نشریه پژوهشهای زراعی ایران
جلد ۱۳، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۴، ص. ۴۷۰-۴۶۱

Iranian Journal of Field Crops Research
Vol. 13, No. 3, Fall. 2015, p. 461-470

عملکرد دانه و کارآیی مصرف آب پنج رقم سورگوم (*Sorghum bicolor*) تحت رژیم‌های مختلف آبیاری در کرمان

حمید وحیدی[۱]- غلامرضا خواجویی نژاد[۲]- عباس رضائی استخروئیه[۳*]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۱۰/۱۲
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۱۱/۱۳

چکیده

برای مقابله با کمبود آب آبیاری، دستیابی به ارقام متحمل به کم‌آبی گیاهان ضروری است. به‌منظور بررسی تأثیر کم‌آبیاری بر عملکرد و اجزاء عملکرد پنج رقم سورگوم، در بهار ۱۳۹۰ تحقیقی انجام شد. این تحقیق در مزرعه دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید باهنر کرمان، به‌صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی و در سه تکرار اجرا گردید. کرت‌های اصلی شامل سه رژیم آبیاری، I_1، I_2 و I_3 به‌ترتیب آبیاری پس از تبخیر ۵۰، ۸۰ و ۱۱۰ میلی‌متر از تشت کلاس A و کرت‌های فرعی شامل پنج رقم سورگوم به نام‌های اسپیدفید، پگاه، پیام، سپیده و کیمیا بودند. جهت تعیین نیاز آبی گیاه از لایسیمتر زهکش‌دار استفاده گردید. نتایج نشان داد رژیم‌های مختلف آبیاری بر عملکرد دانه ارقام سورگوم تأثیر معنی‌داری نداشتند. عملکرد دانه، در رقم سپیده بالاترین مقدار (۷۸۰۶ کیلوگرم در هکتار) و در رقم پیام کمترین مقدار (۴۷۲۱/۹ کیلوگرم در هکتار) را دارا بود. رقم پگاه با ۳۰۳۶۵ کیلوگرم در هکتار بیشترین عملکرد بیولوژیک و رقم پیام با ۱۲۸۶۵ کیلوگرم در هکتار کمترین عملکرد بیولوژیک را به‌خود اختصاص دادند. بالاترین کارآیی مصرف آب عملکرد دانه و بیولوژیک به‌ترتیب ۱/۱۲ و ۴/۳۴ کیلوگرم بر متر مکعب آب، در رقم‌های سپیده و پگاه به‌دست آمد. حداقل نیاز آبی عملکرد دانه و بیولوژیک به‌ترتیب برابر با ۰/۹۱ و ۰/۲۹ متر مکعب آب بر کیلوگرم برای ارقام سپیده و اسپیدفید به‌دست آمد. در مجموع رقم سپیده مناسب‌ترین رقم برای تولید دانه در منطقه کرمان شناخته شد.

واژه‌های کلیدی: تبخیر- تعرق، تنش خشکی، شاخص برداشت، کم‌آبیاری، نیازآبی گیاه

مقدمه

خشکسالی یکی از مهمترین تنش‌های محیطی است که عملکرد محصولات کشاورزی را با محدودیت مواجه می‌سازد (۲۴). این مشکل در مناطقی مانند ایران حائز اهمیت بوده و لزوم استفاده صحیح از منابع آبی را امری اجتناب ناپذیر ساخته است. گیاهان زراعی در طول دوره رشد خود دائماً در معرض کمبود آب قرار دارند (۲۲). دراین میان سورگوم با دارا بودن صفاتی مانند روزنه‌های کوچک، قابلیت پیچش برگ‌ها، کنترل روزنه‌ها به گستره وسیعی از شرایط محیطی سازگاری دارد (۱۵).

عملکرد، حاصل‌ضرب چند جزء می‌باشد که اجزاء عملکرد نامیده می‌شوند. اجزاء عملکرد تحت تأثیر اعمال مدیریت، ژنوتیپ و محیط قرار گرفته و غالباً ما را در توجیه علت تغییر عملکرد یاری می‌رسانند (۱). شرایط محیطی موجود در زمان توسعه هر جزء عملکرد، بر سهم آن جزء از عملکرد اثر می‌گذارد. کاهشی که در یک جزء به علت شرایط محیطی نامساعد به‌وجود می‌آید پس از رفع تنش در صورت امکان به‌طور قابل ملاحظه‌ای توسط اجزاء بعدی جبران می‌گردد. با این حال جبران اجزاء عملکرد کامل نبوده و به ژنوتیپ گیاه، شدت کمبود آب و مرحله حادث شدن تنش بستگی دارد (۱۳). کمبود آب می‌تواند اثرات منفی بر عملکرد دانه سورگوم داشته باشد (۲۴).

در یک تحقیق اثر دو رقم پابلند و پا کوتاه سورگوم علوفه‌ای (*Sorghum bicolor*) با سطوح مختلف آبیاری در دو برداشت متوالی تابستانه و پاییزه مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که عملکرد علوفه خشک و خصوصیات مورفولوژیک با تغییر میزان آب آبیاری از

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد زراعت، بخش مهندسی زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران
۲- دانشیار، بخش مهندسی زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران
۳- استادیار، بخش مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران
(*- نویسنده مسئول: (Email: rezaei@mail.uk.ac.ir

۱۸۰ به ۲۵۰ میلی‌متر، اختلاف معنی‌داری نداشتند (۲۳). در تحقیق دیگری کاهش عملکرد دانه و علوفه هشت ژنوتیپ سورگوم دانه‌ای (*Sorghum bicolor*) تحت تأثیر سطوح مختلف کم آبی گزارش شد (۹). معاونی و حیدری (۱۴) سورگوم علوفه‌ای رقم اسپیدفید را در سه دور آبیاری ۴، ۷ و ۱۰ روزه، مورد بررسی قرار دادند. نتایج به‌دست آمده نشان داد که علوفه‌ی تر در سطوح آبیاری مختلف، در یک گروه آماری قرار داشتند.

