

بررسی اثر دوره‌های مختلف آبیاری بر عملکرد و خصوصیات زراعی ژنوتیپ‌های سورگوم علوفه‌ای (*Sorghum bicolor* L.)

زهره ممبینی^۱، زهرا خدارحم‌پور^{۲*} و محمد معتمدی^۳

(۱) گروه اصلاح نباتات، پردیس علوم و تحقیقات خوزستان، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران و گروه اصلاح نباتات، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران.

(۲ و ۳) گروه زراعت و اصلاح نباتات، واحد شوشتر، دانشگاه آزاد اسلامی، شوشتر، ایران.

* نویسنده مسئول: Zahra_khodarahm@yahoo.com

این مقاله برگرفته از پایان نامه کارشناسی ارشد می باشد.

تاریخ پذیرش: ۹۵/۰۶/۲۸

تاریخ دریافت: ۹۵/۰۴/۰۸

چکیده

به منظور بررسی اثر دور آبیاری بر ژنوتیپ‌های سورگوم علوفه‌ای سه آزمایش طرح کرت‌های خرد شده در زمان به صورت جداگانه در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در شهرستان شوشتر در سال ۱۳۹۳ اجرا شد. عوامل آزمایش شامل ۸ ژنوتیپ سورگوم علوفه‌ای و چین در دو زمان مختلف بود. نتایج نشان داد با افزایش دور آبیاری از ۷ به ۲۱ روز، کاهش ۱۲ درصدی ارتفاع بوته، ۲۱ درصدی تعداد برگ در بوته، ۳۶ درصدی عملکرد علوفه تر و ۶۰ درصدی عملکرد علوفه خشک مشاهده شد. با افزایش دور آبیاری از ۷ به ۲۱ روز یکبار آبیاری خصوصیات رشدی گیاه سورگوم علوفه‌ای کاهش نسبتاً شدیدتری نسبت به تنش ۱۴ روز یکبار آبیاری یافت. در آزمایش هفت روز یکبار آبیاری ژنوتیپ‌های KFS_6 (۳۷/۵ تن در هکتار)، KFS_{13} (۴۰/۲ تن در هکتار) و KFS_{16} (۳۵/۲ تن در هکتار)، در آزمایش ۱۴ روز یکبار آبیاری ژنوتیپ‌های KFS_2 (۲۶ تن در هکتار)، KFS_{13} (۲۴/۲ تن در هکتار)، KFS_{16} (۲۶/۲ تن در هکتار) و KFS_1 (۲۵/۸ تن در هکتار) بیشترین عملکرد علوفه خشک را تولید کردند. در آزمایش ۲۱ روز یکبار آبیاری به جز ژنوتیپ‌های KFS_6 و KFS_2 سایر ژنوتیپ‌ها حائز بالاترین عملکرد بودند. در مجموع با توجه به شاخص‌های SSI، STI و عملکرد علوفه خشک بالاتر از میانگین کل ژنوتیپ‌ها در شرایط تنش، ژنوتیپ‌های KFS_{18} ، KFS_{16} و KFS_2 به عنوان ژنوتیپ‌های برتر در دوره‌های آبیاری ۱۴ و ۲۱ روز یکبار شهرستان شوشتر شناخته و برای تحقیقات بعدی توصیه شدند.

واژه‌های کلیدی: شاخص‌های STI و SSI، عملکرد علوفه.

مقدمه

ذرت خوشه‌ای گیاهی یک‌ساله از تیره غلات *Gramineae* و از جنس *Sorghum* است (فومن، ۱۳۸۹). سورگوم با دارابودن ویژگی‌هایی از جمله عملکرد بالا در واحد سطح، قدرت پنجه‌زنی زیاد، رشد بسیار سریع و ارزش غذایی مناسب از اهمیت قابل توجهی برخوردار است و توسعه کشت آن به خصوص در مناطق خشک و نیمه خشک می‌تواند در تأمین قسمتی از نیاز علوفه‌ای کشور موثر باشد (Ayub et al., 2007). با توجه به محدودیت دسترسی به آب در تولید گیاهان زراعی یافتن ژنوتیپ‌هایی با کارایی مطلوب مصرف آب از اولویت‌های پژوهشی محسوب می‌شود (قهرمانی و همکاران، ۱۳۹۴). کم‌آبی یکی از مهم‌ترین تنش‌های غیر زنده در تولید محصولات زراعی در سراسر جهان به ویژه در کشورهای در حال توسعه و مناطق خشک و نیمه خشک به شمار می‌آید و اثر متعددی در سیستم‌های کشاورزی و تولید غذا دارد (Smith and Fredriksen, 2000). Alderfasi و همکاران (۲۰۱۶) با بررسی رقم Gizani در ۳ دور آبیاری ۶، ۹ و ۱۲ روز یکبار در عربستان سعودی گزارش کردند که با افزایش دور آبیاری عملکرد و اجزای عملکرد به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر قرار گرفتند. بیش‌ترین عملکرد دانه در ۶ روز یکبار آبیاری اعلام شد. قهرمانی و همکاران (۱۳۹۴) با بررسی تنش کم آبی بر روی شاخص‌های فیزیولوژیکی ۳ ژنوتیپ سورگوم علوفه‌ای KFS₂، KGS₆ و KGS₁₇ گزارش کردند که ژنوتیپ KGS₆ در صفات اندازه‌گیری شده فیزیولوژیکی بیش‌ترین مقدار را داشت، با این وجود بیش‌ترین عملکرد مربوط به ژنوتیپ‌های KFS₂ و KGS₁₇ بود. کاهش عملکرد در ژنوتیپ KGS₆ می‌تواند به هزینه کردن بیش‌تر مواد فتوسنتزی گیاه به منظور تحمل در برابر تنش باشد. معاونی و حیدری (۱۳۸۳) سورگوم علوفه‌ای رقم اسپیدفید را در سه دور آبیاری ۴، ۷ و ۱۰ روز مورد بررسی قرار دادند. نتایج به دست آمده نشان داد که علوفه تر در سطح آبیاری ۴، ۷ و ۱۰ روز در یک گروه قرار داشتند در حالی که پس از خشک کردن، میزان علوفه خشک در سطح آبیاری اول، با ۳۷/۱۳ تن در هکتار بیش‌ترین مقدار را به خود اختصاص داد. Habyarimana و همکاران (۲۰۰۴) نشان دادند که تحمل به خشکی در ارقام سورگوم ممکن است به مکانیسم اجتناب از خشکی آن‌ها که به سیستم ریشه عمیق‌تر آن‌ها مربوط می‌شود. خزایی (۱۳۹۰) با ارزیابی لاین‌های امیدبخش سورگوم علوفه‌ای در شرایط تنش خشکی گزارش کرد که KFS₃ دارای بیش‌ترین عملکرد علوفه تر با وزن ۱۳۲/۹ تن در هکتار و علوفه خشک با ۱۶/۴ تن در هکتار در رتبه اول قرار گرفت. براساس شاخص‌های تحمل به تنش STI، GMP و MP لاین‌های KFS₃ و KFS₂ به عنوان مناسب‌ترین ژنوتیپ‌ها در شرایط تنش خشکی تعیین شدند. خزایی و فومن (۱۳۹۱) در بررسی ارزیابی تحمل به خشکی در ارقام و لاین‌های پیشرفته سورگوم دانه‌ای در شرایط تنش کم‌آبیاری گزارش دادند که بر اساس شاخص SSI و TOL ارقام سپیده و لاین‌های KGS₁₉ و KGS₁₅ به‌عنوان متحمل‌ترین ژنوتیپ‌ها شناسایی شدند. Shirazi Kharrazi and Narouei Rad (۲۰۱۱) با بررسی ۷ ژنوتیپ سورگوم

