دانشگاه آزاد اسلامی واحد ارسنجان

مجله علمی پژوهشی اکوفیزیولوژی گیاهی
سال دوازدهم، شماره چهلم، ۱۳۹۹

بررسی قابلیت تولید و تحمل به خشکی سه رقم ارزن و سورگوم اسپیدفید در منطقه رفسنجان

محمد صفائی طرقبه[۱]، آرمان آذری[۲]

دریافت: ۹۷/۲/۲ پذیرش: ۹۷/۷/۱٤

چکیده

این تحقیق با هدف بررسی میزان تحمل به خشکی ارقام ارزن در منطقه رفسنجان به‌صورت آزمایش کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. عامل اصلی دور آبیاری در سه سطح شامل انجام آبیاری پس از ۸۰ (شاهد)، ۱۲۰ و ۱٦۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیرکلاس A و عامل فرعی شامل یک رقم سورگوم (*Sorghum bicolor* var. Speedfeed) و سه رقم ارزن باستان (*Setaria italica* var. Bastan)، پیشاهنگ (*Panicum miliaceum* var. Pishahang) و نوتریفید (*Pennisetum americanum* var. Nutrifeed) بود. براساس نتایج، افزایش دور آبیاری سبب کاهش در صفات رویشی و فیزیولوژیک و عملکرد علوفه گردید و بر اهمیت ساقه به عنوان اندام ذخیره‌ای مهم در این شرایط افزود. تنش خشکی سبب کاهش سطح برگ و شاخص پربرگی شد و از این طریق سبب کاهش کیفیت علوفه تولیدی گردید. تحمل به خشکی سورگوم اسپیدفید به دلیل تولید ماده خشک زیادتر و بالاترین مقادیر شاخص‌های MP، GMP، STI و HAM، بیشتر از ارقام ارزن مورد مطالعه بود. بیشترین عملکرد خشک علوفه (۹۳۷٦ Kg/ha) از سورگوم اسپیدفید و در بین اقام ارزن نیز از رقم پیشاهنگ (٦۲۵۱ Kg/ha) در دور آبیاری شاهد بدست آمد. ارزن پیشاهنگ نیز بر سایر ارقام ارزن برتری داشت. ارزن نوتریفید به دلیل تولید عملکرد خشک برگ و همچنین دارا بودن بیشترین شاخص پربرگی (٤۵٪) و درصد پروتئین خام (۲۰/۷) از کیفیت علوفه بالاتری برخوردار می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: ارزن، تنش خشکی، عملکرد، علوفه

صفائی طرقبه، م. و آ. آذری. ۱۳۹۹. بررسی قابلیت تولید و تحمل به خشکی سه رقم ارزن و سورگوم اسپیدفید در منطقه رفسنجان. مجله اکوفیزیولوژی گیاهی. ٤۰: ۱۲۸-۱۱٦.

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد دانشگاه ولی‌عصر رفسنجان، رفسنجان، ایران

۲- استادیار، عضو هیئت علمی دانشگاه ولی‌عصر رفسنجان، رفسنجان، ایران - مسئول مکاتبات. armanazari@vru.ac.ir

مقدمه

نقش گیاهان علوفه‌ای در تعلیف دام و در نتیجه تامین نیاز انسان به فرآورده‌های دامی از اهمیت غیر قابل انکاری برخوردارمی‌باشد. سازوکارهای فیزیولوژیک پاسخ گیاهان به تنش خشکی، ابزارهای جدید و قدرتمند برای برنامه‌های اصلاحی هستند (فراکاسو و همکاران، ۲۰۱۵). ارزن و سورگوم گیاهانی چهارکربنه و گرمادوست از خانواده غلات هستند که از تحمل بالایی نسبت به تنش‌های محیطی به‌ویژه کمبود آب برخوردارند (مجنون حسینی، ۲۰۱۵). سورگوم به لحاظ تنوع در جنبه‌های مصرفی (نشاسته از سورگوم دانه‌ای، شکر از گونه‌های شیرین، فیبر و علوفه از انواع علوفه‌ای) یکی از غلات مفید محسوب می‌شود (رونی و همکاران، ۲۰۰۷). ارزن علوفه‌ای محصول مناطق گرمسیری و نیمه گرمسیری است که به علت پنجه‌زنی فراوان، قابلیت رشد مجدد (بازرشد یا Ratooning)، مقاومت در برابر تنش‌های محیطی و بیماری‌ها، عملکرد بالا در خاک‌های فقیر و عدم وجود اسید پروسیک مورد توجه است (راجندرا، ۲۰۰۶). به صورتی که در مناطق مختلف تا چند مرتبه (در مناطق سردسیر ۳، معتدل ٤ و در مناطق گرمسیری ۳تا ٦ چین) قابلیت تولید علوفه دارد (مجنون حسینی، ۲۰۱۵). خشک-سالی و تنش ناشی از آن، مهم‌ترین و رایج‌ترین تنش محیطی است که موجب کاهش عملکرد گیاهان زراعی در بسیاری از نقاط دنیا می‌شود (کاتیویلی و همکاران، ۲۰۰۸). . همچنین تنش خشکی از طریق آبسیزیک اسید تولید شده در ریشه‌ها، سبب بسته شدن روزنه‌ها می‌گردد که این امر موجب کاهش غلظت CO_2 درون سلول‌ها و افزایش مقاومت مزوفیلی و در نتیجه کاهش در فتوسنتز می‌شود (پینهیرو و چاوز، ۲۰۱۱). میزان کاهش رشد و عملکرد بر اثر کمبود آب به طور فراگیر، وابسته به شدت تنش می‌باشد. در مراحل رویشی حتی تنش بسیار جزیی می‌تواند سرعت رشد برگ و در مراحل بعدی، شاخص سطح برگ را کاهش دهد (امام و نیک نژاد، ۲۰۰٤). احسان‌زاده و نوری‌ازهر(۲۰۰۷) با بررسی شاخص‌های رشد پنج هیبرید ذرت در دو رژیم مختلف آبیاری گزارش کردند که کم آبیاری شاخص سطح برگ را به‌طور معنی‌داری کاهش داد. آنها وجود همبستگی مثبت بین شاخص سطح برگ و عملکرد ماده خشک را نیز گزارش کردند. تنش خشکی سبب تغییرات در تورژسانس سلول و بسته شدن روزنه‌ها به علت اسید آبسیزیک تولیدی در برگ یا ریشه‌ها می‌گردد که این امر موجب کاهش غلظت CO_2 درون سلول‌ها و افزایش مقاومت مزوفیلی و کاهش در فتوسنتز می‌شود (پینهیرو و چاوز، ۲۰۱۱). محتوای نسبی آب برگ (RWC: Relative Water Content)، شاخص فیزیولوژیک مهمی در بررسی و ارزیابی درجه تحمل به تنش خشکی و شناسایی رقم-های مقاوم به خشکی است (هاشمی نسب و همکاران، ۲۰۱٤). گیاهان مختلف، رفتار متفاوتی را نسبت به تنش خشکی در ارتباط با RWC نشان می‌دهند. به‌طوری که گیاهان مقاوم در برابر تنش خشکی مقدار آب برگ خود را نسبت به گیاهان حساس برای مدت طولانی‌تری حفظ می‌کنند (رای و همکاران، ۲۰۱۱). در تحقیقات جداگانه، کاهش در RWC و عملکرد بر اثر تنش خشکی در سورگوم (فراکاسو و همکارن، ۲۰۱۵)، رزماری (*Rosmarinus officinalis*) و بادرنجبویه (*Melissa officinalis*) (مانه و همکاران،۱۹۹۹) و نیز کاهش در RWC و سطح برگ در ماش (*Vigna radiata* L.) (نادیو و نارلی، ۲۰۰۱) گزارش شده است.در تحقیقی دیگر بر روی ژنوتیپ‌های سورگوم در شرایط تنش خشکی، نتایج نشان داد که ژنوتیپ‌هایی با محتوای نسبی آب برگ بالا، شاخص حساسیت به تنش خشکی کمتری داشته، همچنین دارای شاخص مقاومت به خشکی بالاتری بودند و از عملکرد نسبی بالاتری نیز برخوردار بودند (Kumari vinodhana and Ganesamurthy, 2010) .پروتئین خام یک جز مهم از کیفیت علوفه است و تولید و مصرف آن در گیاهان مختلف تحت تاثیر خصوصیات ژنتیکی و فیزیولوژیک و همچنین چرخه‌های فتوسنتزی و جذب عناصر غذایی است (لیتورگیدیس و همکاران، ۲۰۰٦)محتوای الیاف نامحلول در شوینده خنثی (NDF: Neutral Detergent Fiber) یا همان دیواره سلولی (شامل لیگنین، سلولز و همی‌سلولز) و الیاف نامحلول در شوینده اسیدی (ADF: Acid Detergent Fiber) یا همان دیواره سلولی بدون همی‌سلولز، دو ویژگی مهم کیفی علوفه هستند.