گیاهانی که کارآیی مصرف آب بالاتری دارند در مواجه با خشکی شانس بقای بیشتری دارند (۱۲). کارآیی مصرف آب اساساً صفتی است که از توانایی گیاه برای تولید بالقوه مشتق شده است و ممکن است با شرایط محیطی (رژیم آبی) بر هم کنش داشته باشد (۷). کارآیی مصرف آب سورگوم علوفه‌ای در مدیریت‌های مختلف آبیاری مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد با وجود یکسان بودن حجم آب آبیاری، تفاوت معنی‌داری در میزان عملکرد علوفه خشک به‌دست آمد (۱۹). افزایش معنی‌داری در کارآیی مصرف آب سورگوم با توجه به رقم و مقدار آب مشاهده می‌شود (۱۶). کارآیی مصرف آب سورگوم را در یک خاک لومی رسی به‌طور متوسط ۱/۴۶ کیلوگرم دانه بر متر مکعب گزارش شده است (۲۱). امام و همکاران (۴) اثر تنش خشکی و سطوح نیتروژن را بر عملکرد دو رقم سورگوم علوفه‌ای بررسی کردند. نتایج نشان داد تنش خشکی سبب کاهش معنی‌دار ارتفاع بوته، شاخص برگ، وزن تر بوته، وزن خشک برگ و ساقه و عملکرد علوفه گردید و این کاهش در سطوح بالاتر تنش خشکی، شدیدتر بود.

با توجه به پژوهش‌های انجام شده، مصرف بهینه آب براساس نیازهای واقعی گیاه و شرایط اقلیمی، می‌تواند نقش مؤثری در افزایش کارآیی مصرف آب گیاه داشته باشد. هدف از انجام این تحقیق، بررسی عملکرد دانه و کارآیی مصرف آب ارقام سورگوم در رژیم‌های مختلف آبیاری در منطقه کرمان بود.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید باهنر کرمان با ۵۶ درجه و ۵۸ دقیقه طول شرقی، ۳۰ درجه و ۱۵ دقیقه عرض شمالی و ۱۷۵۳/۸ متر ارتفاع از سطح دریا، اجرا شد. براساس اطلاعات اقلیمی سال‌های ۱۳۳۱ تا ۱۳۸۴، میانگین دما در منطقه ۱۷/۱ درجه سانتی‌گراد، میانگین بارندگی ۱۵۴/۱ میلی‌متر، میانگین رطوبت نسبی سالانه ۳۲ درصد و اقلیم کرمان براساس روش دومارتن، نیمه خشک می‌باشد (۲). اطلاعات هواشناسی منطقه و نتایج آزمون خاک مزرعه در جداول ۱ و ۲ آمده است. آزمایش به‌صورت کرت‌های خرد شده (اسپلیت پلات) در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. کرت‌های اصلی شامل سه رژیم آبیاری (آبیاری پس از تبخیر ۵۰، ۸۰ و ۱۱۰ میلی‌متر از تشت تبخیر کلاس A) و کرت‌های فرعی شامل پنج رقم سورگوم (اسپیدفید، پگاه، پیام، سپیده و کیمیا) بودند.

پس از آماده‌سازی زمین، کود مورد نیاز براساس آزمون خاک به زمین اضافه شد. برای کشت گیاه، طول خطوط برابر ۶/۸ متر، عرض هر کرت فرعی و اصلی به‌ترتیب برابر ۲/۷۶ و ۱۳/۸ متر انتخاب شد. بنابراین کرت‌های اصلی به ابعاد ۱۳/۸متر × ۶/۸ متر، معادل ۹۳/۸۴ متر مربع با فاصله ۱/۵ متری از یکدیگر در نظر گرفته شدند. جهت جلوگیری از نشت آب، از کرتی به کرت مجاور، فاصله دو متری بین تکرارها رعایت شد. در هر کرت فرعی چهار ردیف با فاصله ۶۵ سانتی‌متر از یکدیگر ایجاد شد. در تاریخ ۳۰ اردیبهشت، بذر ارقام مختلف سورگوم به‌صورت کپه‌ای (در هر کپه سه بذر) به فاصله ۱۰ سانتی‌متر از یکدیگر روی پشته‌ها کشت گردید.

جدول ۱- اطلاعات هواشناسی ایستگاه سینوپتیک کرمان، ۱۳۹۰

Table 1- Meteorological data in synoptic Kerman station, 2011

ماه Month	میانگین دما Mean temperature (°C)	رطوبت نسبی Relative humidity %	بارندگی Rainfall (cm)	تبخیر Evaporation (cm month^{-1})	ساعات آفتابی Sunny hours (hr month^{-1})
اردیبهشت April-May	21.9	26.9	0	31.75	300.3
خرداد May-June	26.7	21.0	0	41.16	339.3
تیر June-July	27.6	21.4	0	44.71	321.8
مرداد July-August	26.3	23.3	0	40.12	354.4
شهریور August-September	23.1	28.6	0	31.63	320.8