دانه‌ای در شرایط تنش خشکی گزارش کردند که ژنوتیپ KGS_3 متحمل‌ترین ژنوتیپ به تنش خشکی معرفی شد. شاخص MP برای غربال ژنوتیپ‌های متحمل از سایر شاخص‌ها موفق‌تر بود. گیاه مورد آزمایش در تحقیق حاضر سورگوم علوفه‌ای بود که با توجه به خصوصیات منحصر بفرد خود به عنوان شاخص گیاهان زراعی مقاوم به تنش معرفی شده است (احسانی و همکاران، ۱۳۹۲) و نسبت به سایر گیاهان زراعی در شرایط دشوار آبیاری مقاوم‌تر بوده و نیاز آبی کم‌تری دارد (معاونی و حیدری، ۱۳۸۳). بنابراین با توجه به اهمیت گیاهان علوفه‌ای و وجود کم آبی در کشور خصوصاً در سال‌های اخیر مطالعه واکنش ژنوتیپ‌ها در شرایط کم آبی ضرورت دارد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در مزرعه‌ای واقع در پنج کیلومتری شهرستان شوشتر با مختصات جغرافیایی ۳۲ دقیقه و ۲ درجه عرض شمالی و ۴۸ دقیقه و ۵۰ درجه طول شرقی با ۱۵۰ متر ارتفاع از سطح دریا در سال ۱۳۹۳ اجرا شد. این پژوهش در سه آزمایش جداگانه به صورت طرح کرت‌های خرد شده در زمان در قالب بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار اجرا گردید. فاکتور اصلی شامل ۸ ژنوتیپ سورگوم علوفه‌ای KFS_2 , KFS_6 , KFS_7 , KFS_8 , KFS_{11} , KFS_{13} , KFS_{16} و KFS_{18} (تولید شده در موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال بذر کرج) و فاکتور فرعی برداشت در دو زمان متفاوت بود. در آزمایش اول آبیاری، ۷ روز یک‌بار، در آزمایش دوم ۱۴ روز یک‌بار و در آزمایش سوم ۲۱ روز یک‌بار صورت پذیرفت (هر سه آزمایش دو به دو با آزمون T^2 - هتلینگ مقایسه شدند). به دلیل اینکه انجام یک آزمایش برای ۲ فاکتور مورد بررسی (که نیاز به اختصاص زمین داشت) شامل: ژنوتیپ با ۸ سطح و اعمال سه دور آبیاری منجر به افزایش طول بلوک‌ها شده و این مسأله باعث افزایش خطای آزمایش می‌شد. از انجام طرح به صورت کرت‌های خرد شده در مکان و زمان صرف‌نظر گردید. بذور هر ژنوتیپ در هر کرت در ۴ خط ۴ متری در کرت‌هایی به ابعاد $4 \times 2/4$ متر با عمق ۴ سانتی‌متر و فاصله دو بذور روی خط کاشت ۸ سانتی‌متر کشت شدند. عملیات کاشت به صورت دستی و در اول اردیبهشت ماه سال ۱۳۹۳ انجام شد. دو هفته بعد از عملیات کاشت، عملیات واکاری و سه هفته پس از کاشت عملیات تنک کردن برای رسیدن به تراکم مطلوب انجام گرفت. در طول دوره رشد دو نوبت وجین انجام گرفت. کودهای مورد نیاز بر اساس توصیه فنی شامل ۲۰۰ کیلوگرم اوره و نیز ۱۰۰، ۵۰ و ۴۰ کیلوگرم در هکتار فسفات آمونیوم و سولفات پتاسیم و روی مصرف شد.

جدول ۱: برخی ویژگی‌های خاک مزرعه آزمایشی

عمق نمونه برداری	هدایت الکتریکی (میلی‌موس بر سانتیمتر)	pH	فسفر قابل جذب (میلی‌گرم در کیلوگرم)	نیترژن (%)	پتاسیم قابل جذب (میلی‌گرم در کیلوگرم)
۳۰ - ۰	۱/۶۲	۷/۵۵	۱۲/۸	۰/۰۵	۱۹۵
۶۰ - ۳۰	۱/۵۰	۷/۶۰	۱۱/۵	۰/۰۳	۱۹۸

برای تعیین مقدار عملکرد علوفه‌ی تر در مرحله ۵۰ درصد گل‌دهی، در هر کرت در مساحت مشخص (کوادرات ۰/۵ در ۰/۵) برداشت و پس از توزین وزن آن‌ها عملکرد علوفه‌ی تر بر حسب تن در هکتار محاسبه گردید. سپس به منظور تعیین عملکرد علوفه خشک به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد درون آون قرار داده شد. تعداد روزها تا ۵۰ درصد گل‌دهی در هر چین در زمان ۵۰ گل‌دهی یادداشت برداری شد. صفات ارتفاع بوته، تعداد برگ در بوته با انتخاب ۱۰ بوته بطور تصادفی از هر کرت یادداشت برداری گردید.

شاخص‌های تحمل به تنش STI^۱ (Fernandez, 1992) و حساسیت به تنش SSI^۲ (Fisher and Maurer, 1978) با استفاده از روابط زیر محاسبه شدند.

$$STI = (Y_p \times Y_s) / Y_p^2 \quad \text{رابطه ۱:}$$

$$SSI = (1 - (Y_s/Y_p)) / SI \quad \text{رابطه ۲:}$$

$$SI = (1 - (Y_s/Y_n)) \quad \text{رابطه ۳:}$$

Y_s = عملکرد ژنوتیپ تحت شرایط تنش، Y_p = عملکرد ژنوتیپ تحت شرایط نرمال، $\bar{Y}_s$ = میانگین عملکرد کل ژنوتیپ‌ها در شرایط تنش، $\bar{Y}_p$ = میانگین عملکرد کل ژنوتیپ‌ها در شرایط نرمال.

تجزیه واریانس و مقایسه میانگین (با استفاده از آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد) با استفاده از نرم افزار آماری SAS نسخه ۹/۲ و همچنین با استفاده از میانگین صفات آزمون T^2 -هتلینگ (آزمون تعمیم یافته t-student که برای مقایسه دو شرایط مختلف با چندین متغیر به کار می‌رود) با استفاده از نرم افزار Minitab نسخه ۱۶ انجام شد.

نتایج و بحث

تعداد روز تا ۵۰ درصد گل‌دهی

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که در شرایط ۷ و ۱۴ روز یک‌بار آبیاری بین چین‌ها در سطح احتمال یک درصد و در شرایط ۷ روز یک‌بار آبیاری برهمکنش ژنوتیپ و چین اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد نشان دادند (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین برای صفت تعداد روز تا ۵۰ درصد گل‌دهی برای سه آزمایش نشان داد که بین ژنوتیپ‌ها اختلاف

^۱ Stress Tolerance Index

^۲ Stress Susceptibility Index

معنی دار وجود نداشت. دلیل عدم تفاوت معنی دار این صفت در شرایط آبیاری مختلف می تواند ناشی از مکانیسم برای کاهش طول دوره رشد در شرایط آبیاری ۱۴ و ۲۱ روز باشد (جدول ۳).

جدول ۲: نتایج تجزیه واریانس میانگین مربعات صفات مورد ارزیابی در آزمایش هر ۷، ۱۴ و ۲۱ روز یک بار

آبیاری

آبیاری	منابع تغییرات	درجه آزادی	تعداد روز تا گلدهی	تعداد برگ در بوته	ارتفاع بوته	عملکرد علوفه تر	عملکرد علوفه خشک
۷ روز	بلوک	۲	۳۸**	۳۵/۵**	۴۵۹*	۹۵۰*	۱۰۲۵/۵**
	ژنوتیپ	۷	۴/۹ ^{ns}	۹/۰۳ ^{ns}	۱۵۳۹**	۳۳۷*	۴۶/۴ ^{ns}
	خطای ژنوتیپ	۱۴	۲/۹	۲/۶۷	۳۵/۶	۱۵۸	۶۲/۶
	چین	۱	۱۴۹۶**	۲۱۵/۴**	۱۰۳۳۷**	۴۶۲/۵ ^{ns}	۴۰/۴ ^{ns}
	ژنوتیپ×چین	۷	۹/۴*	۱۲/۶۵*	۶۶۲/۷**	۲۷۷/۸*	۳۱/۴ ^{ns}
	اشتباه (باقی مانده)	۱۶	۲۴/۳	۴/۵۳	۶۱/۶	۱۴۴/۹	۱۱۲/۸
	بلوک×چین	۲	۳۲۴/۵	۰/۸	۵۱۰/۷	۴۰۷	۱۳۵/۴
درصد ضریب تغییرات							
۳۴							
۱۴ روز	بلوک	۲	۲۵/۲*	۶۰/۳۵**	۲۶۲/۹ ^{ns}	۱۳۱/۳ ^{ns}	۹۷/۵ ^{ns}
	ژنوتیپ	۷	۱۱/۴ ^{ns}	۰/۴۹ ^{ns}	۲۹۲/۶*	۱۶۴/۴**	۶۳/۳*
	خطای ژنوتیپ	۱۴	۴/۷	۰/۸۱	۷۸/۴	۶۵/۳	۴۹/۶
	چین	۱	۵۹۵**	۶۳/۷**	۸۱۹/۳**	۱۹۶*	۲۲۱*
	ژنوتیپ×چین	۷	۴/۴ ^{ns}	۰/۶۵ ^{ns}	۱۷۴/۷*	۱۰۴/۸*	۳۷/۴*
	اشتباه (باقی مانده)	۱۶	۲۴/۴	۱/۰۴	۵۲/۵۹	۴۴/۹	۵۸/۵
	بلوک×چین	۲	۱۱۸/۵	۱/۰۴	۱۵/۷	۱۱۱	۲۸/۹
درصد ضریب تغییرات							
۳۳							
۲۱ روز	بلوک	۲	۱۰ ^{ns}	۱۷۱/۸ ^{ns}	۱۸۳/۴**	۹۶/۳ ^{ns}	۱۰۶/۹ ^{ns}
	ژنوتیپ	۷	۱۲/۴ ^{ns}	۳/۲*	۱۲/۸ ^{ns}	۱۱۲/۴*	۹۷/۲*
	خطای ژنوتیپ	۱۴	۷/۸	۰/۹	۱۳/۸	۴۶	۸۱/۷
	چین	۱	۲/۵ ^{ns}	۴/۲ ^{ns}	۲۴۱**	۱۹۶*	۱۵/۲ ^{ns}
	ژنوتیپ×چین	۷	۲/۸ ^{ns}	۲/۸ ^{ns}	۱۹/۵ ^{ns}	۱۷۳/۵ ^{ns}	۳۰/۲ ^{ns}
	اشتباه (باقی مانده)	۱۶	۴۰/۶	۸/۳	۳۴/۹	۴۷/۸	۵۴/۷۵
	بلوک×چین	۲	۱۰	۱۷۱/۸	۱۸۳/۴	۹۶/۲	۱۰۶/۹
درصد ضریب تغییرات							
۵۵							

ns، * و **: به ترتیب غیرمعنی دار و معنی دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪.