NDFارتباط نزدیکی با قابلیت مصرف علوفه توسط دام دارد. در حالی‌که ADF دارای وابستگی نزدیکی با قابلیت هضم علوفه می‌باشد. در بسیاری از آزمایشگاه‌ها از ADF و NDF به همراه محتوای پروتئین برای ارزیابی کیفیت علوفه استفاده می-شود. درصد بالای ADF و NDF در علوفه سبب کاهش قابلیت هضم و خوش‌خوراکی آن می‌گردد (فراسر و همکاران، ۲۰۰٤). در مناطق نیمه‌خشک که پراکنش بارندگی مناسب نیست، مقدار عملکرد در شرایط تنش بهترین معیار تحمل به خشکی محسوب نمی‌شود، بلکه پایداری عملکرد و مقایسه میزان عملکرد در شرایط وجود و عدم وجود تنش، به عنوان معیارهای مناسب‌تری برای واکنش ارقام به تنش رطوبتی می‌باشند (سیمانه و همکاران، ۱۹۹۳). تعدادی از محققان

اعتقاد بـه انتخاب ژنوتیپ‌ها در شرایط مساعد را دارند (بترانو همکاران، ۲۰۰۳; ون گینکل و همکاران، ۱۹۹۸) و عده‌ای نیـز انتخاب در شرایط تنش را پیشنهاد کرده اند (گاووزی و همکاران، ۱۹۹۷; بیرنه و همکاران، ۱۹۹۵). در حالی کـه تعداد دیگری از محققان راه میانه را در پیش گرفته‌اند و اعتقـاد بـه انتخاب در هـر دو شـرایط تـنش و غیـر تـنش را دارند (کلارک و همکاران، ۱۹۹۲). این انتخاب‌ها بـه وسیله تعدادی شـاخص، که براساس یک سری روابط ریاضی بـین شرایط تنش و عدم تنش برقرار می‌گردد، صورت می‌پذیرد، که برای ارزیابی واکنش ژنوتیپ‌ها در شرایط محیطی مختلف و تعیین تحمل و حساسیت آن‌ها ارائه شده است (صفری و جعفری، ۲۰۱۱). از جمله این شاخص‌ها میتوان به: شاخص تحمل (TOL: Tolerance Index)، شاخص متوسط بهره‌وری (MP: Mean Productivity)، شاخص حساسیت به تنش (SSI: Stress Susceptibility Index)، شاخص تحمل به تنش (STI: Stress Tolerance Index)، شاخص میانگین هندسی بهره-وری (GMP: Geometric Mean Productivity) و شـاخص میـانگین هارمونیک (HAM: Harmonic Mean) اشاره کرد. در گزارشی مشخص شد که شاخص‌های GMP و STI بیشترین همبستگی را با عملکرد دانه سورگوم داشتند و شاخص GMP بیشترین کارایی در انتخاب ارقام در شرایط تنش را نشان داد (نارویی‌راد و همکاران، ۲۰۰۹). در تحقیقات انجام شده در بررسی شاخص‌های تحمل به تنش، گزارش شده که شاخص‌های STI، MP، GMP و HAM بیشترین همبستگی را با عملکرد در شرایط تنش و عدم تنش نشان دادند (آذری و همکاران، ۲۰۱۱ ; ملکشاهی و همکاران، ۲۰۰۹). لذا در این تحقیق از شاخص‌های STI، MP، GMP و HAM استفاده شد. با توجه به مطالب گفته شده تحقیق حاضر به منظور ارزیابی میزان تحمل به خشکی سه رقم ارزن و مقایسه آن با سورگوم، تعیین بهترین دور آبیاری برای تولید مطلوب عملکرد علوفه و همچنین مقایسه کیفیت علوفه تولیدی در ارقام ارزن و سورگوم به اجرا درآمد.

مواد و روش‌ها

این تحقیق به صورت طرح کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار در دانشکده کشاورزی دانشگاه ولی‌عصر رفسنجان، طی تابستان ۱۳۹۳ انجام گرفت. عامل اصلی دور آبیاری در سه سطح شامل انجام آبیاری پس از ۸۰ (به عنوان شاهد)، ۱۲۰ و ۱۶۰ میلی متر تبخیر از تشتک تبخیرکلاس آ و عامل فرعی در چهار سطح شامل سه رقم از گونه‌های مختلف ارزن، شامل رقم‌های باستان (*Setaria italica* var. Bastan)، پیشاهنگ (*Panicum miliaceum* var. Pishahang) و نوتریفید (*Pennisetum americanum* var. Nutrifeed) و سورگوم اسپیدفید (*Sorghum bicolor* var. Speedfeed)بود. از نظر هدف تولید، ارزن‌های پیشاهنگ و باستان در گروه ارقام دومنظوره (دانه‌ای- علوفه‌ای) و ارزن نوتریفید از گروه ارقام علوفه‌ای هستند. دلیل استفاده از سورگوم اسپیدفید، برتری توانایی تولید علوفه آن در شرایط رفسنجان می‌باشد، که به عنوان معیاری برای ارزیابی بهتر ارقام ارزن مد نظر قرار گرفت (نارویی، ۲۰۱۵). تهیه بستر در فروردین ۱۳۹۳ به اجرا درآمد. بر اساس نتایج تجزیه خاک محل انجام آزمایش (جدول۱) و به منظور تامین عناصر غذایی مورد نیاز ارزن، ۵۰ کیلوگرم در هکتار کود سوپر فسفات تریپل (به صورت پایه) توزیع و به وسیله دیسک در خاک اختلاط داده شد. بستر کاشت به صورت جوی و پشته‌هایی با عرض ۸۰ سانتی‌متر آماده و کاشت در دو طرف پشته، با تراکم ۴۰ بوته در متر مربع (طبق توصیه موسسه اصلاح و تهیه نهال و بذر) در نیمه دوم اردیبهشت ماه انجام شد. هر کرت شامل شش خط کاشت و به طول نه متر بود و حد فاصل بین سطوح عامل فرعی یک پشته و بین عامل اصلی، دو پشته در نظر گرفته شد. مقدار ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص از منبع کود شیمیای اوره (به صورت دو بار سرک دهی، ۱/۳ در مرحله دو تا سه برگی و باقیمانده آن با آغاز گره‌بندی) مورد استفاده قرار گرفت. اعمال تیمارهای دور آبیاری پس از استقرار گیاه و رسیدن به مرحله شش برگی اجرا و تا پایان دوره ادامه یافت. به منظور اندازه‌گیری صفات مورد نظر، نمونه‌برداری با رسیدن به مرحله خمیری نرم از ۲ متر مربع انجام گرفت.

