نشریه پژوهشهای زراعی ایران
جلد ۱۴، شماره ۱، بهار ۱۳۹۵، ص. ۱۳۲-۱۲۰

Iranian Journal of Field Crops Research
Vol. 14, No. 1, Spring. 2016, p. 120-132

بررسی عملکرد و اجزای عملکرد ژنوتیپ‌های مختلف ارزن تحت دو رژیم آبیاری

ساره مشایخی[۱] - غلامرضا خواجویی نژاد[۲] - قاسم محمدی نژاد[۳*]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۰۲/۲۴
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۰۹/۱۸

چکیده

به منظور بررسی عملکرد، اجزاء عملکرد ژنوتیپ‌های مختلف ارزن و تعیین متحمل‌ترین ژنوتیپ براساس شاخص‌های تحمل به خشکی تحت رژیم‌های مختلف آبیاری آزمایشی به‌صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید باهنر کرمان اجرا گردید. سطوح آبیاری براساس تبخیر تجمعی از تشتک تبخیر کلاس A شامل سطح اول آبیاری، بدون تنش (۵۰ میلی‌متر تبخیر) و سطح دوم آبیاری، تنش (۱۰۰ میلی‌متر تبخیر) به‌عنوان فاکتور اصلی و ژنوتیپ‌های مختلف ارزن معمولی و ارزن دم روباهی به‌عنوان فاکتور فرعی در نظر گرفته شدند. نتایج تجزیه واریانس حاکی از کاهش معنی‌دار همه صفات زراعی تحت تنش خشکی بود. مقایسه میانگین گروهی بین ژنوتیپ‌های مختلف ارزن بیانگر آن بود که ژنوتیپ‌های ارزن معمولی نسبت به ژنوتیپ‌های ارزن دم روباهی برتری داشتند. از بین شاخص‌های تحمل به خشکی شاخص میانگین بهره‌وری MP، میانگین هندسی بهره‌وری GMP، شاخص تحمل تنش STI و شاخص عملکرد YI همبستگی مثبت و معنی‌داری با عملکرد در شرایط تنش و بدون تنش نشان دادند و شاخص‌های مناسبی برای شناسایی ژنوتیپ‌های ارزن متحمل به تنش خشکی می‌باشند. در این آزمایش اکوتیپ گلباف پتانسیل عملکرد زیادتر و تحمل نسبی بیشتری نسبت به تنش خشکی نشان داد و می‌تواند به‌عنوان اکوتیپ امید بخش در معرفی ارقام جدید متحمل به خشکی به‌کار رود.

واژه‌های کلیدی: ارزن، تنش خشکی، شاخص‌های تحمل، صفات مورفولوژیک، عملکرد دانه

مقدمه

گیاهان در طول دوره رشد خود پیوسته توسط عوامل نامساعد محیطی تحت تأثیر قرار می‌گیرند. بعضی از این عوامل نامساعد مانند تنش رطوبتی، رشد و نمو را در گیاهان محدود می‌کنند (۲). تنش رطوبتی جزء تنش‌های عمومی می‌باشد که آثار بسیار نامطلوبی بر رشد و تولید گیاهان زراعی می‌گذارد (۶). شدیدترین اثرات تنش خشکی موقعی مشاهده می‌شوند که کمبود آب در دوره گلدهی یا پر شدن دانه رخ دهد. در مرحله رشد زایشی گیاه، تنش آب فرآیند گلدهی و رسیدن میوه را تسریع می‌کند (۴۶). تنش خشکی مهمترین عامل محدودکننده رشد و نمو گیاهان در سرتاسر دنیا می‌باشد، به‌طوری‌که کاهش رشد در اثر تنش خشکی به مراتب بیشتر از سایر تنش‌های محیطی است (۷). از جمله راه‌های مقابله با تنش خشکی، اصلاح گیاهان متحمل و زودرس است. شناخت این موضوع که هر یک از گیاهان یا ژنوتیپ‌ها چگونه با تنش مقابله می‌کنند، حائز اهمیت می‌باشد (۲۴).

گیاه ارزن (*Punicum miliaceam*)، گیاهی علفی و یکساله است که در مناطق گرم و خشک رشد می‌کند و به‌دلیل دارا بودن دانه‌های ریز (کوچکتر از دانه‌های ذرت خوشه‌ای) در بین غلات به غله دانه ریز معروف است. گیاه ارزن پس از گندم (*Triticum aestivum*)، برنج (*Oriza sativa*)، ذرت (*Zea mays*)، جو (*Hordeum vulgare*) و سورگوم (*Sorghum bicolor*) مهمترین گیاه یکساله جهان محسوب می‌گردد (۲۲). ارزن یکی از گیاهان سازگار به خشکی است که بررسی و مطالعه صفات ویژه آن می‌تواند به شناسایی مکانیسم‌های مؤثر در مقابله با خشکی کمک نماید. مکانیسم‌های متفاوتی برای تحمل خشکی در ارزن‌ها مطرح است. تحقیقات نشان داده است که ارزن می‌تواند از طریق گلدهی زود هنگام و عدم همزمانی در نمو پنجه‌ها از اثرات خشکی بگریزد (۵ و ۲۹).

۱ و ۲- به‌ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد و دانشیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید باهنر کرمان
۳- دانشیار گروه اصلاح نباتات، قطب علمی تنش‌های محیطی در غلات، دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید باهنر کرمان
(*- نویسنده مسئول: Email: Mohammadinejad@yahoo.com)

بروک و همکاران (۹) کاهش شاخص برداشت گیاه ارزن، در اثر تنش خشکی را گزارش کردند. برخی محققین در مطالعه تأثیر تنش کم آبی بر روابط آبی و رشد دو گونه سوروف (*Echinocloa crus-galli* L.) و ارزن مروارید (*Pennisetum glaucum*)، مشاهده نمودند که تنش آبی باعث کاهش ارتفاع گیاه، وزن خشک اندام هوایی و تعداد پنجه در هر سه گیاه گردید. شدت این اثرات در ارزن مروارید به مراتب کمتر از دو گونه دیگر بود (۱۰). تنش خشکی در ارزن، سبب کاهش عملکرد دانه، تعداد دانه در خوشه و وزن هزار دانه می‌شود (۲۸). کاهش عملکرد بیولوژیکی در بررسی تنش خشکی نیز گزارش گردیده است (۳۷).

برای شناسایی مقاومت و واکنش رقم‌ها به تنش براساس عملکرد دانه، شاخص‌های متفاوتی گزارش شده است. برخی محققین شاخص تحمل[1] (TOL) و شاخص میانگین بهره‌وری[2] (MP) را پیشنهاد داده‌اند که مقادیر بالای TOL نشان‌دهنده حساسیت نسبی ژنوتیپ‌ها به تنش است (۴۴). شاخص MP نیز به‌صورت متوسط جمع جبری عملکرد یک ژنوتیپ در شرایط تنش و بدون تنش تعریف می‌شود. شاخص تحمل تنش[3] (STI) به‌عنوان معیاری برای گزینش ارقام متحمل به تنش خشکی است که مقادیر بالای این شاخص نشان‌دهنده تحمل زیاد تنش و عملکرد بالقوه بالا است (۱۲). شاخص دیگری که ارائه شد میانگین هندسی بهره‌وری[4] (GMP) است، این شاخص در مقایسه با MP در تفکیک رقم‌ها از قدرت بالاتری برخورداراست (۱۲). یکی دیگر از شاخص‌های انتخاب، شاخص حساسیت به تنش[5] (SSI) است محققین نشان دادند که ژنوتیپ‌هایی با SSI کمتر از واحد، به خشکی متحمل تر هستند. بنابراین کاهش عملکرد آن‌ها در شرایط خشکی کمتر از کاهش عملکرد متوسط کل ژنوتیپ‌ها است (۱۳). شاخص پایداری عملکرد[6] (YSI) عملکرد یک رقم در شرایط تنش را نسبت به عملکرد غیر تنش آن ارزیابی می‌کند و می‌تواند شاخص مناسبی برای شناسایی ارقام متحمل به تنش باشد، بنابراین انتظار می‌رود ارقامی با YSI بالاتر عملکرد بیشتری در هر دو شرایط داشته باشند (۸). شاخص عملکرد[7] (YI) ارقام را فقط براساس عملکرد در شرایط تنش رتبه‌بندی می‌کند، بنابراین رقم‌های با عملکرد بالا در هر دو شرایط تنش و عدم تنش را تشخیص نمی‌دهد (۱۶).

با توجه به اینکه مهمترین عامل مربوط کننده کشت گیاهان در مناطق خشک از جمله استان کرمان کمبود آب می‌باشد لذا بررسی نیاز آبی گیاهان و شناسایی ارقام مقاوم به خشکی جزو تحقیقات اولویت دار در این منطقه می‌باشد.

