دانشگاه آزاد اسلامی واحد ارسنجان

مجله علمی پژوهشی اکوفیزیولوژی گیاهی
سال دهم، شماره سی و پنجم، ۱۳۹۷

بررسی عملکرد ماده خشک و کارآیی مصرف آب سورگوم علوفه‌ای در شرایط کم‌آبی و کاربرد سوپرجاذب

منصور فاضلی رستم پور[۱]

تاریخ دریافت: ۹٤/۱۲/۱۵ تاریخ پذیرش: ۹۵/۲/۲۹

چکیده

به منظور بررسی امکان کاهش آب مورد نیاز سورگوم علوفه‌ای رقم اسپیدفید با کاربرد سوپرجاذب، بدون کاهش عملکرد ماده خشک و افزایش کارآیی مصرف آب و همچنین بررسی بازده اقتصادی مصرف سوپرجاذب، آزمایشی در منطقه دشتک زاهدان طی سال‌های ۱۳۹۲ و ۱۳۹۳ به‌صورت کرت‌های خرد شده با ٤ رژیم آبیاری، شامل تامین ٤۰، ٦۰، ۸۰ و ۱۰۰ درصد آب مورد نیاز گیاه براساس تبخیر و تعرق پتانسیل گیاه در کرت‌های اصلی و ٤ سطح سوپرجاذب شامل 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، سوپرجاذب و اثر متقابل آن‌ها بر عملکرد ماده خشک و کارآیی مصرف آب و همچنین بررسی بازده اقتصادی مصرف سوپرجاذب معنی دار بود. مدل‌های رگرسیون برآورد شده نشان داد که کاربرد سوپرجاذب اگرچه در تیمار ۱۰۰ درصد آبیاری بر عملکرد ماده خشک و کارآیی مصرف آب تاثیری نداشت اما در سایر تیمارهای آبیاری باعث افزایش عملکرد ماده خشک و کارآیی مصرف آب شد. بنابراین با کاربرد ۷۵ کیلوگرم سوپرجاذب در هکتار، همراه با ۲۰ درصد کاهش آب مورد نیاز سورگوم در مناطق خشک، می‌توان عملکرد ماده خشک و کارآیی مصرف آبی مشابه شرایط تامین ۱۰۰ درصد آب مورد نیاز سورگوم داشت. همچنین بیش‌ترین بازده اقتصادی کاربرد سوپرجاذب، در سطح ۷۵ کیلوگرم سوپرجاذب و تامین ۸۰ درصد آب مورد نیاز سورگوم به دست آمد.

واژه‌های کلیدی: بازده اقتصادی، پلیمر، سود، نیاز آبی، هزینه

فاضلی رستم پور، م. ۱۳۹۷. بررسی عملکرد ماده خشک و کارآیی مصرف آب سورگوم علوفه‌ای در شرایط کم‌آبی و کاربرد سوپرجاذب. **مجله اکوفیزیولوژی گیاهی. ۳۵: ۲۸-۱۹.**

۱- بخش تحقیقات زراعی باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی سیستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، زابل، ایران.
پست الکترونیک: Mansour_fazeli@yahoo.com