جدول۱- نتایج خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه

pH	EC	پتاسیم	فسفر	شن	رس	سیلت	نیتروژن	ماده آلی
	dS/m	ppm		%				
۷/۶	٤/٤١	۲۵۲	۷	٤۳	۱۷	٤۰	۰/۰۹۷	۰/۰۹۳

پهنک‌های برگ تمام بوته‌ها قطع و مساحت آن‌ها توسط دستگاه اندازه‌گیری سطح برگ (Leaf area meter, Delta T, CI-202WD3, UK) اندازه‌گیری شد. سپس نمونه‌های برگ و ساقه جداگانه در آون با درجه حرارت ۷۵ درجه سانتی-گراد تا رسیدن به وزن ثابت، خشک گردیدند. صفات مورد بررسی عبارت بودند از: صفات عملکردی که شامل عملکرد خشک ساقه و برگ، عملکرد زیست‌توده و شاخص‌های فیزیولوژیک شامل: شاخص سطح برگ (LAI: Leaf Area Index)، محتوای نسبی آب برگ در جوان‌ترین برگ بالغ (ریچی و همکاران، ۱۹۹۰) ، سطح مخصوص برگ (SLA: Specific Leaf Area) (حاصل تقسیم سطح برگ بر وزن خشک برگ) و شاخص پربرگی یا نسبت وزن خشک برگ به وزن خشک کل بوته (LWR: Leaf Weight Ratio) (حاصل تقسیم وزن خشک برگ بر وزن خشک زیست‌توده) و صفات کیفی شامل اندازه‌گیری: ADF، NDF و پروتئین خام (Crude Protein) بودند، که ADF و NDF از روش ون سوئست (۱۹۶۳) و پروتئین خام از توسط دستگاه کجلدال (برمنر و کنی، ۱۹۶۵) اندازه‌گیری شدند.

همچنین شاخص‌های تحمل به تنش از روابط زیر محاسبه شدند: (فرناندز، ۱۹۹۲)

$$STI = \frac{(Y_p)(Y_s)}{(\bar{Y}p)^2}$$

$$MP = (Y_s + Y_p)/2$$

$$GMP = \sqrt{(Y_p . Y_s)}$$

$$HAM = 2(Y_s)(Y_p).(Y_s + Y_p)$$

که Yp و Ys به ترتیب عملکرد در شرایط عدم تنش و تنش و $\bar{Y}$، میانگین عملکرد ارقام مورد مطالعه در شرایط عدم تنش هستند. تجزیه آماری با نرم‌افزار SAS (Portabale ver. 9.3.1) و با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح ۵ درصد صورت گرفت.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس مربوط به صفت محتوای نسبی آب برگ نشان داد که طول دوره آبیاری و بر همکنش آن در رقم، بر این صفت معنی‌دار شد (جدول۲). به‌طور کلی تغییرات RWC، روند کاهشی همراه با افزایش طول دوره آبیاری نشان داد. این نتیجه، در تحقیقات دیگر نیز مشاهده گردیده است (تدین و کریم‌زاده ۲۰۱۷). اما رفتار ارقام مورد مطالعه در هر سطح از دورهای آبیاری متفاوت بود. به طوری که در دوره آبیاری شاهد، با توجه به فراهمی آب کافی در محیط ریشه و همچنین تحمل به خشکی هر دو گونه گیاهی ارزن و سورگوم، تفاوتی بین ارقام وجود نداشت (جدول۳). در سطح ۱۲۰ میلی‌متر رقم باستان دارای کمترین مقدار RWC بود. در دور ۱۶۰ میلی‌متر هم به دلیل فاصله زیاد دور آبیاری و شدت تنش وارد شده، تفاوت معنی‌داری بین ارقام دیده نشد. در مجموع می‌توان گفت ، ارزن باستان کمترین مقدار تغییرات را در طول سه سطح آبیاری داشت. این نشان می‌دهد که توانایی ارقام در جذب آب و ممانعت از خروج آن از برگ در دورهای آبیاری متفاوت، یکسان نیست. با توجه به روند تغییرات این صفت در ارقام مورد مطالعه (جدول۳)، به نظر می‌رسد که شدت تنش خشکی وارده تا دور آبیاری ۱۲۰ میلی‌مترتبخیر برای ارقام مورد بررسی، ملایم بوده و تاثیر زیادی بر محتوای نسبی آب برگ نداشته است. اما دور آبیاری ۱۶۰ میلی‌متر سبب کاهش قابل توجه محتوای نسبی آب برگ و بروز تنش قابل توجه در ارقام مورد مطالعه گردیده است.

اثر اصلی عوامل آزمایشی بر شاخص سطح برگ معنی‌دار بود (جدول۲). به نحوی که با افزایش طول دوره آبیاری، شاخص سطح برگ کاهش معنی‌داری یافت (جدول٤). علت کاهش شاخص سطح برگ، افت سرعت و مقدارگسترش سطح برگ‌ها به واسطه کاهش آماس سلولی ناشی از تاخیر در آبیاری و بروز کاهش RWC، تسریع پیری و ریزش برگ‌ها می‌باشد (جلال و همکاران، ۲۰۰۷). بین LAI و RWC همبستگی مثبت ($r=۰/٤٤^{**}$) وجود داشت (جدول٦)، که تایید کننده نقش مثبت فراهمی آب در توسعه و گسترش سطح برگ است. در بین ارقام نیز ارزن نوتریفید و باستان به ترتیب با مقادیر ۳/۱۳ و ۱/۹٤ دارای بیشترین و کمترین شاخص سطح برگ بودند(جدول۵). علت آن می‌تواند مربوط به ماهیت ژنتیکی ارقام باشد که ارزن نوتریفید، یک رقم علوفه‌ای است و در مقایسه با ارقام دو منظوره، از قابلیت رشد رویشی بیشتری برخوردار می‌باشد. در تحقیقات دیگر نیز، کاهش سطح برگ در اثر تنش خشکی به علت پژمردگی، جمع شدن پهنک برگ‌ها و پیری زودرس برگ‌ها گزارش گردیده است (ارل و دیویس، ۲۰۰۳).

اثرات اصلی و برهمکنش آنها برسطح مخصوص برگ (SLA) معنی‌دار بود (جدول۲). در سطح شاهد، بیشترین مقدار SLA از سورگوم اسپیدفید (۸۸/۱ cm^2/g) و در دورهای آبیاری ۱۲۰ و ۱۶۰ از ارزن پیشاهنگ (به ترتیب ۸۱/۱ cm^2/g و ۷۷/۱) به‌دست آمد (جدول۳). تغییرات کلی، حاکی از کاهش این صفت همراه با افزایش طول دوره آبیاری بود که این، نوعی راه‌کار تحمل به خشکی برای کاهش سطح برگ و افزایش ضخامت آن برای بالا نگه داشتن ظرفیت فتوسنتزی در واحد سطح برگ است که باعث کاهش SLA می‌شود. بین SLA و LAI همبستگی مثبت و

معنی‌دار ($r=۰/۳۵^{*}$) وجود داشت (جدول ٦) که بیان کننده ارتباط مستقیم این دو شاخص می‌باشد. چرا که افزایش SLA به معنی کاهش ضخامت و افزایش سطح برگ است که می‌تواند منجر به افزایش LAI گردد.

