



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

منصور فاضلی رستم پور<sup>۱</sup>

تاریخ دریافت: ۹۴/۱۲/۱۵ تاریخ پذیرش: ۹۵/۲/۲۹

### چکیده

به منظور بررسی امکان کاهش آب مورد نیاز سورگوم علوفه‌ای رقم اسپیدفید با کاربرد سوپرچاذب، بدون کاهش عملکرد ماده خشک و افزایش کارآیی مصرف آب و همچنین بررسی بازده اقتصادی مصرف سوپرچاذب، آزمایشی در منطقه دشتک زاهدان طی سال‌های ۱۳۹۲ و ۱۳۹۳ به صورت کرت‌های خرد شده با ۴ رژیم آبیاری، شامل تامین ۴۰، ۶۰، ۸۰ و ۱۰۰ درصد آب مورد نیاز گیاه براساس تیخیر و تعرق پتانسیل گیاه در کرت‌های اصلی و ۴ سطح سوپرچاذب 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، سوپرچاذب و اثر متقابل آن‌ها بر عملکرد ماده خشک و کارآیی مصرف آب و همچنین بررسی بازده اقتصادی مصرف سوپرچاذب معنی دار بود. مدل‌های رگرسیون برآورد شده نشان داد که کاربرد سوپرچاذب اگرچه در تیمار ۱۰۰ درصد آبیاری بر عملکرد ماده خشک و کارآیی مصرف آب تاثیر نداشت اما در سایر تیمارهای آبیاری باعث افزایش عملکرد ماده خشک و کارآیی مصرف آب شد. بنابراین با کاربرد ۷۵ کیلوگرم سوپرچاذب 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 سوپرچاذب، در سطح ۷۵ کیلوگرم سوپرچاذب 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 سوپرچاذب. 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 می‌گردد 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 گونه‌های 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 کارایی مصرف آب بالاتری داشته باشند، از این نظر حائز اهمیت فراوانی هستند (المدرس و همکاران، ۲۰۰۷). بنابراین علوفه انتخابی برای کشت در شرایط کم آبی، 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 کارایی 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 کم آبی بر کارایی مصرف آب سورگوم نتیجه‌گیری نمود که تنش متوسط کم آبی نسبت به تیمار تنش شدید کم آبی و تیمار شاهد (آبیاری مطلوب) از برتری معنی‌داری برخوردار است و کم‌ترین راندمان مصرف آبیاری مربوط به تنش شدید کم آبی 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 سورگوم 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 سوپر جاذب‌ها، 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. سوپر جاذب‌ها 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 سوپر جاذب در مزرعه باعث افزایش نگهداری آب در خاک، کاهش مصرف آب و آبشویی کودها می‌گردد (لیانگ و لیو، ۲۰۰۶). در واقع سوپر جاذب 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، ۱۹۹۴). مقدار جذب آب در این پلیمرها بسته به فرمول شیمیایی پلیمر، ناخالصی‌ها و مقدار نمک موجود در آب تا ۴۰۰ برابر وزن پلیمر متغیر است (مونینگ، ۲۰۰۵). الله دادی و همکاران (۱۳۸۴) گزارش کردند با افزایش ۳۰۰ کیلوگرم سوپر جاذب در هکتار عملکرد ذرت علوفه‌ای به طور معنی‌داری افزایش یافت و بیشترین عملکرد بیولوژیک مربوط به تیمار ۳۰۰ کیلوگرم سوپر جاذب در هکتار بود که باعث افزایش ۱۷/۳۹ درصدی عملکرد بیولوژیک نسبت به شاهد شد. اگرچه محققین منافع زیادی برای سوپر جاذب‌ها در کشاورزی ذکر نموده‌اند، اما سوپر جاذب‌ها نیز مانند هر نهادی دیگری که در کشاورزی وارد می‌شود باید توجه 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 می‌شود. استفاده از این تکنیک‌ها دارای اهمیت اساسی است زیرا میزان سود یا ضرر حاصل از روش خاص انتخاب شده را نشان می‌دهد (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 رستم‌پور و همکاران، ۲۰۱۳). این روش، یک راه‌کار مناسب در بررسی اقتصادی بودن نهاده‌ها است. هرگاه B/C بزرگ‌تر از ۱ باشد به معنای اقتصادی بودن پروژه است (اسکویی نژاد، ۱۳۸۸). این آزمایش با هدف اندازه‌گیری عملکرد ماده خشک و کارایی مصرف آب سورگوم علوفه‌ای در شرایط کم آبی و کاربرد سوپر جاذب و همچنین تجزیه و تحلیل کارایی

