تنش‌های محیطی در علوم زراعی
Environmental Stresses in Crop Sciences
جلد پانزدهم، شماره اول، بهار ۱۴۰۱

http://dx.doi.org/10.22077/escs.2020.3860.1931

مقاله پژوهشی

بررسی و مقایسه عملکرد ژنوتیپ‌های سورگوم علوفه‌ای تحت شرایط تنش رطوبتی در منطقه جنوب کرمان

مرتضی اشراقی‌نژاد[1*]، سید محمد علوی سینی[1]، احمد آئین[1]

۱. استادیار پژوهشی بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی جنوب استان کرمان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، جیرفت، ایران

مشخصات مقاله

واژه‌های کلیدی:
آبیاری
اسپیدفید
عملکرد علوفه
کارایی مصرف آب

تاریخ دریافت:
۱۳۹۹/۰۸/۲۱

تاریخ پذیرش:
۱۳۹۹/۱۰/۰۲

تاریخ انتشار:
بهار ۱۴۰۱
۱۵(۱): ۳۱-۴۱

چکیده

سورگوم (*Sorghum bicolor*) گیاهی است که در تأمین خوراک انسان، دام و طیور اهمیت دارد. این گیاه مناسب کشت در مناطق خشک است. با توجه به کاهش منابع آبی و مصرف بیشتر آب در زراعت ذرت، جایگزینی آن با سورگوم در منطقه جنوب استان کرمان ضروری است. به‌منظور شناسایی مناسب‌ترین رقم سورگوم متحمل به خشکی، آزمایشی دوساله به‌صورت استریپ‌پلات در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال‌های زراعی ۱۳۹۷ و ۱۳۹۸ انجام شد. عامل عمودی شامل رژیم آبیاری بر اساس میزان تبخیر از سطح تشتک تبخیر کلاس A در چهار سطح (۹۰، ۱۳۰، ۱۸۰ و ۲۲۰ میلی‌متر) و فاکتور افقی شامل ژنوتیپ‌های سورگوم در چهار سطح (ارقام اسپیدفید، پگاه، لاین‌های KFS18 و KFS2) بود. نتایج نشان داد که رقم اسپیدفید در تیمار آبیاری پس از ۹۰ میلی‌متر تبخیر از سطح تشتک تبخیر با عملکرد علوفه‌تر ۲۹۸/۴۲ تن در هکتار دارای بیشترین عملکرد علوفه‌تر بود. لاین KFS18 در شرایط آبیاری پس از ۲۲۰ میلی‌متر تبخیر، کمترین عملکرد علوفه‌تر را تولید نمود (۱۴۲/۴۹ تن در هکتار). رقم اسپیدفید با میانگین ۴۱/۶۹ تن در هکتار بیشترین عملکرد علوفه خشک را داشت و لاین KFS18 با میانگین ۳۱/۱۷ تن در هکتار کمترین عملکرد علوفه خشک را تولید نمود. بیشترین و کمترین عملکرد علوفه خشک نیز به ترتیب در رژیم آبیاری پس از ۹۰ و ۱۳۰ میلی‌متر به دست آمد (به ترتیب ۴۶/۲۲ و ۳۹/۷۰ تن در هکتار). ازنظر کارایی مصرف آب بین سطوح اول (۴/۷۶ کیلوگرم بر مترمکعب) و دوم (۴/۴۹ کیلوگرم بر مترمکعب) رژیم آبیاری اختلاف آماری معنی‌داری وجود نداشت. با توجه به نتایج آزمایش می‌توان رقم اسپیدفید با آبیاری پس از ۱۳۰ میلی‌متر تبخیر را برای تولید علوفه در منطقه پیشنهاد نمود.

مقدمه

کشور ایران با میانگین نزولات جوی ۲۴۰ میلی‌متر در سال، جزء مناطق خشک و نیمه‌خشک طبقه‌بندی می‌گردد. یکی از اساسی‌ترین مسائل کشور موضوعات آب و آبیاری است (Emam et al. 2013). گیاهان زیادی جهت تولید علوفه کشت می‌گردد که در بین آن‌ها گیاهان متعلق به دو خانواده غلات و لگومینوز بیشتر از بقیه مورداستفاده قرار می‌گیرند. بخش عمده‌ای از علوفه موردنیاز دامداری‌های کشور از یونجه و ذرت علوفه‌ای تأمین می‌شود. این دو محصول علوفه‌ای نیاز آبی نسبتاً زیادی دارند. در بین گیاهان علوفه‌ای خانواده غلات، سورگوم با توجه به ظرفیت تولید بالا، سازگاری با شرایط اقلیمی مختلف و مصارف گوناگون آن، جایگاه ویژه‌ای دارد (Fooman, 2011).

سورگوم زراعی با نام علمی *Sorghum bicolor* (L.) Moench گیاهی از خانواده غلات است که ازنظر اهمیت بین غلات در دنیا بعد از گندم، برنج، ذرت و جو در مقام پنجم قرار دارد (Tesfaye, 2017). سطح زیر کشت سورگوم در جهان بیش از ۴۰ میلیون هکتار (FAO, 2018) و در ایران در سال ۱۳۹۷ حدود ۳۷ هزار هکتار بود. بیشتر سطح زیرکشت سورگوم در ایران به ارقام علوفه‌ای آن اختصاص دارد. با توجه به فصل رشد محدود در کشور، می‌توان از سورگوم به‌صورت

* نگارنده پاسخگو: مرتضی اشراقی‌نژاد. پست الکترونیک: m.eshraghi@areeo.ac.ir

سیلو شده در جیره دام‌های شیری و پرواری استفاده نمود و بخشی از نیاز به علوفه یا سیلاژ موردنیاز دام‌ها را تأمین کرد. از ارقام علوفه‌ای اصلاح‌شده داخلی می‌توان به پگاه، اسپیدفید و بهشت اشاره نمود (Khazaei et al, 2019). این گیاه به دلیل مقاومت در برابر خشکی، مناسب کشت در شرایط کم‌آبیاری است. در ارقام چند چین سورگوم، بسته به شرایط می‌توان چند بار علوفه سبز برداشت کرد و در طول سال از آن به‌صورت تازه‌خوری (سبز) یا خشک‌شده به‌جای یونجه استفاده نمود. (Mousavi Fazl, 2018).