مقدمه

کشور ایران از نظر اقلیمی در زمره مناطق خشک و نیمه-خشک جهان می‌باشد. 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، که پتانسیل عملکرد بالا دارند، استفاده شود (المدرس و همکاران، ۲۰۰۷؛ کورلتو و همکاران، ۲۰۰۹). کشت علوفه و تولید آن با حداقل نیاز آبی و استفاده از گونه های علوفه‌ای که نیاز چندانی به آب پرارزش تابستانه نداشته باشند راه حل مناسبی جهت افزایش تولیدات دامی کشور می‌باشد و گیاهانی که بتوانند با مصرف آب کمتر، ماده خشک بیشتری تولید نمایند و به عبارتی کارآیی مصرف آب بالاتری داشته باشند، از این نظر حائز اهمیت فراوانی هستند (المدرس و همکاران، ۲۰۰۷). بنابراین علوفه انتخابی برای کشت در شرایط کم‌آبی، باید دارای دوره رشد رویشی کوتاه، دارای پتانسیل عملکرد بالا و متحمل به خشکی باشند. گیاه سورگوم به دلیل سازگاری با خشکی، چهارکربنه بودن، پتانسیل بالای تولید ماده خشک و کارآیی مصرف آب بالا (فاضلی رستم‌پور و همکاران، ۲۰۱۳)، مناسب کاشت در شرائط آب و هوایی ایران به خصوص مناطق گرم و خشک مثل سیستان و بلوچستان، کرمان، اصفهان و بنادر جنوب است (مولدون، ۱۹۸۵). ولدآبادی (۱۳۷۸) در بررسی تنش کم‌آبی بر کارآیی مصرف آب سورگوم نتیجه‌گیری نمود که تنش متوسط کم‌آبی نسبت به تیمار تنش شدید کم‌آبی و تیمار شاهد (آبیاری مطلوب) از برتری معنی‌داری برخوردار است و کم‌ترین راندمان مصرف آبیاری مربوط به تنش شدید کم‌آبی است. 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 می‌گیرد و اولین رقم سورگورم هیبرید علوفه‌ای است که برای مناطق گرم و خشک کشور توصیه شده است (موسوی و همکاران، ۱۳۸۷). استان سیستان و بلوچستان از جمله استان‌های گرم و خشک کشور با محدودیت شدید منابع آبی، تبخیر بالا و نزولات اندک، با سطح زیر کشتی معادل ۳۵۰۰ هکتار و عملکردی برابر ۱۲۰۰۰۰۰ کیلوگرم رتبه دوم را در بین استان‌های کشور دارد (المدرس و همکاران، ۲۰۰۷; فاضلی رستم‌پور و همکاران، ۲۰۱۳). در چنین شرایطی کاهش عملکرد محصولات کشاورزی به دلیل بسته شدن روزنه‌ها، کاهش فتوسنتز، تقسیم سلولی و رشد سلول‌ها است که می‌توان با اعمال مدیریت صحیح و به کارگیری موادی همچون سوپرجاذب‌ها، 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. سوپرجاذب‌ها موادی هستند که چندین برابر وزن خود آب را جذب و در خود نگهداری می‌نمایند (اسلام و همکاران، ۲۰۱۱a؛ اسلام و همکاران، ۲۰۱۱b؛ ویدیاستوتی و همکاران، ۲۰۰۸). کاربرد پلیمرهای سوپرجاذب در مزرعه باعث افزایش نگهداری آب در خاک، کاهش مصرف آب و آبشویی کودها می‌گردد (لیانگ و لیو، ۲۰۰۶). در واقع سوپرجاذب شبکه پلیمری به شدت آب دوستی است که در آب به شدت متورم می‌شود، اما به دلیل وجود تعداد اندکی پیوندهای عرضی حل نمی‌شود و از نظر زیست محیطی، سالم و بدون اثر سمی و نامطلوب در خاک است که سرانجام به دی اکسیدکربن، آب و یون‌های آمونیوم و پتاسیم تجزیه می‌شوند (میکلسن، ۱۹۹٤). مقدار جذب آب در این پلیمرها بسته به فرمول شیمیایی پلیمر، ناخالصی‌ها و مقدار نمک موجود در آب تا ٤۰۰ برابر وزن پلیمر متغیر است (مونینگ، ۲۰۰۵). الله دادی و همکاران (۱۳۸٤) گزارش کردند با افزایش ۳۰۰ کیلوگرم سوپرجاذب در هکتار عملکرد ذرت علوفه ای به طور معنی داری افزایش یافت و بیشترین عملکرد بیولوژیک مربوط به تیمار ۳۰۰ کیلوگرم سوپرجاذب در هکتار بود که باعث افزایش ۱۷/۳۹ درصدی عملکرد بیولوژیک نسبت به شاهد شد. اگرچه محققین منافع زیادی برای سوپرجاذب‌ها در کشاورزی ذکر نموده‌اند، اما سوپرجاذب‌ها نیز مانند هر نهاده‌ی دیگری که در کشاورزی وارد می شود باید توجیه اقتصادی کافی را داشته باشد تا با استقبال کشاورزان روبه‌رو شود. تحلیل اقتصادی پروژه، تکنیک‌های مقایسه، تصمیم‌گیری و انتخاب براساس شرایط مطلوب اقتصادی را شامل می شود. استفاده از این تکنیک‌ها دارای اهمیت اساسی است زیرا میزان سود یا ضرر حاصل از روش خاص انتخاب شده را نشان می دهد (رایان و همکاران، ۲۰۱۱). یکی از تکنیک‌های اقتصاد مهندسی برای مقایسه اقتصادی طرح‌ها، روش نسبت منافع به مخارج یا به عبارت دیگر سود به هزینه (B/C) است (فاضلی رستم پور و همکاران، ۲۰۱۳). این روش، یک راه‌کار مناسب در بررسی اقتصادی بودن نهاده‌ها است. هرگاه B/C بزرگ تر از ۱ باشد به معنای اقتصادی بودن پروژه است (اسکویی نژاد، ۱۳۸۸). این آزمایش با هدف اندازه‌گیری عملکرد ماده خشک و کارآیی مصرف آب سورگوم علوفه‌ای در شرایط کم‌آبی و کاربرد سوپرجاذب و همچنین تجزیه و تحلیل کارآیی

استفاده از سوپرجاذب با استفاده از روش‌های اقتصاد مهندسی انجام شده است.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی تاثیر سطوح آبیاری و سوپرجاذب 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 ′۱۸ °۳۰ عرض شمالی و ′۸۶ °۶۰ و طول شرقی با ارتفاع ۵۸٤ 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 تأثیر جریان‌های جوی متعدد مانند جریان بادی شبه قاره هند و به تبع آن باران‌های موسمی اقیانوس هند است و از طرف دیگر تحت تأثیر فشار زیاد عرض‌های متوسط قرار دارد که گرمای شدید مهم‌ترین پدیده مشهود اقلیمی آن است. آمار بلند مدت بارندگی نشان می‌دهد که میانگین بارش سالانه در این منطقه ٦۱/۳ 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 زیرزمینی 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)، سوپرجاذب A200 در تیمارهای مورد نظر در کنار پشته به صورت نواری، و در عمق ۲۵-۲۰ سانتی متری زیر بذر قرار گرفت. خصوصیات سوپرجاذب A200، تهیه شده از شرکت رهاب رزین تحت لیسانس پژوهشگاه پلیمر پتروشیمی ایران در جدول (۱) آورده شده است (عابدی-کوپایی و اسدکاظمی، ۲۰۰٦).