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 گاواهن برگردان دار 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)، سوپر جاذب A200 در تیمارهای مورد نظر در کنار پشته به صورت نواری، و در عمق ۲۵-۲۰ سانتی متری زیر بذر قرار گرفت. خصوصیات سوپر جاذب A200، تهیه شده از شرکت رهاب رزین تحت لیسانس پژوهشگاه پلیمر پتروشیمی ایران در جدول (۱) آورده شده است (عابدی-کوپایی و اسدکاظمی، ۲۰۰۶).

استفاده از سوپر جاذب با استفاده از روش‌های اقتصاد مهندسی انجام شده است. مواد و روش‌ها به منظور بررسی تاثیر سطوح آبیاری و سوپر جاذب 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 ۳۰°۱۸' عرض شمالی و ۶۰°۸۶' 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 بارندگی نشان می‌دهد که میانگین بارش سالانه در این منطقه ۶۱/۳ میلی متر و مربوط به ماه‌های دی، بهمن و اسفند

جدول ۱- برخی از ویژگی‌های ماده سوپر جاذب A200

گرانول سفید رنگ	شکل ظاهری
۰/۵-۱/۵	اندازه ذرات (میلی متر)
۳-۵	مقدار رطوبت (درصد)
۱/۴-۱/۵	چگالی (گرم/سانتی متر)
۶-۷	اسیدیته
۴۵	ظرفیت عملی جذب محلول نمک کلرید سدیم ۰/۰۹٪
۱۹۰	ظرفیت عملی جذب آب مقطر
۲۲۰	ظرفیت عملی جذب آب شهر
۷	حداکثر دوام (سال)

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

(۰-۳۰ سانتی متر) در سال‌های ۱۳۹۲ و ۱۳۹۳

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

\*هر عدد میانگین ۳ تکرار است

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 سانتی متری 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 ۴ 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 آن الکتریکی با دمای ۷۰ درجه سلسیوس قرار داده شد و پس از اطمینان از رسیدن وزن نمونه‌ها به وزن ثابت با استفاده از ترازوی حساس الکتریکی وزن خشک آن‌ها 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 سوپر جاذب با استفاده از روش سود به هزینه (B/C) و براساس رابطه ۴ طراحی و با استفاده از رابطه ۵ محاسبه شد (فاضلی رستم پور و همکاران، ۲۰۱۳):

$$B/C = \frac{Benefit}{Cost}$$

(رابطه ۴)

در رابطه ۴ "Benefit" مزایای استفاده از سوپر جاذب بود و Cost هزینه‌های استفاده از آن بود (اسکویی نژاد، ۱۳۸۸). مزایای استفاده از سوپر جاذب عبارت بودند از:

هفت سال عمر مفید سوپر جاذب، میزان افزایش عملکرد محصول در اثر استفاده از سوپر جاذب و میزان آب صرفه جویی شده. و هزینه‌های استفاده از سوپر جاذب عبارت بودند از: هزینه خرید سوپر جاذب و هزینه قرار دادن سوپر جاذب در خاک. مقدار B/C برای هر تیمار با استفاده از رابطه ۵ محاسبه شد:

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

(رابطه ۵)

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 سانتی متری، 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 ۴۰ درصد نیاز آبی گیاه به عنوان عامل اصلی و سطوح سوپر جاذب شامل ۷۵، ۵۰، ۱۵۰ و ۲۲۵ کیلوگرم در هکتار به عنوان عامل فرعی در نظر گرفته شدند. 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. همچنین تاریخ کاشت در هر سال زراعی پانزدهم فروردین ماه و تعداد برداشت‌ها 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 در نظر گرفتن راندمان ۸۰ درصد برای پخش آب در مزرعه آبیاری انجام شد. (پیسینی و همکاران، ۲۰۰۹؛ هاو و همکاران، ۲۰۰۸؛ هلن و همکاران، ۱۹۹۸).