سورگوم نسبت به ذرت تحمل بیشتری به تنش خشکی دارد، بنابراین می‌تواند جایگزین بهتری برای ذرت در مناطق خشک و کم‌آب باشد (Amaral et al., 2003). سورگوم کم‌تر از ذرت به آب نیاز دارد و در مناطق خشک که آب‌شور دارند، علوفه ایده‌آلی است (Gholami and AmirSadeghi, 2018). این گیاه کارایی مصرف آب بالایی دارد و به دلیل تحمل زیاد در شرایط خشکی و شوری خاک از ظرفیت تولید بالایی نیز برخوردار است. طول دوره رشد سورگوم بین ۱۱۰ تا ۱۳۰ روز است (Fooman, 2011). آب موردنیاز سورگوم بسته به طول دوره رشد و پتانسیل تبخیر منطقه بین ۴۵۰۰ تا ۷۵۰۰ مترمکعب در هکتار متغیر است. تنش کم‌آبی از مهم‌ترین عوامل محیطی اثرگذار بر عملکرد و کیفیت علوفه در گیاهان علوفه‌ای محسوب می‌شود (Berenguer and Faci, 2001). پژوهش‌هایی در خصوص مقاومت ارقام سورگوم پگاه و اسپیدفید به تنش کم‌آبی انجام شده است. بر اساس نتایج حبیبی و همکاران (Habibi et al, 2013) اثر تنش خشکی و رقم بر درصد پروتئین، الیاف خام و خاکستر معنی‌دار بود؛ به‌طوری‌که میانگین مقادیر این صفات در رقم پگاه بیش از اسپیدفید بود. در آزمایش دیگری در خرم‌آباد از میان هشت رقم و هیبرید مختلف، هیبرید اسپیدفید با عملکرد علوفه‌تر ۱۷۶/۸۲۵ تن در هکتار و با عملکرد علوفه خشک ۳۲/۶۰۵ تن در هکتار بالاترین عملکرد را داشت (Lomi and Sabzi, 1992). سورگوم احتیاج به حدود پنج تا هفت هزار مترمکعب در هکتار آب در پنج تا هفت دور آبیاری دارد (Chatterjee and Das, 1989). بررسی اثر تنش خشکی بر عملکرد ارقام سورگوم علوفه‌ای در یزد نشان داد که تنش خشکی بر عملکرد سورگوم اثر معنی‌دار دارد؛ به‌طوری‌که عملکرد علوفه‌تر و خشک تحت اثر تنش قرارگرفته و نسبت به تیمار بدون تنش به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. همچنین اثر تنش کمبود آب بر ارقام نیز متفاوت و معنی‌دار بوده است. اختلاف ارقام نیز ازنظر اثر تنش خشکی بر تولید و سایر ویژگی‌ها معنی‌دار بود (Tabatabai et al, 2013).

با توجه به اینکه نگرانی در مورد امنیت غذایی به دلیل تغییرات اقلیمی و کمبود منابع آبی، تهدیدی بزرگ محسوب می‌شود، جایگزین نمودن گیاهان با کارایی مصرف آب بالا ضروری است. با توجه به موارد ذکرشده، این آزمایش به‌منظور بررسی امکان کشت سورگوم در شرایط تنش خشکی در جنوب استان کرمان به‌عنوان جایگزین گیاهان علوفه‌ای رایج منطقه به‌جای زراعت‌های غیراقتصادی و پرمصرف آب و همچنین تعیین مناسب‌ترین رقم سورگوم تحت رژیم‌های مختلف کم‌آبیاری ازنظر خصوصیات علوفه در منطقه جیرفت اجرا شد.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی و مقایسه عملکرد ژنوتیپ‌های سورگوم تحت شرایط تنش رطوبتی، آزمایشی دوساله به‌صورت استریپ‌پلات در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی جنوب استان کرمان در سال‌های زراعی ۱۳۹۷ و ۱۳۹۸ به اجرا درآمد. منطقه اجرای آزمایش در عرض جغرافیایی ۲۸ درجه و ۵۴ دقیقه و طول جغرافیایی ۵۷ درجه و ۸۵ دقیقه و ارتفاع ۶۲۶ متر از سطح دریا واقع گردیده است. اطلاعات مربوط به داده‌های هواشناسی دو سال آزمایش در جدول ۱ نشان داده شده است. عامل عمودی شامل رژیم آبیاری بر اساس میزان تبخیر از سطح تشتک تبخیر کلاس A در چهار سطح (۹۰، ۱۳۰، ۱۸۰ و ۲۲۰ میلی‌متر) و عامل افقی شامل ژنوتیپ‌های سورگوم در چهار سطح (ارقام اسپیدفید و پگاه و لاین‌های KFS18 و KFS2) بود. رقم اسپیدفید یک رقم خارجی است که امتیاز آن توسط وزارت جهاد کشاورزی ایران از شرکت پاسفیک سیدز استرالیا خریداری شده است و تولید انبوه بذر آن در کشور انجام می‌گیرد و اولین رقم سورگوم هیبرید علوفه‌ای معرفی‌شده در ایران است. رقم سورگوم علوفه‌ای پگاه حاصل تلاقی بین رقم داخلی و خارجی است. والد مادری یک رقم خارجی به نام Early organe و والد پدری رقم LFS56 از توده‌های بومی ایران است. رقم پگاه با نام اختصاری KFS3 نیز یکی از بهترین ژنوتیپ‌های مورداستفاده در کشور است (Habibi et al, 2013).

جدول ۱. اطلاعات هواشناسی فصل رشد سورگوم در دو سال ۱۳۹۷-۱۳۹۸

Table 1. Meteorological information of sorghum growing seasons in two years 2018-2019

سال Year	ماه Month	میانگین درجه‌حرارت Mean temperature (°c)	بیشینه درجه‌حرارت Max temperature (°c)	کمینه درجه‌حرارت Min temperature (°c)	میانگین رطوبت نسبی Mean relative humidity (%)	بارندگی Precipitation (mm)	میانگین سرعت باد Mean wind speed ($m.h^{-1}$)
۱۳۹۷	April	24.55	33.91	13.84	36.24	2.20	1.08
2018	May	28.94	37.24	17.87	24.76	0.20	1.19
	June	34.75	43.57	23.46	19.89	3.20	1.23
	July	36.17	44.35	25.08	35.55	0.00	1.21
	August	36.21	44.59	26.06	36.21	0.00	1.43
	October	32.75	42.22	20.79	32.75	0.20	1.12
	November	26.70	35.61	16.99	26.70	6.20	0.90
	December	21.48	13.83	28.79	21.48	10.60	0.67
۱۳۹۸	April	22.07	30.91	12.91	60.38	39.60	0.51
2019	May	28.98	38.33	18.46	32.18	14.60	0.80
	June	34.26	44.27	21.55	24.50	0.00	0.82
	July	35.72	45.04	24.06	21.30	0.00	1.06
	August	35.29	44.00	23.60	20.23	2.80	1.14
	October	31.21	40.77	19.29	20.91	0.00	0.94
	November	26.91	37.14	18.71	26.59	0.00	0.67
	December	20.05	30.43	10.25	41.04	18.00	0.47

جدول ۲- مشخصات خاک محل مورد آزمایش

Table 2- Soil characteristics of the experimental site

خصوصیت Characteristic	بافت خاک Soil texture	ماده آلی Organic matter	فسفر قابل جذب Absorbable phosphorus	پتاسیم قابل جذب Absorbable potassium	اسیدیته Acidity	شوری Salinity
مقدار	لوم	%	---------- $mg\ kg^{-1}$ soil ----------		Acidity	$dS\ m^{-1}$
value	loam	0.1	8	180	7.4	1.3