این آزمایش با هدف بررسی تأثیر سطوح آبیاری بر عملکرد، اجزاء عملکرد در ژنوتیپ‌های مختلف ارزن و تعیین متحمل‌ترین ژنوتیپ به تنش خشکی با استفاده از شاخص‌های تحمل به خشکی و مقایسه واکنش ژنوتیپ‌های مختلف ارزن دم روباهی در مقایسه با ژنوتیپ‌های مختلف ارزن معمولی تحت تنش صورت گرفت.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی عملکرد، اجزاء عملکرد ژنوتیپ‌های مختلف ارزن و تعیین متحمل‌ترین ژنوتیپ براساس شاخص‌های تحمل به خشکی تحت دو رژیم آبیاری، آزمایشی در سال ۱۳۹۱ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید باهنر کرمان (عرض جغرافیایی ۵۷ درجه و ۱۰ دقیقه شمالی، طول جغرافیایی ۳۰ درجه و ۲۰ دقیقه شرقی و ارتفاع ۱۷۵۴ متر از سطح دریا) به‌صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. براساس آمار هواشناسی موجود و با توجه به تقسیم‌بندی آمبرژه این منطقه دارای اقلیم نیمه خشک با تابستان‌های گرم و زمستان‌های معتدل می‌باشد. میانگین درجه حرارت سالانه آن ۱۷/۴ درجه سانتی‌گراد و میانگین حداقل و حداکثر دما به‌ترتیب ۸/۶ و ۲۶/۲ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. متوسط تبخیر سالانه از تشتک تبخیر کلاس A، ۲۷۹۲/۳ میلی‌متر، متوسط رطوبت نسبی هوا ۳۱/۵ درصد و متوسط بارندگی سالانه ۱۲۴/۳ میلی‌متر می‌باشد. این منطقه واقع در جنوب شرقی ایران در خاکی با بافت لومی‌شنی و pH قلیایی و هدایت الکتریکی آب (۰/۹۶$ds\ m^{-1}$) قرار دارد. سطوح تیمار آبیاری براساس تبخیر تجمعی از تشتک تبخیر کلاس A شامل سطح اول آبیاری، آبیاری مرسوم (۵۰ میلی‌متر تبخیر) و سطح دوم آبیاری، کم آبیاری (۱۰۰ میلی‌متر تبخیر) به‌عنوان فاکتور اصلی در کرت‌های اصلی و ژنوتیپ‌های دو گونه ارزن شامل (ارزن معمولی (*Punicum miliaceam*): رقم پیشاهنگ، اکوتیپ‌های رابر، گلباف و لاین‌های P101،P69 و ارزن دم روباهی (*Setaria italica*): رقم باستان و لاین‌های S81،S79 و S85 که لاین‌ها از موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج تهیه شدند) به‌عنوان عامل فرعی در کرت‌های فرعی قرار گرفتند. آبیاری مزرعه تا اعمال تیمار خشکی (مرحله سه برگی)، برای کلیه کرت‌ها به‌صورت یکسان انجام شد. پس از آن زمان انجام آبیاری با توجه به تشتک تبخیر کلاس A (۵۰ و۱۰۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک)، تعیین گردید.

تهیه زمین شامل شخم پاییزه و دو دیسک بهاره عمود بر هم و تسطیح زمین به‌وسیله لولر بود و کودپاشی براساس آزمون خاک به مقدار۲۰۰ کیلو گرم کود اوره (در دو مرحله قبل از کاشت و مرحله ساقه رفتن)، ۱۵۰کیلوگرم کود سوپر فسفات تریپل و ۱۰۰ کیلوگرم

1- Tolerance
2- Mean Productivity
3- Stress Tolerance Index
4- Geometric Mean Productivity
5- Stress Susceptibility Index
6- Yield Stability Indexas
7- Yield Index

کود سولفات پتاسیم در هکتارکه قبل از کاشت به زمین داده شد انجام گردید. مبارزه با علف‌های هرز نیز قبل و بعد از سبز شدن انجام شد. جهت جلوگیری از نشت آب، فاصله بین کرت‌های اصلی دو متر و همچنین فاصله بین تکرارها نیز دو متر در نظر گرفته شد. در زمان رسیدگی فیزیولوژیک دانه، پس از حذف ردیف‌های حاشیه و ۰/۵ متر از ابتدا و انتهای هر کرت با برداشت از خطوط میانی صفاتی نظیر ارتفاع بوته، تعداد پنجه در هر گیاه، تعداد شاخه فرعی، تعداد پانیکول در هر گیاه، شاخص برداشت، عملکرد بیولوژیک، وزن هزار دانه و عملکرد دانه اندازه‌گیری و محاسبه شدند. طرح مورد نظر در دو کرت اصلی (تنش و عدم تنش) و ۹ کرت فرعی که شامل چهار ردیف کاشت ۲/۵ متری به فاصله ۵۰ سانتی‌متری از یکدیگر در نظر گرفته شد. عملیات کاشت با دست در ۲۵ اردیبهشت ماه انجام شد. تعداد بوته در هر هکتار حدود ۴۰۰۰۰۰ بوته بود. شاخص‌های تحمل به خشکی شامل شاخص تحمل، شاخص میانگین بهره‌وری، شاخص تحمل تنش، میانگین هندسی بهره‌وری، شاخص حساسیت به تنش، شاخص پایداری عملکرد و شاخص عملکرد از روابط زیر محاسبه شدند.

$$SSI=\frac{1-(Ys/Yp)}{1-(\overline{Y}s/\overline{Y}p)} \quad (۱)$$

$$TOL=Y_p - Y_s \quad (۲)$$

$$YSI=\frac{Ys}{Yp} \quad (۳)$$

$$YI=\frac{Ys}{\overline{Y}s} \quad (۴)$$

$$MP=\frac{(Yp+Ys)}{2} \quad (۵)$$

$$STI=\frac{Ys\times Yp}{\overline{Y}p^2} \quad (۶)$$

$$GMP=\sqrt{Yp\times Ys} \quad (۷)$$

در روابط فوق Yp عملکرد دانه ژنوتیپ مورد نظر در شرایط بدون تنش، Ys عملکرد دانه ژنوتیپ مورد نظر در شرایط تنش، $\overline{Y}p$ میانگین عملکرد ژنوتیپ‌ها در شرایط بدون تنش و $\overline{Y}s$ میانگین عملکرد ژنوتیپ‌ها در شرایط تنش است. پس از محاسبه شاخص‌های فوق همبستگی بین مقادیر این شاخص‌ها و عملکرد دانه در شرایط تنش و بدون تنش خشکی محاسبه شد تا بهترین شاخص‌ها برای شناسایی و انتخاب ژنوتیپ‌های متحمل به تنش خشکی مشخص شوند. مقایسه گروهی میانگین‌ها در بین ژنوتیپ‌های ارزن (معمولی و دم روباهی)، در هر سطح آبیاری انجام شد. برای تجزیه و تحلیل داده‌ها، محاسبه همبستگی بین شاخص‌ها و ترسیم نمودارها از نرم افزارهای SAS و Excel استفاده گردید. مقایسه میانگین‌های به‌دست آمده برای هر صفت نیز با استفاده از آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد صورت پذیرفت.

نتایج و بحث

تعداد پنجه: تنش خشکی اثر کاهنده‌ای در تعداد پنجه داشت و همچنین بین ژنوتیپ‌ها اختلاف معنی‌داری وجود داشت، به‌طوری‌که مقایسه گروهی نشان داد این اختلاف صرفاً به خاطر اختلاف در دو جنس ارزن است و ارتباطی به ژنوتیپ‌های هر جنس با هم ندارد (جدول ۱). همچنین نتایج مقایسه گروهی میانگین‌ها بین ژنوتیپ‌های ارزن نشان داد که ژنوتیپ‌های ارزن دم روباهی دارای تعداد پنجه بیشتری بودند (جدول ۳). در بین ژنوتیپ‌های موجود در این آزمایش، ژنوتیپ‌های باستان، S79، S81، S85 بیشترین تعداد پنجه و ژنوتیپ‌های رابر و P69 کمترین تعداد پنجه را در شرایط تنش خشکی دارا بودند (جدول ۲). در این تحقیق اثر رژیم‌های مختلف آبیاری معنی‌دار شد (جدول ۱). به منظور تحلیل بیشتر اثر متقابل به اجزا، اثر متقابل آبیاری در ارزن دم روباهی و اثر متقابل آبیاری در ارزن معمولی تفکیک شد که در نتیجه هیچ‌کدام به تنهایی معنی‌دار نشد. در حالی‌که این اختلاف اثر متقابل آن‌ها بود که معنی‌دار شد یعنی هیچ‌کدام از جنس‌ها به تنهایی واجد اثر متقابل نبودند که بیانگر واکنش یکسان آن‌ها به تغییرات محیطی است ولی چون نوع واکنش این دو جنس به تیمارهای آبیاری مختلف می‌باشد، لذا اختلاف اثر متقابل آن‌ها معنی‌دار گردید که با این وجود اثر متقابل آبیاری در ژنوتیپ معنی‌دار گردید (جدول ۱). ناخدا و همکاران گزارش نمودند که خشکی باعث کاهش ارتفاع، تعداد پنجه و نسبت برگ به ساقه در ارزن نوتریفید شد (۳۳). گزارش‌های برخی محققین دیگر نیز حاکی از کاهش تعداد پنجه بر اثر تنش خشکی است که با نتایج این تحقیق مطابقت دارد (۲۷و ۲۸).