$$ET_c = K_c \times ET_0$$

(رابطه ۱)

$$ET_0 = K_{pan} \times E_p$$

(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، ۱۳۸۶). 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

نشان داد که رژیم آبیاری (I)، سوپر جاذب (S) و اثر متقابل آبیاری و سوپر جاذب (I×S) بر عملکرد ماده خشک تاثیر معنی داری داشتند (جدول ۳). برهمکنش آبیاری و سوپر جاذب بر عملکرد ماده خشک نشان داد که در تیمار ۱۰۰ درصد آبیاری همراه یا بدون مصرف سوپر جاذب تفاوت معنی دار دیده نشد. همچنین تیمار ۱۰۰ درصد آبیاری بدون مصرف سوپر جاذب با تیمارهای ۸۰ درصد آبیاری و ۷۵، ۱۵۰ و ۲۲۵ کیلوگرم سوپر جاذب در هکتار تفاوت معنی دار وجود نداشت (جدول ۴). معادلات رگرسیون به دست آمده نشان داد که افزایش میزان کاربرد سوپر جاذب، باعث واکنش مثبت خطی عملکرد ماده خشک در تیمار ۴۰ و واکنش درجه ۲ در تیمار ۶۰ و ۸۰ درصد آبیاری شد (جدول ۵). همچنین پاسخ عملکرد ماده خشک به سوپر جاذب در تیمار ۱۰۰٪ تبخیر از تشتک معنی دار نبود و نشان داد که کاربرد سوپر جاذب 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 ۴۰ درصد آب مورد نیاز سورگوم نشان داد که با افزایش سوپر جاذب به خاک با افزایش کاربرد سوپر جاذب تا ۲۲۵ کیلوگرم در هکتار، عملکرد سورگوم افزایش می یابد (جدول ۵). در صورتی که در شرایط تامین ۶۰ و ۸۰ درصد آب مورد نیاز سورگوم، معادله رگرسیون درجه ۲ بوده و تنها سطوح پایین مصرف سوپر جاذب می تواند به افزایش عملکرد کمک کند. نتایج پژوهش های دیگر نیز نشان می دهد که تنش کم آبی، 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 برگ ها 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 سوپر جاذب در هکتار به طور معنی داری افزایش یافت. با توجه به این که سوپر جاذب در تیمار ۱۰۰ درصد آبیاری تاثیر نداشت، به نظر می رسد در شرایط آبیاری مطلوب سوپر جاذب تنها با جذب مواد غذایی و جلوگیری از آبشویی آنها توانسته تاثیر

IDM: از تفریق کردن ماده خشک تولید شده در تیمار شاهد از ماده خشک تولید شده در تیمار استفاده از سوپر جاذب 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 چین های برداشت شده در طی ۱ سال.

D: دوام سوپر جاذب در خاک.

WU: آب مصرف شده.

SAP: میزان سوپر جاذب مصرف شده (کیلوگرم در هکتار).

۷۰۰۰۰ ریال: هزینه خرید هر کیلوگرم سوپر جاذب.

SAPI: هزینه قرار دادن سوپر جاذب در خاک.

۵۵۰ ریال: هزینه قرار دادن هر کیلوگرم سوپر جاذب 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 (لینل و همکاران، ۲۰۰۶). مدل های رگرسیون خطی، درجه ۲ و درجه ۳ برای هر سطح آبیاری با استفاده از

رویه REG و روش backward در شرایطی که سوپر جاذب به عنوان یک متغیر مستقل وارد مدل شده بود، مورد آزمون قرار

گرفت. تنها پارامترهایی در مدل های رگرسیونی وارد شد که در سطح  $P \leq 0.01$  معنی دار بود. همچنین برای خلاصه سازی نتایج،

میانگین ۳ چین در هر سال زراعی در تجزیه و تحلیل داده ها مورد استفاده قرار گرفت. برای اندازه گیری اقتصادی بودن

کاربرد سوپر جاذب از تجزیه و تحلیل آماری بازده اقتصادی سوپر جاذب به این صورت انجام شد که تیمار عدم استفاده از

سوپر جاذب (شاهد) از محاسبات کنار گذاشته شد. بنابراین رابطه ۴ تنها برای ۳ سطح ۷۵، ۱۵۰ و ۲۲۵ کیلوگرم سوپر جاذب در