جدول ۱- برخی از ویژگی‌های ماده سوپرجاذب A200

شکل ظاهری	گرانول سفید رنگ
اندازه ذرات (میلی متر)	۰/۵-۱/۵
مقدار رطوبت (درصد)	۳-۵
چگالی (گرم/سانتی متر)	۱/٤-۱/۵
اسیدیته	٦-۷
ظرفیت عملی جذب محلول نمک کلرید سدیم ۰/۹٪	٤۵
ظرفیت عملی جذب آب مقطر	۱۹۰
ظرفیت عملی جذب آب شهر	۲۲۰
حداکثر دوام (سال)	۷

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	۲٤/۹	۲٤/۸
شن	٦۵/۳	٦۵/۹
رس	۹/۸	۹/۳
بافت	شنی لومی	شنی لومی
مواد آلی٪	۰/۰۵	۰/۰٦
شوری ($ds\ m^{-1}$)	٦/۸	٦/۷
اسیدیته	۷/۷	۷/٦
مجموع نیتروژن٪	۰/۱۵	۰/۱٦
مجموع کربنات کلسیم٪	۰/۹	۱.۱
فسفر قابل جذب ($mg\ L^{-1}$)	۳/۵	۳/۷
پتاسیم قابل جذب ($mg\ L^{-1}$)	۹۰	۹۳

*هر عدد میانگین ۳ تکرار است

به منظور انجام آزمایش خاک، پس از عملیات خاک‌ورزی و تسطیح و پیش از کاشت، در هر سال یک نمونه مرکب از عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری، جهت اندازه‌گیری مشخصات فیزیکی و شیمیایی برداشت و به آزمایشگاه منتقل شد که نتایج تجزیه خاک در جدول ۲ آمده است. همچنین رده بندی خاک، آنتی سول با ترکیبی از کانی‌های مختلف با رژیم حرارتی متوسط بود. آزمایش‌ها در طی ۲ سال به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. سطوح آبیاری شامل تامین ۱۰۰، ۸۰، ۶۰ و ٤۰ درصد نیاز آبی گیاه به عنوان عامل اصلی و سطوح سوپرجاذب شامل ۰، ۷۵، ۱۵۰ و ۲۲۵ کیلوگرم در هکتار به عنوان عامل فرعی در نظر گرفته شدند. هر کرت آزمایشی شامل ٦ خط کاشت با فاصله ردیف ۵۰ سانتی‌متر و فاصله بین بوته ٦ سانتی‌متر 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 سانتی‌متری انجام گرفت. همچنین تاریخ کاشت در هرسال زراعی پانزدهم فروردین ماه و تعداد برداشت ها در هر سال زراعی سه چین بود.

تعیین آب مورد نیاز هر محصول در تهیه اطلاعات کافی جهت تعیین زمان و مقدار آبیاری کلیدی است (پیسینی و همکاران، ۲۰۰۹). نیاز آبی به کمک روش FAO با استفاده از آمار تبخیر از تشتک کلاس A و با استفاده از رابطه‌های ۱ و ۲ محاسبه شد. سپس با درنظر گرفتن راندمان ۸۰ درصد برای پخش آب در مزرعه آبیاری انجام شد. (پیسینی و همکاران، ۲۰۰۹; هاول و همکاران، ۲۰۰۸; هلن و همکاران، ۱۹۹۸).

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

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

ET_0، K_{pan} و E_p به ترتیب تبخیر و تعرق گیاه مرجع، ضریب تشتک (۰/٦٦) و تبخیر از تشتک بود (علیزاده و کمالی، ۱۳۸٦). تا استقرار کامل گیاه (۲۰ روز) آبیاری به طور مرتب در همه واحدهای آزمایشی و بدون اعمال تیمارهای تنش انجام گرفت. حذف بوته‌های 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 گونه‌ای بود که مقدار آب خروجی از شلنگ در هر جوی آبیاری با استفاده از کنتور نصب شده در محل خروج آب قابل کنترل بود. در طی دوره رشد سه تا چهار نوبت عملیات مبارزه با علف‌های هرز به صورت وجین دستی انجام گرفت. برداشت سورگوم طی ۳ چین و در چین اول از ارتفاع ۵ تا ۸ سانتی متری بالای سطح زمین و در چین دوم و سوم از ۲ سانتی‌متری انجام گرفت. پس از برداشت چین اول و دوم همراه با اولین آبیاری یک سوم دیگر کود نیتروژن به صورت کود اوره داده شد. زمان برداشت در چین اول ۵ تیرماه در چین دوم ٤ شهریورماه و در چین سوم ۷ آبان‌ماه در ۲ سال آزمایش بود. جهت تعیین عملکرد سورگوم در هر چین، بوته‌ها از دو خط وسط هر واحد آزمایشی، پس از حذف یک متر ابتدا و انتهای خطوط به عنوان اثر حاشیه‌ای، برداشت شدند. سپس نمونه‌ها برای مدت ۷۲ ساعت در آون الکتریکی با دمای ۷۰ درجه سلسیوس قرار داده شد و پس از اطمینان از رسیدن وزن نمونه ها به وزن ثابت با استفاده از ترازوی حساس الکتریکی وزن خشک آن ها اندازه‌گیری و ثبت شد. همچنین کارایی مصرف آب (WUE) با استفاده از رابطه ۳ محاسبه گردید (کریمی و نادری، ۲۰۰۷):

$$WUE = \frac{DMY\ (kg\ m^{-2})}{W\ (m^{-3})}$$

رابطه (۳)

در این رابطه، عملکرد علوفه خشک (DMY) برحسب کیلوگرم بر مترمربع و آب مصرفی (W) برحسب متر مکعب در هکتار بود.

اقتصادی بودن استفاده از سوپرجاذب با استفاده از روش سود به هزینه (B/C) و براساس رابطه ٤ طراحی و با استفاده از رابطه ۵ محاسبه شد (فاضلی رستم پور و همکاران، ۲۰۱۳):

$$B/C = \frac{Benefit}{Cost} \qquad \text{(رابطه ٤)}$$

در رابطه ٤ "Benefit" مزایای استفاده از سوپرجاذب بود و Cost هزینه‌های استفاده از آن بود (اسکویی نژاد، ۱۳۸۸). مزایای استفاده از سوپرجاذب عبارت بودند از:

هفت سال عمر مفید سوپرجاذب، میزان افزایش عملکرد محصول در اثر استفاده از سوپرجاذب و میزان آب صرفه جویی شده.