ارتفاع بوته: نتایج تجزیه واریانس حاکی از اختلاف معنی‌دار بین ژنوتیپ‌های مختلف ارزن بود (جدول ۱). مقایسه گروهی میانگین‌ها نشان داد که ارزن دم روباهی نسبت به ارزن معمولی ارتفاع بیشتری دارد (جدول ۳). در بین ژنوتیپ‌های موجود در این آزمایش، ژنوتیپ S85 بیشترین ارتفاع ساقه را دارا بود و ژنوتیپ‌های رابر و گلباف که از نظر آماری تفاوت معنی‌داری بین آن‌ها مشاهده نشد کمترین ارتفاع ساقه را دارا بودند (شکل۱- ب). اثر رژیم‌های مختلف آبیاری در سطح یک درصد معنی‌دار گردید به‌طوری‌که ارتفاع در شرایط نرمال بیش از ارتفاع در شرایط تنش بود (شکل ۱- الف). در حالی‌که اثر متقابل آبیاری در ژنوتیپ معنی‌دار نبود ولی پس از تفکیک اثر متقابل آبیاری در ژنوتیپ برای ارزن‌های معمولی و دم روباهی اثر متقابل آبیاری در ارزن دم روباهی معنی‌دار نشد که بیانگر واکنش یکنواخت این ژنوتیپ‌ها به تیمارهای آبیاری است در حالی‌که اثر متقابل آبیاری در ارزن معمولی و اختلاف آثار متقابل دو جنس مختلف ارزن در سطوح آبیاری معنی‌دار شد که بیانگر تنوع بیشتر ژنوتیپ‌های مختلف ارزن معمولی نسبت به ارزن دم روباهی در شرایط تنش است (جدول ۱). ارتفاع بوته صفتی است که بیش از هر عامل دیگر تحت تأثیر ویژگی‌های ژنتیکی قرار می‌گیرد (۴۱).

جدول ۱- نتایج تجزیه واریانس صفات مورفولوژیکی و عملکرد ارزن در تیمارهای آبیاری و ژنوتیپ‌ها

Table 1- Analysis of variance of morphological traits for millet genotypes under Irrigation treatments

منابع تغییر	درجه آزادی	تعداد پنجه در هر گیاه	ارتفاع بوته	تعداد شاخه فرعی	تعداد پانیکول در هر گیاه	شاخص برداشت	وزن هزار دانه	عملکرد بیولوژیک	عملکرد دانه
تکرار (Repeat)	2	0.20	321.96	0.57	0.49	2.56	0.01	59017664.9	75752.46
آبیاری (Irrigation)	1	0.19*	4295.15**	0.88*	2.44*	56.65**	0.001^{ns}	28184002.7**	4741.40^{ns}
خطاa (Error a)	2	0.02	159.36	0.12	0.02	7.82	0.02	12058893.6	3321.13
ژنوتیپ (Genotype)	8	0.26**	1530.93**	8.01**	20.32**	211.51**	0.31**	14224507.8**	428933.47**
اختلاف دو جنس ارزن Differences) between the Millet (Genus	1	0.58**	2272.63**	20.41**	42.54**	42.64**	0.60**	3891985.80^{ns}	73173.69**
باقیمانده (The remaining)	7	0.07^{ns}	304.48^{ns}	2.05**	4.25**	122.05**	0.08*	7981561.09**	280046.18**
آبیاری× ژنوتیپ (Irrigation × genotype)	8	0.14**	241.33^{ns}	1.36**	1.36**	170.51**	0.02^{ns}	4511634.9*	149749.86**
آبیاری × ارزن معمولی (Irrigation× common millet)	4	0.09^{ns}	401.27*	3.51**	7.44**	147.88**	0.14**	11894304.15**	347399.65**
آبیاری× ارزن دم روباهی (Irrigation× foxtail millet)	3	0.04^{ns}	175.42^{ns}	0.09^{ns}	0^{ns}	87.61**	0.004^{ns}	2088131.88^{ns}	190241.55**
اختلاف اثر متقابل دو جنس (The difference of interaction between two Genus	1	0.58**	2272.63**	20.41**	55.42**	42.64**	0.60**	3891985.80^{ns}	73173.69**
خطا b (Error b)	32	0.03	135.96	0.20	0.36	5.34	0.03	1862670.4	12751.10

ns ، *و** به‌ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطوح ۵ و ۱ درصد.

ns, *and** respectively insignificant and significant at the 5% and 1%

با این حال شرایط محیطی از جمله تنش خشکی، ارتفاع بوته را تحت تأثیر قرار می‌دهد. کاهش ارتفاع در اثر تنش خشکی می‌تواند به دلیل تأثیر تنش بر روی آماس سلولی و همچنین کاهش تکثیر سلولی باشد. واریته‌های مختلف از نظر عکس‌العمل به تنش خشکی با هم متفاوت می‌باشند، در همین رابطه نزرلی و زرددشتی (۳۴) بیان کردند برای طویل شدن سلول نیاز به یک حداقل پتانسیل آب بوده است و در نتیجه در اثر کمبود آب در نهایت، میانگره‌ها و ارتفاع ساقه کوتاه می‌شود. تولید مریستم‌های انتهایی ساقه موجب افزایش ارتفاع یا طول گیاه می‌گردد که در شرایط تنش خشکی تولید سلول‌های مریستمی‌کم، و در نتیجه ارتفاع ساقه کاهش می‌یابد (۲۰). کاهش ارتفاع بوته تحت شرایط تنش در گیاهان علوفه ای نظیر سورگوم، ارزن و ذرت گزارش شده است (۴).

جدول ۲- مقایسه میانگین‌های اثر متقابل آبیاری و واریته بر صفات رویشی و زایشی ارزن

Table 2- Comparison of Irrigation and millet genotypes interaction at vegetative and reproductive stages

آبیاری	ژنوتیپ	تعداد پنجه در هر گیاه	ارتفاع بوته (cm)	تعداد شاخه فرعی	تعداد پانیکول در هر گیاه	شاخص برداشت (%)	وزن هزاردانه (g)	عملکرد بیولوژیک ($kgha^{-1}$)	عملکرد دانه ($kgha^{-1}$)
تنش (Stress)	پیشاهنگ	0.5 cd	73.4 d-g	2.9bc	3.8 bc	5.2 f-h	0.8 b-f	4724.0c-f	169.0f-h
	رابر	0.2d	57.4g	2.3cd	4.8 b	4.0 f-h	0.8 b-f	2662.6 f	100.0gh
	گلباف	0.8bc	56.8g	1.2ef	2.0 e	11.3 de	1.3a	3105.3 ef	592.0bc
	P69	0.4 d	61.3 e-g	2.1d	3.4 cd	8.4 ef	0.8b-e	3660.6d-f	426.6c-e
	P101	0.8bc	70.6d-g	1.1 ef	2.1 e	3.7 gh	0.6c-g	6422.0bc	294.6 d-h
	باستان	1.0 ab	81.4c-e	1.0 ef	1.0 f	6.6 f-h	0.6c-g	2979.3 f	226.6 e-h
	S79	1.1ab	80.2c-f	0.9 ef	1.0 f	2.6 h	0.7 c-g	2900.6 f	85.3h
	S81	1.0 ab	90.7a-d	1.0 ef	1.0 f	7.0 f-h	0.6 d-g	4042.3 c-f	504.0cd
	S85	1.0 ab	106.7 ab	0.4 f	1.0 f	6.3 f-h	0.5 fg	4990.0c-f	388.6 c-e
نرمال (Normal)	پیشاهنگ	0.8 bc	97.6a-c	5.2 a	5.9 a	6.1 f-h	0.9 b-d	9168.6 a	234.0e-h
	رابر	1.1 ab	58.6fg	3.2 b	6.8 a	16.2c	0.8b-e	3165.3 ef	334.6d-f
	گلباف	1.0 ab	70.9d-g	1.6 de	2.2 e	33.4 a	1.1ab	3290.6 ef	1299.0a
	P69	0.6 cd	99.2a-c	3.3 b	4.0 bc	13.8 cd	0.9bc	5938.3b-d	776.6b
	P101	1.0 ab	85.7 b-d	1.2 ef	۲/۷de	4.7 f-h	0.6c-g	7924.6 ab	304.6 d-g
	باستان	1.0 ab	107.6ab	1.0 ef	1.0 f	7.3 e-g	0.6 d-g	6389.3bc	420.6 c-e
	S79	1.2a	110.4 a	1.2ef	1.0 f	6.0 f-h	0.4g	3672.6d-f	122.0f-h
	S81	1.0 ab	100.5a-c	1.0 ef	1.0 f	23.2 b	0.6e-g	5666.0b-e	784.0b
	S85	1.0 ab	108.1 a	0.7 ef	1.0 f	7.7e-g	0.5e-g	5699.3b-e	440.6c-e

میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، از نظر آماری در سطح احتمال پنج درصد با آزمون دانکن معنی‌دار نیستند.