جدول ۳: مقایسه میانگین اثر ژنوتیپ برای صفات مورد ارزیابی در آزمایش‌های ۷، ۱۴ و ۲۱ روز یک‌بار آبیاری

آبیاری	ژنوتیپ	تعداد روز تا گلدهی	تعداد برگ در بوته	ارتفاع بوته (سانتی‌متر)	عملکرد علوفه تر (تن در هکتار)	عملکرد علوفه خشک (تن در هکتار)
۷ روز	KFS2	۷۰a	۱۴ab	۱۲۱/۷bc	۹۷/۳b	۳۳/۳b
	KFS6	۷۲a	۱۲ab	۱۲۲/۲bc	۱۰۳/۲a	۳۷/۵a
	KFS7	۷۲a	۱۳ab	۱۲۹/۳b	۱۱۱/۷a	۳۰/۳b
	KFS8	۷۳a	۱۵a	۱۱۷/۸c	۱۰۷/۲a	۳۲/۵b
	KFS11	۷۳a	۱۵a	۱۱۵/۹c	۱۰۶/۸a	۳۲/۸b
	KFS13	۷۲a	۱۴ab	۱۵۳/۸a	۱۰۱/۳a	۳۵/۲a
	KFS16	۷۳a	۱۵a	۱۴۹/۱a	۹۸/۸b	۳۵/۲a
	KFS18	۷۱a	۱۳ab	۱۵۱/۰a	۱۰۱/۵a	۲۸/۸b
میانگین		۷۲	۱۴	۱۳۲/۶	۱۰۳/۵	۳۳/۲
۱۴ روز	KFS2	۸۱a	۹a	۱۱۱/۲b	۸۶/۸a	۲۶a
	KFS6	۸۳a	۹a	۱۱۵/۶b	۸۰/۷a	۲۱/۷ab
	KFS7	۸۱a	۹a	۱۱۳/۳b	۷۴/۲ab	۲۱/۷ab
	KFS8	۸۴a	۹a	۱۳۳/۹۵a	۷۷/۲ab	۲۱/۷ab
	KFS11	۸۱a	۹a	۱۲۲/۳ab	۸۴/۳a	۲۱/۷ab
	KFS13	۸۱a	۱۰a	۱۱۸/۷ab	۸۳/۳a	۲۴/۲a
	KFS16	۸۱a	۹a	۱۱۸ab	۸۷/۷a	۲۶/۲a
	KFS18	۸۱a	۹a	۱۱۹/۹۵ab	۸۹a	۲۵/۸a
میانگین		۸۲	۹	۱۱۹/۱	۸۲/۹	۲۳/۶
۲۱ روز	KFS2	۸۳a	۱۱ab	۱۱۸/۴a	۶۵/۸ab	۱۰/۲ ab
	KFS6	۸۳a	۱۰b	۱۱۵/۵a	۶۴/۲b	۹/۸b
	KFS7	۸۳a	۱۱ab	۱۱۶/۷a	۶۷a	۱۲/۸a
	KFS8	۸۵a	۱۰b	۱۱۴/۹a	۶۶/۲a	۱۳/۵a
	KFS11	۸۴a	۱۰b	۱۱۵/۸a	۶۶/۲a	۱۶/۷a
	KFS13	۸۶a	۱۰b	۱۱۷/۹a	۶۸/۲a	۱۶/۲a
	KFS16	۸۵a	۱۰b	۱۱۶/۸a	۶۷/۷a	۱۴/۷a
	KFS18	۸۵a	۱۲a	۱۱۸/۹a	۶۴/۳b	۱۳/۳a
میانگین		۸۴	۱۱	۱۱۶/۹	۶۶/۲	۱۳/۴

در هر ستون میانگین‌های دارای حرف مشترک بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال یک درصد نشان از عدم اختلاف معنی‌دار می‌باشد.

نتایج مقایسه میانگین برای عامل چین نشان داد که در چین اول تعداد روز تا ۵۰ درصد گل‌دهی ۷۷ روز می‌باشد، این در حالی است که در چین دوم تعداد روز تا ۵۰ درصد گل‌دهی با ۱۴/۵ درصد کاهش به میزان ۶۶ روز رسیده است. در شرایط هر ۱۴ روز یک‌بار این کاهش برابر با ۹ درصد بود. در شرایط هر ۲۱ روز آبیاری تعداد روز تا ۵۰ درصد گل‌دهی در هر دو چین ۸۴ روز می‌باشد (جدول ۴). نتایج مقایسه میانگین برهمکنش بین ژنوتیپ و چین نشان داد که در آزمایش ۷ روز آبیاری در چین اول در ژنوتیپ KFS₂ و در آزمایش ۱۴ روز آبیاری در چین اول و دوم در ژنوتیپ‌های KFS₁₆ و KFS₁₈ کم‌ترین تعداد روز تا ۵۰ درصد گل‌دهی حاصل شده است (جدول ۵). آزمایش ۲۱ روز یک‌بار آبیاری بین هیچ یک از ارقام تفاوت معنی‌داری برای تعداد روز رسیدن به مرحله ۵۰ درصد گل‌دهی وجود نداشت. به‌طور کلی در آزمایش ۷، ۱۴ و ۲۱ روز یک‌بار میانگین تعداد روز تا ۵۰ درصد گل‌دهی به‌ترتیب ۷۲، ۸۲ و ۸۴ روز گردید (جدول ۳). با افزایش دور آبیاری از ۷ به ۱۴ روز آبیاری افزایش ۱۴ درصدی تعداد روز تا ۵۰ درصد گل‌دهی، با افزایش دور آبیاری از ۷ به ۲۱ روز آبیاری افزایش ۱۷ درصدی تعداد روز تا ۵۰ درصد گل‌دهی و با افزایش دور آبیاری از ۱۴ به ۲۱ روز آبیاری افزایش ۲

درصدی تعداد روز تا ۵۰ درصد گل‌دهی ملاحظه گردید. بنابراین با افزایش دور آبیاری از ۷ به ۲۱ روز تعداد روز تا ۵۰ درصد گل‌دهی سورگوم علوفه‌ای افزایش نسبتاً شدیدتری نسبت به دور آبیاری ۱۴ روز داشته است.