جدول۲- تجزیه واریانس صفات فیزیولوژیک، مرفولوژیک و کیفی

منبع تغییر	درجه آزادی	LAI	RWC	SLA	LWR	عملکرد برگ	عملکرد ساقه	عملکرد زیست توده	ADF	NDF	CP	عملکرد پروتئین
بلوک	۲	^{ns}۰/۰٤	^{ns}٤۲/٥۷	^{ns}۳۷۰/٦۰	^{ns}٤/۹	^{ns}۱۰۱٦۲۸	^{ns}۱۰۱۸۸	^{ns}٤۰٦۹۳٥	^{ns}۱/٤۹	^{ns}۱۳/۱٥	^{ns}۹/۲۷	^{ns}۲۱۰۲۱٤۳٥۸
آبیاری	۲	٤/٤۸**	۳۳۳/۰٤**	۲٥۸۱/٤٥**	۱۷٤/٤**	۳٦۰۲۹٥۲**	۳۹۷۹۳۰۰**	۱٥۰۸۷۸۷۱**	^{ns}۰/۰۰٤	^{ns}۰/۱۲	^{ns}۰/۷۹	٤٦۱۱٤۸۰۷۲۸**
خطای اصلی	٤	۰/۰٤	٤٥/۳۸	۱۲٥/٥۹	۹/۰	۱۱۹۹۸۸	٤۰٦۳٤۳	٥۹۰۳۲۰	۱/٥۳	۹/۹۸	۳/٥	۲۳۹۰۳۳۷۱٤
رقم	۳	۲/۳۷**	^{ns}۲۸/٥۷	۱٥٥۹**	۷٦۰/۹**	۱٥٤۸۷۹۹**	۱۱٤۹٥٥۹۳**	۱۲۹۹٤٦٥۷**	۰/۰٤*	۳٦/٤۹*	۱۹/۳۱**	^{ns}۲۷۷٦۳۳٥۸۱٦
آبیاری× رقم	٦	^{ns}۰/۰۹	۷۳/٤٦*	٤٥۹/۲۸*	^{ns}٦/۹	۱۱۸۳۸۲*	^{ns}٥٥۹۸٥۰	^{ns}۱۰۰۷٤۱	^{ns}۰/۲٤	^{ns}۰/٤۲	^{ns}۱/۱۹	^{ns}٤٦٦٦٥۱۸۲۱
خطای فرعی	۱۸	۰/۰۷	۲۷/۰۸	۱۲۱/۱۸	٥/۷	۳۱۸۷٥	۲۷۲۹۷٥	٤۱٦۲٥۲	۰/۹٥	۸/۸۹	۳/۰۹	۲۳۰۳٦٤۸۹۹
ضریب تغییرات٪		۱۰/۷	٦/٤	۱۷/۱	۷/۷	۱۰/۳	۱۳/٥	۱۱/٥	۳/٥٤	۸/٥۳	۹/۰۷	۱٤/۱۸

* ، ** و ns به ترتیب نشان دهنده غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ٥ و ۱ درصد می‌باشند

ADF(Acid Detergent Fiber): محتوای الیاف نامحلول در شوینده اسیدی

NDF(Neutral Detergent Fiber): محتوای الیاف نامحلول در شوینده خنثی

CP (Crude Protein): درصد پروتئین خام

جدول۳ - مقایسه میانگین اثر متقابل تنش خشکی و رقم بر محتوای آب نسبی برگ، عملکرد خشک و سطح مخصوص برگ

آبیاری	رقم	RWC (%)	SLA(cm^2/g)	عملکرد خشک برگ (Kg/ha)	عملکرد خشک زیست‌توده (Kg/ha)
(شاهد) ۸۰					
	باستان	a۷۸/۸	a۸۲/۹	c۱٦۷٤	٥۹۸٦
	پیشاهنگ	a۸٦/٥	ab۸۰/۱	b۲۰۰۸	٦۲٥۱
	نوتریفید	a۸۷/٥	b٦۲/٦	a۲٦۷۸	٥٤۳٤
	اسپیدفید	a۸٤/٦	a۸۸/۱	a۲۹۲۳	۹۳۷٦
۱۲۰					
	باستان	b۷۸/٦	b٥۲/۸	b۱۳۱۳	٥۲۲٦
	پیشاهنگ	a۸٦/۳	a۸۱/۱	b۱۳۰۰	٤۹۷۸
	نوتریفید	a۸۷/٤	ab٦۸/٤	a۲۰٦۳	٤٥۳۲
	اسپیدفید	ab۸۱/۰	ab۷۲/۸	a۱۷۹۷	۷۰٤۲
۱٦۰					
	باستان	a۷٦/٦	b۳۲/۹	c۸۹٤	۳۷۸۷
	پیشاهنگ	a۷۰/٤	a۷۷/۱	bc۱۰٦۱	٤٤٦٦
	نوتریفید	a۷۱/۷	b۲٦/۹	a۱٦۸۲	٤۲۲٦
	اسپیدفید	a۷٦/۸	a٦۱/٦	b ۱۳۲۹	٥٦٤۸

در هرسطح آبیاری میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، براساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند

جدول٤- مقایسه میانگین اثر سطوح مختلف آبیاری

آبیاری	LAI	LWR	عملکرد خشک ساقه (Kg/ha)	عملکرد خشک زیست‌توده (Kg/ha)	عملکرد پروتئین (Kg/ha)
شاهد (۸۰)	a۳/۲۰	a۳۵/۳	a٤٤٤١	a٦٧٦٢	a۱۲۷/٦۸
۱۲۰	b۲/۳۵	b۳۰/٥	ab۳۸۲٦	b٥٤٤٥	b۱۰٤/٦۱
۱٦۰	c۲/۰۲	b۲۷/٤٥	b۳۲۹۰	c٤٥۳۱	b۸۸/٦۹

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، براساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند

با تاخیر درطول دوره آبیاری از مقدار شاخص پربرگی (LWR) به طور معنی‌داری کاسته شد (جداول۲ و٤). این روند می‌تواند به دلیل کاهش سطح برگ و عملکرد خشک برگ به دلیل کاهش فشار تورژسانس سلولی و نیز ظرفیت فتوسنتزی گیاه باشد. همبستگی بین LWR و RWC (r=۰/۳٦*) تایید کننده این مطلب می‌باشد. همچنین نتایج نشان داد که در بین ارقام، بیشترین و کمترین مقدار شاخص پربرگی به ترتیب مربوط به ارزن نوتریفید ارزن باستان بود (جدول٥).

جدول٥- مقایسه میانگین اثر رقم بر LAI، LWR و عملکرد خشک ساقه، زیست توده و صفات کیفی

رقم	LAI	LWR	عملکرد خشک ساقه	عملکرد خشک زیست‌توده	ADF	NDF	CP	عملکرد پروتئین
		%	Kg/ha		%			Kg/ha
باستان	d۱/۹٤	b۲٥/۷	b۳۷۰٦	b٥۰۰۰	b ۲۷/۰۹	ab۳۷/۰٥	a۲۰/٥۲	b۹۱۸/۳٤
پیشاهنگ	c۲/۳۱	b۲۷/۳	b۳۷۷٥	b٥۲۳۲	ab۲۷/۹۲	a۳۸/۲۳	b۱۸/۳۲	b۱۰٦٥/۰۷
نوتریفید	a۳/۱۳	a٤٤/۹	c۲٥۸۹	b٤۷۳۰	b۲٦/۹٦	b۳٤/۱٥	a۲۰/۷۱	b۹۷۸/۷۹
اسپیدفید	b۲/۷۲	b۲٦/۷	a٥۳۳۹	a۷۳٥٥	a۲۸/۳۸	a۳۸/٥۹	b۱۷/۸۸	a۱۳۱۹/۷۳

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، براساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

ADF(Acid Detergent Fiber):محتوای الیاف نامحلول در شوینده اسیدی

NDF(Neutral Detergent Fiber):محتوای الیاف نامحلول در شوینده خنثی

CP(Crude Protein):درصد پروتئین خام

اثرات اصلی و متقابل عوامل آزمایشی بر عملکرد خشک برگ معنی‌دار شد (جدول۲). در هر چهار رقم با تاخیر در طول دوره آبیاری و افزایش شدت تنش خشکی، از مقدار عملکرد برگ کاسته شد. در دوره آبیاری شاهد، سورگوم اسپیدفید دارای بیشترین مقدار عملکرد برگ (۲۹۲۳ Kg/ha) بود، ولی در دور آبیاری ۱۲۰ و ۱٦۰ میلی‌متر ارزن نوتریفید بیشترین مقدار عملکرد برگ (به ترتیب ۲۰٦۳ Kg/ha و ۱٦۸۲) را تولید کرد. در هر سه سطح دور آبیاری، ارقام باستان و پیشاهنگ کمترین عملکرد برگ را تولید کردند که با توجه با ماهیت دو منظوره بودن آن‌ها، تولید کمتر برگ دور از انتظار نمی‌باشد (جدول۳). فراهمی رطوبت بیشتر در محیط ریشه می‌تواند از طریق تاثیر بر فرآیندهایی نظیر فتوسنتز و حفظ آب سلول‌ها و تامین نیروی تورژسانس لازم برای توسعه و تقسیم سلولی، باعث افزایش عملکرد برگ در شرایط شاهد و کاهش آن در شرایط تنش می‌شود. وجود همبستگی بین عملکرد خشک برگ با RWC، LAI و LWR با به ترتیب ۰/٤۱*، ۰/۸۳** و ۰/٦٤** (جدول٦) نیز تایید کننده این مطلب می‌باشد که حفظ محتوی نسبی آب بیشتر منجر به توسعه و رشد بیشتر برگ و در نهایت افزایش وزن خشک آن می‌گردد. در دور آبیاری ۱۲۰ میلی‌متر در مقایسه با شاهد، ارقام ارزن باستان و نوتریفید کمترین درصد کاهش عملکرد و خشک برگ را داشتند. ارزن باستان همچنین در دور آبیاری ۱٦۰ میلی‌متر و نیز ارزن نوتریفید کمترین درصد کاهش عملکرد را نسبت به دور شاهد داشت. اما بیشترین درصد کاهش عملکرد خشک برگ در هر دو دور آبیاری مربوط به سورگوم اسپیدفید بود (جدول ۳).