عملیات تهیه زمین شامل شخم و دیسک و تسطیح بود که شخم به‌صورت پاییزه و بهاره و دیسک و تسطیح در بهار انجام شد. کوددهی بر اساس نتایج آزمون خاک (جدول ۲) صورت گرفت. هر کرت آزمایشی شامل چهار خط کاشت به فواصل ۴۵ سانتی‌متر و به طول هشت متر بود. تراکم بوته ۲۲۰/۰۰۰ بوته در هکتار در نظر گرفته شد. در هر دو سال عملیات کاشت در ۲۷ فروردین‌ماه انجام شد. بعد از سبز شدن و در مرحله چهار تا شش برگی، بوته‌ها طوری تنک شدند که فاصله بوته‌ها روی خط به ۱۰ سانتی‌متر برسد. ضمناً بین هر کرت و کرت مجاور یک خط نکاشت در نظر گرفته شد. تمامی کود فسفر (۲۰۰ کیلوگرم در هکتار سوپرفسفات) و پتاسیم (۲۵۰ کیلوگرم سولفات پتاسیم) به همراه یک‌سوم کود نیتروژن (اوره) هم‌زمان با کاشت استفاده شد؛ مابقی کود نیتروژن در دو نوبت و بعد از هر برداشت به‌صورت سرک مورداستفاده قرار گرفت (درمجموع ۳۰۰ کیلوگرم کود اوره). در تمام مدت آزمایش کنترل علف‌های هرز به‌صورت دوره‌ای و به‌صورت وجین دستی انجام گرفت. برای مقابله با کرم ساقه‌خوار از ترکیب ۸۰ سی‌سی لامبداسای هالوترین و ۱۲۰ سی‌سی پروفنوفوس در ۱۰۰ لیتر آب استفاده شد.

آبیاری اول پس از اندازه‌گیری رطوبت خاک با استفاده از روش سیلندر و محاسبه کمبود رطوبت انجام شد (Miller and Donahue., 1990). آبیاری به‌طور یکسان هر ۷-۵ روز یک‌بار تا شروع مرحله ۴ برگی انجام گرفت. زمان اعمال تنش بعد از مرحله ۴ تا ۶ برگی و اطمینان از استقرار کامل بوته‌ها بود. میزان آب مصرفی در هر تیمار بر اساس تبخیر از سطح تشتک تبخیر کلاس A محاسبه شد (Allen et al., 1989). ابتدا میزان تبخیر و تعرق پایه گیاه برحسب میلی‌متر در روز و با استفاده از فرمول (۱) محاسبه شد:

$$ET_O=K_P*E_{Pan} \quad [۱]$$

که در آن K_p و E_{pan} به ترتیب، ضریب تشتک (که در آزمایش‌های مزرعه‌ای ۰/۶۸ در نظر گرفته می‌شود) و میزان تبخیر از سطح تشتک کلاس A (برحسب میلی‌متر در روز) هستند (Alizadeh, 1380). سپس آب مصرفی گیاه برحسب میلی‌متر در روز با استفاده از فرمول (۲) برآورد گردید

$$ET_C=ET_O*K_C \quad [۲]$$

که در آن K_c فاکتور گیاهی است که از روش آلن و همکاران (Allen et al., 1989) از کتاب FAO محاسبه شد که بر اساس دوره رشد متغیر است.

در هر یک از سه چین برداشت‌شده، برداشت ارقام زودرس مثل اسپیدفید بر اساس شروع گلدهی و برداشت ارقام دیررس بر اساس ارتفاع ۱۵۰ سانتی‌متری بوته‌ها به‌صورت برش از ارتفاع ۱۰ تا ۱۵ سانتی‌متری سطح خاک انجام شد. بعد از حذف اثر حاشیه، پنج بوته به‌صورت تصادفی انتخاب شد و تعداد همه برگ‌ها شمارش و طول و عرض همه آن‌ها اندازه‌گیری شد. برای محاسبه مساحت برگ از رابطه استیکلر و همکاران (Stickler et al., 1961) استفاده شد. در این رابطه، مساحت برگ از حاصل‌ضرب بزرگ‌ترین طول برگ در بزرگ‌ترین عرض برگ در عدد ثابت ۰/۷۴۷ به دست می‌آید. در هر چین از دو خط وسط هر کرت تمامی بوته‌ها برداشت‌شده و بلافاصله وزن تر برگ و ساقه اندازه‌گیری شد. یک نمونه چهار کیلوگرمی از هر کرت در آون الکتریکی در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۷۲ ساعت خشک گردید و پس از کسب اطمینان از رسیدن نمونه‌ها به وزن ثابت، با استفاده از ترازوی حساس وزن خشک آن‌ها اندازه‌گیری و ثبت شد. کارایی مصرف آب برحسب کیلوگرم بر مترمکعب، از نسبت عملکرد علوفه خشک (برحسب کیلوگرم در هکتار) بر آب مصرفی (برحسب مترمکعب در هکتار) WUE= Y/W محاسبه شد (Karimi and Naderi, 2007).

درنهایت تجزیه واریانس مرکب داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS نسخه ۹، انجام شد. برای تجزیه واریانس عملکرد (وزن تر و خشک برگ، ساقه و کل علوفه) از مجموع داده‌های عملکرد چین‌ها و برای بقیه صفات از میانگین داده‌های چین‌ها استفاده شد. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار LSD در سطح احتمال ۵ درصد انجام گرفت.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس مرکب نشان داد اثر متقابل آبیاری و رقم بر عملکرد علوفه‌تر، وزن تر برگ، وزن خشک برگ، وزن تر ساقه، وزن خشک ساقه، ارتفاع بوته، تعداد برگ، طول و عرض برگ معنی‌دار بود (جدول ۳). بدین ترتیب مقایسه میانگین اثرات ساده فقط برای عملکرد علوفه خشک و کارایی مصرف آب (اثر متقابل برای آن‌ها معنی‌دار نبود)، موردمطالعه و بررسی قرار گرفت.

اثر متقابل آبیاری و رقم بر عملکرد علوفه‌تر

بر اساس مقایسه میانگین ارقام در رژیم‌های مختلف آبیاری برای عملکرد علوفه‌تر مشخص شد که رقم اسپیدفید در تیمار آبیاری بعد از ۹۰ میلی‌متر تبخیر از سطح تشتک تبخیر با عملکرد علوفه‌تر ۲۹۸/۴۲ تن در هکتار دارای بیشترین عملکرد علوفه‌تر بود. لاین KFS18 در رژیم آبیاری پس از ۲۲۰ میلی‌متر تبخیر با میانگین ۱۴۲/۴۹ تن در هکتار دارای کمترین عملکرد علوفه‌تر بود (جدول ۴). اثر کاهشی تنش خشکی بر عملکرد گیاه می‌تواند به دلیل بسته شدن روزنه‌ها، کاهش ورود دی‌اکسید کربن به داخل برگ، کاهش محتوی نسبی آب برگ و کاهش فتوسنتز باشد (نجفی‌نژاد و همکاران، ۲۰۱۹). امام و همکاران (۱۳۹۲) اظهار داشتند که تیمار آبیاری بر اساس ۱۰۰ درصد نیاز آبی ازنظر وزن تر بوته در گروه برتر جای گرفت و این بدان معناست که اعمال تنش کم‌آبی، تأثیر منفی و معنی‌داری بر وزن تر بوته‌ها داشت. این نتایج با یافته‌های ولدآبادی و همکاران (Valad Abadi et al, 2000) مطابقت دارد و نشان می‌دهد با اعمال تنش تولید برگ و ساقه و به‌تبع آن وزن تر بوته‌ها کاهش می‌یابد. رزمی و قاسمی (Razmi and Ghasemi, 2007) اظهار داشتند که تنش خشکی به‌واسطه تأثیر منفی بر ارتفاع و سایر صفات رویشی باعث کاهش عملکرد سورگوم می‌گردد.