جدول ۲- تجزیه فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه

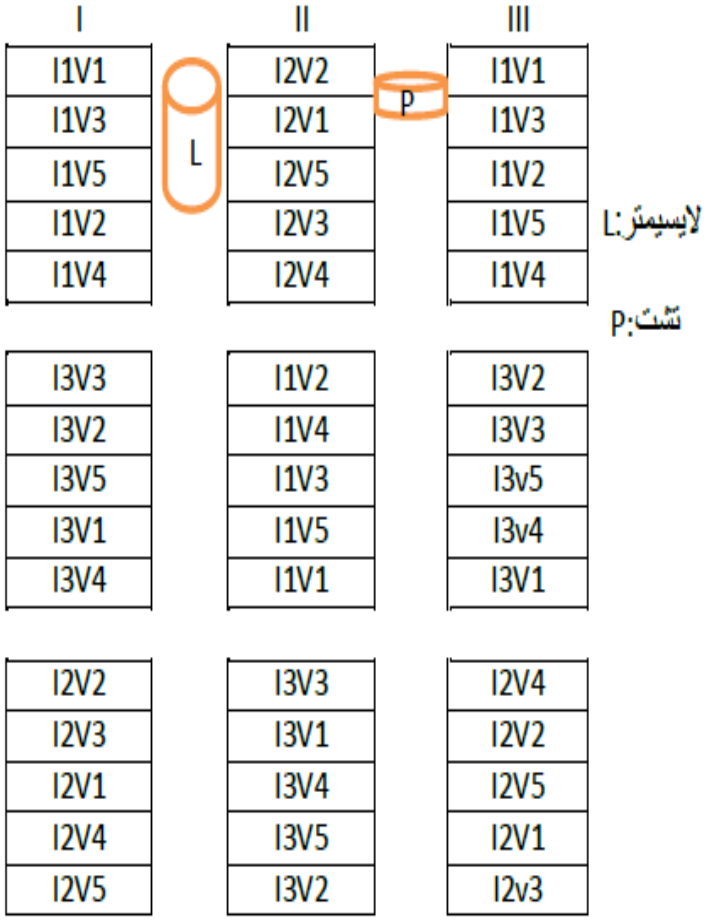
Table 2- Physical and chemical analysis of farm soil

بافت خاک Soil texture	شن Sand %	سیلت silt %	رس clay %	K meq lit^{-1}	Na meq lit^{-1}	Ca meq lit^{-1}	pH	EC dS m^{-1}
لوم رسی Clay Loam	35.6	26	38.4	44	9.12	21.9	7.69	8.34

پس از استقرار کامل گیاه، با دست تنک شده و تراکم ۱۵۰۰۰۰ بوته در هکتار حاصل شد. همه کرت‌ها تا سبز شدن کامل، به‌طور یکنواخت آبیاری و سپس از مرحله ۴ تا ۵ برگی، تیمارها اعمال شدند. برای تعیین نیاز آبی گیاه، از لایسیمتر بیلان آبی (زهکش‌دار) موجود در مزرعه استفاده گردید. براساس تبخیر- تعرق تجمعی انجام شده در لایسیمتر، آب مورد نیاز از رابطه ۱ محاسبه و با شیلنگ و کنتور حجمی در هر کرت اصلی مصرف شد.

$$V_W = \frac{S_a * V_L}{S_L} \qquad (۱)$$

در معادله ۱: Vw: حجم آب مورد نیاز کرت اصلی، Sa: مساحت کرت اصلی، VL: حجم آب مصرفی لایسیمتر و SL: مساحت لایسیمتر می‌باشد. جانمایی طرح در شکل ۱ آمده است.



شکل ۱- جانمایی طرح

Figure 1- Layout plan

در مجاورت لایسیمتر، تشت تبخیر کلاس A تعبیه گردید، تا هم‌زمان تبخیر از سطح آزاد آب اندازه‌گیری شود. دور آبیاری براساس تبخیر تجمعی از تشت تعیین و ارتفاع آب آبیاری براساس آب مصرف شده در لایسیمتر و مطابق رژیم‌های آبیاری انتخاب شد. عملیات داشت (وجین علف‌های هرز، مبارزه علیه آفت شته سبز و غیره) در دو مرحله، آبیاری و مراقبت علیه پرندگان تا رسیدگی فیزیولوژیک دانه‌ها انجام گرفت. در ۱۵ مهر ماه، با رعایت حاشیه، چهار متر مربع از دو خط میانی انتخاب شد. جهت تعیین عملکرد دانه و بیولوژیکی، نمونه‌های پانیکول بوته‌ها و ساقه‌ها از این سطح برداشت شد. نمونه‌ها با ترازوی دیجیتال (با دقت ۰/۰۰۰۱ گرم) توزین شده و به مدت ۴۸ ساعت با دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد در آون حرارت داده شدند. پس از خشک شدن جهت تعیین وزن خشک هر نمونه، مجدداً توزین انجام شد.

برای محاسبه کارآیی مصرف آب دو اصطلاح مورد استفاده گرفت: الف- کارآیی مصرف آب (WUE) که عبارت است از نسبت محصول (عملکرد دانه یا عملکرد بیولوژیک) به تبخیر-تعرق و از رابطه ۲ به‌دست می‌آید.

$$WUE = \frac{Y}{ET_p} \qquad (۲)$$

در معادله ۲: WUE: کارآیی مصرف آب ($kg\ m^{-3}$)، Y: مقدار محصول (دانه یا کل ماده خشک) ($kg\ ha^{-1}$) و ETp: آب مصرف شده توسط گیاه ($m^3\ ha^{-1}$) می‌باشد.

ب – کارآیی مصرف آب آبیاری (IWUE) عبارت است از نسبت محصول به آب آبیاری که طبق رابطه ۳ محاسبه شد.

$$IWUE = \frac{Y}{IR} \qquad (۳)$$

در معادله ۳: IWUE : کارآیی مصرف آب آبیاری، Y: مقدار محصول (دانه یا کل ماده خشک) ($kg\ ha^{-1}$) و IR: مقدار آب آبیاری ($m^3\ ha^{-1}$) می‌باشد (۱۷).