تعداد برگ در بوته

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که در شرایط ۷ و ۱۴ روز یکبار آبیاری بین چین‌ها در سطح احتمال یک درصد، در شرایط ۷ روز یکبار برهمکنش ژنوتیپ و چین در سطح احتمال یک درصد و در شرایط ۲۱ روز یکبار آبیاری بین ژنوتیپ‌ها در سطح احتمال یک درصد اختلاف معنی‌داری وجود داشت (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین برای تعداد برگ در بوته در آزمایش هر ۷ روز یکبار آبیاری نشان داد در بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی در این آزمایش تعداد برگ در محدوده ۱۲ تا ۱۵ عدد بود. بیش‌ترین تعداد برگ در بوته در شرایط ۷ روز آبیاری در ژنوتیپ‌های KFS_8 ، KFS_{11} و KFS_{16} ، در شرایط هر ۱۴ روز آبیاری ژنوتیپ‌های KFS_{13} و KFS_{16} و در شرایط ۲۱ روز یکبار آبیاری در ژنوتیپ KFS_{18} مشاهده گردید (جدول ۳). ارقامی که دارای تعداد برگ بیش‌تری باشند دارای سطح برگ بیش‌تری نیز خواهند بود. در مرحله اول وجود برگ بیش‌تر منجر به سایه‌اندازی بیش‌تر زیر کانوپی می‌گردد که علاوه بر اینکه منجر به رشد کم-تر علف‌های‌هرز در زیر کانوپی می‌گردد کاهش تبخیر آب را از سطح خاک را نیز در پی دارد. از طرفی سطح برگ بیش‌تر منجر به جذب بیش‌تر نور می‌شود که نتیجه آن فتوسنتز بیش‌تر خواهد بود که در نهایت تولید ماده خشک افزایش می‌یابد. نتایج مقایسه میانگین اثر چین برای آزمایشات ۷، ۱۴ و ۲۱ روز یکبار آبیاری نشان داد که در چین اول تعداد برگ در هر بوته به‌ترتیب برابر با ۱۶، ۱۰ و ۱۱ عدد می‌باشد، این درحالی است که در چین دوم تعداد برگ در سه آزمایش به‌ترتیب برابر با ۱۲، ۸ و ۱۰ عدد در هر بوته رسید (جدول ۴). نتایج مقایسه میانگین برهمکنش بین ژنوتیپ و چین در آزمایش ۷ روز یکبار آبیاری در چین اول در ژنوتیپ‌های KFS_2 و KFS_{18} با ۱۸ برگ در بوته و در چین دوم در KFS_7 ، KFS_8 و KFS_{16} با ۱۳ برگ در بوته بیش‌ترین تعداد برگ در بوته را نشان داد (جدول ۵). در آزمایش ۱۴ روز یکبار آبیاری در چین اول ژنوتیپ KFS_2 با ۱۶ و در چین دوم KFS_{18} و KFS_2 با ۱۳ برگ در بوته بیش‌ترین تعداد برگ در هر بوته را دارا بودند (جدول ۴). به‌طور کلی در چین دوم نسبت به چین اول تعداد برگ در هر بوته نسبت به چین اول در بعضی از ژنوتیپ‌ها تا ۵۰ درصد کاهش همراه بود. از طرفی با افزایش دوره‌های آبیاری از ۷ به ۱۴ و ۲۱ روز آبیاری نیز تعداد برگ در هر دو چین کاهش داشت که این نشان از اثرات تنش خشکی می‌باشد. در بررسی که خزایی (۱۳۹۰) روی ژنوتیپ‌های مختلف سورگوم تحت تنش خشکی انجام دادند گزارش کردند که توانایی ارقام در تعداد برگ با یکدیگر تفاوت معنی‌دار داشته و ارقام دارای برگ بیش‌تر ماده خشک بیش‌تری نیز می‌توانند تولید کنند. در این بررسی تفاوت بین تعداد برگ در بوته ارقام سورگوم در چین اول و دوم را ۳ عدد گزارش دادند. Alderfasi و همکاران (۲۰۱۶) با بررسی رقم Gizani در ۳

دور آبیاری ۶، ۹ و ۱۲ روز یکبار در عربستان سعودی گزارش کردند که با افزایش دور آبیاری عملکرد و اجزای عملکرد به-طور معنی‌داری تحت تأثیر قرار گرفتند. بیش‌ترین عملکرد دانه در ۶ روز یکبار آبیاری اعلام شد.

ارتفاع بوته

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که در شرایط ۷ و ۱۴ روز یکبار آبیاری بین ژنوتیپ‌ها، چین‌ها و برهمکنش ژنوتیپ و چین و در شرایط ۲۱ روز یکبار آبیاری بین چین‌ها در سطح احتمال یک درصد اختلاف معنی‌داری وجود داشت (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین ارتفاع بوته برای آزمایش هر ۷ روز یکبار آبیاری نشان داد بیش‌ترین ارتفاع بوته متعلق به ژنوتیپ‌های KFS_{13} ، KFS_{16} و KFS_{18} بود. در بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی در شرایط ۱۴ روز یکبار آبیاری ژنوتیپ‌های KFS_8 ، KFS_{11} ، KFS_{13} ، KFS_{16} و KFS_{18} دارای ارتفاع بیش‌تری بودند. در شرایط هر ۲۱ روز یکبار آبیاری ارتفاع بوته از ۱۱۸/۹ الی ۱۱۴/۹ سانتی‌متر متغیر بود و بین ژنوتیپ‌ها تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۲). به‌طور کلی در آزمایش ۷، ۱۴ و ۲۱ روز یکبار آبیاری میانگین ارتفاع بوته به‌ترتیب ۱۳۲/۶، ۱۱۹ و ۱۱۶ سانتی‌متر گردید (جدول ۳). با افزایش دور آبیاری از ۷ به ۱۴ روز آبیاری کاهش ۱۰ درصدی ارتفاع بوته، با افزایش دور آبیاری از ۷ به ۲۱ روز آبیاری کاهش ۱۲ درصدی ارتفاع بوته و با افزایش دور آبیاری از ۱۴ به ۲۱ روز آبیاری کاهش ۲ درصدی ارتفاع بوته ملاحظه گردید. بنابراین با افزایش دور آبیاری از ۷ به ۲۱ روز ارتفاع گیاه سورگوم علوفه‌ای کاهش نسبتاً شدیدتری نسبت به دور آبیاری ۱۴ روز یکبار آبیاری داشته است. نتایج مقایسه میانگین ارتفاع بوته در چین‌های مختلف نشان داد که در شرایط ۷، ۱۴ و ۲۱ روز یکبار آبیاری به‌ترتیب ۲۹/۴، ۸/۴ و ۴/۵ سانتی‌متر کاهش ارتفاع بوته در چین دوم نسبت به چین اول وجود داشته است (جدول ۴). بنابراین در چین دوم علاوه بر تعداد برگ، ارتفاع بوته نیز کاهش یافت، زیرا با افزایش دور آبیاری با کاهش طول میانگره‌ها ارتفاع نیز کاهش می‌یابد. نتایج مقایسه میانگین برهمکنش بین ژنوتیپ و چین در آزمایش ۷ روز یکبار آبیاری بیش‌ترین ارتفاع بوته را در چین اول و در ژنوتیپ KFS_{13} با ۱۸۱/۷ سانتی‌متر نشان داد که با ژنوتیپ‌های KFS_{16} (۱۷۶ سانتی‌متر) و KFS_{18} (۱۷۶/۱ سانتی‌متر) تفاوت معنی‌داری را نداشت. در چین دوم از نظر ارتفاع بوته در بین هیچ یک از ژنوتیپ‌ها تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۵). در آزمایش ۱۴ روز یکبار آبیاری بیش‌ترین ارتفاع بوته در چین اول و دوم در ژنوتیپ‌های KFS_{11} و KFS_8 به‌ترتیب با میزان ۱۲۶/۴ و ۱۴۵/۹ سانتی‌متر حاصل شد (جدول ۵). ژنوتیپ‌هایی که دارای ارتفاع بوته بیش‌تری باشند توانایی این را دارند که کانوپی خود را زودتر بسته و از طرفی مانع رسیدن نور به پایین کانوپی گردند. با افزایش تنش به علت تغییر در تعادل هورمونی داخل گیاه باعث کاهش طول میانگره شده که نتیجه آن کاهش ارتفاع بوته در ژنوتیپ‌ها می‌باشد. نباتی (۱۳۸۳) نیز گزارش کرده است که با افزایش تنش

خشکی ارتفاع گیاه کاهش می‌یابد در واقع کاهش پتانسیل آب بافت‌های مریستمی در طول روز موجب نقصان پتانسیل فشاری به حدی کم‌تر از میزان لازم برای بزرگ شدن سلول‌ها می‌گردد.

جدول ۴: مقایسه میانگین اثر چین برای صفات مورد ارزیابی در آزمایش‌های ۷، ۱۴ و ۲۱ روز آبیاری

آبیاری	چین	تعداد روز تا گلدهی	تعداد برگ در بوته	ارتفاع بوته (سانتی‌متر)	عملکرد علوفه تر (تن در هکتار)	عملکرد علوفه خشک (تن در هکتار)
۷ روز	اول	۷۷a	۱۶a	۱۴۷/۳a	۱۰۶/۶a	۳۴/۱a
	دوم	۶۶b	۱۲b	۱۱۷/۹b	۱۰۰/۴b	۲۸/۳b
۱۴ روز	اول	۸۵a	۱۰a	۱۲۳/۳a	۸۴/۹a	۲۵/۱a
	دوم	۷۸b	۸b	۱۱۴/۹b	۸۰/۹a	۲۰/۸b
۲۱ روز	اول	۸۴a	۱۱a	۱۱۹/۱a	۶۴/۲a	۱۲/۸a
	دوم	۸۴a	۱۰a	۱۱۴/۶ b	۶۸/۲a	۱۳/۹a

در هر ستون میانگین‌های دارای حرف مشترک بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال یک درصد نشان از عدم اختلاف معنی‌دار می‌باشد.