اثرات اصلی و متقابل عوامل آزمایشی بر عملکرد خشک برگ معنی‌دار شد (جدول۲). در هر چهار رقم با تاخیر در طول دوره آبیاری و افزایش شدت تنش خشکی، از مقدار عملکرد برگ کاسته شد. در دوره آبیاری شاهد، سورگوم اسپیدفید دارای بیشترین مقدار عملکرد برگ (۲۹۲۳ Kg/ha) بود، ولی در دور آبیاری ۱۲۰ و ۱٦۰ میلی‌متر ارزن نوتریفید بیشترین مقدار عملکرد برگ (به ترتیب ۲۰٦۳ Kg/ha و ۱٦۸۲) را تولید کرد. در هر سه سطح دور آبیاری، ارقام باستان و پیشاهنگ کمترین عملکرد برگ را تولید کردند که با توجه با ماهیت دو منظوره بودن آن‌ها، تولید کمتر برگ دور از انتظار نمی‌باشد (جدول۳).

فراهمی رطوبت بیشتر در محیط ریشه می‌تواند از طریق تاثیر بر فرآیندهایی نظیر فتوسنتز و حفظ آب سلول‌ها و تامین نیروی تورژسانس لازم برای توسعه و تقسیم سلولی، باعث افزایش عملکرد برگ در شرایط شاهد و کاهش آن در شرایط تنش می‌شود. وجود همبستگی بین عملکرد خشک برگ با RWC، LAI و LWR با به ترتیب *۰/٤۱، **۰/۸۳ و **۰/٦٤ (جدول٦) نیز تایید کننده این مطلب می‌باشد که حفظ محتوی نسبی آب بیشتر منجر به توسعه و رشد بیشتر برگ و در نهایت افزایش وزن خشک آن می‌گردد. در دور آبیاری ۱۲۰ میلی‌متر در مقایسه با شاهد، ارقام ارزن باستان و نوتریفید کمترین درصد کاهش عملکرد و خشک برگ را داشتند. ارزن باستان همچنین در دور آبیاری ۱٦۰ میلی‌متر و نیز ارزن نوتریفید کمترین درصد کاهش عملکرد را نسبت به دور شاهد داشت. اما بیشترین درصد کاهش عملکرد خشک برگ در هر دو دور آبیاری مربوط به سورگوم اسپیدفید بود (جدول ۳).

بر اثر تنش خشکی، میزان سطح مخصوص برگ کاهش می‌یابد که به معنی کاهش سطح و افزایش وزن خشک و ضخامت برگ است. مطلب قابل توجه، همبستگی بین عملکرد خشک برگ با LAI و SLA به ترتیب (**۰/۸۳و^{ns} ۰/۲۳) بود (جدول٦). بر این اساس می‌توان گفت عامل اصلی تاثیرگذار بر عملکرد برگ، سطح برگ تولیدی می‌باشد و افزایش ضخامت برگ، قادر به جبران کاهش وزن خشک برگ ناشی از کاهش سطح آن نیست.

جدول٦- ضرایب همبستگی بین صفات مورد بررسی

	RWC	LAI	SLA	LWR	عملکرد برگ	عملکرد ساقه	عملکرد زیست توده	ADF	NDF	CP
RWC	۱									
LAI	۰/٤٤*	۱								
SLA	۰/۲٦	۰/۳٥*	۱							
LWR	۰/۳٦*	۰/۷۰**	-۰/۱۰	۱						
عملکرد برگ	۰/٤۱*	۰/۸۳**	۰/۲۱	۰/٦٤**	۱					
عملکرد ساقه	۰/۰۱	۰/۱٤	-۰/٤٦**	-۰/٤٥**	-۰/۳۷*	۱				
عملکرد زیست توده	۰/۱۷	۰/٤۳**	۰/٤۷**	-۰/۱۰	۰/٦۸**	۰/۹۳**	۱			
ADF	-۰/٥٦**	-۰/۰٥	۰/۱٥	۰/۱۹	-۰/۰٤	۰/۳۱	۰/۲٦	۱		
NDF	-۰/٥٤**	۰/۰۷	۰/۰۰۱	۰/۲۲	-۰/۱۱	۰/٤۳**	۰/۳۱	۰/۸٦**	۱	
CP	۰/٦۸**	۰/۳۲	۰/۰۳	۰/۲٤	۰/۰۰۰٥	۰/٤۱*	-۰/٤٥**	-۰/٤٦**	-۰/٤۸**	۱
عملکرد پروتئین	۰/۲۹	۰/٤۹**	۰/۱۸	۰/۲۲	۰/۷۲**	۰/۸۲**	۰/۹۳**	-۰/۲۸	-۰/۲۳	۰/۲۸

* و ** به ترتیب نشان دهنده معنی‌دار در سطح احتمال ٥ و ۱ درصد می‌باشد

اثر اصلی عوامل آزمایشی بر عملکرد خشک ساقه معنی‌دار بود (جدول۲). نتایج نشان دادکه با افزایش شدت تنش خشکی، از مقدار این صفت کاسته شد (جدول٤). همچنین بیشترین عملکرد ساقه مربوط به سورگوم اسپیدفید در شرایط شاهد و کمترین مقدار آن مربوط به ارزن نوتریفید در دور آبیاری ۱٦۰ میلی‌متر بود (جدول٥). کاهش رشد و ظرفیت فتوسنتزی (چه ناشی از تنش خشکی و چه بر اثر کاهش سطح برگ) موجب محدودیت رشد ساقه نیز می‌گردد. در بین ارقام ارزن نیز رقم نوتریفید به دلیل ماهیت علوفه‌ای و پر برگ بودن آن، از عملکرد ساقه کمتری نیز برخوردار است. با این حال، شدت افت عملکرد ساقه در هر سطح دور آبیاری نسبت به شاهد، بسیار کمتر از افت عملکرد برگ بود. به نحوی که با افزایش دور آبیاری، سهم ساقه از عملکرد کل زیست‌توده افزایش یافت (جدول٤). یکی از دلایل این کاهش کمتر می‌تواند به دلیل اهمیت یافتن نقش ساقه به عنوان اندام ذخیره‌ای آن در شرایط تنش‌های محیطی باشد که با توجه به توقف سریعتر رشد نسبت به فتوسنتز بر اثر تنش خشکی و تداوم فتوسنتز، تجمع بیشتر مواد پرورده در ساقه قابل توجیه می‌باشد (کافی و همکاران، ۲۰۰۹). همبستگی عملکرد ساقه با SLA، LWR و عملکرد خشک برگ به ترتیب **-۰/٤٦، **-۰/٤٥ و *-۰/۳۷ (جدول٦) می‌تواند تایید کننده این مطلب باشد. از آنجایی که برگ‌ها به دلیل دارا بودن فیبر کمتر و پروتئین بیشتر، نقش بیشتری در کیفت علوفه دارند،

کاهش سهم برگ از زیست‌توده تولیدی بر اثر تنش خشکی، مهمترین عامل کاهش کیفیت علوفه خواهد بود. در نتیجه، ارقام با وزن خشک ساقه کمتر (مانند ارزن نوتریفید)، از کیفیت علوفه بیشتری نیز برخوردار خواهند بود.