اثر ساده آبیاری و رقم بر عملکرد علوفه خشک

مقایسه میانگین اثر رژیم آبیاری بر وزن خشک برگ نشان داد که با تأخیر در آبیاری از ۹۰ به ۲۲۰ میلی‌متر تبخیر، عملکرد علوفه خشک کاهش یافت. در رژیم آبیاری ۹۰ میلی‌متر، بیشترین عملکرد علوفه خشک با میانگین ۴۶/۲۲ تن در هکتار به دست آمد. کمترین عملکرد علوفه خشک مربوط به رژیم آبیاری پس از ۲۲۰ میلی‌متر تبخیر از سطح تشتک بود (۳۹/۷۰ تن در هکتار). رقم اسپیدفید بیشترین عملکرد علوفه

خشک را داشت (۴۱/۶۹ تن در هکتار). کمترین عملکرد علوفه خشک از لاین KFS18 با میانگین ۳۱/۱۷ تن در هکتار به دست آمد (جدول ۴). با افزایش تنش خشکی، عملکرد ماده خشک علوفه کاهش یافت که این نتیجه با نتایج (Panda et al., 2004) مطابقت دارد. در مطالعه‌ی (Habibi et al, 2013) بر روی دو رقم اسپیدفید و پگاه تحت تنش آبی مشخص شد که افزایش تنش رطوبتی باعث کاهش عملکرد علوفه در هر دو رقم شد. آن‌ها اظهار داشتند عدم مشاهده اختلاف معنی‌دار در تیمارهای ۱۰۰ و ۷۵ درصد نیاز آبی گیاه را می‌توان به دلیل سازگاری سورگوم به خشکی و تخلیه رطوبت از اعماق پایین‌تر دانست. این نتیجه در گزارش (Howell et al., 1995) مبنی بر این‌که سورگوم در شرایط کم‌آبی می‌تواند رطوبت بیشتری از خاک تخلیه کند، تأیید شده است. تنش خشکی باعث می‌گردد که فشار تورژسانس در سلول‌ها کاهش یابد، این کاهش فشار تورژسانس باعث می‌شود تا آب کمتری در درون سلول‌ها باقی بماند و درنتیجه باعث کاهش حجم سلول‌ها و درنتیجه عملکرد علوفه گردد. تنش خشکی می‌تواند به‌طور مستقیم از طریق تأثیر بر فرآیندهای مختلف بیوشیمیایی و به‌طور غیرمستقیم از طریق کاهش دادن میزان جذب گازکربنیک در انسداد روزنه‌ها بر فتوسنتز اثر کاهشی داشته باشد (Rastegar et al., 2016).

اثر متقابل آبیاری و رقم بر وزن تر برگ

اثر متقابل آبیاری و رقم حاکی از آن بود که اولاً رقم اسپیدفید بیشترین وزن تر برگ را در همه رژیم‌های آبیاری داشت و ثانیاً در کل تیمارها، تیمار رقم اسپیدفید در آبیاری پس از ۱۸۰ میلی‌متر تبخیر از سطح تشتک تبخیر، دارای بیشترین وزن تر برگ به میزان ۱۵۵/۱۲ تن در هکتار بود (جدول ۴). در مقایسه وزن تر دو رقم پگاه و KFS2 در تحقیق امام و همکاران (Emam et al., 2013) مشخص شد که در رقم KFS2 وزن برگ، درصد زیادتری از وزن تر کل را تشکیل می‌داد. ازآنجاکه در این مطالعه از ارقام علوفه‌ای سورگوم استفاده‌شده و مصرف علوفه آن مدنظر است، هر چه درصد وزنی برگ بیشتر باشد، خوش‌خوراکی آن بیشتر خواهد بود.

اثر متقابل آبیاری و رقم بر وزن خشک برگ

مقایسه میانگین برهمکنش آبیاری و رقم برای وزن خشک برگ نشان داد که با افزایش سطوح تنش از رژیم آبیاری پس از ۹۰ میلی‌متر به ۲۲۰ میلی‌متر تبخیر، وزن خشک برگ ارقام مختلف کاهش یافت. مقایسه ژنوتیپ‌ها در هر سطح آبیاری نشان می‌دهد که اسپیدفید دارای بیشترین وزن خشک برگ بود. بیشترین وزن خشک برگ (۴۰/۱۳ تن در هکتار) از ترکیب تیماری رقم اسپیدفید در آبیاری بعد از ۹۰ میلی‌متر تبخیر از سطح تشتک به دست آمد (جدول ۴). در مطالعه موسوی‌فاضل و همکاران (Mousavi Fazl et al., 2018) مشخص شد که اثر مقادیر آب آبیاری بر وزن خشک برگ در سطح یک درصد معنی‌دار شد. آن‌ها اظهار داشتند که بیشترین وزن خشک برگ از سطح آبیاری ۱۰۰ درصد نیاز آبی به دست آمد. با کاهش مقدار آب مصرفی مقادیر وزن خشک برگ کاهش یافت. نتایج مشابهی از تأثیر منفی تنش خشکی بر رشد رویشی گیاهان زراعی گزارش شده است (Maghtouli et al., 2001; Howell et al., 2004; Farooqi and Bssreeramu, 2004; Innes and Black, 2001; Mousavi et al., 2009). با افزایش سطوح تنش حجم و اندازه سلول‌ها کاهش می‌یابد و درنتیجه وزن خشک برگ‌ها کم می‌شود (Haji Hassani Asl et al., 2010).

اثر متقابل آبیاری و رقم بر وزن تر ساقه

اثر متقابل آبیاری و رقم بر وزن تر ساقه معنی‌دار بود. مقایسه میانگین‌ها نشان داد که به‌طورکلی با تأخیر آبیاری تا ۲۲۰ میلی‌متر تبخیر از سطح تشتک تبخیر، وزن تر ساقه کاهش می‌یابد که این کاهش در رقم اسپیدفید کمتر بود. در همه رژیم‌های آبیاری رقم اسپیدفید وضعیت بهتری داشت. بیشترین وزن تر ساقه از رقم اسپیدفید در آبیاری بعد از ۱۳۰ میلی‌متر تبخیر به دست آمد (۱۶۶/۷۴ تن در هکتار) و کمترین مقدار آن مربوط به ژنوتیپ KFS18 در رژیم آبیاری پس از ۱۸۰ میلی‌متر تبخیر از سطح تشتک تبخیر به میزان ۷۹/۷۵ تن در هکتار بود (جدول ۴).