و هزینه‌های استفاده از سوپرجاذب عبارت بودند از:

هزینه خرید سوپرجاذب و هزینه قرار دادن سوپرجاذب در خاک.

مقدار B/C برای هر تیمار با استفاده از رابطه ۵ محاسبه شد:

$$B/C = \frac{Benefit}{Cost} = \frac{[(IDM \times 372Ri) \times (WS \times 210.7Ri) \times NH \times D]}{(WU \times 210.7Ri \times NH \times D) + (SAP \times 70000Ri) + (SAPI \times 550Ri)} \qquad \text{(رابطه ۵)}$$

IDM: از تفریق کردن ماده خشک تولید شده در تیمار شاهد از ماده خشک تولید شده در تیمار استفاده از سوپرجاذب به دست آمد.

Ri: ریال.

۳۷۲ ریال: قیمت فروش ۱ کیلوگرم علوفه خشک سورگوم.

WS: آب صرفه جویی شده در هر تیمار تنش.

۲۱۰/۷ ریال: قیمت ۱ مترمکعب آب استحصال شده به وسیله الکتروپمپ از چاه (سلیمانی و حسنعلی، ۲۰۰۸).

NH: تعداد چین‌های برداشت شده در طی ۱ سال.

D: دوام سوپرجاذب در خاک.

WU: آب مصرف شده.

SAP: میزان سوپرجاذب مصرف شده (کیلوگرم در هکتار).

۷۰۰۰۰ ریال: هزینه خرید هر کیلوگرم سوپرجاذب.

SAPI: هزینه قرار دادن سوپرجاذب در خاک.

۵۵۰ ریال: هزینه قرار دادن هر کیلوگرم سوپرجاذب در خاک.

تجزیه و تحلیل آماری با استفاده از نرم افزار SAS نسخه ۹.۲ انجام شد. تجزیه واریانس برای هر متغیر با استفاده از رویه Mixed انجام شد (لیتل و همکاران، ۲۰۰۶). مدل‌های رگرسیون خطی، درجه ۲ و درجه ۳ برای هر سطح آبیاری با استفاده از رویه REG و روش backward در شرایطی که سوپرجاذب به عنوان یک متغیر مستقل وارد مدل شده بود، مورد آزمون قرار گرفت. تنها پارامترهایی در مدل‌های رگرسیونی وارد شد که در سطح $P\leq 0.01$ معنی‌دار بود. همچنین برای خلاصه سازی نتایج، میانگین ۳ چین در هرسال زراعی در تجزیه و تحلیل داده ها مورد استفاده قرار گرفت. برای اندازه گیری اقتصادی بودن کاربرد سوپرجاذب از تجزیه و تحلیل آماری بازده اقتصادی سوپرجاذب به این صورت انجام شد که تیمار عدم استفاده از سوپرجاذب (شاهد) از محاسبات کنار گذاشته شد. بنابراین رابطه ٤ تنها برای ۳ سطح ۷۵، ۱۵۰ و ۲۲۵ کیلوگرم سوپرجاذب در سال ۱۳۹۲ و ۱۳۹۳ محاسبه شد و نتایج حاصل از آن در تجزیه رگرسیون وارد شد. همچنین پس از اطمینان از همگنی واریانس سال‌های ۱۳۹۲ و ۱۳۹۳ با استفاده از آزمون بارتلت، نتایج حاصل از ۲ سال یکی فرض شده و تجزیه رگرسیون برای ۲ سال انجام شد. شکل‌ها با استفاده از نرم افزارSigma plot رسم شد.

نتایج و بحث

عملکرد ماده خشک: آزمون بارتلت نشان داد که واریانس مربوط به ۲ سال مشابه بود (جدول ۳). تجزیه واریانس مرکب نشان داد که رژیم آبیاری (I)، سوپرجاذب (S) و اثر متقابل آبیاری و سوپرجاذب (I×S) بر عملکرد ماده خشک تاثیر معنی داری داشتند (جدول ۳). 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 تیمار ۱۰۰ درصد آبیاری بدون مصرف سوپرجاذب با تیمارهای ۸۰ درصد آبیاری و ۷۵، ۱۵۰ و ۲۲۵ کیلوگرم سوپرجاذب در هکتار تفاوت معنی دار وجود نداشت (جدول ٤). معادلات رگرسیون به دست آمده نشان داد که افزایش میزان کاربرد سوپرجاذب، باعث واکنش مثبت خطی عملکرد ماده خشک در تیمار ٤٠ و واکنش درجه ۲ در تیمار ٦٠ و ۸۰ درصد آبیاری شد (جدول ۵). همچنین پاسخ عملکرد ماده خشک به سوپرجاذب در تیمار ۱۰۰٪ تبخیر از تشتک معنی دار نبود و نشان داد که کاربرد سوپرجاذب در شرایط آبیاری مطلوب تاثیر نداشت (جدول ۵). با توجه به معادلات رگرسیون به دست آمده، عملکرد ماده خشک با کاهش میزان آبیاری کاهش یافت. از طرف دیگر معادله رگرسیون خطی به دست آمده برای شرایط تامین ٤٠ درصد آب مورد نیاز سورگوم نشان داد که با افزایش سوپرجاذب به خاک با افزایش کاربرد سوپرجاذب تا ۲۲۵ کیلوگرم در هکتار، عملکرد سورگوم افزایش می یابد (جدول ۵). در صورتی که در شرایط تامین ٦٠ و ۸۰ درصد آب مورد نیاز سورگوم، معادله رگرسیون درجه ۲ بوده و تنها سطوح پایین مصرف سوپرجاذب می تواند به افزایش عملکرد کمک کند. نتایج پژوهش‌های دیگر نیز نشان می دهد که تنش کم‌آبی، تولید ماده خشک را در سورگوم کاهش می دهد (برنگر و فسی، ۲۰۰۱). آیشا و همکاران (۲۰۱۱) گزارش نمودند که در پتانسیل آب خاک ۱/۵- مگاپاسکال نسبت به تیمار ۱- مگا پاسکال، عملکرد ماده خشک سورگوم علوفه ای رقم اسپیدفید ۲۲/۲ درصد کاهش داشت. تنش شدید کمبود آب باعث افزایش دمای برگ و در نتیجه پژمردگی، پیچیدگی و پیری زودرس برگ‌ها شده که این نیز کاهش جذب تشعشع فعال فتوسنتزی را در پی داشته و منجر به کاهش تولید ماده خشک می شود (فاضلی رستم پور و همکاران، ۲۰۱۳). خادم و همکاران (۲۰۱۰) بیان داشتند که عملکرد ماده خشک ذرت با افزایش ۲۰۰ کیلوگرم سوپرجاذب در هکتار به طور معنی داری افزایش یافت. با توجه به این که سوپرجاذب در تیمار ۱۰۰ درصد آبیاری تاثیر نداشت، به نظر می رسد در شرایط آبیاری مطلوب سوپرجاذب تنها با جذب مواد غذائی و جلوگیری از آبشوئی آن‌ها توانسته تاثیر