The means with at least one common letter, they are not statistically significant at the 5% level.

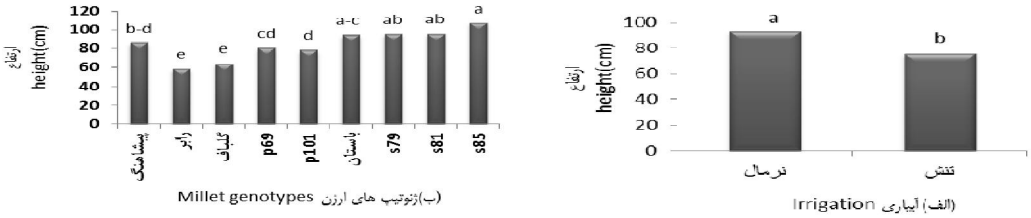
جدول ۳- مقایسات گروهی میانگین صفات رویشی، عملکرد و اجزای عملکرد برای ژنوتیپ‌های ارزن معمولی و دم روباهی تحت رژیم‌های متفاوت آبیاری

Table 3- Comparisons of mean growth characteristics, yield and yield components for common and foxtail millet genotypes under different irrigation regimes

آبیاری	ژنوتیپ	تعداد پنجه در هر گیاه	ارتفاع بوته (cm)	تعداد شاخه فرعی	تعداد پانیکول در هر گیاه	شاخص برداشت (%)	وزن هزاردانه (g)	عملکرد بیولوژیک ($kgha^{-1}$)	عملکرد دانه ($kgha^{-1}$)
تنش (Stress)	ارزن معمولی (common millet)	0.55b	63.93b	1.94a	3.23a	6.54a	0.92a	4114.93a	316.46a
	ارزن دم روباهی (foxtail millet)	1.02 a	89.78a	0.83b	1b	5/67b	0.62b	3728.08b	301.16b
نرمال (Normal)	ارزن معمولی (common millet)	0.91b	82.43b	2.91a	3.93a	14.87a	0.94a	5897.52a	589.79a
	ارزن دم روباهی (foxtail millet)	1.05a	106.68a	0.99 b	1b	11.12b	0.57b	5356.83b	441.83b

میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، از نظر آماری در سطح احتمال پنج درصدبا آزمون دانکن معنی‌دار نیستند.

The means with at least one common letter, they are not statistically significant at the 5% level.



شکل ۱- مقایسه میانگین ارتفاع بوته در الف) تیمارهای آبیاری و ب) ژنوتیپ‌های مختلف
Figure 1- Compares the average height of a) Irrigation treatments and b) Genotypes

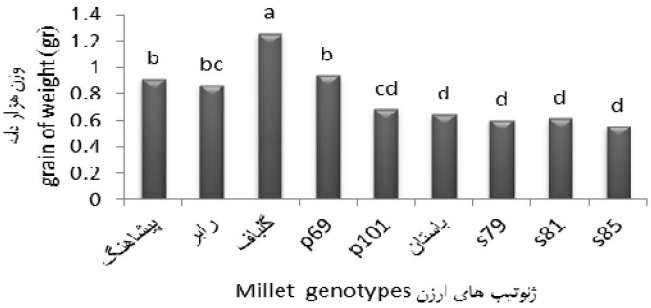
تعداد شاخه فرعی: نتایج به‌دست آمده حاکی از اختلاف معنی‌دار بین ژنوتیپ‌ها بود به‌طوری‌که اختلاف بین دو جنس و درون جنس‌ها معنی‌دار شد (جدول ۱). در مقایسه گروهی میانگین‌ها بین ژنوتیپ‌های مختلف ارزن، مشاهده شد که ارزن معمولی دارای تعداد شاخه فرعی بیشتری نسبت به ارزن دم روباهی بود (جدول ۳). در بین ژنوتیپ‌های موجود در این آزمایش، رقم پیشاهنگ بیشترین و ژنوتیپ S85 کمترین تعداد شاخه فرعی را در شرایط تنش خشکی دارا بودند (جدول ۲). تنش آبی نیز اثر کاهشی معنی‌داری روی تعداد شاخه فرعی نشان داد. نتایج تجزیه واریانس حاکی از آن است که اثر متقابل آبیاری در ژنوتیپ بر روی تعداد شاخه فرعی معنی‌دار شد ولی پس از تفکیک اثر متقابل آبیاری در ژنوتیپ برای دو جنس مختلف ارزن، اثر متقابل آبیاری در ارزن دم روباهی معنی‌دار نشد که بیانگر واکنش یکنواخت این ژنوتیپ‌ها به تیمار آبیاری است در حالی‌که اثر متقابل آبیاری در ارزن معمولی و همچنین اختلاف اثر متقابل دو جنس مختلف ارزن در سطوح آبیاری معنی‌دار شد که بیانگر تنوع بیشتر ژنوتیپ‌های مختلف ارزن معمولی نسبت به ارزن دم روباهی در شرایط تنش است (جدول ۱). نوروز پور و رضوانی مقدم اعلام کردند که تنش خشکی در گیاه دارویی سیاه دانه (*Nigella sativa*) سبب کاهش در تعداد شاخه‌های فرعی شده و دلیل آن را کاهش طول مرحله رشد رویشی و افزایش سرعت گذر گیاه از مرحله رشد رویشی و رساندن خود به مرحله رشد زایشی ذکر کردند (۳۵). تنش خشکی در گیاه گلرنگ (*Carthamus tinctorius*) منجر به کاهش سطح برگ، ارتفاع گیاه، تعدادشاخه و تعداد طبق گردید (۲۱).

تعداد پانیکول: تنش خشکی اثر کاهشی بر تعداد پانیکول داشت و نتیجه تجزیه واریانس نشان داد بین ژنوتیپ‌ها اختلاف معنی‌داری وجود دارد که این اختلاف بین دو جنس و درون جنس‌ها معنی‌دار شد (جدول ۱). مقایسه گروهی میانگین بین ژنوتیپ‌های ارزن نشان داد که ژنوتیپ‌های ارزن معمولی بیشترین تعداد پانیکول را نسبت به ارزن دم روباهی دارا بودند (جدول ۳). در بین ژنوتیپ‌های موجود در این آزمایش، اکوتیپ را بر بیشترین تعداد پانیکول را در شرایط تنش خشکی دارا بود و ژنوتیپ‌های باستان، S79، S81 و S85 کمترین تعداد پانیکول را در شرایط تنش خشکی داشتند که از نظر آماری تفاوت معنی‌داری بین آن‌ها وجود ندارد (جدول ۲). اثر متقابل آبیاری در ژنوتیپ بر روی تعداد پانیکول معنی‌دار بود ولی پس از تفکیک اثر متقابل آبیاری در ژنوتیپ برای دو جنس مختلف ارزن اثر متقابل آبیاری در ارزن دم روباهی معنی‌دار نشد که نشان‌دهنده واکنش یکسان ژنوتیپ‌ها به تیمار آبیاری است. در حالی‌که اثر متقابل آبیاری در ارزن معمولی و اختلاف آثار متقابل دو جنس مختلف ارزن در سطوح آبیاری معنی‌دار شد که بیانگر تنوع بیشتر ژنوتیپ‌های مختلف ارزن معمولی نسبت به ارزن دم روباهی در شرایط تنش است (جدول ۱). در آزمایشی که بر روی گیاه گلرنگ صورت گرفت، تعداد طبق در بوته در اثر تنش کمبود آب، کاهش معنی‌داری یافت (۱). همچنین گزارش شده است که تنش کمبود آب منجر به کاهش معنی‌دار تعداد غوزه در بوته پنبه (*Gossypium hirsutum*) گردیده است (۴۰).