اثر متقابل آبیاری و رقم بر وزن خشک ساقه

مقایسه میانگین برهمکنش آبیاری و رقم بر وزن خشک ساقه نشان داد با تأخیر آبیاری از ۹۰ به ۲۲۰ میلی‌متر تبخیر، وزن خشک ساقه ارقام مختلف کاهش یافت. در هر سطح آبیاری نیز اسپیدفید بیشترین وزن خشک ساقه را داشت. بیشترین وزن خشک ساقه (۴۰/۱۳ تن در هکتار) از رقم اسپیدفید در تیمار آبیاری پس از ۱۸۰ میلی‌متر تبخیر به دست آمد (جدول ۴). در مطالعه امام و همکاران (Emam et al., 2013)

جدول ۳. نتایج تجزیه واریانس اثر عوامل آزمایشی بر روی وزن تر برگ (LFW)، وزن تر ساقه (SFW)، عملکرد علوفه‌تر (FFY)، تعداد برگ (LN)، ارتفاع گیاه (PH)، قطر ساقه (SD)، سطح برگ (LA)، وزن خشک برگ (LDW)، وزن خشک ساقه (SDW)، عملکرد علوفه خشک (FDY) و کارایی مصرف آب (WUE)

Table 3. Results of analysis of variance of the effect of experimental factors on leaf fresh weight (LFW), stem fresh weight (SFW), fresh forage yield (FFY), leaf number (LN), plant height (PH), stem diameter (SD), Leaf length (LL), leaf width (LW), leaf dry weight (LDW), stem dry weight (SDW), dry forage yield (FDY) and water use efficiency (WUE)

S.O.V	منابع تغییر	درجه آزادی df	وزن تر برگ LFW	وزن تر ساقه SFW	عملکرد علوفه‌تر FFY	تعداد برگ LN	ارتفاع گیاه PH	قطر ساقه SD
Year (Y)	سال	1	98.94	474.37	1003.86	10.97	1874.88**	2.73
R(y)	تکرار(سال)	4	200.800	624.89	1178.72	36.41	58.03	4.06
I	آبیاری	3	811.12**	3850.29**	7347.91**	64.55**	1761.96**	3.24**
Y*I	سال*آبیاری	3	18.83	42.76	26.72	0.75	32.96	0.06
Error a	خطای اول	12	168.83	646.84	845.68	9.17	186.35**	6.87
V	رقم	3	38079.84**	19329.00**	95487.96**	832.96**	43978.14**	39.95**
Y*V	سال*رقم	3	38.05	164.62	293.40	3.40	493.43	0.34
Error b	خطای دوم	12	811.97	624.07	1919.49	18.55	243.26	1.95
I*V	آبیاری*رقم	9	668.35**	1459.65**	1069.05**	33.95**	697.63**	1.86**
Y*I*V	سال*آبیاری*رقم	9	18.77	53.35	88.74	1.49	44.29	0.18
Error c	خطای کل	36	238.53	491.65	723.29	14.84	143.29	1.42
C.V(%)	ضریب‌تغییرات		*18.66*	*17.61*	*12.88*	*16.07*	*9.75*	*13.84*

S.O.V	منابع تغییر	درجه آزادی df	سطح برگ LA	وزن خشک برگ LDW	وزن خشک ساقه SDW	عملکرد علوفه خشک FDY	کارایی مصرف آب WUE
R(y)	تکرار(سال)	1	4852.85	1.57	2.81	60.47	0.31**
I	آبیاری	4	2233.70	85.32	48.94	79.79	0.03
Y*I	سال*آبیاری	3	19849.21*	36.78**	66.57**	224.58**	20.68**
Error a	خطای اول	3	1374.43	1.05	0.61	0.91	0.19
V	رقم	12	5956.75	25.75	19.16	55.30	0.07
Y*V	سال*رقم	3	158664.82**	1905.07**	1960.88**	7776.06**	0.80**
Error b	خطای دوم	3	480.12	0.12	2.62	4.67	0.04
I*V	آبیاری*رقم	12	2890.73	48.56	25.38	71.37	0.01
Y*I*V	سال*آبیاری*رقم	9	21314.41**	15.38**	77.30**	181.84	0.02
Error c	خطای کل	9	829.80	1.73	1.11	81.18	0.02
R(y)	تکرار(سال)	36	4042.68	40.30	22.72	17.83	0.02
C.V(%)	ضریب‌تغییرات		*23.26*	*28.47*	*2.61*	*21.18*	*3.59*

*، ** به ترتیب معنی‌داری در سطح ۵ و ۱ درصد

*, ** significant at 5% and 1% probability level respectively

مشخص شد که در هر دو رقم پگاه و KFS2 وزن خشک ساقه در تیمار ۱۰۰ درصد آبیاری به‌طور معنی‌داری بیش از تیمارهای آبیاری ۷۵ و ۵۰ درصد ظرفیت زراعی بود. در همین راستا موسوی و همکاران (Mousavi et al., 2009) نیز کاهش وزن خشک ساقه را در اثر تنش خشکی گزارش کرده‌اند. سورگوم علوفه‌ای در مقایسه با سایر گیاهان علوفه‌ای

از میزان وزن ساقه بیشتری برخوردار است. گزارش شده است که بیش از ۵۰ درصد وزن علوفه حاصل از هیبریدهای سورگوم را ساقه‌ها تشکیل می‌دهند (Rust et al., 1988). افزایش وزن خشک ساقه به دلیل در دسترس بودن رطوبت است که رشد سریع را افزایش داده و باعث افزایش وزن تر ساقه می‌شود؛ که در وزن خشک بالا منعکس می‌شود (Ahmed et al., 2017).

جدول ۴. مقایسه میانگین اثرات ساده تیمارها (بالا) بر صفات عملکرد علوفه خشک (FDY) و کارایی مصرف آب (WUE) و اثرات متقابل تیمارها (پایین) بر صفات موردمطالعه قطر ساقه (SD)، عملکرد علوفه‌تر (FFY)، وزن تر برگ (LFW)، وزن تر ساقه (SFW)، وزن خشک ساقه (SDW)، وزن خشک برگ (LDW)، تعداد برگ (LN)، ارتفاع گیاه (PH) و مساحت برگ (LA)

Table 4. Mean compression of simple effects of treatments (up) on dry forage yield (FDY) and water use efficiency (WUE) and interaction effects of treatments (down) on stem diameter (SD), fresh forage yield (FFY), Leaf wet weight (LFW), Stem fresh weight (SFW), Stem dry weight (SDW), Leaf dry weight (LDW), Leaf number (LN), Plant height (PH) and Leaf area (LA).