اگر در فصل رشد بارندگی وجود داشته باشد، مقدار آب آبیاری کمتر از تبخیر- تعرق خواهد بود. در زمان اجرای این تحقیق، بارندگی وجود نداشت، کرت‌های آزمایشی محصور بوده و روان آب سطحی نیز وجود نداشت بنابراین فرض می‌شود که تمام آب آبیاری به مصرف تبخیر- تعرق رسیده و کارآیی مصرف آب با کارآیی مصرف آب آبیاری برابر در نظر گرفته شد. مقدار آبی که گیاه در طول دوره رشد خود مصرف می‌کند تا مقدار معینی محصول تولید کند، نیاز آبی نامیده می‌شود (۱۲). نیاز آبی برای هر دو عملکرد دانه و بیولوژیک از روابط ۴ تا ۶ به‌دست آمد.

$$WR = \frac{ET_P}{Y} \qquad (۴)$$

$$WR = \frac{IR}{Y} \qquad (۵)$$

$$WR = \frac{1}{WUE} \qquad (۶)$$

در این روابط: WR: نیاز آبی ($m^3\ kg^{-1}$)، ETp: تبخیر – تعرق گیاه ($m^3\ ha^{-1}$)، Y: ماده خشک تولید شده (دانه یا کل ماده خشک) ($kg\ ha^{-1}$) و IR: آب آبیاری ($m^3\ ha^{-1}$) می‌باشد.

جهت محاسبات آماری از نرم‌افزار SAS(v.9.1) و جهت مقایسه میانگین‌ها از روش آزمون دانکن استفاده گردید. سطح احتمال به‌کار رفته در کلیه تجزیه و تحلیل‌ها پنج درصد بود.

نتایج و بحث

تأثیر رژیم‌های آبیاری بر صفات مورد مطالعه

نتایج تجزیه وتحلیل صفات مورد مطالعه در جداول ۳ و ۴ آمده است. تأثیر رژیم‌های مختلف آبیاری بر صفات از لحاظ آماری غیر معنی‌دار بود. همچنین حجم یکسان آب آبیاری و مصرف متعادل آن در رژیم‌های مختلف، طی مراحل رشد و نمو گیاه می‌باشد. در رژیم‌های I_3 و I_2 به دلیل ظرفیت بالای نگهداری آب، توسط خاک و نیز عدم وجود نفوذ عمقی از منطقه ریشه، فاصله زیادتر بین دو آبیاری، تأثیر چندانی بر عملکرد گیاه نداشت. برای بررسی تأثیر کمبود آب بر عملکرد گیاهان زراعی مطالعات زیادی انجام شده است. نتایج این تحقیقات نشان می‌دهد که میزان تأثیر کمبود آب (تنش خشکی) بر عملکرد دانه به سه عامل، مرحله نمو گیاه در هنگام وقوع کمبود، شدت کمبود و همچنین طول مدت کمبود بستگی دارد (۵ و ۲۰). از دیگر عوامل می‌توان به سیستم ریشه‌ای افشان، بسیار توانمند، گسترده و مقاومت به خشکی این گیاه (۸ و ۲۴) و فاصله کم دور آبیاری (۶) اشاره نمود. کلاک (۱۱) نشان داد که عملکرد سورگوم دانه‌ای به‌ازای ۷۲ درصد کاهش آب آبیاری تنها ۸ درصد کاهش یافت. در تحقیقات مشابه‌ای با کاهش ۱۰ درصدی تبخیر-تعرق، تغییری در عملکرد دانه گیاه سورگوم مشاهده نشد (۸).

تأثیر ارقام مختلف سورگوم بر صفات مورد مطالعه

عملکرد دانه

ارقام سورگوم به دو دسته علوفه‌ای و دانه‌ای تقسیم می‌شوند. در هر دو گروه تولید دانه اهمیت زیادی دارد. عملکرد دانه برای ارقام مختلف در سطح یک درصد با هم اختلاف معنی‌دار داشتند (جدول ۳).

جدول۳- تجزیه واریانس عملکرد، کارآیی مصرف آب، نیازآبی گیاه و شاخص برداشت در تیمارهای مختلف

Table 3- Analyses of variance yield, water use efficiency (WUE), crop water requirement (CWR) and harvest index in different treatment

منابع تغییرات Source of variation	درجه آزادی df	عملکرد Yield		کارآیی مصرف آب WUE		نیاز آبی CWR		شاخص برداشت Harvest Index
		دانه Grain	بیولوژیک Biological	عملکرد دانه Grain yield	عملکرد بیولوژیک Biological yield	عملکرد دانه Grain yield	عملکرد بیولوژیک Biological yield	
تکرار Repeat	2	1868372.64^{ns}	23587384^{ns}	0.04^{ns}	0.48^{ns}	0.05^{ns}	0.005^{ns}	0.0009^{ns}
آبیاری Irrigation	2	520077.44^{ns}	3205970^{ns}	0.01^{ns}	0.06^{ns}	0.03^{ns}	0.001^{ns}	0.0013^{ns}
خطای اصلی Main Error	4	972903.89	8498167	0.02	0.17	0.05	0.006	0.0005
ارقام Cultivar	4	11746543.8**	398486203**	0.24**	8.15**	0.41**	0.132**	0.0854**
رقم×آبیاری Irri*Cult	8	1462432.33^{ns}	9168840$^{n.s}$	0.03^{ns}	0.19^{ns}	0.06^{ns}	0.005^{ns}	0.0002^{ns}
خطای فرعی Minor Error	24	754909.62	827393	0.01	0.17	0.04	0.002	0.0005
ضریب تغییرات Cv		14.59	13.8	14.59	13.8	15.93	14.02	7.09