شاخص برداشت: نتیجه تجزیه واریانس نشان داد که بین ژنوتیپ‌ها اختلاف معنی‌داری وجود داشت که این اختلاف بین دو جنس ارزن و درون جنس‌ها معنی‌دار شد (جدول ۱). نتایج مقایسه گروهی میانگین‌ها بین ژنوتیپ‌های ارزن برای شاخص برداشت نشان داد که ارزن معمولی دارای شاخص برداشت بیشتری است (جدول ۳). در بین ژنوتیپ‌های موجود در این آزمایش، ژنوتیپ‌های گلباف بیشترین و S79 کمترین شاخص برداشت را در شرایط تنش خشکی دارا بودند (جدول ۲). تنش خشکی اثر کاهشی معنی‌داری روی شاخص برداشت نشان داد و اثر متقابل آبیاری در ژنوتیپ بر روی شاخص برداشت معنی‌دار بود که پس از تفکیک اثر متقابل آبیاری در ژنوتیپ برای ارزن‌های معمولی و دم روباهی، اثر متقابل آبیاری در ارزن دم روباهی، اثر متقابل آبیاری در ارزن معمولی و اختلاف آثار متقابل دو جنس مختلف ارزن در سطوح آبیاری معنی‌دار شد که به علت اختلاف بیشتر پاسخ ژنوتیپ‌های دو جنس نسبت به یکدیگر می‌باشد (جدول ۱). شاخص برداشت از طریق کاهش تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در هر غلاف، وزن دانه‌ها و در نهایت کاهش عملکرد اقتصادی، کاهش می‌یابد. در تطابق با این نتایج برخی محققین نیز کاهش شاخص برداشت را در اثر تنش آبیاری در لوبیا چیتی (*Phaseolus vulgaris*) گزارش کردند (۳). شاخص برداشت گیاه

ذرت تحت تأثیر تنش خشکی تقریباً ثابت است. همان طور که تنش خشکی باعث کاهش عملکرد دانه می‌گردد، وزن خشک کل را نیز کم می‌کند، مگر اینکه تنش شدید باعث کاهش عملکرد دانه به میزان زیاد گردد و در نتیجه شاخص برداشت کاهش پیدا کند (۴۵). اعمال تنش خشکی از ابتدای مرحله رویشی تا رسیدگی دانه تأثیر قابل ملاحظه‌ای بر شاخص برداشت ندارد؛ زیرا کاهش پتانسیل آب خاک در سرتاسر دوره رشد باعث کاهش یکنواخت عملکرد دانه و کل ماده خشک تولیدی (عملکرد بیولوژیک) می‌شود (۳۶)؛ ولی کاهش پتانسیل آب خاک در دوره‌ی زایشی باعث کاهش بیشتر عملکرد دانه نسبت به عملکرد بیولوژیک شده که از این طریق شاخص برداشت نقصان خواهد یافت. کاهش شاخص برداشت در اثر تنش خشکی آخر فصل توسط سایر محققین نیز گزارش شده است (۱۴و ۴۷).

وزن هزار دانه: نتایج تجزیه واریانس حاکی از اختلاف معنی‌دار بین ژنوتیپ‌های مختلف ارزن بود که این اختلاف بین دو جنس و درون جنس‌های ارزن معنی‌دار شد (جدول ۱). مقایسه گروهی میانگین‌ها در مورد وزن هزار دانه نشان داد که ژنوتیپ‌های ارزن معمولی دارای وزن هزار دانه بیشتری نسبت به ژنوتیپ‌های ارزن دم روباهی می‌باشند (جدول ۳). در بین ژنوتیپ‌های موجود در این آزمایش، اکوتیپ گلباف بیشترین وزن هزار دانه و ژنوتیپ‌های باستان، S79، S81 و S85 که از نظر آماری تفاوت معنی‌داری بین آن‌ها وجود ندارد کمترین وزن هزار دانه را دارا بودند (شکل ۲). اثر متقابل آبیاری در ژنوتیپ معنی‌دار نشد ولی پس از تفکیک اثر متقابل آبیاری در ژنوتیپ برای ارزن‌های معمولی و دم روباهی، اثر متقابل آبیاری در ارزن دم روباهی معنی‌دار نشد که بیانگر واکنش یکسان ژنوتیپ‌ها به تیمارهای آبیاری است در حالی‌که اثر متقابل آبیاری در ارزن معمولی و اختلاف آثار متقابل برای دو جنس مختلف ارزن در سطوح آبیاری معنی‌دار شد که بیانگر تنوع بیشتر ژنوتیپ‌های مختلف ارزن معمولی نسبت به ارزن دم روباهی در شرایط تنش است (جدول ۱). وزن هزار دانه نشان‌دهنده وضعیت و طول دوره زایشی هر گیاه است و از آنجا که با آغاز گلدهی و مشخص شدن تعداد دانه در بوته، دانه‌ها شروع به دریافت و ذخیره مقادیری از مواد فتوسنتزی می‌نمایند، می‌بایستی بین وزن هزار دانه هنگامی‌که گیاه در حال تنش رطوبتی قرار می‌گیرد، با حالت‌های نرمال تفاوت وجود داشته باشد (۴۱). با محدود شدن آبیاری در مرحله زایشی به دلیل اینکه طول دوره پر شدن دانه کاهش می‌یابد گیاه با محدودیت منبع مواجه شده و مواد کمتری به دانه‌ها منتقل می‌شود. بنابراین هرگونه تنش کم آبی در طی این مراحل می‌تواند بر روابط منبع و مخزن تأثیر منفی بگذارد. برخی از تحقیقات بیانگر آن است که خشکی باعث کاهش وزن هزار دانه می‌شود (۴۷). تنش خشکی بعد از گلدهی باعث کاهش تعداد سلول آندوسپرم دانه در قاعده و راس سنبله شده و در نهایت وزن دانه را کاهش می‌دهد (۳۰). برخی تحقیقات نیز حاکی از آن است که محدودیت آب موجب کاهش رشد دانه و وزن هزار دانه می‌شود و بیشترین کاهش هنگامی‌است که گیاه با تنش خشکی آخر فصل مواجه شود (۴۳). اعمال تنش خشکی از ابتدای مرحله رویشی انجام شد ولی از آن‌جایی‌که حساس‌ترین مراحل زندگی گیاهان زراعی به تنش‌های محیطی به خصوص تنش خشکی و شوری مراحل گلدهی و دانه‌بندی می‌باشند کاهش وزن هر دانه و افزایش درصد پوکی دانه، سبب کاهش وزن هزار دانه گردید. در همین رابطه محققان زیادی کاهش وزن هزار دانه در اثر تنش خشکی را گزارش کرده‌اند (۲۳ و ۴۷).



شکل ۲- مقایسه میانگین وزن هزار دانه در ژنوتیپ‌های مختلف ارزن
Figure 2- Compares the average weight of grain millet genotypes

عملکرد بیولوژیک: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که بین ژنوتیپ‌های مختلف ارزن اختلاف معنی‌داری در مورد عملکرد بیولوژیک وجود داشته و از طرفی مقایسه گروهی بیانگر آن است که این اختلاف صرفاً ناشی از اختلاف بین ژنوتیپ‌های هر جنس با هم بوده و ارتباطی به دو جنس ارزن ندارد (جدول ۱). همچنین نتایج مقایسه گروهی میانگین‌ها بین ژنوتیپ‌های ارزن نشان داد که ارزن معمولی نسبت به ارزن دم روباهی عملکرد بیولوژیک بیشتری دارد (جدول ۳). در بین ژنوتیپ‌های موجود در این آزمایش، ژنوتیپ P101

بیشترین عملکرد بیولوژیک را در شرایط تنش خشکی دارا بوده و ژنوتیپ‌های رابر، باستان و S79 که از نظر آماری تفاوت معنی‌داری بین آن‌ها وجود ندارد کمترین عملکرد بیولوژیک را در شرایط تنش خشکی دارا بودند (جدول ۲). تنش خشکی نیز اثر کاهشی معنی‌داری روی عملکرد بیولوژیک نشان داد. اثر متقابل آبیاری در ژنوتیپ بر روی عملکرد بیولوژیک معنی‌دار بود که پس از تفکیک اثر متقابل آبیاری در ژنوتیپ برای ارزن‌های معمولی و دم روباهی، اثر متقابل آبیاری در ارزن معمولی معنی‌دار شد که نشان‌دهنده تنوع بیشتر ژنوتیپ‌های مختلف ارزن معمولی نسبت به ارزن دم روباهی در شرایط تنش است، در حالی‌که اثر متقابل آبیاری در ارزن دم روباهی و اختلاف آثار متقابل دو جنس مختلف ارزن در سطوح آبیاری معنی‌دار نشد که این امر بیانگر واکنش یکنواخت ژنوتیپ‌ها به تیمارهای آبیاری است (جدول ۱). عملکرد بیولوژیک که نشان‌دهنده ماده خشک تجمع یافته در اندام در زمان برداشت است، تحت تأثیر تنش خشکی قرار می‌گیرد. کاهش عملکرد بیولوژیک در اثر تنش خشکی بر روی ارقام گندم نیز گزارش شده است (۱۱). افزایش تنش خشکی در گیاه ارزن منجر به کاهش وزن خشک کل گیاه گردید (۳۲). تنش خشکی سبب کاهش فشار تورژسانس سلولی و به دنبال آن کاهش نمو سلولی و رشد اندام‌های گیاه می‌شود. از طرف دیگر تنش خشکی، میزان جذب آب و عناصر غذایی، سطح برگ، سرعت رشد گیاه، طول دوره رشد گیاه و سطح فتوسنتزی گیاه را کاهش می‌دهد. همه این عوامل نهایتاً منجر به کاهش تولید ماده خشک می‌گردند (۱۷). نتایج مطالعات سینکی و همکاران (۴۶) مشابه نتایج حاصل از این آزمایش بوده و مؤید این است که تنش خشکی موجب کاهش عملکرد بیولوژیکی ارقام کلزا شده است. محققین دیگری نیز نتایج مشابهی مبنی بر کاهش عملکرد بیولوژیک در اثر تنش خشکی گزارش کردند (۱۱و ۳۹).