سال ۱۳۹۲ و ۱۳۹۳ محاسبه شد و نتایج حاصل از آن در تجزیه رگرسیون وارد شد. همچنین پس از اطمینان از همگنی واریانس

سال های ۱۳۹۲ و ۱۳۹۳ با استفاده از آزمون بارتلت، نتایج حاصل از ۲ سال یکی فرض شده و تجزیه رگرسیون برای ۲ سال انجام

شد. شکل ها با استفاده از نرم افزار Sigma 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

اندکی بر عملکرد ماده خشک داشته باشد، اما در تیمارهای کم آبیاری از طریق جذب آب و مواد غذایی 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)	کارایی مصرف آب آزمایش (کیلوگرم بر مترمکعب)	منابع تغییرات	درجه آزادی	بازده مصرف سوپر جاذب
سال (Y)	۱	۲۷۸۸/۵۷ <sup>n.s</sup>	۰/۰۴ <sup>n.s</sup>	سال (Y)	۱	۰/۸۲ <sup>n.s</sup>
آبیاری (I)	۳	۱۹۴۴۹۸۶۴/۳۵ <sup>**</sup>	۴۳/۴۳ <sup>**</sup>	آبیاری (I)	۳	۱۰۸/۷۶ <sup>**</sup>
سال (تکرار)	۴	۳۲۴۷۹/۹ <sup>n.s</sup>	۰/۲ <sup>n.s</sup>	سال (تکرار)	۴	۱/۲۵ <sup>n.s</sup>
اثر متقابل Y×I	۳	۸۱۰۷۶/۲۲ <sup>n.s</sup>	۰/۴۹ <sup>n.s</sup>	اثر متقابل Y×I	۳	۰/۹۷ <sup>n.s</sup>
اشتباه a	۱۲	۴۴۲۱۳/۱۶	۰/۱۹	اشتباه a	۱۲	۰/۹
سوپر جاذب (S)	۳	۵۹۷۲۰۷/۲۵ <sup>**</sup>	۴/۶۱ <sup>**</sup>	سوپر جاذب (S)	۳	۴۱/۴۶ <sup>**</sup>
اثر متقابل I×S	۹	۱۴۲۲۵۲/۶۴ <sup>**</sup>	۱/۱۸ <sup>**</sup>	اثر متقابل I×S	۹	۱۳/۹۲ <sup>**</sup>
اثر متقابل Y×S	۳	۱۰۴۴/۵۹ <sup>n.s</sup>	۰/۰۰۶ <sup>n.s</sup>	اثر متقابل Y×S	۳	۲/۸۸ <sup>n.s</sup>
اثر متقابل Y×I×S	۹	۱۳۰۲۲/۴۳ <sup>n.s</sup>	۰/۰۸ <sup>n.s</sup>	اثر متقابل Y×I×S	۹	۱/۹۲ <sup>n.s</sup>
اشتباه b	۴۸	۱۸۳۸۶/۹۹	۰/۰۹	اشتباه b	۱۷۶	۱/۸۶
ضریب تغییرات (%)	-	۱۰/۵	۱۰/۱	ضریب تغییرات (%)	-	۱۴/۷
آزمون بارتلت (P)	-	۰/۸۳	۰/۶۵	آزمون بارتلت (P)	-	۰/۹

<sup>n.s</sup>، \* و \*\* به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد

جدول ۴- برهمکنش رژیم آبیاری (Et%) و سوپر جاذب (کیلوگرم در هکتار) در ۲ سال آزمایش بر سورگوم علوفه‌ای رقم اسپیدفید.