سطوح آبیاری (میلی‌متر تبخیر از سطح تشتک تبخیر کلاس A) Irrigation level (mm evaporation from class A evaporation pan)					ژنوتیپ‌ها Genotypes			
	90	130	180	220	Speedfeed	Pegah	KFS2	KFS18
FDY (ton.ha^{-1})	46.27^{a}	43.86^{b}	40.36^{c}	39.7^{c}	69.41^{a}	34.35^{b}	35.21^{b}	31.17^{c}
WUE (Kg.m^{-3})	4.76^{a}	4.48^{b}	3.61^{c}	2.71^{c}	4.09^{a}	3.99^{b}	3.81^{c}	3.68^{c}

سطوح آبیاری Irrigation level	ژنوتیپ‌ها Genotypes	SD	FFY	LFW	SFW	SDW	LDW	LN	PH	LA
		mm	ton.ha^{-1}	ton.ha^{-1}	ton.ha^{-1}	ton.ha^{-1}	ton.ha^{-1}	number	cm	cm^{2}
90	Speedfeed	7.43^{fg}	298.42^{a}	148.02^{ab}	156.71^{a}	36.11^{ab}	36.33^{a}	31.52^{ab}	177.26^{a}	557.08^{a}
	Pegah	8.41^{e}	243.03^{de}	60.95^{c}	166.54^{a}	17.68^{cdef}	19.53^{bcd}	32.47^{a}	157.7^{ab}	340.19^{b}
	KFS2	10.5^{a}	208.64^{g}	74.75^{c}	141.74^{ab}	12.28^{f}	14.36^{d}	19.36^{def}	128.12^{cde}	278.49^{bc}
	KFS18	9.17^{cd}	145.64^{j}	67.67^{c}	83.44^{d}	12.51^{f}	14.77^{cd}	19.36^{def}	64.36^{f}	164.45^{de}
130	Speedfeed	7.78^{f}	279.32^{b}	147.41^{ab}	166.74^{a}	31.01^{b}	35.16^{a}	60.65^{ab}	159.92^{ab}	328.12^{b}
	Pegah	9.07^{cd}	205.75^{g}	81.3^{c}	147.12^{ab}	15.09^{def}	17.13^{bcd}	29.41^{abc}	151.54^{bc}	306.29^{bc}
	KFS2	9.44^{bc}	177.44^{h}	61.69^{c}	140.91^{ab}	19.88^{cd}	2.07^{bcd}	23.45^{bcdef}	143.9^{bcd}	277.86^{bc}
	KFS18	9.35^{bc}	145.99^{ij}	50.81^{c}	92.13^{cd}	21.58^{c}	16.14^{bcd}	15.9^{f}	54.155^{f}	161.87^{de}
180	Speedfeed	7.16^{g}	249.69^{cd}	155.12^{a}	125.46^{abcd}	40.13^{a}	35.76^{a}	25.78^{abcd}	150.75^{bc}	287.58^{bc}
	Pegah	7.14^{g}	232.11^{ef}	65.91^{c}	123.3^{abcd}	18.7^{cde}	21.32^{bcd}	27.68^{abc}	134.59^{bcde}	154.33^{ef}
	KFS2	9.57^{bc}	161.4^{i}	61.58^{c}	131.91^{abcd}	79.26^{cde}	22.57^{b}	22.4^{cdef}	136.67^{bcde}	292.62^{bc}
	KFS18	8.71^{de}	165.98^{hi}	51.41^{c}	79.75^{d}	14.01^{fe}	15.98^{bcd}	17.73^{def}	59.655^{f}	148.95^{ef}
220	Speedfeed	6.93^{g}	261.48^{c}	118.16^{b}	160.51^{a}	31.21^{b}	34.78^{a}	29.56^{abc}	146.23^{bc}	274.19^{bc}
	Pegah	9.12^{cd}	208.54^{g}	60.19^{c}	106.22^{bcd}	16.72^{edef}	14.46^{d}	24.32^{abcde}	120.16^{ed}	259.92^{c}
	KFS2	9.49^{bc}	225.91^{f}	61.6^{c}	104.57^{bcd}	15.68^{def}	18.63^{bcd}	17.55^{ef}	115.62^{e}	222.96^{d}
	KFS18	9.93^{ab}	142.5^{j}	57.99^{c}	88.11^{cd}	15.35^{def}	17.74^{bcd}	16.4^{ef}	65.928^{f}	134.26^{f}

میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون، ازنظر آماری فاقد تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ با آزمون LSD محافظت‌شده می‌باشند

Means containing similar letters in each column are not significantly different at 5% level of probability according to protected LSD.

اثر متقابل آبیاری و رقم بر ارتفاع بوته

مقایسه میانگین برهمکنش آبیاری و رقم برای میانگین ارتفاع ساقه در سه‌چین معنی‌دار بود و نشان داد با افزایش تأخیر در آبیاری از ۹۰ به ۲۲۰ میلی‌متر تبخیر، ارتفاع ساقه ارقام مختلف کاهش یافت. در هر سطح آبیاری نیز اسپیدفید بیشترین ارتفاع ساقه را داشت. کمترین ارتفاع در همه رژیم‌های آبیاری مربوط به KFS18 بود. بیشترین ارتفاع ساقه (۱۷۷/۲۶ سانتی‌متر) مربوط به رقم اسپیدفید در تیمار آبیاری پس از ۹۰ میلی‌متر تبخیر بود و کمترین مقدار این صفت به میزان ۵۴/۱۵ سانتی‌متر حاصل تیمار KFS18 در تیمار

آبیاری پس از ۱۳۰ میلی‌متر تبخیر مشاهده شد (جدول ۴). نتایج امام و همکاران (Emam et al., 2013) حاکی از آن است که تنش خشکی باعث کاهش ارتفاع بوته سورگوم گردید و با افزایش شدت تنش، مقدار این کاهش بیشتر بود. نتایج مشابهی دال بر کاهش ارتفاع بوته در اثر تنش خشکی گزارش شده است (Razmi and Ghasemi, 2007; Rahnama et al., 2007; Torabi et al., 2013). کاهش ارتفاع در تنش متوسط به علت کاهش طول میان‌گره و در تنش شدید به علت کاهش تعداد و طول میان‌گره است (Moaaveni and Heidari, 2004).

سطح برگ از تیمار آبیاری بر اساس ۱۰۰ درصد نیاز آبی به دست آمد. کاهش سطح برگ با کاهش مقدار آب مصرفی با نتایج تحقیقات قبلی مطابقت دارد (Howell et al., 2004; Farooqi and Bssreeramu, 2004; Innes and Black. 2001).