عملکرد علوفه تر و خشک

نتایج مقایسه میانگین عملکرد علوفه‌تر برای آزمایش هر ۷ روز یکبار آبیاری نشان داد که کلیه ژنوتیپ‌های سورگوم به‌جز KFS_2 و KFS_{16} (به‌ترتیب با میزان ۹۷/۳ و ۹۸/۸ تن در هکتار) دارای بیش‌ترین مقدار عملکرد علوفه‌تر بودند (جدول ۳). در آزمایش هر ۱۴ روز یکبار در بین ژنوتیپ‌های سورگوم مورد بررسی از نظر عملکرد علوفه‌تر اختلاف معنی‌داری مشاهده نگردید. نتایج حاصل از مقایسه میانگین در آزمایش هر ۲۱ روز یکبار آبیاری نشان داد که در بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی کلیه ژنوتیپ‌ها به‌جز ژنوتیپ‌های KFS_6 و KFS_{18} (به‌ترتیب با میزان ۶۴/۲ و ۶۴/۳ تن در هکتار) دارای بیش‌ترین عملکرد علوفه‌تر بودند و بین آن‌ها اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۲). برای صفت عملکرد علوفه خشک، در آزمایش آبیاری ۷ روز یکبار ژنوتیپ‌های KFS_6 (۳۷/۵ تن در هکتار)، KFS_{13} (۴۰/۲ تن در هکتار) و KFS_{16} (۳۵/۲ تن در هکتار)، بیش‌ترین مقدار، در آزمایش هر ۱۴ روز یکبار آبیاری بیش‌ترین عملکرد علوفه خشک در ژنوتیپ‌های KFS_2 (۲۶ تن در هکتار)، KFS_{13} (۲۴/۲ تن در هکتار)، KFS_{16} (۲۶/۲ تن در هکتار) و KFS_1 (۲۵/۸ تن در هکتار) حاصل شد. در آزمایش هر ۲۱ روز آبیاری ژنوتیپ‌های KFS_6 و KFS_2 کم‌ترین عملکرد علوفه خشک را داشتند و سایر ژنوتیپ‌ها عملکرد بالاتری نشان دادند (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین اثر چین نشان داد در آزمایش‌های ۷، ۱۴ و ۲۱ روز آبیاری در چین اول عملکرد علوفه‌تر به‌ترتیب برابر با ۱۰۶/۶، ۸۴/۹ و ۶۴/۲ تن در هکتار می‌باشد، در حالی که در چین دوم عملکرد علوفه‌تر در شرایط ۷ و ۱۴ روز آبیاری برابر با ۱۰۰/۴ و ۸۰/۹ تن در هکتار بود و کاهش معنی‌داری نشان داد اما در شرایط ۲۱ روز تفاوت معنی‌داری بین دو چین مشاهده نشد (جدول ۴). هم‌چنین نتایج مقایسه میانگین در آزمایش‌های ۷، ۱۴ و ۲۱ روز آبیاری

نشان داد که در چین اول عملکرد علوفه خشک به‌ترتیب برابر با ۳۴/۱، ۲۵/۱ و ۱۲/۸ تن در هکتار می‌باشد. در حالی که در چین دوم عملکرد علوفه خشک در شرایط ۷ و ۱۴ روز آبیاری برابر با ۲۸/۳ و ۲۰/۸ تن در هکتار بود و کاهش معنی‌داری نشان داد، اما در شرایط ۲۱ روز تفاوت معنی‌داری بین دو چین مشاهده نشد (جدول ۴). خزایی (۱۳۹۰) با ارزیابی لاین‌های امیدبخش سورگوم علوفه‌ای در شرایط تنش خشکی گزارش کرد که KFS₃ دارای بیش‌ترین عملکرد علوفه تر با وزن ۱۳۲/۹ تن در هکتار و علوفه خشک با ۱۶/۴ تن در هکتار در رتبه اول قرار گرفت. همچنین عملکرد خشک علوفه سورگوم در چین اول کم‌تر از چین دوم می‌باشد، ولی این اختلاف معنی‌دار نبوده است که با نتایج این تحقیق هم خوانی دارد. نتایج مشابهی در خصوص اثر منفی تنش کم آبی بر عملکرد علوفه تر و خشک دو رقم سورگوم علوفه‌ای پگاه و KFS₂ توسط مقیمی و امام (۱۳۹۲) گزارش شده است. قهرمانی و همکاران (۱۳۹۴) با بررسی تنش کم آبی بر ۳ ژنوتیپ سورگوم علوفه‌ای KFS₂، KGS₆ و KGS₁₇ گزارش کردند که ژنوتیپ KGS₆ در صفات اندازه‌گیری شده فیزیولوژیکی بیش‌ترین مقدار را داشت. با این وجود بیش‌ترین عملکرد مربوط به ژنوتیپ‌های KFS₂ و KGS₁₇ بود. معاونی و حیدری (۱۳۸۳) سورگوم علوفه‌ای رقم اسپیدفید را در سه دور آبیاری ۴، ۷ و ۱۰ روز مورد بررسی قرار دادند. نتایج به دست آمده نشان داد که علوفه تر در سطح آبیاری ۴، ۷ و ۱۰ روز در یک گروه قرار داشتند در حالی که پس از خشک کردن، میزان علوفه خشک در سطح آبیاری اول، با ۳۷/۱۳ تن در هکتار بیش‌ترین مقدار را به خود اختصاص داد. به‌طور کلی در آزمایش ۷ روز یک‌بار میانگین وزن علوفه تر و خشک به‌ترتیب ۱۰۳/۵ و ۳۳/۲ تن در هکتار بود. برای آزمایش ۱۴ روز یک‌بار آبیاری میانگین مقادیر وزن علوفه تر و خشک به‌ترتیب ۸۲/۹ و ۲۳/۶ تن در هکتار بود. در آزمایش ۲۱ روز یک‌بار آبیاری میانگین عملکرد علوفه تر و خشک به‌ترتیب ۶۶/۲ و ۱۳/۴ تن در هکتار بود. بنابراین با افزایش دور آبیاری از ۷ به ۱۴ روز، ۲۰ درصد عملکرد علوفه تر و ۲۹ درصد عملکرد علوفه خشک کاهش یافت. با افزایش دور آبیاری از ۷ به ۲۱ روز کاهش ۳۶ درصدی عملکرد علوفه تر و ۶۰ درصدی عملکرد علوفه خشک ملاحظه گردید. با افزایش میزان تنش از ۱۴ به ۲۱ روز آبیاری کاهش ۲۰ درصدی عملکرد علوفه تر و ۴۳ درصدی عملکرد علوفه خشک مشاهده گردید. این اختلاف می‌تواند ناشی از کاهش توانایی ژنوتیپ‌ها در جذب عناصر غذایی و ساخت و انتقال مواد پرورده در اثر کمبود آب باشد، که باعث تجمع ماده خشک گیاه شده است. کاهش وزن خشک اندام‌های هوایی و کاهش تولید مواد فتوسنتزی در اثر محدودیت آب توسط حاجی بابایی و عزیزی (۱۳۹۳) که کاهش ۴۴ درصدی عملکرد علوفه خشک را با تغییر دور آبیاری از نرمال به حالت شدید را در ذرت علوفه‌ای ملاحظه کردند، گزارش شده است. به احتمال زیاد

تغییر در مناطق کشت مهم‌ترین عامل در ایجاد این اختلاف در نتایج می‌باشد و از طرفی تنش شدید هر ۲۱ روز آبیاری باعث شده این موضوع شده است، چرا که در شرایط عدم تنش (هر ۷ روز یکبار آبیاری) عملکرد علوفه خشک در چین اول بیش‌تر از چین دوم بود. نتایج نشان داد که در آزمایش ۷ روز یکبار آبیاری کمترین عملکرد علوفه‌تر در چین اول در ژنوتیپ KFS_{18} (۹۲/۷ تن در هکتار) به دست آمد و در بین دیگر ژنوتیپ‌ها در چین‌های مختلف تفاوتی از نظر مقدار علوفه‌تر مشاهده نشد (جدول ۵). در آزمایش ۱۴ روز یکبار آبیاری کم‌ترین عملکرد علوفه‌تر در چین دوم در ژنوتیپ KFS_7 (۶۳/۷ تن در هکتار) مشاهده گردید. در بین دیگر ژنوتیپ‌ها در چین‌های مختلف تفاوتی از نظر مقدار علوفه‌تر مشاهده نشد (جدول ۴). در شرایط تنش آبیاری ۱۴ روز یکبار در چین اول و دوم به‌ترتیب در ژنوتیپ‌های KFS_{16} (۳۰ تن در هکتار) و KFS_{18} (۲۵/۷ تن در هکتار) بیش‌ترین عملکرد علوفه خشک به دست آمد (جدول ۵). عملکرد علوفه تحت تأثیر اندام‌هایی چون ساقه و برگ قرار دارد. ارقامی که دارای توانایی بالا در تولید تعداد برگ بیش‌تر باشند و این برگ‌ها را در مرحله برداشت نگه دارند دارای وزن علوفه‌تر و خشک بالاتری نیز هستند در این تحقیق ژنوتیپ KFS_{13} دارای ارتفاع بالا و همچنین تعداد برگ بالایی می‌باشد.

