July 2011). Univ. of Minnesota, St. Paul.
- Earl, H.J., and R.F. Davis. 2003. Effect of drought stress on leaf and whole canopy radiation use efficiency and yield of maize. *Agron. J.* 95: 688- 696.
- Farkhondeh, R., E. Nabizadeh., and N. Jalilnezhad, 2012. Effect of salinity stress on proline content, membrane stability and water relations in two sugar beet cultivars. *Int. J. Agric. Sci.* 2(5): 385-392.
- Farouk, S. 2011. Osmotic adjustment in wheat flag leaf in relation to flag leaf area and grain yield per plant. *J. Stress Physiol. Biochem.* 2:117-138.
- Fazeli Rostampour, M., M. Yarnia., and F. Rahimzadeh Khoe. 2012a. Effect of polymer and irrigation regimes on dry matter yield and several physiological traits of forage sorghum. *Afr. J. Biotechnol.* 11(48): 10834-10840.
- Fazeli Rostampour, M., M. Yarnia, F. Rahimzadeh Khoe, M.J. Seghatoleslami., and G.R. Moosavi. 2012b. Effect of superab A200 and drought stress on dry matter yield in forage sorghum. *American-Eurasian J. Agric. Environ. Sci.* 12(2): 231-236.
- Fazeli Rostampour, M. 2013. The effect of irrigation regimes and polymer on several physiological traits of forage sorghum. *Asian J. Agric. Food Sci.* 1(5): 274-280.
- Fazeli Rostampour, M., M. Yarnia, F. Rahimzadeh Khoe, M.J. Seghatoleslami., and G.R. Moosavi. 2013. Physiological response of forage sorghum to polymer under water deficit conditions. *Agron. J.* 105(4): 951-959.
- Giovanni, P., K. Jonghan, T. Marek., and T. Howell. 2009. Determination of growth-stage-specific crop coefficients (KC) of maize and sorghum. *Agric. Water Manage.* 96: 1698-1704.
- Girma, F.S., and D.R. Krieg. 1992. Osmotic adjustment in sorghum. *Plant Physiol.* 99(2):577-582.
- Hllen, R.G., L.S. Pereira, D. Raes., and M. Smith. 1998. Crop evapotranspiration-guidelines for computing crop water requirements. *FAO irrigation and drainage.* No 56.