اندکی بر عملکرد ماده خشک داشته باشد، اما در تیمارهای کم آبیاری از طریق جذب آب و مواد غذائی و آزادسازی تدریجی آن ها، باعث افزایش عملکرد شده است.

جدول ۳- جدول تجزیه واریانس مربوط به صفات مورد مطالعه سورگوم علوفه‌ای رقم اسپیدفید در ۲ سال آزمایش در قالب طرح کرت‌های خرد شده با پایه بلوک‌های کامل تصادفی

		میانگین مربعات				
منابع تغییرات	درجه آزادی	عملکرد ماده خشک (گرم بر مترمربع)	کارآیی مصرف آب آزمایش (کیلوگرم بر مترمکعب)	منابع تغییرات	درجه آزادی	بازده مصرف سوپرجاذب
سال (Y)	۱	۲۷۸۸/۵۷$^{n.s}$	۰/۰٤$^{n.s}$	سال (Y)	۱	۰/۸۲$^{n.s}$
آبیاری (I)	۳	۱۹٤٤۹۸٦٤/۳۵**	٤۳/٤۳**	آبیاری (I)	۳	۱۰۸/۷٦**
سال (تکرار)	٤	۳۲٤۷۹/۹$^{n.s}$	۰/۲$^{n.s}$	سال (تکرار)	٤	۱/۲۵$^{n.s}$
اثرمتقابل Y×I	۳	۸۱۰۷٦/۲۲$^{n.s}$	۰/٤۹$^{n.s}$	اثرمتقابل Y×I	۳	۰/۹۷$^{n.s}$
اشتباه a	۱۲	٤٤۲۱۳/۱٦	۰/۱۹	اشتباه a	۱۲	۰/۹
سوپرجاذب (S)	۳	۵۹۷۲۰۷/۲۵**	٤/٦۱**	سوپرجاذب (S)	۲	٤۱/٤٦**
اثرمتقابل I×S	۹	۱٤۲۲۵۲/٦٤**	۱/۱۸**	اثرمتقابل I×S	٦	۱۳/۹۲**
اثرمتقابل Y×S	۳	۱۰٤٤/۵۹$^{n.s}$	۰/۰۰٦$^{n.s}$	اثرمتقابل Y×S	۲	۲/۸۸$^{n.s}$
اثرمتقابل Y×I×S	۹	۱۳۰۲۲/٤۳$^{n.s}$	۰/۰۸$^{n.s}$	اثرمتقابل Y×I×S	٦	۱/۹۲$^{n.s}$
اشتباه b	٤۸	۱۸۳۸٦/۹۹	۰/۰۹	اشتباه b	۱۷٦	۱/۸٦
ضریب تغییرات (٪)	–	۱۰/۵	۱۰/۱	–	–	۱٤/۷
آزمون بارتلت (P)	–	۰/۸۳	۰/٦۵	–	–	۰/۹

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

جدول٤- برهمکنش رژیم آبیاری (٪Et_c) و سوپرجاذب (کیلوگرم در هکتار) در ۲ سال آزمایش بر سورگوم علوفه‌ای رقم اسپیدفید.

رژیم آبیاری	سوپرجاذب	عملکرد ماده خشک (گرم بر مترمربع)	کارآیی مصرف آب (کیلوگرم بر مترمکعب)	بازده مصرف سوپرجاذب
۱۰۰	۲۲۵	۲۲۲۹/۳۳a	۵/۱b	۰/۲۵j
	۱۵۰	۲۲۵٦/۱۷a	۵/۰٤b	۰/۳۵i
	۷۵	۲۲۰۹a	۵/۱b	۰/۲۵j
	۰	۲۱۰۰/۱۷ab	٤/۹b	–
۸۰	۲۲۵	۲۰۸۹ab	۵/۷a	۱/٤۵c
	۱۵۰	۲۰۱۱/۳۳ab	۵/۳ab	۱/٤۵c
	۷۵	۱۹۸۱/٦b	۵/۲b	۱/۷۵a
	۰	۱۵۷٦/۳۳c	٤/۲c	–
٦۰	۲۲۵	۱٤۷۲c	۳/۹c	۱/۵b
	۱۵۰	۱۱۰۹/۱۷d	۳/۲d	۱/۳۵d
	۷۵	۸۱۲/۳۳e	۲/۷e	۰/٦h
	۰	۷٤٤/۱۷e	۲/۲f	–
٤۰	۲۲۵	٤۱۷/۱۷f	۳/۱de	۰/۸۵g
	۱۵۰	۳۷٦/۸۳f	۲/۷e	۰/۹۵f
	۷۵	۳۷۸/۱۷f	۲/٦e	۱/۲e
	۰	۲۹۲/۸۳f	۲/۲f	–

میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون در سطح احتمال ۵٪ دارای تفاوت معنی دار نمی باشند.