عملکرد دانه: نتیجه تجزیه واریانس نشان داد که بین ژنوتیپ‌های ارزن از نظر عملکرد دانه اختلاف معنی‌داری وجود داشته و نتایج مقایسه گروهی بین ژنوتیپ‌های ارزن برای عملکرد دانه نیز بیانگر این است که اختلاف بین دو جنس ارزن و ژنوتیپ‌های هر جنس با هم معنی‌دار شده است (جدول ۱). مقایسه گروهی میانگین بین ژنوتیپ‌های ارزن حاکی از آن است که ارزن معمولی دارای عملکرد دانه بیشتری است (جدول ۳). در بین ژنوتیپ‌های موجود در این آزمایش، ژنوتیپ‌های گلباف بیشترین و S79 کمترین عملکرد دانه را در شرایط تنش خشکی دارا بودند (جدول ۲). اثر متقابل آبیاری در ژنوتیپ بر روی عملکرد دانه معنی‌دار بود که پس از تفکیک اثر متقابل آبیاری در ژنوتیپ برای ارزن‌های معمولی و دم روباهی، اثر متقابل آبیاری در ارزن دم روباهی، اثر متقابل آبیاری در ارزن معمولی و اختلاف آثار متقابل دو جنس مختلف ارزن در سطوح آبیاری معنی‌دار شد. این امر نشان‌دهنده تنوع بیشتر ژنوتیپ‌های مختلف ارزن معمولی نسبت به ارزن دم روباهی در شرایط تنش است (جدول ۱). تنش خشکی در طی رشد دانه، میزان عملکرد را کاهش می‌دهد (۳۸). دلیل این کاهش را می‌توان به رشد رویشی کمتر و به تبع آن، کاهش سطح فتوسنتزکننده، بسته شدن روزنه‌ها، کاهش قابلیت تبادل گازی روزنه‌ها، کاهش آبگیری کلروپلاست و سایر بخش‌های پروتوپلاسم، کاهش سنتز پروتئین و کلروفیل که سبب تقلیل و محدود شدن فتوسنتز می‌گردد و در نهایت رشد و عملکرد نهایی گیاه را کاهش می‌دهد ارتباط داد (۲۶). کوماری (۲۵) نیز گزارش کرد تنش خشکی در ارزن سبب کاهش عملکرد دانه، تعداد دانه در خوشه و وزن هزار دانه می‌شود. برخی تحقیقات کاهش عملکرد دانه گندم را در شرایط تنش خشکی گزارش کرده‌اند (۴۷). تنش خشکی از طریق اختلال در روند جذب و انتقال عناصر غذایی، عرضه مواد پرورده را کاهش داده و موجب تغییر در اجزای عملکرد و کاهش عملکرد دانه می‌گردد. وستیج و بویر (۴۹) دریافتند که کاهش عملکرد دانه ذرت در شرایط تنش خشکی به علت کاهش وزن هزار دانه و تعداد دانه در ردیف می‌باشد. کاهش عملکرد بسته به زمان و شدت تنش خشکی می‌تواند در نتیجه محدودیت مبدأ (کاهش فتوسنتز و نیز تسریع پیری و زوال برگ‌ها) و یا محدودیت مقصد فیزیولوژیک (کاهش اندازه مقصد) باشد. برخی محققین در مطالعه‌ای بر روی یازده رقم جو بیان کردند که تنش خشکی باعث کاهش هدایت روزنه‌ای و فتوسنتز خالص شده و در نهایت عملکرد را کاهش می‌دهد (۱۸).

شاخص‌های تحمل به خشکی: نتایج حاصل از تحلیل همبستگی بین شاخص‌های تحمل به خشکی با عملکرد دانه در شرایط تنش و بدون تنش (جدول ۵) نشان داد که شاخص تحمل SSI فقط همبستگی مثبت با عملکرد در شرایط بدون تنش داشته و شاخص تحمل TOL همبستگی مثبت و معنی‌داری با عملکرد در شرایط بدون تنش دارد. شاخص پایداری عملکرد (YSI) دارای همبستگی مثبت با عملکرد دانه در شرایط تنش خشکی بود. شاخص‌های میانگین بهره‌وری (MP)، میانگین هندسی بهره‌وری (GMP)، شاخص تحمل تنش (STI) و شاخص عملکرد (YI) دارای همبستگی مثبت و معنی‌دار با عملکرد دانه در شرایط تنش و بدون تنش بودند، به همین جهت، این چهار شاخص، بهترین شاخص‌ها برای شناسایی ارقام برتر هستند. نتایج ذکر شده با نتایج سایر محققین (۱۵ و ۴۷) مطابقت دارد. همبستگی عملکرد دانه در شرایط عادی (Yp) با عملکرد دانه در شرایط تنش خشکی (Ys)، (۰/۸۹**) مثبت و معنی‌دار بود. بنا به نظر فرناندز (۱۲) شاخصی که همبستگی معنی‌دار و بالا با عملکرد دانه در شرایط عادی و تنش داشته باشد به‌عنوان بهترین شاخص انتخاب می‌شود. سایر پژوهشگران نیز کارآیی این شاخص‌ها را در پژوهش‌های خود نشان داده‌اند (۳۱ و ۴۸). با توجه به

جدول ۴ شاخص‌های YI، MP، STI و GMP که مقدار زیاد آن‌ها نشان‌دهنده مقاومت به خشکی و مقدار کمتر آن ها نشان‌دهنده حساسیت به خشکی می‌باشد، اکوتیپ گلباف بیشترین مقاومت به خشکی و لاین S79 بیشترین حساسیت به تنش خشکی را نشان دادند. شاخص‌های STI، GMP، MP و YI دارای همبستگی‌های بالایی با عملکرد دانه در هر دو شرایط نرمال و تنش خشکی هستند و ژنوتیپ‌هایی مانند گلباف و S79 به‌ترتیب دارای عملکرد دانه، بالا و پایین می‌باشند می‌توان به این نتیجه رسید که شاخص‌های مذکور، ژنوتیپ‌هایی را انتخاب می‌کنند که پتانسیل عملکرد بالایی داشته باشند و از بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه، اکوتیپ گلباف را به‌عنوان متحمل‌ترین اکوتیپ به تنش خشکی معرفی نمود.

جدول ٤- شاخص‌های تحمل به خشکی و عملکرد دانه در شرایط نرمال و تنش خشکی در ارزن

Table 4- Indicators of drought tolerance and yield in normal and drought conditions in Millet

ژنوتیپ	YP	YS	SSI	TOL	GMP	STI	MP	YI	YSI
پیشاهنگ	234	169	0.68	65	198.86	0.14	201.50	0.55	0.72
رابر	334.7	100	1.71	234.67	182.94	0.12	217.33	0.32	0.30
گلباف	1299	592	1.33	707	876.93	2.80	945.50	1.91	0.46
P69	776.7	426.7	1.10	350	575.65	1.21	601.67	1.38	0.55
P101	304.7	294.7	0.08	10	299.62	0.33	299.67	0.95	0.97
باستان	420.7	226.7	1.12	194	308.79	0.35	323.67	0.73	0.54
S79	122	85.3	0.73	36.67	102.03	0.04	103.67	0.28	0.70
S81	784	504	0.87	280	628.60	0.44	644	1.63	0.64
S85	440.7	388.7	0.29	52	413.85	0.62	414.67	1.26	0.88

جدول ٥- ضرایب همبستگی شاخص‌های تحمل به خشکی و عملکرد دانه در شرایط تنش و عدم تنش

Table 5- Correlation coefficients of drought tolerance and yield in stress and non-stress conditions

