



واکنش فنولوژیکی و مورفولوژیکی سه گونه ارزن به کم آبیاری

محمد جواد ثقه‌الاسلامی

دانشجوی سابق دکتری زراعت واحد علوم و تحقیقات تهران - عضو هیئت علمی دانشگاه آزاد اسلامی بیرجند

اسلام مجیدی هروان

استاد دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران

محمد کافی

دانشیار دانشگاه فردوسی مشهد

قربان نورمحمدی

استاد دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران

فرخ درویش

استاد دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران

سید غلامرضا موسوی

دانشجوی دکتری زراعت واحد علوم و تحقیقات تهران - عضو هیئت علمی دانشگاه آزاد اسلامی بیرجند

چکیده

زیاد بودن میزان تبخیر و تعرق و محدودیت منابع آبی در مناطق خشک و نیمه خشک توجه بیشتر به مطالعه در مورد اثرات تنش خشکی را بر رفتار گیاهان زراعی ایجاب می‌کند. هدف عمده در برنامه‌های اصلاحی انتخاب ژنوتیپ‌های دارای عملکرد مطلوب است. اما از آنجایی که تفاوت‌های عملکرد در شرایط تنش به مقدار زیادی تحت تاثیر تفاوت در فرار از خشکی و پتانسیل ذاتی عملکرد قرار می‌گیرد، عملکرد در شرایط تنش اغلب معیاری برای تحمل نیست. لذا به نژادگران تلاش کرده‌اند از برخی معیارها مثل معیارهای فنولوژیکی و مورفولوژیکی جهت انتخاب ارقام مناسب استفاده کنند. با توجه به این که ارزن یکی از گیاهان سازگار به خشکی است آزمایشی بر روی سه گونه مهم ارزن یعنی ارزن دم روباهی (*Setaria italica*)، ارزن پروسو یا معمولی (*Panicum miliaceum*) و ارزن مرواریدی (*Pennisetum americanum*) در سال ۱۳۸۲ در ایستگاه تحقیقات کشاورزی بیرجند انجام گرفت. در این آزمایش سه ژنوتیپ مذکور به عنوان کرت‌های فرعی در داخل کرت‌های اصلی که شامل تیمار آبیاری کامل و ۵۰ درصد آبیاری بود، در قالب طرح کرت‌های خرد شده در چهار تکرار تصادفی شد. زمان سبز شدن سه ژنوتیپ تفاوتی نداشت. شروع پنجه زنی در ارزن معمولی دو هفته زودتر از دو ارزن دیگر بود. با وجود این که ساقه رفتن ارزن دم روباهی زودتر شروع شد اما ظهور خوشه در این نوع ارزن دیرتر صورت گرفت. کم آبیاری حدود ۵ روز سبب به تاخیر انداختن زمان ساقه رفتن در هر سه ژنوتیپ شد، اما زمان رسیدگی ارزن دم روباهی و ارزن مرواریدی را تقریباً به همین میزان تسریع کرد. تعداد پنجه و خوشه و

طول خوشه و دمگل آذین و همچنین ارتفاع بوته بر اثر کم آبیاری کاهش یافت. در بین سه ژنوتیپ، ارزن معمولی تعداد پنجه و خوشه بیشتر و ارتفاع کمتری داشت. کاهش ارتفاع هر سه ژنوتیپ بر اثر تنش آب تقریباً یکسان بود.

واژگان کلیدی: ارزن معمولی، ارزن دم روباهی، ارزن مرواریدی، کم آبیاری، معیارهای فنولوژیکی، معیارهای مورفولوژیکی

مقدمه:

کشور ایران با متوسط نزولات آسمانی ۲۴۰ میلیمتر در سال در زمره مناطق خشک جهان طبقه‌بندی می‌شود (۱). زیاد بودن میزان تبخیر و تعرق، محدودیت منابع آبی و سایر عوامل توجه بیشتر به مطالعه در مورد اثرات تنش آب و انتخاب ارقام مقاوم به خشکی را اجاب می‌کند (۱). همچنین درک بهتر چگونگی رشد و شکل‌گیری عملکرد گیاهان زراعی که تحت شرایط تنش خشکی قرار می‌گیرند در بهبود کارایی آبیاری، اصلاح گیاهان برای استفاده کارآمدتر از آب و در توسعه مناسب کشاورزی دیم مؤثر خواهد بود (۸). یکی از راههای بقای گیاه در خشکی که در ارزن نیز مطرح می‌باشد فرار از خشکی است (۲، ۴ و ۵). هزینه این راهکار طول دوره رشد کوتاهتر و عملکرد کمتر است (۱۳). به طور کلی انتخاب ژنوتیپهایی که در شرایط تنش خشکی عملکرد خوبی بدهند هدفی عمده در برنامه‌های اصلاحی می‌باشد (۱۸). اصلاح ارقام زراعی برای تحمل خشکی به کندی صورت گرفته است. اما اگر عواملی که سبب حفظ عملکرد در شرایط کم آبی می‌شوند تشخیص داده شوند کارایی اصلاح می‌تواند افزایش یابد (۲۲). مؤثر بودن انتخاب مستقیم برای عملکرد در محیط‌های تنش، توسط بزرگی واریانس محیطی و اثر متقابل محیط با ژنوتیپ محدود می‌شود. علاوه بر این عملکرد در شرایط تنش اغلب معیاری برای تحمل نیست. زیرا تفاوت‌های عملکرد در شرایط تنش به مقدار زیادی تحت تاثیر تفاوت در فرار از خشکی و پتانسیل ذاتی عملکرد قرار می‌گیرد (۶). لذا به‌نژادگران تلاش کرده‌اند از برخی معیارهای دیگر از جمله معیارهای مورفولوژیکی جهت انتخاب ارقام مناسب استفاده کنند (۱۰ و ۱۱).

در یک سیستم آبیاری، تخصیص و توزیع آب جزو مهمترین فعالیت‌ها در کشاورزی است (۲۰). در شرایط کمبود آب، تغییر الگوی کشاورزی به سمت کاشت گیاهان سازگار به خشکی راهکار مناسبی است (۱۰). ارزن یکی از گیاهان سازگار است که به دلیل عملکرد پایین مورد کم مهری قرار گرفته و پژوهش‌های کمی در مورد آن انجام گرفته است. در این قسمت به برخی از این پژوهش‌ها اشاره می‌شود. گل‌مبک و ال رامانه^۱ (۲۰۰۲) نشان دادند که خشکی از طریق کاهش تعداد برگ‌های فعال سطح جذب دی‌اکسید کربن را کاهش می‌دهد (۱۹).

ولدآبادی (۱۳۷۸) در آزمایش تاثیر تنش خشکی بر ذرت، سورگوم و ارزن کاهش تعداد برگ را بر اثر خشکی و از طریق کاهش ارتفاع ساقه و عدم تشکیل برگ‌های جدید مشاهده کرد (۳).

در آزمایشی که بیدینگر و راجو^۲ (۲۰۰۰) روی ارقام پرپنجه و کم‌پنجه ارزن مرواریدی انجام دادند مشخص شد اگرچه واکنش هر دو تیپ به تراکم از نظر عملکرد دانه مشابه بود، اما واکنش ارقام پرپنجه از طریق افزایش تعداد پنجه و واکنش ارقام کم‌پنجه از طریق افزایش اندازه خوشه بود (۷). لذا انتخاب تیپ گیاهی (از نظر فنولوژی و توانایی پنجه زنی) برای یک مزرعه یا سال خاص، بستگی به انتظار کشاورز از آن سال دارد. در کل زمانی که پیش‌بینی خشکسالی مشکل‌تر می‌شود اهمیت پنجه زنی نیز برای کشاورز بیشتر می‌شود (۲۱). در این زمینه نوری مامان^۳ (۱۹۹۹) نشان داد که تعداد پنجه تولید شده در سال کم باران نتوانست استقرار ضعیف بوته‌ها را جبران کند (۱۶).

1. Golombek & Al- Ramamneh

2. Bidinger & Raju

3. Nouri Maman

ماهالاکشمی و بیدینگر^۱ (۱۹۸۵) در بررسی اثر تنش کم آبی در مرحله نمو خوشه بر گل‌دهی ارزن مرواریدی گزارش کردند که زمان ظهور خوشه در ارقام زودرس، در ساقه اصلی و پنجه‌ها تحت تاثیر تنش کم آبی قرار نمی‌گیرد، اما شروع ظهور خوشه در پنجه‌های ارقام دیررس پس از رهایی از تنش صورت می‌گیرد (۱۵).
 یاداو و باتناگار^۲ (۲۰۰۱) همبستگی مثبتی بین عملکرد در شرایط بدون تنش و تعداد روز تا گل‌دهی مشاهده کردند. در این آزمایش تعداد روز تا گل‌دهی در شرایط تنش همبستگی منفی با عملکرد داشت (۲۳).
 یاداو و همکاران (۱۹۹۹) نشان داد خشکی از طریق کاهش تعداد پنجه در متر مربع عملکرد دانه را کاهش می‌دهد (۲۲).
 این آزمایش به منظور بررسی ویژگی‌های مورفولوژیکی و فنولوژیکی سه گونه مهم ارزن در شرایط کم آبیاری انجام شده است.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در تابستان سال ۱۳۸۲ در ایستگاه تحقیقات کشاورزی بیرجند (کیلومتر ۱۵ جاده بیرجند - کرمان) انجام گرفت. ویژگی‌های خاک محل آزمایش در جدول ۱ آمده است. هدایت الکتریکی (EC) آب مورد استفاده در آبیاری نیز ۵/۴ میلی‌زیمنس بر سانتیمتر بود.