عملکرد خشک زیست‌توده تحت تاثیر عوامل اصلی آزمایش قرار گرفت و تاخیر در آبیاری باعث کاهش معنی‌دار آن شد (جداول ۲ و ٤). در هر دو دور آبیاری تاخیری در مقایسه با دور آبیاری شاهد، به ترتیب بیشترین و کمترین کاهش عملکرد مربوط به سورگوم اسپیدفید و ارزن نوتریفید بود. در بین ارقام نیز سورگوم اسپیدفید نسبت به سایر ارقام برتری معنی‌داری داشت و ارقام ارزن مورد بررسی در یک گروه آماری یکسان قرار گرفتند (جدول۵). بین عملکرد زیست توده با LAI و SLA به ترتیب همبستگی **۰/٤۳ و **۰/٤۷ مشاهده شد (جدول٦). این مطلب بیان می‌کند رشد برگ و افزایش سطح آن، سبب افزایش توانایی فتوسنتزی گیاه شده که تجمع ماده خشک و رشد بیشتر را می‌تواند به دنبال داشته باشد. از آنجایی که عملکرد ساقه بخش بزرگی از عملکرد زیست‌توده را شامل شده و اهمیت بیشتری نسبت به عملکرد خشک برگ دارد (همبستگی بین عملکرد زیست‌توده با عملکرد ساقه و برگ به ترتیب **۰/۹۳ و **۰/٦۸ می‌باشد) و ارزن نوتریفید از کمترین و سورگوم اسپیدفید از بیشترین عملکرد ساقه برخوردار بودند، کمترین و بیشترین عملکرد زیست‌توده نیز به ترتیب از این ارقام حاصل شد (جدول ٤). بر اساس وزن خشک زیست‌توده تولیدی، ارزن باستان تا دور آبیاری ۱۲۰ میلی‌متر تبخیر، تحمل بهتری نسبت به ارزن پیشاهنگ داشت که می‌تواند به مربوط به سطح برگ کمتر آن باشد. اما در دور آبیاری ۱٦۰ میلی متر، تفاوت معنی‌داری بین آنها وجود نداشت و حتی ارزن پیشاهنگ، برتری بهتری نشان داد (جدول ٤). اما در مجموع، ارزن نوتریفید کمترین کاهش عملکرد را از خود بروز داد.

صفات کیفی علوفه و عملکرد پروتئین

تنها اثر رقم بر صفات کیفی علوفه (ADF، NDF و پروتئین خام) معنی‌دار گردید (جدول۲). در بین ارقام مورد مطالعه، ارزن نوتریفید دارای کمترین مقدار ADF و NDF و بیشترین مقدار پروتئین خام بود و سورگوم اسپیدفید و ارزن پیشاهنگ دارای بیشترین مقدارADF و NDF و کمترین میزان پروتئین خام بودند (جدول۵). ارزن نوتریفید به دلیل درصد پربرگی بالا، دارای کمترین مقدار فیبر (ADF-NDF) و بیشترین مقدار پروتئین خام، از کیفیت علوفه بالاتری برخوردار است که می‌تواند در تصمیم‌گیری‌های زراعی مورد توجه قرار گیرد. بین عملکرد ساقه با NDF و پروتئین خام (به ترتیب **۰/٤۳ و **-۰/٤۱) و همچنین عملکرد زیست‌توده (علوفه) با پروتئین خام همبستگی معنی‌دار (**-۰/٤۵) مشاهده شد (جدول٦). همچنین بین پروتئین خام با ADF و NDF (به ترتیب **-۰/٤٤ و **-۰/٤٦) همبستگی وجود دارد (جدول٦). می‌توان نتیجه گرفت که با افزایش طول رشد رویشی و در نتیجه افزایش عملکرد، از میزان پروتئین اندام هوایی کاسته می‌شود، که در نتیجه کیفیت علوفه تولیدی کاهش می‌یابد. عملکرد پروتئین تنها تحت تاثیر دور آبیاری قرار گرفت و بیشترین آن از دور آبیاری شاهد بدست آمد (جداول۲ و ٤). از آنجایی که عملکرد پروتئین تابع عملکرد علوفه (زیست‌توده) بوده (**۰/۹۳) و عملکرد علوفه نیز تحت تاثیر تنش رطوبتی قرار می‌گیرد، این نتیجه قابل انتظار می‌باشد.

شاخص‌های تحمل به تنش

شاخص‌های تحمل به تنش برای هر سطح تنش (دور آبیاری ۱۲۰ و ۱٦۰ میلی‌متر) با شرایط شاهد (دور آبیاری ۸۰ میلی‌متر) به صورت جداگانه محاسبه گردید. نتیجه تجزیه واریانس نشان داد که در هر دو مقایسه دور آبیاری (مقایسه شاهد با ۱۲۰ و شاهد با ۱٦۰ میلی‌متر) با استفاده از شاخص‌های مورد بررسی، سورگوم اسپیدفید بر اساس همه شاخص‌ها، به طور معنی‌داری دارای میانگین بالاتری نسبت به ارقام ارزن مورد استفاده بود و ارقام ارزن در یک گروه آماری قرار گرفتند (جداول۷و۸و۹و۱۰). در نتیجه از نظر توانایی تحمل تنش خشکی، سورگوم اسپیدفید، برتری قابل ملاحظه‌ای نسبت به ارقام ارزن مورد مطالعه داشته و این ارقام از نظر میزان تولید علوفه در هر دو وضعیت وجود و عدم وجود تنش خشکی، قادر به رقابت با سورگوم اسپیدفید نمی‌باشند. از طرف دیگر، در بین ارقام ارزن مورد مطالعه نیز به نظر می‌رسد رقم پیشاهنگ از برتری نسبی بیشتری در مقایسه با سایر ارقام دیگر برخوردار می‌باشد. چرا که براساس شاخص‌های مورد مطالعه از میانگین بالاتری برخوردار بود.

ضرایب همبستگی بین عملکرد در شرایط عدم وجود (Yp)و وجود تنش (Ys) و همچنین شاخص‌ها تحمل محاسبه گردید (جداول ۱۱ و ۱۲). براساس این جدول، همبستگی بالایی بین Yp و Ysدر هر دو دور آبیاری ۱۲۰ و ۱٦۰ میلی‌متر تبخیر نسبت به سطح شاهد وجود داشت که دلیل آن می‌تواند ماهیت تحمل به خشکی بالای ارقام مورد مطالعه باشد. همچنین مشاهده

می‌شود که بین همه شاخص‌های مورد مطالعه با Yp و Ys در هر دو سطح تنش همبستگی مثبت و معنی‌داری وجود دارد. این مطلب تایید کننده توانایی بالای این شاخص‌ها برای شناسایی ارقام یا ژنوتیپ‌های برتر در هر دو محیط شاهد و تنش می‌باشد که در نتیجه قابلیت اعتماد به نتایج حاصل از گزینش بر مبنای آنها، بسیار بالاست.