** و ns معنی‌داری تیمارها در سطح احتمال ۱٪ و عدم تفاوت معنی‌دار.

** and ns are significant at one percent and non- significant.

در بین ارقام، سپیده با تولید ۷۸۰۶/۷ کیلوگرم در هکتار دانه بیشترین و پیام با عملکرد ۴۷۲۱/۹ کیلوگرم در هکتار کمترین مقدار را دارا بود (جدول ۴). بهشتی و بهبودی فرد عملکرد دانه برای سورگوم رقم سپیده را برابر با ۲۸۸۰ کیلوگرم در هکتار گزارش کردند که نسبت به نتایج این تحقیق کمتر می‌باشد (۳). سورگوم‌های علوفه‌ای (اسپیدفید و پگاه) تولید دانه متوسطی را دارا بودند، که می‌توان از آن‌ها برای کشت دو منظوره استفاده کرد. عملکرد دانه رقم کیمیا در شرایط بدون تنش ۴۱۴۴ کیلوگرم در هکتار گزارش شده است (۲۴) که از میانگین عملکرد این آزمایش (۵۸۵۰/۶ کیلوگرم در هکتار) کمتر می‌باشد. عملکرد دانه ارقام پیام، سپیده و کیمیا با آبیاری پس از ۱۰۰ میلی‌متر تبخیر از تشت به‌ترتیب برابر ۵۰۹۰، ۶۴۸۰ و ۲۹۵۰ کیلوگرم در هکتار گزارش شده است (۱۸).

عملکرد بیولوژیک

نتایج تجزیه واریانس (جدول ۳) نشان می‌دهد که عملکرد بیولوژیک ارقام در سطح یک درصد اختلاف معنی‌داری داشتند. رقم پگاه حداکثر تولید (۳۰۳۶۵ کیلوگرم در هکتار) و پیام حداقل تولید (۱۲۸۶۵ کیلوگرم در هکتار) را به‌خود اختصاص داد (جدول ۴). در آبیاری پس از ۱۰۰ میلی‌متر تبخیر از تشت تبخیر کلاس A، عملکرد بیولوژیک ارقام پیام، سپیده و کیمیا به‌ترتیب ۱۶۱۱۰، ۱۸۱۹۰و ۱۸۵۴۰ کیلوگرم در هکتار گزارش شد (۸). بهشتی و بهبودی فرد عملکرد بیولوژیک برای سورگوم رقم سپیده را برابر با ۲۰۷۹۰ کیلوگرم در هکتار گزارش کردند که نزدیک به نتایج این آزمایش می‌باشد (۳). عملکرد گزارش شده در رقم پیام کمتر و در بقیه ارقام مساوی با یافته این پژوهش می‌باشند. عملکرد بیولوژیک کیمیا در رژیم آبیاری بدون تنش (با تراکمی بیشتر از این آزمایش) ۱۰۳۹۰ کیلوگرم در هکتار اعلام گردید (۲۴) که از یافته این پژوهش کمتر می‌باشد.

شاخص برداشت

شاخص برداشت ارقام در سطح یک درصد معنی‌دار گردید (جدول ۳). بیشترین شاخص برداشت متعلق به رقم سپیده با ۴۳ درصد و کمترین آن مربوط به رقم پگاه با ۱۸ درصد بود (جدول ۴). بهشتی و بهبودی فرد (۱۳۸۹) شاخص برداشت برای سورگوم رقم سپیده را برابر با ۱۳/۹۶ گزارش کردند که نسبت به نتایج این تحقیق کمتر است (۳). شاخص برداشت حداکثری در سپیده به واسطه عملکرد دانه زیاد (۷۸۰۶/۷ کیلوگرم درهکتار) نسبت به عملکرد بیولوژیک آن است. رقم پیام با ۳۷ درصد شاخص برداشت در رده دوم قرار داشت. شاخص برداشت کم در رقم پگاه به دلیل عملکرد کل حداکثری این گیاه است، رزمی و قاسمی (۱۸) شاخص برداشت کمتری را برای ارقام سورگوم دانه‌ای نسبت به این تحقیق گزارش نمودند.

جدول ٤- مقایسه میانگین عملکرد، کارآیی مصرف آب، نیازآبی گیاه و شاخص برداشت در ارقام مختلف

Table 4- Mean comparisons of yield, water use efficiency (WUE), crop water requirement (CWR) and harvest index in different cultivars

ارقام Cultivars	عملکرد Yield (kg ha^{-1})		کارآیی مصرف آب WUE (kg m^{-3})		نیاز آبی CWR (m^3 kg^{-1})		شاخص برداشت Harvest Index
	دانه Grain	بیولوژیک Biological	عملکرد دانه Grain yield	عملکرد بیولوژیک Biological yield	عملکرد دانه Grain yield	عملکرد بیولوژیک Biological yield	
اسپیدفید Speedfeed	5951.1^{b}	24153^{b}	0.85^{b}	3.45^{b}	1.21^{b}	0.29^{c}	25^{d}
پگاه Pegah	5444.4^{bc}	30365^{a}	0.78^{b}	4.34^{a}	1.32^{a}	0.23^{d}	18^{e}
پیام Payam	4721.9c	12865^{d}	0.86^{b}	2.33^{c}	1.12^{bc}	0.42^{a}	37^{b}
سپیده Sepideh	7806.7^{a}	18298^{c}	1.12^{a}	2.62^{c}	0.91^{c}	0.39^{b}	43^{a}
کیمیا Kimia	5850.6^{b}	18529^{c}	0.84^{b}	2.65^{c}	1.24^{b}	0.39^{b}	31^{c}

در هر ستون حروف مشابه نشانگر عدم اختلاف معنی‌دار در سطح ۵٪ براساس آزمون دانکن می‌باشد.