جدول ۵- پارامترهای پیش بینی شده در مدل‌های رگرسیونی مربوط به هر سطح رژیم آبیاری (درصد آبیاری براساس تبخیر از تشتک) و سوپرجاذب (کیلوگرم در هکتار) برای عملکرد ماده خشک ، کارآیی مصرف آب و بازده مصرف سوپرجاذب

متغیر وابسته	تیمارها		پارامترهای برآورد شده برای مدل‌های رگرسیونی					سطح معنی داری مدل
	آبیاری	سوپرجاذب	مدل	X_0	$\hat{\beta}_0$	$\hat{\beta}_1$	R^2	
عملکرد ماده خشک	۱۰۰	همه سطوح	–	-	–	-	-	بی معنی
	۸۰		درجه ۲	۱۱۱۳/۳	۵٦٦/۱۱	۸۱/۵٦	۰/۹۹	<۰/۰۱
	٦۰		درجه ۲	٦۵٦/۷۷	–	۵۰/۳۵	۰/۹۹	<۰/۰۱
	٤۰		خطی	۲۷۸.۳۳	۳٦/۱۷	-	۰/۹٤	<۰/۰۱
کارآیی مصرف آب	۱۰۰	همه سطوح	–	-	–	-	-	بی معنی
	۸۰		خطی	٤/۳	۰/۰۰۷	-	۰/۹۳	<۰/۰۱
	٦۰		خطی	۲/۲	۰/۰۰۷	-	۰/۹۷	<۰/۰۱
	٤۰		خطی	۲/۲	۰/۰۰۳	-	۰/۹۲	<۰/۰۱
بازده مصرف سوپرجاذب	۱۰۰	همه سطوح به غیر از شاهد	–	-	–	-	-	بی معنی
	۸۰		درجه ۲	۲/۳۵	-۰/۰۱	۰/۰۰۰۰۳	۰/۹۹	<۰/۰۱
	٦۰		درجه ۲	-۰/۷۵	۰/۰۲	۰/۰۰۰۰۵	۱	<۰/۰۱
	٤۰		خطی	۱/۳۵	-۰/۰۰۲	-	۰/۸۷	<۰/۰۱

کارآیی مصرف آب: آزمون بارتلت نشان داد که واریانس مربوط به ۲ سال مشابه بود (جدول ۳). تجزیه واریانس مرکب نشان داد که رژیم آبیاری (I)، سوپرجاذب (S)، برداشت (H)، اثر متقابل آبیاری و سوپرجاذب (I×S) و اثر متقابل برداشت در سوپرجاذب (S×H) بر کارآیی مصرف آب تاثیر معنی داری داشتند (جدول ۳). معادلات رگرسیون به دست آمده نشان داد که افزایش میزان کاربرد سوپرجاذب، باعث واکنش مثبت خطی کارآیی مصرف آب در تیمار ٤۰، ٦۰ و ۸۰ درصد آبیاری شد (جدول ۵). همچنین پاسخ کارآیی مصرف آب به سوپرجاذب در تیمار ۱۰۰٪ تبخیر از تشتک معنی دار نبود و نشان داد که کاربرد سوپرجاذب در شرایط آبیاری مطلوب تاثیر نداشت (جدول ۵). معادلات رگرسیون به دست آمده نشان داد که با افزایش کاربرد سوپرجاذب تا ۲۲۵ کیلوگرم در هکتار، کارآیی مصرف آب افزایش یافت. برهمکنش آبیاری و سوپرجاذب نشان داد که کارآیی مصرف آب در تیمار ۸۰ درصد آبیاری و ۱۵۰ و ۲۲۵ کیلوگرم سوپرجاذب در هکتار بالاتر از سایر تیمارها و در تیمار ٤۰ درصد آبیاری بدون کاربرد سوپرجاذب کم‌ترین بود. جلیلیان و محسن نیا (۲۰۱۳) بیان داشتند که استفاده از سوپرجاذب باعث افزایش میزان عملکرد و کاهش آب مصرفی شده و در نتیجه سبب بهبود کارایی مصرف آب می شود. به عبارت دیگر گیاهان تحت تنش متوسط کم‌آبی با کارآیی بیشتری نسبت به گیاهان بدون تنش (آبیاری کامل) و تنش شدید، آب در دسترس را برای تولید ماده خشک استفاده می‌کنند. نتایج تحقیقات کانماسو و همکاران (۱۹۸٤) حاکی از افزایش کارآیی مصرف آب سورگوم علوفه‌ای در شرایط تنش کم‌آبی بوده است. همچنین احمدی و همکاران (۱۹۹۱) چهار رقم سورگوم را در سه سطح آبیاری مورد بررسی قرار دادند و بیان کردند که هر چند با کاهش مقدار آب، تجمع مواد فتوسنتزی نیز کم می‌شود ولی استفاده موثر از آب برای هر ژنوتیپ افزایش یافته است.