جدول۷ -تجزیه واریانس شاخص‌های تحمل به خشکی در مقایسه دورهای آبیاری شاهد و ۱۲۰ میلی‌متر

منبع تغییر	درجه آزادی	STI	MP	GMP	HAM
بلوک	۲	0.19^{ns}	^{ns}۳۳۹۹٥٤	^{ns}۱/۰٤	^{ns}۳٥۷۲۲۷
رقم	۳	0.49**	٦۱۷٦٦۸۹**	۲/٦۳**	٥۷٦٥۲۰٥**
خطا	٦	0.012	۲۳۱٦۳۱	٦/۸٤	۲۱۳٦۹٤
ضریب تغییرات		۱۳/٦٥	۷/۸۸	۱۳/٦۹	۷/٦۹

، * و ** به ترتیب نشان دهنده غیر معنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد می‌باشد.ns

جدول۸-تجزیه واریانس شاخص‌های تحمل به تنش در مقایسه دورهای آبیاری شاهد و ۱٦۰ میلی‌متر

منبع تغییر	درجه آزادی	STI	MP	GMP	HAM
بلوک	۲	^{ns}۰/۰۲	^{ns}۳۰۲۳۱۸	^{ns}۱/۱۸	^{ns}٤۰٦۰٦۰
رقم	۳	۰/۲۸**	٤٦٦٦٥٦۳**	۱/٥٤**	۳٦۱٥۲٥٥**
خطا	٦	۰/۰۲	۲٦٤۲٤۳	۱/۳٤	۳٦۰۲٤٤
ضریب تغییرات		۲۳/۰۰	۹/۰٦	۲۳/۰۰	۱۱/۱۰

، * و ** به ترتیب نشان دهنده غیر معنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد می‌باشد.ns

جدول۹-مقایسه میانگین ارقام مورد استفاده در مقایسه دورهای آبیاری شاهد و ۱۲۰ میلی‌متر

رقم	STI	MP	GMP	HAM
باستان	b۰/٦۷	b٥٦۰٦	b۱٥٥۹۷۸۳۹	b٥٥٥۹
پیشاهنگ	b۰/٦۸	b٥٦۱٥	b۱٥۸٦۰۳٤۰	b٥٥۳۸
نوتریفید	b۰/٥۲	b٤۹۸۲	b۱۲۲۱۸۸٥۹	b٤۸۹۹
اسپیدفید	a۱/٤۲	a۸۲۰۹	a۳۲۹۸۹۳۰۷	a۸۰۳٦

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، براساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند

جدول۱۰-مقایسه میانگین ارقام مورد استفاده در مقایسه دورهای آبیاری شاهد و ۱٦۰ میلی‌متر

رقم	STI	MP	GMP	HAM
باستان	b۰/٤۹	b٤۹۱٥	b۱۱٤٤۹۲۲۸	b٤۹۳۱
پیشاهنگ	b۰/٦۰	b٥۳٥۸	b۱۳۹۰٦٤۸۸	b٥۱٦۹
نوتریفید	b۰/٥۰	b٤۸۹۱	b۱۱۷۹٤۰۹۰	b٤۸۰۰
اسپیدفید	a۱/۱٤	a۷٥۱۲	a۲٦٥۸۳۱۹٦	a۷۰۱٦

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، براساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

جدول۱۱- ضرایب همبستگی بین شاخص‌های تحمل به تنش در مقایسه دورهای آبیاری شاهد و ۱۲۰ میلی‌متر

	Y_P	Y_S	STI	MP	GMP	HAM
Y_S	۰/۹۱**	۱				
STI	۰/۹۸**	۰/۹۶**	۱			
MP	۰/۹۸**	۰/۹۶**	۰/۹۹**	۱		
GMP	۰/۹۸**	۰/۹۷**	۰/۹۹**	۰/۹۸**	۱	
HAM	۰/۹۷**	۰/۹۷**	۰/۹۹**	۰/۹۹**	۰/۹۹**	۱

* و ** به ترتیب نشان دهنده معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد می‌باشد.

جدول ۱۲- ضرایب همبستگی بین شاخص‌های تحمل به تنش در مقایسه دورهای آبیاری شاهد و ۱۶۰ میلی‌متر

	Y_P	Y_S	STI	MP	GMP	HAM
Y_S	0.71**	۱				
STI	۰/۹۲**	۰/۹۱**	۱			
MP	۰/۹۶**	۰/۸۷**	۰/۹۹**	۱		
GMP	۰/۹۲**	۰/۹۱**	۰/۹۹**	۰/۹۹**	۱	
HAM	۰/۹۰**	۰/۹۴**	۰/۹۹**	۰/۹۸**	۰/۹۹**	۱

* و ** به ترتیب نشان دهنده معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد می‌باشد

نتیجه‌گیری

براساس نتایج حاصل از این مطالعه، ارقام مورد استفاده تا دور آبیاری ۱۲۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاس آ، تنش خشکی ملایمی را تجربه کردند. اما در دور آبیاری ۱۶۰ میلی‌متر دچار تنش خشکی قابل توجه بود. با این حال، تاخیر در آبیاری، سبب کاهش در صفات رویشی و فیزیولوژیک مورد مطالعه گردید و بر اهمیت ساقه به عنوان اندام ذخیره‌ای مهم در این شرایط افزود. تاخیر در آبیاری از طریق کاهش سطح برگ و شاخص پربرگی، سبب کاهش کیفیت علوفه تولیدی می‌گردد. چرا که برگ‌ها دارای پروتئین بیشتر و میزان فیبر و سلولز کمتری نسبت به ساقه می‌باشد. اما ارزن نوتریفید به دلیل تولید وزن خشک برگ و در نتیجه شاخص پربرگی بیشتر و همچنین دارا بودن بیشترین مقدار پروتئین خام از کیفیت علوفه بالاتری برخوردار می‌باشد که می‌تواند در تصمیم گیری‌های زراعی، مورد توجه قرار گیرد. سورگوم اسپیدفید به دلیل دارا بودن ظرفیت فتوسنتزی و میزان ماده خشک بیشتر و همچنین بیشترین میزان شاخص‌های تحمل مورد بررسی، از تحمل به خشکی بیشتری نسبت به ارقام ارزن مورد مطالعه برخوردار می‌باشد و ارقام ارزن از نظر عملکرد تولیدی قادر به رقابت با سورگوم نمی‌باشند. از نظر تحمل به خشکی، در بین ارقام ارزن نیز ارزن پیشاهنگ بر سایر ارقام برتری داشت، اما از نظر کیفیت علوفه، ارزن نوتریفید برتری قابل ملاحظه‌ای داشت.

منابع

Azari, A., S. A. M. Modares Sanavi, A. Anagholi, S. A. M. Cheraghi, M. Gholami, B. Alizadeh, H. Askari and K. Sadatasilan. 2011. Genotypes performance of brassica Species under Saline Conditions using Salt Tolerance Indices. Iran. J. field. Crop Sci. 43: 113-127.

Betran, F. J., D. Beck, M. Banziger and G. O. Edmeades. 2003. Genetic analysis of inbred and hybrid grain yield under stress and nonstress environments in tropical maize. Crop Sci. 43: 807–817.

Bremner, J. M and D. R. Keeney. 1965. Stream distillation methods for determination of ammonium, nitrate and nitrite. Anal. Chim. Acta. 32: 485-495.

Byrne, P. F., J. Bolanos, G. O0. Edmeades and D. L. Eaton. 1995. Gains from selection under drought versus multilocation testing in related tropical maize populations. Crop Sci. 35: 63–69.

Cattivelli, L., F. Rizza, F. W. Badeck, E. Mazzucotelli, A. M. Mastrangelo and E. Francia. 2008. Drought tolerance improvement in crop plants: an integrated view from breeding to genomics. Field Crops. Res. 105 (1–2): 1–14.

Clarke, J. M., R. M. De Pauw, and T. M. Townley-Smith. 1992. Evaluation of methods for quantification of drought tolerance in wheat. Crop Sci. 32: 728– 732.

Emam, Y and M. Niknezhad. 2004. Introduction to the physiology of crop yield. (2th ed.) Shiraz University.P 579. (In Persian).

Fernandez, G. C. J. 1992. Effective selection criteria for assessing plant stress tolerance. In: Kuo,C. C. (Ed), Proc. Of an International Symposium on Adaptation of Food Crops to Temperature and Water Stress. AVRDC, Shanhua, Taiwan. 257-270.

Fracasso, A., L. Trindade and S. Amaducci. 2015. Drought tolerance strategies highlighted by two Sorghum bicolor races in a dry-down experiment. J. Plant. Physiol. 65: 175-183.

Fraser, J., D. McCartney, H. Najda and Z. Mir. 2004. Yield potential and forage quality of annual forage legumes in southern Alberta and northeast Saskatchewan. Can. J. Plant Sci. 84: 143-155.