رژیم آبیاری	سوپر جاذب	عملکرد ماده خشک (گرم بر مترمربع)	کارایی مصرف آب (کیلوگرم بر مترمکعب)	بازده مصرف سوپر جاذب
۱۰۰	۲۲۵	۲۲۲۹/۳۳a	۵/۱b	۰/۲۵j
	۱۵۰	۲۲۵۶/۱۷a	۵/۰۴b	۰/۳۵i
	۷۵	۲۲۰۹a	۵/۱b	۰/۲۵j
	۰	۲۱۰۰/۱۷ab	۴/۹b	-
۸۰	۲۲۵	۲۰۸۹ab	۵/۷a	۱/۴۵c
	۱۵۰	۲۰۱۱/۳۳ab	۵/۳ab	۱/۴۵c
	۷۵	۱۹۸۱/۶b	۵/۲b	۱/۷۵a
	۰	۱۵۷۶/۳۳c	۴/۲c	-
۶۰	۲۲۵	۱۴۷۲c	۳/۹c	۱/۵b
	۱۵۰	۱۱۰۹/۱۷d	۳/۲d	۱/۳۵d
	۷۵	۸۱۲/۳۳e	۲/۷e	۰/۶h
	۰	۷۴۴/۱۷e	۲/۲f	-
۴۰	۲۲۵	۴۱۷/۱۷f	۳/۱de	۰/۸۵g
	۱۵۰	۳۷۶/۸۳f	۲/۷e	۰/۹۵f
	۷۵	۳۷۸/۱۷f	۲/۶e	۱/۲e
	۰	۲۹۲/۸۳f	۲/۲f	-

میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون در سطح احتمال ۵٪ دارای تفاوت معنی‌دار نمی‌باشند.

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

سطح معنی داری مدل	پارامترهای برآورد شده برای مدل‌های رگرسیونی				تیمارها			
	$R^2$	$\hat{\beta}_1$	$\hat{\beta}_0$	$X_0$	مدل	سوپر جاذب	آبیاری	متغیر وابسته
بی معنی	-	-	-	-	-	-	۱۰۰	
<۰/۰۱	۰/۹۹	۸۱/۵۶	۵۶۶/۱۱	۱۱۱۳/۳	درجه ۲		۸۰	عملکرد ماده خشک
<۰/۰۱	۰/۹۹	۵۰/۳۵	-	۶۵۶/۷۷	درجه ۲	همه سطوح	۶۰	
<۰/۰۱	۰/۹۴	-	۳۶/۱۷	۲۷۸/۳۳	خطی		۴۰	
بی معنی	-	-	-	-	-	-	۱۰۰	
<۰/۰۱	۰/۹۳	-	۰/۰۰۷	۴/۳	خطی		۸۰	کارایی مصرف آب
<۰/۰۱	۰/۹۷	-	۰/۰۰۷	۲/۲	خطی	همه سطوح	۶۰	
<۰/۰۱	۰/۹۲	-	۰/۰۰۳	۲/۲	خطی		۴۰	
بی معنی	-	-	-	-	-	-	۱۰۰	
<۰/۰۱	۰/۹۹	۰/۰۰۰۰۳	-۰/۰۱	۲/۳۵	درجه ۲		۸۰	بازده مصرف سوپر جاذب
<۰/۰۱	۱	۰/۰۰۰۰۵	۰/۰۲	-۰/۷۵	درجه ۲	همه سطوح	۶۰	
<۰/۰۱	۰/۸۷	-	-۰/۰۰۲	۱/۳۵	خطی	به غیر از شاها	۴۰	

بدون تنش (آبیاری کامل) و تنش شدید، آب در دسترس را برای تولید ماده خشک استفاده می‌کنند. نتایج تحقیقات کانامسو و همکاران (۱۹۸۴) حاکی از افزایش کارایی 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 سوپر جاذب: آزمون بارتلت نشان داد که

واریانس مربوط به ۲ سال مشابه بود (جدول ۳). تجزیه واریانس مرکب نشان داد که رژیم آبیاری (I)، سوپر جاذب (S)، اثر متقابل آبیاری و سوپر جاذب (I×S) بر بازده اقتصادی کاربرد سوپر جاذب تاثیر معنی داری داشتند (جدول ۳). معادلات رگرسیون به دست آمده نشان داد که افزایش میزان کاربرد سوپر جاذب، باعث واکنش مثبت خطی بازده اقتصادی کاربرد سوپر جاذب در تیمار ۴۰ و واکنش درجه ۲ در تیمار ۶۰ و ۸۰ درصد آبیاری شد (جدول ۵). همچنین پاسخ بازده اقتصادی کاربرد سوپر جاذب به سوپر جاذب در تیمار ۱۰۰٪ تبخیر از تشتک معنی دار نبود و نشان داد که کاربرد سوپر جاذب در شرایط آبیاری مطلوب تاثیر نداشت (جدول ۵). با توجه به این که بازده اقتصادی بالاتر از ۱ به معنی اقتصادی بودن مصرف یک نهاد است (اسکویی نژاد، ۱۳۸۸)، کاربرد سوپر جاذب در تیمارهای ۱۰۰