- Howell, T.A., S.R. Evett, J.A. Tolke, K.S. Copeland, P.D. Colaizzi., and P.H. Gowda, 2008. Evapotranspiration of corn and forage sorghum for silage. *World Environmental and Water Resources Congress* 10(1): 886-889.
- Hsu, S.Y., Y.T. Hsu., and C.H. Kao. 2003. The effect of polyethylene glycol on proline accumulation in rice leaves. *Biologia Plant.* 46: 73-78.
- Islam, M.R., A. Egrinya Eneji, C. Ren, J. Li., and Y. Hu. 2011a. Impact of water-saving superabsorbent polymer on oat (*Avena sativa* L.) yield and quality in an arid sandy soil. *Sci. Res. Essays.* 6(4): 720-728.
- Islam, M.R., X. Xue, S. Mao, X. Zhao, A.E. Eneji., and Y. Hu, 2011b. Superabsorbent polymers (SAP) enhance efficient and eco-friendly production of corn (*Zea mays* L.) in drought affected areas of northern China. *Afr. J. Biotechnol.* 10(24): 4887-4894.
- Irigoyen, J.J., D.W. Emerich, and D.M. Sanchez. 1992. Water stress induced changes in concentrations of proline and total soluble sugars in nodulated alfalfa (*Medicago sativa*) plants. *Physiologia Plant.* 84: 55-60.
- Izanloo, A., A.G. Condon, P. Langridge, M. Tester., and T. Schnurbuschm. 2008. Different mechanisms of adaptation to cyclic water stress in two South Australian bread wheat cultivars. *J. Exp. Bot.* 59(12): 3327-3346.
- Jones, M.M., and N.C. Turner. 1980. Osmotic adjustment in expanding and fully expanded leaves of sunflower in response to water deficits. *Aust. J. Plant Physiol.* 7:181-192.
- Kishor, P.B.K., S. Sangama, R.N. Amrutha, P.S. Laxmi, K.R. Naidu., and K.S. Rao. 2005. Regulation of proline biosynthesis degradation, uptake and transport in higher plants: its implications in plant growth and abiotic stress tolerance. *Current Sci.* 88(3): 424-438.
- Lentz, R.D., and R.E. Sojka. 1994. Field results using polyacrylamide to manage furrow erosion and infiltration. *Soil Sci.* 158: 274-282.
- Liang, R., and M.Z. Liu. 2006. Preparation and properties of a double-coated slow- release and water-retention urea fertilizer. *J. Agric. Food Chem.* 54: 1392-1398.
- Littell, R.C., G.A. Milliken, W.W. Stroup, R.D. Wolfinger., and O. Schabenberger. 2006. SAS for mixed models. 2d ed. Cary, NC: SAS Institute Inc.
- Mao, S., M.R. Islam, H.U. Yuegao, X. Qian, F. Chen., and X. Xue. 2011. Antioxidant enzyme activities and lipid peroxidation in corn (*Zea mays* L.) following soil application of superabsorbent polymer at different fertilizer regimes. *Afr. J. Biotechnol.* 10:10000-10008.
- Martinez, J.P., H. Silva, J.F. Ledent, and M. Pinto. 2007. Effect of drought stress on the osmotic adjustment, cell wall elasticity and cell volume of six cultivars of common beans (*Phaseolus vulgaris* L.). *Eur. J. Agron.* 26: 30-38.
- Mikkelsen, R.L. 1994. Using hydrophilic polymers control nutrient release. *Fertilizer Res.* 38: 53-59.
- Monnig, S. 2005. Water saturated super- absorbent polymers used in high strength concrete. *Otto Graft J.* 3(16): 193-202.
- Moosavi, G.H., M.J. Mirhadi , A.A. siadat, G.H. Nour Mohamadi, and F. Darvish. 2009. The effect of drought stress on nitrogen levels on yield and water use efficiency of forage millet and sorghum. *J. New Agri. Sci.* 5(15): 101-114.
- Muldoon, D.K. 1985. Summer forage under irrigation, 1. Growth and development. *Aust. J. of Experimental Agri.* 25: 392- 401.
- Munne-Bosch, S., J. Penuelas., and J. Llusia, 2007. A deficiency in salicylic acid alters isoprenoid accumulation in water-stressed NahG transgenic Arabidopsis plants. *Plant Sci.* 172: 756-762.
- Nanjo, T., Y. Yoshiba, Y. Sanada, K. Wada., and H.K. Tsukaya. 1988. Roles of proline in osmotic stress tolerance and morphogenesis of Arabidopsis thaliana. *Plant Cell Physiol.* 39; 104-108.
- Nazarli, H., M.R. Zardashti, R. Darvishzadeh, and S. Najafi 2010. The effect of water stress and polymer on water use efficiency, yield and several morphological traits of sunflower under greenhouse condition. *Notulae Sci. Biol.* 2(4): 53-58.
- Patakas, A., N. Nikolaou, E. Zioziou, P. Radoglou, B. Noitsakis. 2002. The role of organic solute and ion accumulation in osmotic adjustment in drought stressed grapevines. *Plant Sci.* 163(2): 361-367.
- Piccinni, G., J. Ko, T. Marek., and T. Howell. 2009. Determination of growth-stage-specific crop coefficients (KC) of maize and sorghum. *Agric. Water Manage.* 96: 1698-1704.
- Richards, R.A., G.J. Rebetzke, A.G. Condon., and A.F. Van Herwaarden. 2002. Breeding opportunities for increasing the efficiency of water use and crop yield in temperate cereals. *Crop Sci.* 42: 111- 121.
- Safarnejad, A. 2004. Characterization of somaclones of alfalfa (*Medicago Sativa* L.) for drought tolerance. *J. Agric. Sci. Technol.* 20(5):121-127.