Gavuzzi, P., F. Rizza, M. Palumbo, R. G. Campaline, G. L. Ricciard and B. Borghi. 1997. Evaluation of field and laboratory predictors of drought and heat tolerance in winter cereals. Can. J. Plant Sci. 77: 523–531.

Hasheminasab, H., A. Aliakbari and R. Baniasadi. 2014. Optimizing the relative water protection (RWP) as novel approach for monitoring drought tolerance in Iranian pistachio cultivars using graphical analysis. Int. J. Biosci. 4: 194-203. (In Persian)

Jaleel, C. A., R. Gopi and R. Panneerselvam. 2007. Alterations in lipid peroxidation, electrolyte leakage, and proline metabolism in Catharanthus roseus under treatment with triadimefon, a systemic fungicide. C. R. Biol. 330 (12): 905–12.

Kafi, M., A, Borzoee,. A, Kamandi., A, Masoumi and Nabati, J. 2009. Physiology of environmental stress in plants. Jihad Daneshgahi of Mashhad press. (In Persian)

Khajepour, M. R. 2013. Cereal. University of esfahan Ltd.

Kumari Vinodhana, N and K. Ganesamurthy. 2010. Evaluation of morpho-physiologicalcharacters in sorghum (Sorghum bicolor L. Moench) genotypes under post-floweringdrought stress. J. Plant. Breed. 1(4),585-589.

Lithourgidis, A., I. Vasilakoglou, K. Dhima, C. Doras and M. Yiakoulaki. 2006. Forage yield and quality of common vetch mixtures with oat and triticale in two seeding ratios. Field Crops. Res. 99: 106-113.

Majnoon Hosseini, N. 2015. Cereal crops (Cultivation and production ,2th ed). University of Tehran press.

Malekshahi, F., H. Dehghani and B. Alizadeh. 2009. Study of drought tolerance indices in some winter rapeseed varieties (*Brassica napus* L.). J. Sci. technol. Agric. Res. 48: 77-89 (in Persian).

Munne, S., K. Schwarz, L. Alegre, G. Horvath and Z. Szigeti. 1999. Alpha-tocopherol protectionagainst drought, induced damage in *Rosmarinus officinalis* L and *Melissa officinalis* L. proceedings of an International workshop at Tata, Hungary, 23-26 August.

Nadiu, T and A. Naraly. 2001. Screening of drought tolerance in greengram (*Vina radiata* L. Wilczeek) genotypes under receding soil moisture. Indian. J. Plant Physiol. 6(2): 197-201.

Narooie, M. 2015. Response of sorghum (Sorghum bicolar Momench) cultivars to nitrogen fertilization and sowing dates. M. Sc. Thesis, Department of Agronomy and Plant Breeding. Vali-e-Asr Univerity. Rafsanjan. Iran.

Narooyi Rad, M. R., R. Abbasi and M. Mohammad Ghasemi. 2009. Evaluation of drought tolerance using indicators of stress tolerance in sorghum landraces collected in National Plant Gene Bank of Iran. Int. J. Environ. Agric Res. 82: 11- 18.

Nouriazhar, J and P. Ehsanzedeh. 2007. Study of relationship of some growth indices and yield of five corn hybrids at two irrigation regime in Esfahan region. J. Sci. technol. 41: 261- 272.

Pinheiro, C., and M. M, Chaves. 2011. Photosynthesis and drought: can we make metabolic connections from available data. J. Exp. Bot. 62(3): 869-82.

Rai, K., R. K. Kalia, R. Singh, P. Gangola and A. Dhawan. 2011. Developing stress tolerant plants through in vitro selection An overview of the recent progress. Environ.Exper. Bot. 71: 89-98.

Rajendra, H., M. Devaraja and G. Subash. 2006. Effect of stage of harvesting of seed crop, Nitrogen and Phosphorus level of the forage yield and ratoon ability if forage pearl millet. Ind. J. Agric. Res. 40 (3): 232 – 234.

Ritchie, S. W., H. I. Nyvgen., and A. S. Halady. 1990. Leaf water content and gas exchange parameters of two wheat genotypes differing in drought resistance. Crop Sci. 30: 105-111.

Rooney, W. L., J. Blumenthal., B. Bean., J. Mullet. 2007. Designing sorghum as adedicated bioenergy feedstock. Biofuel. Bioprod. Biorefin. 1(2): 147 – 157.

Safari, H. and A. A. jafari. 2011. Drought resistance evaluation based on forage yield in accessions of Agropyron trichophorumby drought resistance indices. Iran. J. Range. Desert. Res. 19 (4): 640- 653.

Simane, B., P. C. Struik, M. M. Nachit and J. M. Peacock. 1993. Ontogenic analysis of field components and yield stability of durum wheat in water-limited environments. Euphytica.71: 211–219.

Tadayon, M. R and H. Karimzadeh Soureshjani.2017.Effect of zeolite on physiological and biochemical attributes of Proso millet (*Panicum miliaceum*) in deficit irrigation conditions . Iran. J. field. Crop Sci.48(2):443-452.

Van Ginkel, M., D. S. Calhoun., G. Gebeyehu., A. Miranda., C. Tian-you., R. Pargas Lara., R. M. Trethowan., K. Sayre. L. Crossa., and S. Rajaram. 1998. Plant traits related to yield of wheat in early, late, or continuous drought conditions. Euphytica. 100: 109– 121.

Van Soest, P. J. 1973. Revised estimates of the net energy values of foods. InProc, Cornel Nutri. Conf. Ithaca, New York Cornel University Press, PP 11-23.

Earl, H. J and R. F. Davis. 2003. Effect of drought stress on leaf and whole canopy radiation use efficiency and yield of maize. Agron J. 95: 688-696.

Evaluation of producibility and drought tolerance of three millet cultivars and sorghum var. Speedfeed in Rafsanjan region

M. Safaee Torghabeh[1], A. Azari[2]

Received: 2018-4-23 Accepted: 2018-10-20

Abstract

In order to evaluation of producibility and drought tolerance of three varieties of forage mille and one variety of sorghum, the experiment was conducted a split plot in a randomized complete block design with three replications. Irrigation frequencies consisted of irrigation after 80 (control), 120 and 160 mm evaporation from class A pan as main plots and sub plots was consisted of sorghum varietiy (*Sorghum bicolor* var. Speedfeed) and three varieties of millet (*Setaria italica* var. Bastan, *Panicum miliaceum* var. Pishahang and *Pennisetum americanum* var. Nutrifeed). In order to evaluation of producibility and drought tolerance of three varieties of forage mille and one variety of sorghum, the experiment was conducted a split plot in a randomized complete block design with three replications. Irrigation frequencies consisted of irrigation after 80 (control), 120 and 160 mm evaporation from class A pan as main plots and sub plots was consisted of sorghum varietiy (*Sorghum bicolor* var. Speedfeed) and three varieties of millet (*Setaria italica* var. Bastan, *Panicum miliaceum* var. Pishahang and *Pennisetum americanum* var. Nutrifeed). Based on the results, the delay in irrigation reduced values of studied growth and physiological characteristics, forage yield and reserves in shoot appeared to be important in this situation. Drought stress reduced forage quality by reducing the leaf area and leafy index. Sorghum variety compared to millet varieties had higher drought tolerance due to higher dry matter production as well as the highest value of tolerance indices MP, GMP, STI and HAM. At control irrigation frequency, highest forage yield (6251 Kg/ha) produced by Speedfeed, and the highest forage yield (9376 Kg/ha) obtained from Pishahang among millet cultivars. Of the three varieties of millet, Pishahang proved superiority. Higher forage quality achieved by Nutrifeed millet due to highest of leaf dry weight,leafier index (45%) and crude protein percent (20.7), which can be considered in agronomic decisions.

Key words: Drought stress, forage, millet, yield

1- M.Sc. Student of Agronomy, Vali-e-Asr University of Rafsanjan, Rafsanjan, Iran
2- Assistant Professor, Faculty of Genetic and Crop Production, , Vali-e-Asr University of Rafsanjan, Rafsanjan, Iran