Means followed by the same letters in each parameter are not significantly different at five percent level of probability, according to Duncan's Test.

اما یونسی و همکاران (۲۴) در تیمار آبیاری کامل، شاخص برداشت ۳۹/۸۵ را برای رقم کیمیا (با تراکم بوته بیشتر از این طرح) گزارش نمودند. تراکم بوته می‌تواند عاملی برای بیشتر شدن شاخص برداشت باشد، که به واسطه رقابت بر سر جذب عناصر معدنی بین دانه‌ها و اندام رویشی ایجاد می‌شود.

کارآیی مصرف آب و نیاز آبی ارقام سورگوم

کارآیی مصرف آب عملکرد دانه: کارآیی مصرف آب عملکرد دانه در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). بالاترین کارآیی برابر ۱/۱۲ را رقم سپیده و کمترین آن را اسپیدفید و پیام به‌ترتیب ۰/۸۵ و ۰/۸۶ (kg m^{-3}) به‌خود اختصاص دادند (جدول ۴). در تحقیقی، کارآیی مصرف آب برای ارقام پیام، سپیده و کیمیا به‌ترتیب معادل ۱/۰۸، ۱/۳۸ و ۰/۶۲ کیلوگرم دانه تولید شده به‌ازای هر مترمکعب آب مصرفی به‌دست آمد (۱۸). که همگی مشابه نتایج این آزمایش می‌باشند. کارآیی مصرف آب دانه برای رقم اسپیدفید در تیمارهای ۱۰۰ درصد و ۶۰ درصد نیاز آبی به‌ترتیب برابر با ۱/۲۱ و ۱/۷۸ کیلوگرم بر مترمکعب گزارش شد (۱۰). هاول و همکاران در آبیاری کامل و ۵۰ درصد تبخیر تعرق پتانسیل، کارآیی مصرف آبی معادل ۱/۴۵ و ۱/۶۴ کیلوگرم بر مترمکعب را برای سورگوم دانه‌ای در اسپانیا گزارش کردند (۸)، که از میانگین این پژوهش بیشتر است. زیاد بودن تبخیر در منطقه کرمان می‌تواند دلیل این امر باشد. کارآیی مصرف آب سورگوم در یک خاک لومی رسی به‌طور متوسط ۱/۴۶ کیلوگرم بر متر مکعب گزارش شده است (۲۱).

کارآیی مصرف آب عملکرد بیولوژیک

کارآیی مصرف آب عملکرد بیولوژیک در بین ارقام اختلاف معنی‌دار آماری در سطح یک درصد ایجاد کرد (جدول ۳). بیشترین کارآیی متعلق به رقم پگاه ۴/۳۴ و کمترین آن متعلق به رقم پیام ۲/۳۳ (kg m^{-3}) بود (جدول ۴). سورگوم به دلیل این‌که در گروه گیاهان چهار کربنه قرار دارد، توان تولید و ماده خشک بالا و کارآیی مصرف آب زیادی دارد. اختلافاتی نیز در ارقام مختلف سورگوم در این مورد مشاهده گردیده است (۱۲). بالا بودن راندمان مصرف آب آبیاری در دو رقم اسپیدفید و پگاه نسبت به سایر ارقام به دلیل رشد اولیه سریع برگ‌ها و کاهش تبخیر از سطح خاک می‌باشد. سعید و نادی اظهار نمودند: اعمال مقادیر مساوی ارتفاع آب تحت سه مدیریت دور آبیاری (کم، متوسط و زیاد) درکارآیی مصرف آب گیاه سورگوم علوفه‌ای تفاوت معنی‌داری نداشت (۱۹).

نیاز آبی عملکرد دانه

نیاز آبی براساس عملکرد دانه در بین ارقام، اختلاف معنی‌دار آماری در سطح یک درصد ایجاد کرد (جدول ۳). این اختلاف با کمترین مقدار برای رقم سپیده ۰/۹۱ و بیشترین مقدار برای پگاه ۱/۳۲ (m^3 kg^{-1}) ثبت گردید (جدول ۴). نیازهای آبی به‌دست آمده نشان می‌دهد که سپیده مناسب‌ترین رقم جهت تولید دانه در مناطق خشک می‌باشد.

نیاز آبی عمکرد بیولوژیک

نیاز آبی عملکرد بیولوژیک در بین ارقام، اختلاف معنی‌دار آماری در سطح یک درصد ایجاد کرد (جدول ۳). این صفت با کمترین مقدار برای رقم پگاه ۰/۲۳ و بیشترین مقدار برای رقم پیام ۰/۴۲ ($m^3\ kg^{-1}$) ثبت گردید (جدول ۴). جالب توجه این‌که رقم پگاه از لحاظ نیاز آبی در تولید عملکرد بیولوژیک، کارآمد ولی در تولید دانه ناکارآمد است. عملکرد کم دانه در رقم پگاه احتمالاً به دلیل محدود بودن مخزن یا همان دانه در جهت پذیرش مواد فتوسنتزی ذخیره شده در برگ‌ها و انتقال مجدد این مواد می‌باشد.

نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج به‌دست آمده در این تحقیق، رقم سپیده، با عملکرد دانه برابر با ۷۸۰۶/۷ کیلوگرم در هکتار و کارآیی مصرف آب دانه برابر با ۱/۱۲ کیلوگرم بر متر مکعب آب مصرفی مناسب منطقه معرفی می‌گردد. احتمالاً کاهش تولید ماده خشک در اندام‌های هوایی و تخصیص بیشتر فرآورده‌های فتوسنتزی به تولید دانه باعث بالا بودن عملکرد و کارآیی مصرف آب دانه این رقم گردیده است. در صورتی‌که هدف از کشت سورگوم، عملکرد بیولوژیک بوده و هدف دست‌یابی به کمترین نیاز آبی برای عملکرد بیولوژیک گیاه سورگوم در منطقه باشد، رقم پیشنهادی این پژوهش، رقم پگاه با نیاز آبی برابر با ۰/۲۳ مترمکعب آب برای تولید یک کیلوگرم عملکرد بیولوژیک می‌باشد. در این تحقیق کم‌آبیاری از طریق اختلاف در دور آبیاری اعمال شد. پیشنهاد می‌شود که در تحقیقات بعد، کم‌آبیاری از طریق تفاوت در مقدار ارتفاع آب در هر آبیاری و یا تلفیق این دو اعمال گردد.

Reference

1. Baghkhani, F. 2007. Effect of drought stress on yield and yield components and evaluation of tolerance indices of spring safflower varieties. M.Sc. thesis. Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Shahid Bahonar University of Kerman. 147 p. (in Persian).
2. Bakhtiari, B., Liaghat, A., Khalili, A., and Kjanjani, M. J. 2010. Evaluation of Two Hourly Combination Models for Estimation of Grass Reference Evapotranspiration (Case study: Climate of Kerman). Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources, Water and Soil Science 13 (50): 13-26. (in Persian with English abstract).
3. Beheshti, A., and Behbodifard, B. 2010. Dry Matter Accumulation and Remobilization in Grain Sorghum Genotypes (Sorghum bicolor L. Moench) under Normal and Water Stress Conditions. Journal of Iranian Field Crop Research 8 (4): 717-725. (in Persian with English abstract).
4. Emam, Y., Maghsoudi, K., and Moghimi, N. 2014. Effect of Water Stress and Nitrogen Levels on Yield of Forage Sorghum. Journal of Crop Production and Processing 3 (10): 145-155. (in Persian with English abstract).
5. Gupta, U. S. 1940. Physiological aspects of dryland farming. New Delhi: Oxford and IBH Pub. Co. 391p.
6. Haji Hasani Asl, N., Moradi Aghdam, A., Shiranirad, A. H., Hosseini, N., and Rasaeifar, M. 2010. Effect of drought stress on forage yield and agronomical characters of millet, sorghum and cron in delay cropping. Journal of Crop Production Research 2 (1): 63-74. (in Persian with English abstract).
7. Hall, A. E., Richards, R. A., Condon, A. G., Wright, C. G., and Farquhar, G. D. 1994. Carbon isotope discrimination and plant breeding. Plant Breeding Reviews 12: 81-113.
8. Howell, T. A., Tolk, J. A., Evett, S. R., Copeland, K. S., and Dusek, D. A. 2007. Evapotranspiration of Deficit Irrigated Sorghum. Texas Experiment Station Field Day Handout, pp: 32-39.
9. Ibrahim, Y. M. 1995. Response of sorghum genotypes to different water levels. Sprinkler irrigation Annals of Arid zone, 34: 287-288.
10. Keykhaei, F., Ganji Khorramdel, N., Farzanjo, M., Keykha, G. H., Saghafi K., and Keykha, M. 2010. Deficit irrigation impact on crop yield and water use efficiency of forage sorghum in Sistan region. Journal of Water Research in Agriculture 24 (1): 41-49. (in Persian with English abstract).
11. Klocke, N. 2009. Corn and Grain Sorghum Production with Limited Irrigation. 21st Annual central plains irrigation conference, Kansas, Feb 24-25.
12. Maghsoudi Moud, A. A. 2008. Physiological, Morphological and Anatomical Bases of Drught Tolerance in Wheat. Shahid Bahonar University of Kerman Publications. 233p. (in Persian).
13. Matthews, K. B., Reddy, D. M., Rani, A. U., and Peacock, I. M. 2004. Response of four sorghum lines to midseason drought. I. Growth, water use and yield. Field Crop Research 25: 279-296.
14. Moaveni, P., and Heidari, U. 2005. Study of plant density and irrigation intervals on grain yield and some physiological traits in forage sorghum. Iranian Journal of Crop Science 6 (4): 374-382. (in Persian with English abstract).
15. Noor-mohammadi, Gh., Siadat, A., and Kashani, A. 2005. Grain Farming, vol 1. Ahwaz University Press, 446. (in Persian).

16. Onken, A. B., Wendt, C. W., Payne, W. A., and Drew, M. C. 1992. Soil phosphorus availability and pearl millet water use efficiency. Crop Science 32: 1010-1015.
17. Payero, J. O., Tarkalson, D. D., Irmak, S., Davison, D., and Petersen, J. L. 2009. Effect of timing of a deficit-irrigation allocation on corn evapotranspiration, yield, water use efficiency and dry mass. Agricultural Water Management 96: 1387-1397.
18. Razmi, N., and Chasmi, M. 2007. Effect of different irrigation regimes on growth, grain yield and its components of grain sorghum (*Sorghum bicolor* L.) cultivars under Isfahan conditions. Iranian Journal of Crop Sciences 9 (2): 169-183. (in Persian with English abstract).
19. Saeed, I. A. M., and EL-Nadi, A. H. 1998. Forage sorghum yield and water use efficiency under variable irrigation. Irrigation Science 18: 67-71.
20. Stout, D. G., Kannangara, T., and Simpson, G. M. 1978. Drought resistance of sorghum bicolor.1: Drought avoidance mechanisms related of leaf water status. Canadian Journal of Plant Science 98: 213-224.
21. Tolk, J. A. and Howell, T. A. 2003. Water use efficiencies of grain sorghum grown in three USA southern Great Plains soils. Agricultural Water Management 59: 97-111.
22. William, G., Hopkins Norman, P., and Huner, A. 2008. Introduction to Plant Physiology (4_{th}ed). University of Western Ontario, Willey, 528p.
23. Yosef, E., Carmi, A., Nikbacht, M., Zenou, A., Umiel, N., and Miron, J. 2009. Characteristics of tall versus short-type varieties of forage sorghum grown under two irrigation levels, for summer and subsequent fall harvest, and digestibility by sheep of their silage. Animal feed Science and Technology 152: 1-11.
24. Younesi, O., Sharifzadeh, F., and Ahmadi, A. 2010. Effect of Irrigation Regime on Grain Yield, Yield Components and some Germination Attributes in Grain Sorghum (Sorghum bicolor L. C. V. Kimia). Iranian Journal of Field Crop Science 41 (1): 187-195. (in Persian with English abstract).