اثر متقابل آبیاری و رقم بر قطر ساقه

مقایسه میانگین اثر متقابل آبیاری و رقم بر قطر ساقه نشان داد که بیشترین قطر مربوط به رقم KFS2 در رژیم آبیاری بعد از ۹۰ میلی‌متر تبخیر از سطح تشتک تبخیر با میانگین ۱۰/۵ میلی‌متر بود. کمترین قطر ساقه نیز در رقم اسپیدفید با میانگین ۶/۹۳ میلی‌متر مشاهده شد (جدول ۴). قطر ساقه بین ارقام مختلف تحت تأثیر عوامل محیطی مانند نور و رطوبت قرار می‌گیرد (Wall and William, 1972). در مطالعه اثر تنش خشکی بر روی عملکرد و اجزای عملکرد سه گیاه علوفه‌ای ارزن، سورگوم و ذرت در خوی، حاجی‌حسنی‌اصل و همکاران (Haji Hassani Asl et al., 2010) نتیجه گرفتند که بیشترین مقدار قطر ساقه مربوط به تیمارهای آبیاری پس از ۸۰ و ۱۳۰ میلی‌متر تبخیر بود و کمترین مقدار آن از رژیم آبیاری پس از ۱۶۰ میلی‌متر تبخیر حاصل شد. آن‌ها اظهار داشتند که آب باعث تورژسانس سلولی و به‌تبع آن افزایش حجم و اندازه سلول‌ها می‌گردد و درنتیجه قطر اندام‌های گیاه افزایش می‌یابد.

اثر متقابل آبیاری و رقم بر سطح برگ

اثر متقابل آبیاری و رقم حاکی از آن بود که رقم اسپیدفید در تیمار آبیاری بعد از ۹۰ میلی‌متر تبخیر، دارای بیشترین سطح برگ به میزان ۵۵۷/۰۸ سانتی‌متر مربع بود. کمترین سطح برگ از تیمار ژنوتیپ KFS18 در سطح آبیاری پس از ۲۲۰ میلی‌متر تبخیر از سطح تشتک به میزان ۱۳۴/۲۶ سانتی‌متر مربع به دست آمد. (جدول ۴). بر اساس نتایج امام و همکاران (Emam et al., 2013) مشخص گردید که رقم KFS2، نسبت به رقم پگاه شاخص سطح برگ بیشتری داشت. در مطالعه آن‌ها افزایش تنش خشکی باعث کاهش معنی‌دار شاخص سطح برگ شد، که می‌توان آن را به کاهش دوام سطح برگ در اثر تنش خشکی و زودتر خشک شدن برگ‌ها نسبت داد. در مطالعه موسوی فضل و همکاران (Mousavi Fazl et al., 2018) مشخص شد که اثر مقادیر آب آبیاری بر سطح برگ در سطح یک درصد معنی‌دار شد. بیشترین

اثر ساده آبیاری و رقم بر کارایی مصرف آب

مقایسه میانگین اثر رژیم‌های مختلف آبیاری بر کارایی مصرف آب نشان داد که با افزایش سطح تنش، کارایی مصرف آب به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. بیشترین کارایی مصرف آب مربوط به تیمار آبیاری پس از ۹۰ میلی‌متر تبخیر از سطح تشتک تبخیر با مقدار ۴/۷۶ کیلوگرم علوفه خشک بر مترمکعب بود. کمترین مقدار هم متعلق آبیاری پس از ۲۲۰ میلی‌متر تبخیر از سطح تشتک به میزان ۲/۷۱ کیلوگرم علوفه خشک بر مترمکعب بود (جدول ۴). این مقادیر با داده‌های مطالعات پیشین همخوانی دارد (Fazeli Rostampour, 2018; Vahidi et al., 2015). به نظر می‌رسد با کاهش آبیاری و بسته شدن روزنه‌های گیاه برای جلوگیری از هدررفت آب، فتوسنتز و به‌تبع آن کارایی مصرف آب کاهش می‌یابد.

مقایسه میانگین اثر ارقام بر کارایی مصرف آب حاکی از آن بود که بیشترین کارایی مصرف آب مربوط به رقم اسپیدفید و برابر با ۴/۰۸ کیلوگرم بر مترمکعب بود که با بقیه ارقام اختلاف آماری معنی‌داری داشت. کمترین کارایی مصرف آب مربوط به KFS18 با میانگین ۳/۶۸ کیلوگرم بر مترمکعب بود (جدول ۴). در مطالعه فاضلی رستم‌پور (Fazeli Rostampour, 2018) کارایی مصرف آب رقم اسپیدفید در تیمار شاهد برابر با ۴/۹ کیلوگرم بر مترمکعب به دست آمد. در مطالعه وحیدی و همکاران (Vahidi et al., 2015) کارایی مصرف آب ارقام اسپیدفید و پگاه به ترتیب برابر با ۳/۴۵ و ۴/۳۴ کیلوگرم بر مترمکعب به دست آمد. آن‌ها اظهار داشتند که سورگوم به دلیل اینکه در گروه گیاهان چهار کربنه قرار دارد، توان تولید ماده خشک بالا و کارایی مصرف آب زیادی دارد. 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 است.

نتیجه‌گیری کلی

بر اساس نتایج مقایسه میانگین مشخص شد که رقم اسپیدفید به‌طور معنی‌داری عملکرد علوفه‌تر و خشک و همچنین کارایی مصرف آب بالاتری داشت. از طرف دیگر ازنظر صفات موردمطالعه ازجمله عملکرد علوفه‌تر و خشک و کارایی مصرف آب اختلاف آماری معنی‌داری بین سطوح آبیاری پس از ۹۰ و ۱۳۰ میلی‌متر تبخیر از سطح تشتک تبخیر وجود نداشت. درنهایت با توجه به نتایج آزمایش و برای کاهش مصرف آب، می‌توان برای تولید علوفه در جنوب استان کرمان رقم اسپیدفید را با آبیاری پس از ۱۳۰ میلی‌متر تبخیر از سطح تشتک پیشنهاد نمود.

منابع

Ahmed, S.E., El Naim, A.M., Dagash, Y.M., 2017. Agronomic performance of forage Sorghum genotypes as affected by watering Interval in semi-arid environment. World World Journal of Agricultural Research. 5, 1-4.

Alizadeh, A., 2001. The Relationship between Water, Soil and Plants (second edition). Astan Quds Razavi Publications, 354 pages. [In Persian]

Amaral, S.R., Lira, M.A., Tabosa, J.N., Santos, M.V.F., Mello, A.C., Santos, V.F., 2003. Behavior of sweet sorghum lines exposed to water deficit under controlled condition. Pesquisa Agropecaria Brasileira. 38, 973-979.

Allen, R.G., Jensen, M.E., Wright, J., Burman, R.D., 1989. Operational estimates of reference evapotranspiration. Agronomy Journal. 81, 650-662.

Berenguer, M.J., Faci, J.M., 2001. Sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) yield compensation processes under different plant densities and variable water supply. European Journal of Agronomy. 15, 43–55.

Chatterjee, B.N., Das, P.K., 1989. Forage Crop Prduction. New Delhi: Oxford & IBH Publishing Co. Rs 120. ISBN 81 204 0398 3.