	YP	YS	SSI	TOL	GMP	STI	MP	YI	YSI
YP	1								
YS	0.89 **	1							
SSI	0.37	- 0.02	1						
TOL	0.93 **	0.68*	0.64	1					
GMP	0.97 **	0.96 **	0.20	0.84 **	1				
STI	0.98**	0.90**	0.28	0.90 **	0.97 **	1			
MP	0.98 **	0.95**	0.25	0.87 **	0.99 **	0.98**	1		
YI	0.89 **	0.99 **	- 0.02	0.68 *	0.96**	0.90 **	0.95 **	1	
YSI	- 0.37	0.02	- 0.99 **	- 0.64	- 0.19	- 0.27	- 0.24	0.02	1

ns، *و ** به‌ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد

ns, *and** respectively insignificant and significant at the 5% and 1% levels

نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج حاصل از این آزمایش به نظر می‌رسد که کشت ژنوتیپ‌های ارزن معمولی نسبت به کشت ژنوتیپ‌های ارزن دم روباهی برتری دارد، چون در شرایط تنش و بدون تنش خشکی میزان عملکرد دانه بیشتری دارند. همچنین اکوتیپ گلباف پتانسیل عملکرد زیادتر و تحمل نسبی بیشتری نسبت به تنش خشکی نشان داد و می‌تواند به‌عنوان اکوتیپ امید بخش در معرفی ارقام جدید متحمل به خشکی به‌کار رود. استفاده از سایر ژنوتیپ‌های ارزن در مناطق مختلف می‌تواند، نتایج به‌دست آمده از این تحقیق را کامل‌تر نماید، ضمناً پیشنهاد می‌گردد استفاده از رژیم‌های آبیاری بین تیمار کم آبیاری و آبیاری معمول اعمال شده در این پژوهش مورد مطالعه قرار گیرند.

References

1. Abolhassani, K., and Saeidi, G. 2006. Evaluation of drought tolerance of safflower lines based on tolerance and sensitivity indices to water stress. Science and Technology of Agriculture and Natural 10: 407-419.
2. Azizinia, S., Ghanadha, M. R., Zali, A. A., Yazdi Samadi, B., and Ahmadi, A. 2005. Evaluation and assess of quantitative traits related to drought tolerance in wheat. Agricultural Sciences 36: 281-292.
3. Bayat, A. A., Sepehri, A., Ahmadvand, G., and Dorri, H. R. 2010. Effect of water deficit stress on yield and yield components of pinto bean (*Phaseolus vulgaris* L.) genotypes. Iranian Journal of Crop Sciences 12 (1): 42-54. (in Persian with English abstract).
4. Bibi, A., Sadaqat, H., Akram, H. M., Khan, T. M., and Usman, B. F. 2010. Physiological and agronomic responses of sudangrass to water stress. Agriciculturar Research 48 (3).
5. Bidinger, F. R., Mahalakshmi, V., and Rao, G. D. P. 1987. Assessment of drought resistance in pearl millet (*Pennisetum americanum* L. Leeke.). II. Estimation of genotype response to stress. Aust. J. Agric. Res 38: 49-59.
6. Blum, A. 2005. Drought resistance, water-use efficiency, and yield potential- are they compatible, dissonant, or mutually exclusive Australian. Agricultural Research 56: 1159-1168.
7. Blum, A. 2011. Plant breeding for water-limited environments. Springer 258 PP.
8. Bouslama, M., and Schapaugh, W. T. 1984. Stress tolerance in soybean. I: Evaluation of three screening techniques for heat and drought tolerance. Crop Science 24: 933-937.
9. Bruck, H., Payne, W. A., and Sattelmacher, B. 2000. Effects of phosphorus and water supply on yield, transpiration, water-use efficiency and carbon isotope discrimination of pearl millet. Crop Science 40: 120-125.
10. Conover, D. G., and Sovonick, S. A. 1989. Influence of deficits on the water relations and growth of Echinochloa turneriana, Echinochloa crus-gali,and Pennisetum americanum. Aus. Journal Plant Physiol 16 (3): 291-304.
11. Emam, Y., Ranjbari, A., and Bahrani, M. J. 2006. Evaluation of yield and yield components in wheat cultivars under post-anthesis drought stress. J. Agric. Sci. Tech. Nat. Research 11: 317-328.
12. Fernandez, G. C. J. 1992. Effective selection criteria for assessing stress tolerance. In:Kuo, C. G. (ed.). Proceedings of the International Symposium on Adaptation of Vegetables and Other Food Crops in Temperature and Water Stress. AVRDC Publication, Tainan, Taiwan. pp 257-270.
13. Fischer, R. A., and Maurer, R. 1978. Drought resistance in spring wheat cultivars. I: grain yield response. Aust. J. Agric. Research 29: 897-912.
14. Foulkes, M. J., Sylvester-Bradley, R., Weightman, R., and Snape, J. W. 2007 Identifying physiological traits associated with improved drought resistance in winter wheat. Field Crops Research 103: 11-24.
15. Garavandi, M., Farshadfar, M., and Kahrizi, D. 2010. Evaluation of drought tolerance in bread wheat advanced genotypes in field and laboratory conditions. Seed and Plant Improvment Journal 26: 233-252.
16. Gavuzzi, P., Rizza, F., Palumbo, M., Campaline, R. G., Ricciardi, G. L., and Borghi, B. 1997. Evaluation of field and laboratory predictors of drought and heat tolerance in winter cereals. Can. Journal Plant Science 77: 523-531.
17. Goldani, M., and Rezvani Moghadam, P. 2005. Effect of planting date on yield and yield components of land and water, and dry peas in Mashhad. Iranian Journal of Agricultural Research 2: 12.
18. Gonzalez, A., Bermjo, V., and Gimeno, B. S. 2010. Effect of different physiological traits on grain yield in barley grown under irrigated and terminal water deficit conditions. Journal Agric. Sciences 148: 319-328.
19. Guinta, F., Motzo, R., and Eidda, M. D. 1993. Effect of drought on yield and yield components of durum wheat and triticale in a mediterranean environment. Field Crops Research 33: 399-409.
20. Hajhassani Asl, A., Moradi Agham, A., Ali ababi frahan, H., and Rassei Far, M. 2011. Three forage yield and its componts under water condition on delay in khoy zone (Iran). Environmental Biology 5 (5): 847-852.
21. Hashemi Dezfouli A. 1994. Growth and yield of safflower as affected by drought stress. Crop Research. Hisar 7 (3): 313-319.
22. Khodabandeh, N. 2003. Cereals. Tehran University Press.
23. Kirigwi, F., Van M., Ginkel, M., Trethowan, R., Sears, R. G., Rajaram, S., and Paulsen, G. M. 2004. Evaluation of selection strategies for wheat adaptation across water regimes. Euphytica 135: 361-371.
24. Koocheki, A. R., Yazdansepas, A., and Nikkhah, H. R. 2007. Effects of terminal drought on grain yield and some morphological traits in wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes. Crop Science 8 (1): 14-29.
25. Kumari, S. 1998. The effects of soil moisture stress on the development and yield of millet. Agronomy Journal 57: 480-487.
26. Laribi, B., Bettaieb, I., Kouki, K., Sahli, A., Mougou, A., and Brahim, M. 2009. Water deficit effects on caraway (*Carum carvi* L.) growth, essential oils and fatty acids composition. Industrial Crops and Proudcts 30: 372-379.
27. Ludlow, M. M., and Muchow, R. C. 1990. A critical evaluations of traits for improving crop yields in water - limited environments.Adv. in Agron 43: 107-153.
28. Mahalakshmi, V., and Bidinger, F. R. 1985. Flowering response of pearl millet to water stress during panicle development. Annals of applied biology 106: 571-578.
29. Mahalakshmi, V., and Bidinger, F. R. 1986.Water deficit during panicle development in pearl millet: Yield