جدول ۵: مقایسه میانگین برهمکنش ژنوتیپ و چین برای صفات مورد ارزیابی در ۷ و ۱۴ روز یکبار آبیاری

آبیاری	ژنوتیپ	تعداد روز تا گلدهی		تعداد برگ در بوته		ارتفاع بوته (سانتی‌متر)		عملکرد علوفه تر (تن در هکتار)		عملکرد علوفه خشک (تن در هکتار)	
		چین اول	چین دوم	چین اول	چین دوم	چین اول	چین دوم	چین اول	چین دوم	چین اول	چین دوم
۷ روز	KFS2	۶۳b	۷۷ab	۱۸a	۱۰c	۱۳۱/۵bc	۱۱۱/۹c	۱۰۳/۷ab	۹۱a	۳۷/۳a	۲۹/۳ab
	KFS6	۶۵ab	۷۸a	۱۲abc	۱۱c	۱۲۸/۲bc	۱۱۶/۲c	۱۱۱/۷a	۹۴/۷a	۴۰/۷a	۳۴/۳a
	KFS7	۶۵ab	۷۸a	۱۴abc	۱۳abc	۱۴۳/۱b	۱۱۵/۴c	۱۱۷/۷a	۱۰۵/۷a	۳۳a	۲۷/۷b
	KFS8	۶۷ab	۶۷ab	۱۷ab	۱۳abc	۱۱۹/۷bc	۱۱۵/۸c	۱۰۹a	۱۰۵/۳a	۳۳/۳a	۳۱/۷a
	KFS11	۶۸a	۷۷ab	۱۷ab	۱۲abc	۱۲۱/۱bc	۱۰۹/۳c	۱۰۹/۷a	۱۰۴a	۳۲/۷ab	۳۳a
	KFS13	۶۸a	۷۵ab	۱۷ab	۱۰c	۱۸۱/۷a	۱۲۵/۹bc	۱۰۸a	۹۴/۷a	۳۴a	۲۶/۳a
	KFS16	۶۷ab	۷۸a	۱۸ab	۱۳abc	۱۷۶/۰a	۱۲۲/۱bc	۱۰۰/۳ab	۹۷/۳a	۳۶a	۳۴/۳a
	KFS18	۶۶ab	۷۷ab	۱۴abc	۱۲abc	۱۷۶/۱a	۱۲۵/۹bc	۹۲/۷b	۱۱۰/۳a	۲۶b	۳۱/۷a
۱۴ روز	KFS2	۷۷/۳a	۸۴/۳a	۱۵/۳۵b	۱۲/۶۵b	۱۱۵/۶b	۱۱۵/۶b	۸۶/۷a	۸۷a	۲۶/۷a	۲۵/۳a
	KFS6	۸۰/۰a	۸۶/۰a	۱۵/۱b	۱۲/۷b	۱۱۶/۱b	۱۱۶/۱b	۸۰/۷ab	۸۰/۷ab	۲۵a	۱۸/۳ab
	KFS7	۷۶/۳a	۸۶/۰a	۱۴/۶b	۱۱/۴۵b	۱۱۶/۵b	۱۱۶/۵b	۸۴/۷a	۶۳/۷b	۲۸/۷a	۱۴/۷b
	KFS8	۸۲/۳a	۸۶/۰a	۱۶/۵۵a	۱۱/۰۵a	۱۴۵/۹a	۱۴۵/۹a	۷۵/۷ab	۷۸/۷ab	۱۸b	۱۵/۳b
	KFS11	۷۶/۷a	۸۴/۳a	۱۶/۱۵ab	۱۱/۵ab	۱۲۶/۴ab	۱۲۶/۴ab	۸۹/۷a	۷۹ab	۲۳/۳a	۲۰a
	KFS13	۷۶/۷a	۸۴/۳a	۱۶b	۱۲/۷b	۱۱۹/۹b	۱۱۹/۹b	۸۶/۳a	۸۰/۳ab	۲۳/۳a	۲۵a
	KFS16	۷۷/۲b	۸۴/۳b	۱۵/۳۵b	۱۲/۵b	۱۲۰/۴b	۱۲۰/۴b	۸۸/۷a	۸۶/۷a	۳۰a	۲۲/۳a
	KFS18	۷۶/۷b	۸۴/۳b	۱۲/۶۵b	۱۲/۳۵b	۱۲۵/۲b	۱۲۵/۲b	۸۷a	۹۱a	۲۶a	۲۵/۷a

در هر ستون میانگین‌های دارای حرف مشترک بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال یک درصد نشان از عدم اختلاف معنی‌دار می‌باشد.

بنابراین با افزایش میزان تنش توانایی گیاه برای افزایش تجمع مواد فتوسنتزی در اندام‌های سبز خود از جمله برگ و ساقه کاهش یافته که نتیجه آن کاهش عملکرد علوفه‌تر و خشک می‌باشد. به‌طور کلی

ژنوتیپ‌هایی که دارای علوفه‌تر بالاتری هستند، علوفه خشک تولید بالاتری نیز دارند که نتایج این تحقیق نیز نشان دهنده این موضوع می‌باشد. عکس العمل گیاه در برابر تنش آب با فعالیت متابولیکی، مورفولوژیکی، مرحله رشد و عملکرد پتانسیل گیاه در ارتباط است (نباتی، ۱۳۸۳). موسوی و همکاران (۱۳۸۸) بیان کردند که که کاهش میزان آبیاری تا حد اعمال تنش شدید و تنش متوسط عملکرد علوفه خشک را به ترتیب ۶۲/۶ درصد و ۱۵/۵ درصد نسبت به تیمار بدون شاهد کاهش داد. نتایج مشابهی در خصوص تأثیر منفی تنش کم آبی بر عملکرد علوفه تر توسط Saeed and El-Nadi (۱۹۹۸) گزارش شده است. ولی در صورتی که هدف نهائی از افزایش فواصل آبیاری به حداکثر رسانیدن سود یا حفظ ثبات تولید گیاه زراعی باشد، می‌تواند به عنوان یک استراتژی ارزشمند و مهم مورد توجه قرار گیرد. ارقامی که توانایی تولید عملکرد علوفه تر و خشک بالاتری در شرایط تنش رطوبتی باشند در ارجعیت کشت خواهند بود و انتخاب این ارقام جهت اصلاح ارقام جدید متحمل به تنش خشکی در اولویت می‌باشد.

نتایج T^2 - هتلینگ بین آزمایش‌های مورد بررسی

به منظور مقایسه سه آزمایش ۷، ۱۴ و ۲۱ روز یکبار آبیاری با یکدیگر از آزمون T^2 هتلینگ استفاده شد. نتایج آزمون T^2 هتلینگ نشان داد که در مقایسه اول بین آزمایش‌های ۷ و ۱۴ روز یکبار مقدار T^2 محاسبه شده برابر با ۵۲/۴۲ بود، در مقایسه بین آزمایش‌های ۷ و ۲۱ روز یکبار مقدار T^2 محاسبه شده برابر با ۰/۰۰۲ بود و در مقایسه دوم بین آزمایش‌های ۱۴ و ۲۱ روز یکبار مقدار T^2 محاسبه شده برابر با ۰/۰۴۲ بود (جدول ۶) که این مقادیر بین سه سری مقایسه نشان از تفاوت بسیار معنی‌دار در سه آزمایش می‌باشد. با توجه به تفاوت دور آبیاری در ۳ آزمایش معنی‌دار بودن تفاوت دو به دو آزمایشات امری طبیعی به نظر می‌رسد. استفاده از آزمون T^2 - هتلینگ برای مقایسه دو آزمایش چند متغیره توسط سایر محققین صورت پذیرفته است (ربیعی و رحیمی، ۱۳۸۸ و اله قلی‌پور و همکاران، ۱۳۸۳).