Iranian Journal of Field Crops Research
Vol. 13, No. 3, Fall. 2015, p. 461-470

نشریه پژوهشهای زراعی ایران
جلد ۱۳، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۴، ص. ۴۷۰-۴۶۱

Grain Yield and Water Use Efficiency of Five Sorghum Cultivars under Different Irrigation Regimes in Kerman

H. Vahidi[1]- Gh. R. Khajoie Nejad[2]- A. Rezaei Estakhroeih[3*]

Received: 01-01-2013
Accepted: 02-02-2015

Introduction

Reduction of the forage and grain yield of sorghum genotypes under different levels of deficit irrigation has been reported. The plants that have higher water use efficiency (WUE), have a better chance of survival in arid regions. On average, WUE of sorghum in clay, loamy soil has been reported equal to 1.46 kg m^{-3}. Effects of drought stress and different levels of nitrogen on yield of two cultivars of sorghum were investigated and results showed significant effects on plant height, leaf area index, fresh and dry weight of leaf, dry weight of stem and forage yield. The purpose of this research is to investigate the effect of deficit irrigation on grain yield and WUE of sorghum cultivars in Kerman.

Materials and Methods

This study has been conducted in the research station of Shahid Bahonar University of Kerman with 56° 58' E longitude, 30° 15' N latitude and 1753.8 altitudes. According to the regional information from 1952 to 2005, the average temperature is 17.1 °C, the average rainfall is 154.1 mm, the average annual relative humidity is 32%. The climate of Kerman according to De Martonne method can be classified as semiarid. The experimental design was split-plot based on RCBD with three replications. Three levels of irrigation (after 50, 80 and 110 mm evaporation from class A pan) were assigned to the main plots and the five sub-plots of sorghum cultivars (Speedfeed, Pegah, Payam, Sepideh and Kimia). On the 20th of May all sorghum cultivars were planted at the distance of 10 cm from each other on ridges. On the 7th of October, with considering margins, four square meters of the two middle lines were selected to determine the grain and biological yield. The samples were weighed with a digital scale and heated for 48 hours in the degree of 75 °C-and then the dry weight of each samples were measured again. Finally, the data were analyzed by SAS software (v. 9.1). Comparision of the averages attributes was performed using, Duncan's test at five percent level of significant.

Results and Discussion

The result of the analysis of variance (Table 3) has shown a non-significant effect of different irrigation regimes on the study attributes. Grain yields of different cultivars were shown to have a significant effect ($P < 0.01$) (Table 3). Among the cultivars, Sepideh with the production of 7806.7 kg ha^{-1} of grain had the highest and Payam with the production of 4721.9 kg ha^{-1} had the lowest yield (Table 4). The results of the analysis of variance (Table 3) showed that the biological yield of the cultivars were significantly different ($P < 0.01$). Pegah showed the maximum dry matter production with 30365 kg ha^{-1} and Payam showed the minimum dry matter production with 12865 $kg.ha^{-1}$ (Table 4). Harvest index of different cultivars was significantly ($P < 0.01$) different too (Table 3). The highest harvest index belonged to Sepideh with 43% and the lowest belonged to Pegah with 18% (Table 4). The highest WUE was 1.12 kg m^{-3} in Sepideh and the lowest of WUE were equal to 0.85 and 0.86 kg m^{-3} for Speedfeed and Payam, respectively (Table 4). The water use efficiency (WUE) based on the biological yield, between the cultivars was statistically significant different ($P < 0.01$) (Table 1). The highest WUE belonged to Pegah with 4.34 kg m^{-3} and the lowest belonged to Payam with 2.33 kg m^{-3} (Table 2). The lowest crop water requirement was 0.91 m^3 kg^{-1} for Sepideh and the highest was equal to 1.32 m^3 kg^{-1} for Pegah (Table 2). Overall, the results showed that Sepideh is the most appropriate cultivar for the grain yield in arid regions.

1- Former, M Sc. student in Agronomy, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran
2- Associate Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran
3- Assistant Professor, Department of Water Engineering, Faculty of Agriculture, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran
(*- Corresponding Author Email: Rezaei@mail.uk.ac.ir)

Conclusions

The cultivar Sepideh with producing grain yield of 7806.7 kg ha^{-1} and the water use efficiency (WUE) of 1.12 $kg.m^{-3}$ is the best choice for the region of Kerman. On the other hand, with the purpose of cultivating sorghum, biological yield, and achieving the minimum water requirement for biological yield of sorghum in this region, Pegah cultivar is the best suggestion.

Keywords: Crop water requirement, Deficit irrigation, Drought stress, Evapotranspiration, Harvest index