#### کارایی 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)، سوپر جاذب (S)، برداشت (H)، اثر متقابل آبیاری و سوپر جاذب (I×S) و اثر متقابل برداشت در سوپر جاذب (S×H) بر کارایی مصرف آب تاثیر معنی داری داشتند (جدول ۳). معادلات رگرسیون به دست آمده نشان داد که افزایش میزان کاربرد سوپر جاذب، باعث واکنش مثبت خطی کارایی مصرف آب در تیمار ۴۰، ۶۰ و ۸۰ درصد آبیاری شد (جدول ۵). همچنین پاسخ کارایی مصرف آب به سوپر جاذب در تیمار ۱۰۰٪ تبخیر از تشتک معنی دار نبود و نشان داد که کاربرد سوپر جاذب در شرایط آبیاری مطلوب تاثیر نداشت (جدول ۵). معادلات رگرسیون به دست آمده نشان داد که با افزایش کاربرد سوپر جاذب تا ۲۲۵ کیلوگرم در هکتار، کارایی مصرف آب افزایش یافت. برهمکنش آبیاری و سوپر جاذب نشان داد که کارایی مصرف آب در تیمار ۸۰ درصد آبیاری و ۱۵۰ و ۲۲۵ کیلوگرم سوپر جاذب در هکتار بالاتر از سایر تیمارها و در تیمار ۴۰ درصد آبیاری بدون کاربرد سوپر جاذب کم‌ترین بود. جلیلیان و محسن نیا (۲۰۱۳) بیان داشتند که استفاده از سوپر جاذب باعث افزایش میزان عملکرد و کاهش آب مصرفی شده و در نتیجه سبب بهبود کارایی مصرف آب می‌شود. به عبارت دیگر گیاهان تحت تنش متوسط کم‌آبی با کارایی بیشتری نسبت به گیاهان

درصد آبیاری براساس تبخیر از تشتک مشاهده شد (به غیر از تیمار ۸۰ درصد آبیاری و عدم استفاده از سوپرجاذب). در حالی که بیشترین کارایی مصرف آب در شرایط کاهش ۲۰ درصد آب مورد نیاز سورگوم و مصرف ۱۵۰ و ۲۲۵ کیلوگرم سوپرجاذب در هکتار به دست 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 بر این که می‌توان عملکرد ماده خشک و کارایی مصرف آبی مشابه شرایط تامین ۱۰۰ درصد آب مورد نیاز سورگوم داشت، بیشترین بازده اقتصادی کاربرد سوپرجاذب را نیز می‌توان به دست آورد. ضمن این که بالاترین کارایی مصرف آب مربوط به تیمار کاهش ۲۰ درصدی آب مورد نیاز سورگوم، همراه با کاربرد ۱۵۰ و ۲۲۵ سوپرجاذب بود.

درصد آبیاری و تمام سطوح کاربرد سوپرجاذب، ۶۰ درصد آبیاری و کاربرد ۷۵ کیلوگرم سوپرجاذب و ۴۰ 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، کارایی 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 تاثیر 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 کارایی مصرف آب، بدیهی است که کاهش یا افزایش آن در شرایط برابر از نظر میزان آب مصرفی، تاثیر مستقیم بر کارایی مصرف آب داشته باشد. بیشترین عملکرد ماده خشک در تیمار ۱۰۰ و ۸۰

#### منابع

- اسکویی نژاد م.م. ۱۳۸۸. اقتصاد مهندسی. انتشارات دانشگاه امیرکبیر. چاپ چهارم. صفحه ۴۱۷.
- علیزاده، ا. و کمالی، غ. ۱۳۸۶. 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 Co<sub>2</sub> 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; verified 20 July 2011). Univ. of Minnesota, St. Paul.



- Fazeli Rostampour, M. Yarnia, M. Farokhzadeh Khoei, 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 evapotranspiration—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 Experimental 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<sup>1</sup>

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

### Abstract

In order to investigate the possibility of decreasing the water requirements forage sorghum (*Sorghum 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<sup>-1</sup>) 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 highest 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