جدول ۶: نتایج T^2 هتلینگ بین آزمایش‌های مورد بررسی

آبیاری (روز)	T^2 -Hotelling	F
۱۴ و ۷	۵۲/۴۱	۵۹/۸۹**
۲۱ و ۷	۰/۰۰۲	۷۵/۶**
۲۱ و ۱۴	۰/۰۴۲	۲۶/۲۴**

شاخص‌های STI و SSI

ارزیابی ژنوتیپ‌های سورگوم علوفه‌ای از نظر تحمل به خشکی در شرایط تنش و بدون تنش و اثر آن بر صفات زراعی مختلف در برنامه‌های اصلاحی حائز اهمیت است. نتایج این تحقیق نشان داد که شاخص حساسیت به تنش (SSI) در بین آزمایشات ۷ و ۱۴ روز یکبار آبیاری ژنوتیپ‌های KFS_{18} ، KFS_2 و KFS_{16} دارای کم‌ترین مقدار بودند که احتمالاً این ژنوتیپ‌ها دارای تحمل نسبی به تنش خشکی می‌باشند (جدول ۷). اگر چه پایین بودن مقادیر این شاخص حساسیت برای ارزیابی ژنوتیپ‌ها مطلوب است، اما صرفاً پایین بودن مقادیر شاخص SSI ژنوتیپ به منزله مناسب بودن آن جهت انتخاب در شرایط تنش نیست، زیرا ژنوتیپ‌هایی یافت می‌شوند که علیرغم حساسیت کم در شرایط تنش عملکرد آن‌ها نیز پایین است. با توجه به عملکرد در شرایط بدون تنش و شرایط تنش می‌توان ژنوتیپ‌ها را به ۴ گروه A (عملکرد بالاتر از میانگین در هر دو شرایط تنش و بدون تنش)، B (عملکرد بالاتر از میانگین در شرایط بدون تنش)، C (عملکرد بالاتر از میانگین در شرایط تنش) و D (عملکرد پایین‌تر از میانگین در هر دو شرایط تنش و بدون تنش) تفکیک نمود (Fernandez, 1992). به نظر Fernandez (۱۹۹۲) بهترین معیار آن است که بتواند گروه A را از سایر گروه‌ها متمایز سازد. با استفاده از شاخص SSI فقط می‌توان ژنوتیپ‌های حساس و متحمل را بدون توجه به پتانسیل عملکرد آن‌ها مشخص کرد. در این آزمایش ژنوتیپ KFS_{18} به‌عنوان ژنوتیپ متحمل شناخته شد در حالی که عملکرد آن در شرایط بدون تنش (۲۸/۸ تن در هکتار) پایین‌تر از میانگین عملکرد ژنوتیپ‌های مورد مطالعه (۳۳/۱ تن در هکتار) است. بنابراین ژنوتیپ KFS_{18} نه به دلیل تولید عملکرد بالا، بلکه فقط به علت پایین بودن درصد تغییر عملکرد، به وسیله این شاخص به عنوان متحمل‌ترین ژنوتیپ معرفی شد. با بررسی شاخص SSI در شرایط ۲۱ روز آبیاری مشخص شد ژنوتیپ KFS_{11} (۰/۸۱۴) و KFS_{18} (۰/۸۸۷) دارای کم‌ترین مقدار بودند. بنابراین در این سطح از تنش این ژنوتیپ‌ها به خشکی متحمل هستند (جدول ۷). هر دو ژنوتیپ دارای عملکرد بالاتر از میانگین ژنوتیپ‌ها در شرایط تنش و کم‌تر از میانگین عملکرد ژنوتیپ‌ها در شرایط بدون تنش بوده، لذا این ژنوتیپ‌ها در گروه C مدل فرناندز (۱۹۹۲) قرار می‌گیرند. خزائی و فومن (۱۳۹۱) در تحقیقی رقم سپیده و ژنوتیپ KGS_{19} که توسط شاخص SSI متحمل معرفی شده بود را در گروه C مدل فرناندز قرار دادند. عملکرد علوفه تر و خشک تمامی ژنوتیپ‌های مورد بررسی در شرایط دور آبیاری ۱۴ و ۲۱ روز یکبار نسبت به آبیاری نرمال (۷ روز) با کاهش مواجه شده است. کلیه ژنوتیپ‌های مورد بررسی در شرایط تنش نسبت به شرایط نرمال با کاهش ارتفاع بوته و تعداد برگ مواجه شده‌اند به نظر می‌رسد

صفاتی نظیر ارتفاع بوته و تعداد برگ در این کاهش سهیم باشند. کاهش ارتفاع بوته در شرایط خشکی ناشی از کاهش تقسیم سلولی و اثرات کاهش فشار اسمزی و درون سلولی می‌باشد. به موازات افزایش تنش خشکی اختلال در فتوسنتز و کاهش انتقال مواد فتوسنتزی به اندام‌های در حال رشد رخ می‌دهد. کاهش تعداد برگ ژنوتیپ‌ها با توجه به کاهش سطح برگ گیاه در شرایط تنش می‌تواند سهم زیادی در کاهش عملکرد علوفه داشته باشد. در شرایط تنش کاهش ماده خشک می‌تواند به دلیل فشار آماس سلول ناشی از کاهش سطح برگ گیاه همچنین کاهش نرخ فتوسنتزی به دلیل محدودیت‌های بیوشیمیایی ناشی از کمبود آب از قبیل کاهش رنگدانه‌های فتوسنتزی به‌خصوص کلروفیل‌ها باشد (Hong-bo et al., 2008).

جدول ۷: عملکرد علوفه خشک در شرایط بدون تنش و تنش با دور آبیاری هر ۱۴ روز و هر ۲۱ روز یکبار آبیاری و

شاخص‌های SSI و STI ژنوتیپ‌های مورد مطالعه

ژنوتیپ‌ها	آبیاری هر ۷ روز			آبیاری هر ۱۴ روز			بین آزمایشات	
	یکبار			یکبار			۷ و ۲۱ روز آبیاری	
	عملکرد علوفه خشک (تن در هکتار)	عملکرد علوفه خشک (تن در هکتار)	عملکرد علوفه خشک (تن در هکتار)	عملکرد علوفه خشک (تن در هکتار)	عملکرد علوفه خشک (تن در هکتار)	عملکرد علوفه خشک (تن در هکتار)	SSI	STI
KFS ₂	۳۳/۳b	۲۶a	۱۰/۲ ab	۰/۷۶۴	۰/۷۸۹	۱/۱۶	۰/۳۰۹	۰/۳۰۹
KFS ₆	۳۷/۵a	۲۱/۷ab	۹/۸b	۱/۴۶	۰/۷۴۱	۱/۲۴	۰/۳۳۴	۰/۳۳۴
KFS ₇	۳۰/۳b	۲۱/۷ab	۱۲/۸a	۰/۹۷	۰/۵۸۹	۰/۹۶۹	۰/۳۵۳	۰/۳۵۳
KFS ₈	۳۲/۵b	۲۱/۷ab	۱۳/۵a	۱/۱۵	۰/۶۴۲	۰/۹۸۱	۰/۴۰۱	۰/۴۰۱
KFS ₁₁	۳۲/۸b	۲۱/۷ab	۱۶/۷a	۱/۱۷	۰/۶۴۸	۰/۸۱۴	۰/۵۰۲	۰/۵۰۲
KFS ₁₃	۳۵/۲a	۲۴/۲a	۱۶/۲a	۱/۰۳	۰/۷۷۱	۰/۹۰۶	۰/۵۱۹	۰/۵۱۹
KFS ₁₆	۳۵/۲a	۲۶/۲a	۱۴/۷a	۰/۸۹۱	۰/۸۴۲	۰/۹۸۷	۰/۴۷۱	۰/۴۷۱
KFS ₁₈	۲۸/۸b	۲۵/۸a	۱۳/۳a	۰/۲۶۶	۰/۶۶۳	۰/۸۸۷	۰/۳۴۱	۰/۳۴۱

Fernandez (۱۹۹۲) شاخص تحمل به تنش (STI) را برای انتخاب ژنوتیپ‌هایی متحمل به خشکی معرفی کرد که مقدار بالای آن نشان‌دهنده تحمل ژنوتیپ‌ها است. نتایج حاصل از ارزیابی تحمل به خشکی ژنوتیپ‌های سورگوم مورد مطالعه بر اساس این شاخص (جدول ۷) بیانگر آن بود که در سطح تنش هر ۱۴ روز یکبار آبیاری ژنوتیپ‌های KFS₁₆ و KFS₂ بیش‌ترین مقدار شاخص تحمل را داشتند. دو ژنوتیپ KFS₁₆ و KFS₂ به‌ترتیب با متوسط عملکرد علوفه خشک ۳۵/۲ و ۳۳/۳ تن در هکتار در شرایط بدون تنش و ۲۶/۲ و ۲۶ تن در هکتار در شرایط تنش (هر ۱۴ روز یکبار آبیاری) از عملکرد بالاتری از میانگین عملکرد کلیه ژنوتیپ‌های مورد مطالعه سورگوم برخوردار بودند و بر اساس مدل فرناندز در گروه A قرار می‌گیرند. بنابراین این‌گونه به نظر می‌رسد این ژنوتیپ‌ها دارای تحمل بیش‌تری در مقایسه با دیگر ژنوتیپ‌ها باشند (جدول ۷). در شرایط تنش ۲۱ روز آبیاری و بدون تنش نتایج شاخص STI حاکی از آن است که ژنوتیپ‌های KFS₁₁، KFS₁₆ و KFS₁₃ دارای بیش‌ترین مقادیر این شاخص بوده و از عملکرد مطلوبی برخوردار بوده، لذا متحمل‌ترین ژنوتیپ‌ها

شناخته شدند. خزایی (۱۳۹۰) با ارزیابی لاین‌های امیدبخش سورگوم علوفه‌ای در شرایط تنش خشکی گزارش کرد که براساس شاخص‌های تحمل به تنش STI، GMP و MP لاین‌های KFS₃ و KFS₂ به عنوان مناسب‌ترین ژنوتیپ‌ها در شرایط تنش خشکی تعیین شدند. Shirazi Kharrazi and Naroui Rad (۲۰۱۱) با بررسی ۷ ژنوتیپ سورگوم دانه‌ای در شرایط تنش خشکی گزارش کردند که ژنوتیپ KGS₃ متحمل‌ترین ژنوتیپ به تنش خشکی معرفی شد. شاخص MP برای غربال ژنوتیپ‌های متحمل از سایر شاخص‌ها موفق‌تر بود.