- Sarim, R.K., K.V. Rao, and G.C. Srivastava. 2002. Differential response of wheat genotypes to long-term salinity and osmolyte concentration. *Plant Sci.* 163: 1073-1046.
- Schlemmer, M.R., D.D. Francis, J.F. Shanahan., and J.S. Schepers. 2005. Remotely measuring chlorophyll content in corn leaves with differing nitrogen levels and relative water content. *Agron. J.* 97:106-112.
- Schwab, K.B., and D.F. Gaff. 1990. Influence of compatible solutes on soluble enzymes from desiccation-tolerant *Sporobolus stapfianus* and desiccation-sensitive *Sporobolus pyramidalys*. *J. Plant Physiol.* 137: 208-15.
- Seki, M., T. Umezawa, K. Urano., and K. Shinozaki. 2007. Regulatory metabolic networks in drought stress responses. *Curr. Opin. Plant Biol.* 10: 296-302.
- Shahrokhi, M., A. Tehranifar, H. Hadizadeh and Y. Selahvarzi. 2011. Effect of Drought Stress and Paclobutrazol-Treated Seeds on Physiological Response of *Festuca arundinacea* L. Master and *Lolium perenne* L. Barrage. *J. Biol. Environ. Sci.* 5(14): 77-85.
- Shamsi, K. 2010. The effects of drought stress on yield, relative water content, proline, soluble carbohydrates and chlorophyll of bread wheat cultivars. *J. Animal Plant Sci.* 3: 1051- 1060.
- Sharma, S.S., and K.J. Dietz. 2006. The significance of amino acids and amino acid-derived molecules in plant responses and adaptation to heavy metal stress. *J. Exp. Bot.* 57(4): 711-726.
- Singh, B.R., and D.P. Singh. 1995. Agronomic and physiological responses of sorghum, maize and pearl millet to irrigation. *Field Crops Res.* 42: 57- 67.
- Snyder, R.L., B.J. Lanini, D.A. Shaw., and W.O. Pruitt. 1989. Using reference evapotranspiration (ET₀) and crop coefficients to estimate crop evapotranspiration (ET_c) for agronomic crops, Grasses, and vegetable crops. Cooperative Extension, University of California, Berkeley, CA, Leaflet No 21427. Pp: 12.
- Tabatabaei, S.A., G.H. Ranjbar., and A. Anaghli. 2012. Evaluation of physiological indices of salinity tolerance in forage Sorghum (*Sorghum bicolor*) lines. *Int. Res. J. Applied Basic Sci.* 3(2): 305-308.
- Widiastuti, N., H. Wu, M. Ang., and D.k. Zhang. 2008. The potential application of natural zeolite for greywater treatment. *Des alienation* 218, 271- 280.

Study the effect of irrigation regimes and superabsorbent on proline and soluble sugars and their relationship with forage dry matter of sorghum

M. Fazeli Rostampour¹, M. Yarniya², S. G. Moosavi³, M. J. Seghatoleslami³

Received: 2015-11-16 Accepted: 2016-03-15

Abstract

In order to investigate the possibility of decreasing sorghum water requirement with application of SAP and to investigate the relationship between the accumulation of proline and soluble sugars with relative water content (RWC) and forage yield in a sorghum variety (Speedfeed) the experiment was conducted in Dashtak region of Zahedan during 2013 and 2014 seasons in a split plot with four irrigation regimes including: 40, 60, 80 and 100% of the water requirement of sorghum, calculated from pan evaporation as main plots and four amounts of SAP (0, 75, 150 and 225 kg ha⁻¹) as subplots based on a randomized complete blocks design with three replications. The results indicated that the effect of irrigation regimes, SAP levels and interaction effects of two factors in all measured traits were significant. The regression models estimated for two years showed that although applying SAP in 100% ETc treatment had no effect on this trait in 2 seasons but in the other irrigation treatments reduced the accumulation of proline and soluble sugars and increased RWC and dry matter. Therefore, applying 75 kg SAP per hectare along with 20% decrease in the sorghum water requirement produced a dry matter yield similar to 100% water treatment.

Keywords: Forage, relative water content, polymer, water requirement

1- Horticultural crops research Department, Sistan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Zabol, Iran

2- Professor of Tabriz Branch, Islamic Azad University, Tabriz, Iran

3- Associate Professor of Birjand Branch, Islamic Azad University, Birjand, Iran