compensation by tillers. J. Agric. Science. Camb 106: 113-119.
30. Marc, E. N., Roslyn, M. G., and Dalling, M. J. 1985. Effect of post-anthesis drought on cell division and starch accumulation in developing wheat grains. Ann. Bot 55: 433-444.
31. Mohammadi, R., Armion, M., Kahrizi, D., and Amri, A. 2010. Efficiency of screening techniques for evaluating durum wheat genotypes under mild drought conditions. Int. Journal Plant Prod 4: 1735-8043.
32. Mousavi, Gh., Mirhadi, M., Siadat, E., Noormohamami, Gh., and Darvish, F. 2009. The effect of water stress and nitrogen fertilization on yield and water use efficiency of forage millet. Modern Agriculture 15: 114-101.
33. Nakhoda, B., Hashemi Dezfouli, A., and Banisadr, N. 2000. Effects of water stress on yield of forage millet forage quality properties Notrifid. Iranian Journal of Agricultural Sciences 4: 701-712.
34. Nazarli, H., and Zadashti, M. R. 2010. The Effect of Drought Stress and Super Absorbent Polymer (A 200) on Agronomical Traits of Sunflower (*Helianthus Annuus* L.) under Field Condition. Cercetari Agronomice in Moldova 3 (143): 4-14.
35. Nouroz poor, Gh., and Rezvani Moghadam, P. 2005. Effects of different irrigation and plant density on yield and yield components of medicinal plants Nigella. Iranian journal of agricultural research 2: 305-314.
36. Omidi Ardali, Gh., and Behrani, M. 2011. Effects of drought stress, the amount and timing of nitrogen application on yield and yield components of sunflower growth stages. Science and Technology of Agriculture and Natural Resources, Water and Soil Sciences 55: 199-207.
37. Osborne, S. L., Schepers, D. D., Francis, J. S., and Schlemmer, M. R. 2002. Use of Spectral radiance to estimate in season biomass and grain yield in nitrogen and water stress on cron. Crop Sciene 42: 165-171.
38. Pan, X., Wang, G., Yang, H., and Wei, X. 2003. Effect of water defficit on whitin-polo variability in growth and grain yield of spring wheat in northwest china. Fiele Crops Research 80: 195-205.
39. Pireivatlou, A. S., Dehdar Masjedlou, B., and Ramiz, T. A. 2010. Evaluation of yield potential and stress adaptive trait in wheat genotypes under post anthesis drought stress conditions. Afric. Journal. Agric. Research 5: 2829-2836.
40. Plein, W. A., Wells, R., Little, G., Edmisten, K. L., and Wilcut, J. W. 2003. Glyphosate and water-stress effects on fruiting and carbohydrates in glyphosate- resistant cotton. Crop Science 43: 879-885.
41. Rezaei Chianeh, A., Zahtab Salmasi, S., Ghasemi Golazani, K., and Delazar, E. 2012. The effects of irrigation on yield and yield components of three landraces fennel. Agricultural and sustainable production 4: 57-70.
42. Richards, R., Rebetzke, G. J., Condon, A. G., and Van Herwaarden, A. F. 2002. Breeding opportunities for increasing the efficiency of water use and crop yield in temperate cereals. Crop Science 42: 111-121.
43. Rosales-Serna, R., and Kohashi-Shibata, J. 2003. Biomass distribution, maturity acceleration and yield in drought-stressed common bean cultivars. Field Crops Research 85: 203-211.
44. Rossielle, A., and Hamblin, A. J. 1981. Theorical aspects of selection for stress and non-stress environment. Crop Science 21: 1441-1446.
45. Setter, T. L., Brian, A., Lannigan, F., and Melkonian, J. 2001. Loss of kernel set due to water deficit and shade in maize: carbohydrate supplies, abscissic acid and cytokinins. Crop Sciencem 41: 1530-1540.
46. Sinaki, J. M., Majidi Heravan, E., Shirani Rad, A. H., Normohamadi, G., and Zarei, G. 2007. The effects of water deficit during growth stages of canola (*Brassica napus* L.). American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Science 2 (4): 417-422.
47. Sio-Se Mardeh, A., Ahmadi, A., Poustini, K., and Mohammadi, V. 2006. Evaluation of drought resistance indices under various environmental conditions. Field Crops Research 98: 222-229.
48. Talebi, R., Fayaz, F., and Naji, A. M. 2009. Effective selection criteria for assessing drought stress tolerance in durum wheat (*Triticum durum Desf.*). Gen. Appl. Plant. Physiol 35: 64-74.
49. Westage, M. E., and Boyer, J. S. 1998. Reproduction at low silk and pollen water potentials in maize. Crop Science 26: 951-956.

Iranian Journal of Field Crops Research
Vol. 14, No. 1, Spring. 2016, p. 120-132

نشریه پژوهشهای زراعی ایران
جلد ۱۴، شماره ۱ ، بهار ۱۳۹۵، ص. ۱۳۲-۱۲۰

Evaluation of Yield and Yield Components of Different Millet Genotypes Under Two Irrigation Regimes

S. Mashayekhi[1]- Gh. Khajoeinejad[2]- Gh. Mohammadinejad[3*]

Received: 14-05-2014
Accepted: 09-12-2014

Introduction

Drought stress is the most important factor limiting plant growth throughout the world so that the slowdown in drought is far more than other environmental stress (1). Following wheat, rice, maize, barley millet and sorghum, are the world's most important annual crops.

Materials and Methods

In order to evaluate the yield and yield components of millet genotypes and determine the most tolerant genotype based on indicators of drought tolerance a field experiment was conducted at the research farm of the Faculty of Agronomy of the University of Shahid Bahounar university of Kerman-Iran in 2012. The experiment was carried out as split plot based on the randomized complete block design with three replications. Main plots were dedicated to drought, water levels (50 and 100% field capacity) and in the subplots millet cultivars(including Common Millet: Pishahang cultivar, Rabor and Golbaf ecotypes and common promising lines P69, P101, as well as foxtail millet, Bastan cultivar and foxtail promising lines S79, S81, S85 lines) were planted. Irrigation levels was calculated based on the cumulative evaporation from class A evaporation pan. First irrigation was done after 50 mm evaporation and second was done after 100 mm evaporation. The irrigation method was conventional (flooding).

Results and Discussion

Analysis of variance showed significant difference for tiller number among the genotypes and stress reduced number of tillers. Foxtail millet such as Bastan cultivar, S79, S81 and S85 lines had the maximum number of tillers, while common millet genotypes including: Rabor ecotype and P69 had the lowest number of tillers in drought stress conditions.

Analysis of variance showed significant differences between genotypes in terms of plant height. Foxtail millet showed higher plant height than common millet, among the under studied genotypes, S85 line had the highest plant height whilst Golbaf and Rabor had the lowest plant height. Different irrigation regimes showed highly significant effect in plant height. Result indicated that there is no significant interaction of each millet genus by irrigation treatment in plant height, while foxtail and common millet showed significant difference in interaction by irrigation treatments.

Different genotypes had different number of branches. Among the genotypes in this experiment, the number of branches in Bastan was the highest and lowest was belonged to S85 line under drought stress, respectively. Effects of water stress also showed a significant decrease in the number of branches. Analysis of variance showed that the interaction of genotype by irrigation treatments on the number of branches was significant.

Drought caused a reduction in the number of panicle and the result showed there was no significant difference between genotypes. Among genotypes in this experiment, Rabor ecotype had the highest number of panicle in terms of stress and foxtail millet including: Bastan cultivar, S79, S81 and S85 had minimum number of panicle in drought stress conditions. Irrigation in genotype interaction was significant on a number of panicle.

Results showed that there was a significant difference between genotypes for harvest index. Among genotypes in this study, S79 and Golbaf genotypes had the lowest harvest index under drought stress. Drought stress effect on harvest index showed a significant decrease, also interaction effect was significant.

1- MSc. Student, Department of Agronomy, College of Agriculture, Shahid Bahonar University of Kerman

2- Associate Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Shahid Bahonar University of Kerman, Iran

3- Associate Professor, Department of Plant Breeding, Center of Excellence for Environmental Stresses in Cereals, Faculty of Agriculture, Shahid Bahonar University of Kerman, Iran

(*- Corresponding Author Email: Mohammadinejad@yahoo.com)

Analysis of variance showed significant differences between different genotypes of millet based on seed weight. Among genotypes in these experiments, Golbaf and Bastan had the highest seed weight while genotype, S79, S81 and S85 with no statistically significant difference had the lowest seed weight, respectively. There was no significant interaction between genotype by irrigation. Seed weight reduction due to drought stress has been reported in several studies (3). Analysis of variance showed a significant difference between millet genotypes about biological yield. Among genotypes in this study, genotype P101 showed highest biological yield in drought stress conditions but Rabor and S79, showed lowest biological yield in drought stress condition. Drought stress effect on biological yield showed a significant decrease. Genotype by irrigation interaction on biological yield was significant. Biological yield loss due to drought stress has been reported in several studies (2).

Mean productivity (MP), geometric mean productivity (GMP), stress tolerance index (STI) and performance index (YI), by a significant positive correlation with grain yield in stress and non-stress conditions were the best indicators for identification of superior varieties. Using mentioned Indices, a genotype with high yield potential was Golbaf as the most tolerant ecotypes to drought stress, S79 was more sensitive to drought than the other genotypes More details is described in the text as it is original.

Conclusions

Based on this experiment it can be concluded that at drought condition cultivation of common millet has advantage than foxtail millet. Among common millet genotypes Golbaf ecotype showed the highest yield potential and relative tolerance to drought stress. It can be introduced as a promising line in breeding programs for drought tolerance studies.

Keywords: Drought stress, Grain yield, Millet, Tolerance indicators