نتیجه‌گیری

با افزایش دور آبیاری از ۷ به ۲۱ روز آبیاری کاهش ۱۲ درصدی ارتفاع بوته، ۲۱ درصدی تعداد برگ در بوته، ۳۶ درصدی عملکرد علوفه تر، ۶۰ درصدی عملکرد علوفه خشک و افزایش ۱۷ درصدی تعداد روز تا ۵۰ درصد گل‌دهی شد. بنابراین با افزایش دور آبیاری از ۷ به ۲۱ روز آبیاری نیز خصوصیات رشدی گیاه سورگوم علوفه‌ای کاهش نسبتاً شدیدتری نسبت به دور آبیاری ۱۴ روز یکبار می‌باشد. نتایج شاخص SSI نشان داد که در شرایط ۱۴ روز آبیاری ژنوتیپ‌های KFS₂ و KFS₁₆ و در شرایط ۲۱ روز آبیاری ژنوتیپ‌های KFS₁₁ و KFS₁₈ دارای کم‌ترین مقدار این شاخص بوده و دارای تحمل نسبی به تنش خشکی می‌باشند. بر اساس شاخص STI، در آزمایش ۱۴ روز یکبار آبیاری، ژنوتیپ‌های KFS₁₆ و KFS₂ و در شرایط ۲۱ روز آبیاری ژنوتیپ‌های KFS₁₁، KFS₁₃ و KFS₁₆ بیش‌ترین مقدار شاخص تحمل را داشتند و متحمل‌ترین ژنوتیپ‌ها شناخته شدند. در مجموع با توجه به شاخص‌های SSI و STI و عملکرد علوفه خشک بالاتر از میانگین کل ژنوتیپ‌ها در شرایط تنش، ژنوتیپ‌های KFS₁₈، KFS₁₆ و KFS₂ به عنوان ژنوتیپ‌های برتر از نظر تحمل به تنش خشکی در شهرستان شوشتر شناخته و برای تحقیقات بیش‌تر توصیه شدند.

منابع

- احسانی، م.، نوری‌نیا، ع.، بخشی‌خانیک، غ. و احسانی، ج. ۱۳۹۲. تأثیر سطوح مختلف تنش شوری و همزیستی با قارچ میکوریز آربوسکولار بر عملکرد و برخی صفات مورفولوژیکی سورگوم (*Sorghum bicolor* L.). فصلنامه پژوهش‌های علوم زراعی. جلد ۸ شماره ۲، ص ۱ تا ۹.
- اله قلی‌پور، م.، محمد صالحی، م.ص.، و عبادی، ع.ا. ۱۳۸۳. بررسی تنوع ژنتیکی و طبقه‌بندی ارقام مختلف برنج. مجله علوم کشاورزی ایران. جلد ۳۵ شماره ۴، ص ۹۷۳ تا ۹۸۱.
- حاجی بابائی، م.، و عزیزی، ف. ۱۳۹۳. اثر رژیم‌های آبیاری بر ویژگی‌های مورفوفیزیولوژیکی و عملکرد هیبریدهای ذرت علوفه‌ای. مجله فیزیولوژی گیاهان زراعی. جلد ۶ شماره ۲۲، ص ۸۹ تا ۱۰۰.

- خزایی، ع. ۱۳۹۰. ارزیابی واکنش لاین‌های امید بخش سورگوم علوفه‌ای در شرایط تنش خشکی. مجله اکوفیزیولوژی گیاهان زراعی. جلد ۳ شماره ۳، ص ۲۳۴ تا ۲۴۷.
- خزایی، ع.، و فومن، ع. ۱۳۹۱. ارزیابی تحمل به خشکی در ارقام و لاین‌های پیشرفته سورگوم دانه‌ای در شرایط تنش کم آبیاری. مجله الکترونیک تولید گیاهان زراعی. جلد ۵ شماره ۳، ص ۶۳ تا ۸۰.
- ربیعی، ب. و رحیمی، م. ۱۳۸۸. ارزیابی روش‌های گروه‌بندی ژنوتیپ‌های کلزا با استفاده از تجزیه تابع تشخیص خطی فیشر. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی. جلد ۱۳ شماره ۴۷، ص ۵۴۲ تا ۵۲۸.
- فومن، ع. ۱۳۸۹. زراعت و اصلاح سورگوم. انتشارات موسسه تحقیقات و اصلاح و تهیه نهال و بذر. ۱۲۹ صفحه.
- قهرمانی، م.، عبادی، ع.، پرمون، ق. و جهانبخش، س. ۱۳۹۴. بررسی اثر تنش کم آبی بر شاخص‌های فتوسنتزی و عملکرد علوفه ژنوتیپ‌های سورگوم علوفه‌ای (*Sorghum bicolor* L.). فصلنامه علمی تخصصی فیزیولوژی گیاهان زراعی. جلد ۷ شماره ۲۵، ص ۵۹ تا ۷۴.
- عبادوز، غ. ر. و راهنما، ع. ۱۳۸۸. تعیین بهترین زمان برداشت سورگوم علوفه‌ای رقم شوگر گریز با استفاده از شاخص‌های فیزیولوژیک رشد. فصلنامه علمی تخصصی فیزیولوژی گیاهان زراعی. جلد ۱ شماره ۳، ص ۸۹ تا ۱۰۰.
- نباتی، ج. ۱۳۸۳. اثر فواصل آبیاری بر خصوصیات زراعی، مورفولوژیکی و کیفی ارزن، سورگوم و ذرت علوفه‌ای. پایان نامه کارشناسی ارشد دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد.
- مقیم، ن. و امام، ی. ۱۳۹۲. بررسی ویژگی‌های مورفوفیزیولوژیک و عملکرد دو رقم سورگوم علوفه‌ای، تحت تنش کم آبی و سطوح نیتروژن. تنش‌های محیطی در علوم زراعی. جلد ۶ شماره ۱، ص ۲۷ تا ۳۶.
- معاونی، پ. و حیدری، ی. ۱۳۸۳. تأثیر تراکم کاشت و دور آبیاری بر عملکرد و برخی صفات فیزیولوژیکی در سورگوم علوفه‌ای. مجله علوم زراعی ایران. جلد ۶ شماره ۴، ص ۳۷۴ تا ۳۸۲.
- موسوی، س. غ. ر.، میرهادی، م. ج.، سیادت، س. ع.، نورمحمدی، ق. و درویش، ف. ۱۳۸۸. تأثیر تنش کم آبی و کود نیتروژن بر عملکرد و راندمان مصرف آب سورگوم و ارزن علوفه‌ای. مجله دانش نوین کشاورزی. شماره ۱۵، ص ۱۰۱ تا ۱۱۴.

Alderfasi, A. A., Selim, M. M. and Alhammad, B. A. 2016. Evaluation of Plant Densities and Various Irrigation Regimes of Sorghum (*Sorghum bicolor* L.) under Low Water Supply. Journal of Water Resource and Protection, 8: 1-11.

Ayub, M., Nadeem, M. A., Tanvir, A., Tahir, M. and Khan, R. M. A. 2007. Interactive effect of different nitrogen levels and seeding rates on fodder yield and quality of pearl millet. Pakistan Journal of Agricultural Science, 44: 592-596.

Fernandez, G. C. J. 1993. Effective selection criteria for assessing plant stress tolerance. PP. 257-270. In: C.G. Kuo (Ed.), Adaptation of Food Crops to Temperature and Water Stress, AVRDC, Shanhua, Taiwan.

Fischer, R. A. and R. Maurer. 1978. Drought tolerance in spring wheat cultivars. I. Grain yield responses. Australian Journal of Agricultural Research, 29: 897-912.

Habyarimana, E., Laureti, D., De Ninno, M. and Lorenzoni, C. 2004. Performances of biomass sorghum under different water regimes in Mediterranean region. Ind. Crop Production, 20: 23-28.

Hong-Bo S., Li-Ye C., Cheruth A. J., and Chang-Xing Z. 2008. Water deficit stress-induced anatomical changes in higher plants. Current Research in Biologies, 331: 215-225.

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.

Shirazi Kharrazi, M. A. and Narouei Rad, M. R. 2011. Evaluation of sorghum genotypes under drought stress conditions using some stress tolerance indices. African Journal of Biotechnology, 10 (61): 13086-13089.

Smith, C.W. and Fredriksen, R. A. 2000. Sorghum: Origin, History, Technology and Production. John Wiley & Sons, Inc.