بازده اقتصادی کاربرد سوپرجاذب: آزمون بارتلت نشان داد که واریانس مربوط به ۲ سال مشابه بود (جدول ۳). تجزیه واریانس مرکب نشان داد که رژیم آبیاری (I)، سوپرجاذب (S)، اثر متقابل آبیاری و سوپرجاذب (I×S) بر بازده اقتصادی کاربرد سوپرجاذب تاثیر معنی داری داشتند (جدول ۳). معادلات رگرسیون به دست آمده نشان داد که افزایش میزان کاربرد سوپرجاذب، باعث واکنش مثبت خطی بازده اقتصادی کاربرد سوپرجاذب در تیمار ٤۰ و واکنش درجه ۲ در تیمار ٦۰ و ۸۰ درصد آبیاری شد (جدول ۵). همچنین پاسخ بازده اقتصادی کاربرد سوپرجاذب به سوپرجاذب در تیمار ۱۰۰٪ تبخیر از تشتک معنی دار نبود و نشان داد که کاربرد سوپرجاذب در شرایط آبیاری مطلوب تاثیر نداشت (جدول ۵). با توجه به این که بازده اقتصادی بالاتر از ۱ به معنی اقتصادی بودن مصرف یک نهاده است (اسکویی نژاد، ۱۳۸۸)، کاربرد سوپرجاذب در تیمارهای ۱۰۰

درصد آبیاری و تمام سطوح کاربرد سوپرجاذب، ٦۰ درصد آبیاری و کاربرد ۷۵ کیلوگرم سوپرجاذب و ٤۰ درصد آبیاری و کاربرد ۲۲۵ و ۱۵۰ کیلوگرم سوپرجاذب در هکتار اقتصادی نبود و بیش‌ترین بازده اقتصادی کاربرد سوپرجاذب در تیمار ۸۰ درصد آبیاری و کاربرد ۷۵ کیلوگرم سوپرجاذب در هکتار بود.

نتایج به دست آمده در ۲ سال آزمایش نشان داد که رژیم آبیاری، سوپرجاذب و اثر متقابل آن‌ها بر عملکرد ماده خشک، کارآیی مصرف آب و بازده اقتصادی کاربرد سوپرجاذب تاثیر معنی داری داشتند. تنش خشکی باعث کاهش عملکرد ماده خشک شد. از طرف دیگر کاربرد سوپرجاذب در شرایط آبیاری مطلوب بر عملکرد ماده خشک تاثیری نداشت، اما در شرایط کم‌آبی بر عملکرد ماده خشک تاثیر معنی دار داشت. با کاهش میزان آب در دسترس گیاه، اثرات منفی تنش خشکی باعث کاهش تولید ماده خشک شد. از طرف دیگر سوپرجاذب از طریق افزایش آب در دسترس گیاه در شرایط تنش خشکی، باعث افزایش تولید ماده خشک سورگوم گردید. همچنین با توجه به نقش عملکرد ماده خشک در تعیین کارآیی مصرف آب، بدیهی است که کاهش یا افزایش آن در شرایط برابر از نظر میزان آب مصرفی، تاثیر مستقیم بر کارآیی مصرف آب داشته باشد. بیش‌ترین عملکرد ماده خشک در تیمار ۱۰۰ و ۸۰ درصد آبیاری براساس تبخیر از تشتک مشاهده شد (به غیر از تیمار ۸۰ درصد آبیاری و عدم استفاده از سوپرجاذب). در حالی که بیش‌ترین کارآیی مصرف آب در شرایط کاهش ۲۰ درصد آب مورد نیاز سورگوم و مصرف ۱۵۰ و ۲۲۵ کیلوگرم سوپرجاذب در هکتار به‌دست آمد و بیش‌ترین بازده اقتصادی کاربرد سوپرجاذب در تیمار ۸۰ درصد آبیاری و کاربرد ۷۵ کیلوگرم سوپرجاذب در هکتار دیده شد.

نتیجه گیری

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، علاوه براین که می‌توان عملکرد ماده خشک و کارآیی مصرف آبی مشابه شرایط تامین ۱۰۰ درصد آب مورد نیاز سورگوم داشت، بیش‌ترین بازده اقتصادی کاربرد سوپرجاذب را نیز می توان به دست آورد. ضمن این که بالاترین کارآیی مصرف آب مربوط به تیمار کاهش ۲۰ درصدی آب مورد نیاز سورگوم، همراه با کاربرد ۱۵۰ و ۲۲۵سوپرجاذب بود.

منابع

اسکویی نژاد م.م. ۱۳۸۸. اقتصاد مهندسی. انتشارات دانشگاه امیرکبیر. چاپ چهارم. صفحه ٤۱۷.

علیزاده، ا، و کمالی، غ. ۱۳۸٦. نیاز آبی گیاهان. انتشارات دانشگاه امام رضا. چاپ اول. ۲۲۷ صفحه.

موسوی، غ.، م، میرهادی. ج، سیادت. ع، نورمحمدی. ق، و ف، درویش. ۱۳۸۷. تاثیر سطوح آبیاری و نیتروژن بر عملکرد کمی، کیفی و خصوصیات مورفوفیزیولوژیک ارزن و سورگوم علوفه‌ای. پایان نامه دکترا.

ولدآبادی، س. ع. ۱۳۷۸. بررسی اثرات اکوفیزیولوژیک تنش خشکی در ذرت، سورگوم و ارزن. رساله دکترای رشته زراعت، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات تهران. ۲۰۰ صفحه.

Abedi-Koupai, J. and Asadkazemi, J. 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.

Ahmadi, A., D. Murphy, and W. Tad. 1991. Stomatal conductance and Co2 assimilation as screening tools for drought resistance in sorghum. J. Plant Sci. 71: 689-694.

Aishah, S. Saberi, H.A.R. Halim, R.A. and Zaharah, A.R, 2011. Yield responses of forage sorghums to salinity and irrigation frequency. Afri. J. of Biotechnol. 10(20): 4114-4120.