Emam, Y., Maghsoudi, K., Moghimi, N., 2013. Effect of Water Stress and Nitrogen Levels on Yield of Forage Sorghum. Journal of Crop Production and Processing. 3, 145-155. [In Persian with English Summary].

Emam, Y., 2007. Cereal Production. 3rd ed., Shiraz University Press, Shiraz, Iran. [In Persian].

Food and Agriculture Organization. 2018. Statistics: FAOSTAT agriculture. Retrieved March.8.2018 from http://www.fao.org/faostat/en/#data.

Farooqi, A.A., Bssreeramu, Kh., 2004. Cultivation of Spice Crops. Universities Press. pp: 128-148.

Fazeli Rostampour, M., 2018. Evaluation of dry matter performance and water use efficiency of forage sorghum in dehydration conditions and application of superabsorbent. Scientific Journal of Plant Ecophysiology. 10, 10-28. [In Persian with English Summary].

Fooman, A., 2011. Agriculture and Breeding of Sorghum. Agricultural Education Publishing Publications. [In Persian].

Fooman, A., 2007. Forage Sorghum and Its Planting, Holding and Harvesting Instructions. Agricultural Education Publishing Publications. [In Persian].

Gholami, H., Amir Sadeghi, M., 2018. Nutritional Value of Forage Sorghum and Its Use in Animal Nutrition. Agricultural Education Publishing Publications. [In Persian].

Habibi, M., Abdi, M., Mehrpooyan, M., 2013. Study of forage quality characteristics in two cultivars of Speedfeed and Pegah forage sorghum under low water conditions. The Second National Conference on Modern Agriculture. Saveh. Iran. [In Persian].

Haji Hassani Asl, N., Rushdi, M., Khalili Mahalleh, J., Rezadoost, S., Shirani Rad, A.H., Moradi Aghdam, A., 2010. Yield and yield components of three forage plants under drought stress conditions in Khoy. Journal of Crop Ecophysiology. 2, 236-246. [In Persian with English Summary].

Howell, T.A., Yazar, A., Schneider, A.D., Duser, D.A., Copeland, K.S., 1995. Yield and water use efficiency of corn in response to lepa irrigation. Transacation of the ASAE. 38, 1737-1747.

Innes, P., Black, W., 2001. The effect of drought on water use and yield of two sorghum genotypes. The Journal of Agricultural Science. 96, 603-610.

Karimi, A., Naderi, M., 2007. Investigation of the effects of application of superabsorbent polymer on yield and water use efficiency of forage maize in soils with different textures. Agricultural Research. 7, 87-98.

Khazaei, A., Fooman, A., Rahjoo, V., Golzardi, V., 2019. Agriculture and Characteristics of Introduced Sorghum Cultivars. Agricultural Education Publishing Publications. 136 pages. [In Persian].

Loni, A., Sabzi, H., 1992. Comparison of the performance of forage sorghum in different dates. Agricultural Education Publishing Publications. [In Persian].

Maghtouli, M., Chaichie, M.R., Hadadchi, V.G., 2001. Effect of nitrogen fertilizer and water stress at different growth stages on the amount of acid procik and forage quality of sorghum. Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources. 8, 103-114. [In Persian with English Summary].

Miller, R.W., Donahue, R.L., 1990. Soils: An Introduction to Soils and Plant Growth (No. Ed. 6). Prentice-Hall International Inc.

Moaaveni, P., Heidari, V.Y., 2004. Study of plant density and irrigation intervals on grain yield and some physiological traits in forage sorghum. Iranian Journal of Crop Sciences. 4, 374-382. [In Persian with English Summary].

Mousavi Fazl, S., 2018. Reaction of Forage Sorghum Cultivars to the Amount of Irrigation Water. Research Achievements for Field and Horticulture Crops. 7, 115-126. [In Persian with English Summary].

Mousavi Fazl, S., Akhyani, A., Atarodi, S., 2018. Effect of irrigation water and potassium fertilizer on the forage yield of sorghum with the aim to determine the yield function - water – fertilizer (Pegah Variety). Irrigation Sciences and Engineering. 40, 83-97. [In Persian with English Summary].

Mousavi, G., Mirhadi, M.J., Siadat, A., Mohamadi, G.N.R., Darvish, F., 2009. Effect of water stress and nitrogen fertilizer on yield and water use efficiency of sorghum and forage millet. Journal of New Agricultural Science. 15, 101-113. [In Persian with English Summary].

Najafinejad, H., Ravari, S.Z., Javaheri, M.A., 2019. Changes in forage yield and some agronomic and physiological characteristics of fodder, millet, sorghum and forage maize are affected by drought. Journal of Crop Ecophysiology. 4, 535-554.

Panda. R.K, Behera, S.K., Kashypa, P.S., 2004. Effective management of irrigation water for maize under stressed conditions. Agricultural and Food Engineering. 66, 181-203.

Rahnama, A., Absalan, S.H., Makvandi, M.A., 2008. Effect of irrigation deficient on yield and components of three cultivars of forage sorghum. Journal of Research in Agronomy Science. 1, 11-22. [In Persian with English Summary].

Razmi, N., Ghasemi, 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, 169-183. [In Persian with English Summary].

Rastegar S., Zakeri, O., Zakeri, D., 2016. Effects of drought stress on vegetative growth and biochemical changes of six ornamental species in tropical. Journal of Plant Process and Function. 5, 157-164. [In Persian with English Summary].

Rust, S.R., Ritchie, H.D., Hesterman, O.B., Kells, J.J., 1988. Annual sum forage production in Michigan. Cooperation Extension Service, Michigan University Extension Bulletin. E-2126.

Tabatabai, S.A., Mirabzadeh Ardakani, M., 2009. Seed Sorghum. Agricultural Education Publishing Publications. [In Persian].

Stickler, F.C., Wearden, S., Pauli, A.W., 1961. Leaf area determination in grain sorghum 1. Agronomy Journal. 53, 187-188.

Tesfaye, K., 2017. Genetic diversity study of sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moenc) genotypes, Ethiopia. Acta Universitatis Sapientiae, Agriculture and Environment. 9, 44-54.

Torabi, A.R., Farahbakhsh, H., Khajoui Nejad, G.R., 2013. Investigation of different irrigation regimes and superabsorbent of zeolite on yield and yield components of forage sorghum. Journal of Agricultural Crop. 15, 1-14. [In Persian with English Summary].

Vahidi, H., Khajoeinejad, G.R., Rezaei Estakhroeih, A., 2015. Grain yield and water

use efficiency of five sorghum cultivars under different irrigation regimes in Kerman. Iranian Journal of Field Crops Research. 13, 461-470. [In Persian with English Summary].

Valad Abadi, A., Mazaheri, D., Noormohammadi, G., Dezfouli, A., 2000. Performance of the effect of drought stress on quality and quantitative characters of corn, sorghum and millet. Iranian Journal of Crop Sciences. 2, 39-47. [In Persian with English Summary].

Wall, J.S., Ross, W.M., 1970. Sorghum Production and Utilization. Avi Publ. Co.: Westport, CT.