Almodares, A. Taheri, R. and Adeli, S. 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. Europ. J. of Agron. 15: 43-55.

Corleto, A. Cazzato, E. Ventricelli, P. Cosentino, S.L. Gresta, F. Testa, G. Maiorana, M. Coulter, J. 2009. 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; verifi ed 20 July 2011). Univ. of Minnesota, St. Paul.

Fazeli Rostampour, M. Yarnia, M. Farokhzadeh Khoee, R. Seghatoleslami, M.J. and Moosavi, G.R. 2013. Physiological response of forage sorghum to polymer under water deficit conditions. Agron. J. 105(4): 951-959.

Howell, T.A. Evett, S.R. Tolk, J.A. Copeland, K.S. Colaizzi, P.D. and Gowda, P.H. 2008. Evapotranspiration of corn and forage sorghum for silage. World Environmental and Water Resources Congress. 10(1): 886-889.

Hllen, R.G. Pereira, L.S. Raes, D. and Smith, M. 1998. Crop evapofranspiration–guidelines for computing crop water requirements. FAO irrigation and drainage. No 56.

Islam, M.R. Egrinya Eneji, A. Ren, C., Li, J. and Hu, Y. 2011a. Impact of water-saving superabsorbent polymer on oat (*Avena sativa* L.) yield and quality in an arid sandy soil. Scientific Res. and Essays. 6(4): 720-728.

Islam, M.R. Xue, X., Mao, S. Zhao, X. Eneji, A.E. and Hu, Y. 2011b. Superabsorbent polymers (SAP) enhance efficient and eco-friendly production of corn (*Zea mays* L.) in drought affected areas of northern China. Afri. J. of Biotechnol. 10(24): 4887-4894.

Jalilian, J. and O. Mohsennia. 2013. Effects of superabsorbent and irrigation regime on seedling growth characteristics of barley (*Hordeum vulgare* L.). Cercetari Agronomice in Moldova. 3 (155): 11-19.

Kanemasu, E., T. Singh, P. Chaudhuri, and U.N. Singh. 1984. Water use and water use efficiency of pearl millet and sorghum. In: International symposium on agrometeorology of sorghum and millet in the semi-arid tropics, Patancheru. Proceedings. Patancheru: International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics. Pp: 175-181.

Karimi, A. and M. Naderi. 2007. Yield and water use efficiency of forage corn as influenced by superabsorbent polymer application in soils with different texture. Agric. Res. 3:187–198.

Khadem, S.A., M. Galavi, M. Ramrodi, S.R. Mousavi, R.J. Rousta, P. Rezvani-Moghadam. 2010. Effect of animal manure and superabsorbent polymer on corn leaf relative water content, cell membrane stability and leaf chlorophyll content under dry condition. Aus. J. Crop Sci. 4(8): 642-647.

Liang, R. and Liu M.Z. 2006. Preparation and properties of a double-coated slow- release and water-retention urea fertilizer. J. of Agricultural and Food Chemistry. 54: 1392-1398.

Littell, R.C. Milliken, G.A. Stroup, W.W. Wolfinger R.D. and Schabenberger O. 2006. SAS for mixed models. 2d ed. Cary, NC: SAS Institute Inc.

Mikkelsen, R.L. 1994. Using hydrophilic polymers control nutrient release. Fertilizer Res. 38: 53-59.

Monnig, S. 2005. Water saturated superabsorbent polymers used in high strength concrete. Otto Graft J. 3(16): 193-202.

Muldoon, D.K. 1985. Summer forage under irrigation, 1. Growth and development. Aus. J. of Expetimental Agri. 25: 392- 401.

Piccinni, G. Ko, J. Marek, T, and Howell, T. 2009. Determination of growth-stage-specific crop coefficients (KC) of maize and sorghum. Agricultural Water Manag. 96: 1698–1704.

Ryan J. Roekel, V. and Coulter, J.A. 2011. Agronomic responses of corn to planting date and plant density. Agron. J. 103(5): 1414–1422.

Soleymani, H. and Hasanali, A. 2008. Estimation of water unit cost, water (WUE) efficiency and water added value for major crops in Darab as an arid area. Iranian J. of Agricultural Sci. 5(1): 45-60.

Widiastuti, N. Wu, H, Ang, M. and Zhang, D.k. 2008. The potential application of natural zeolite for greywater treatment. Des alienation. 218, 271- 280.

Studying the dry matter yield and water use efficiency of forage sorghum under water deficit and applying superabsorbent polymer

M. Fazeli Rostampour[1]

Received: 2016-3-2 Accepted: 2016-5-18

Abstract

In order to investigate the possibility of decreasing the water requirements forage sorghum (S*orghum bicolor* L. *var* speedfeed) with applying of superabsorbent (SAP), without decreasing the dry matter yield and increasing the water use efficiency, and also to investigate the economic efficiency of applying superabsorbent (SAP), this experiment was conducted in Dashtak region of Zahedan during 2013 and 2014 seasons in a split plot with four irrigation regimes, providing 40, 60, 80 and 100% of the water needed 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 completely randomized block design with three replications. The results showed that the effect of irrigation regimes, SAP levels and their interaction on dry matter yield, water use efficiency as well as the economic efficiency were significant. The regression models estimated showed that SAP in 100% ETc treatment had no effect on the dry matter yield and water use efficiency but in the other irrigation treatments caused an increased in these traits. Therefore, applying 75 kg SAP per hectare along with a 20% decrease in the sorghum's water requirement in arid regions, the dry matter yield and water use efficiency is maintained similar to 100% sorghum's water requirement. Also the hightest economic efficiency of SAP was secured at 75 kg SAP per hectare SAP level and 80% of sorghum's water requirement.

Keywords: Benefit, cost, economic efficiency, polymer, water requirement

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