عملیات آماده سازی زمین شامل شخم، دیسک و لولر بود. پس از تسطیح زمین ۹۰ کیلوگرم فسفات در هکتار به صورت فسفات آمونیم و ۲۳ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به صورت اوره در زمین پخش شد. در طی رشد گیاه نیز معادل ۴۶ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به صورت اوره در دو مرحله (هر مرحله ۲۳ کیلوگرم) به فاصله ۳۰ روز به گیاه داده شد. به جهت سبک بودن بافت خاک بود که تقسیط نیتروژن در سه مرحله انجام گرفت تا تلفات آن بر اثر آبشویی کمتر باشد.

طرح آزمایشی از نوع اسپلیت پلات در قالب بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار بود. هر تکرار شامل دو کرت اصلی^۳ به عنوان تیمارهای آبیاری بود که عبارت بود از: ۱- شاهد با آبیاری کافی بر اساس نیاز آبی تعیین شده برای گیاه در منطقه بیرجند ۲- کم آبیاری که در آن ۵۰ درصد نیاز آبی گیاه در اختیار آن قرار داده شد. نیاز آبی به کمک روش FAO با استفاده از آمار تبخیر از تشتک کلاس A و با در نظر گرفتن راندمان ۸۰ درصد برای پخش آب در سطح کرت‌ها تعیین شد:

تبخیر از تشتک (میلیمتر) × ضریب تشتک (۰/۷) = تبخیر و تعرق گیاه مرجع (میلیمتر)

تبخیر و تعرق گیاه مرجع (میلیمتر) × ضریب گیاهی = تبخیر و تعرق گیاه (میلیمتر)

در این روش ضریب گیاهی در مراحل مختلف رشد از جداول موجود در نشریه آبیاری و زهکشی شماره ۲۴ FAO (۱۹۸۸) استخراج شد.

مقادیر آب تعیین شده در تیمار شاهد و کم آبیاری به ترتیب با فاصله ۸ و ۱۶ روز در اختیار گیاه قرار گرفت. میزان آب داده شده به تیمار کم آبیاری در هر مرحله آبیاری برابر نصف مجموع دو آب داده شده به شاهد در دو آبیاری متوالی بود، به طوری که در کل دوره رشد، تیمار کم آبیاری نصف نیاز آبی را دریافت کرد. مقادیر آب داده شده به تیمارهای مختلف در جدول ۲ آمده است. لازم به ذکر است که تیمار تنش پس از استقرار کامل گیاه اعمال شد.

در این آزمایش هر کرت اصلی شامل سه کرت فرعی^۴ به عنوان تیمار گونه به شرح زیر بود:

۱- ارزن معمولی^۵، ژنوتیپ K-C-M.9

1. Mahalakshmi & Bidinger
2. Yadav & Bhatnagar
3. Main plot
4. Sub plot
5. Common millet

۲- ارزن مرواریدی^۱، ژنوتیپ محلی

۳- ارزن دم روباهی^۲، ژنوتیپ K-F-M.7

بذر ارزن دم روباهی و ارزن معمولی از مؤسسه تحقیقات، اصلاح و تهیه نهال و بذر و بذر ارزن مرواریدی از منطقه بیرجند تهیه شد. هر کرت فرعی با ابعاد ۵×۱/۷۵ متر شامل ۴ خط کاشت ۵ متری با فاصله ۳۵ سانتیمتر بود. در زمان کاشت بذرها با فواصل نزدیک کاشته شده و پس از سبز شدن، بوته‌ها با فاصله ۴ سانتیمتر تنک شدند، به طوری که تراکم نهایی ۷۱۴۲۸۶ بوته در هکتار حاصل شد. تاریخ کاشت ۲۸ اردیبهشت ماه بود.

در طول مدت آزمایش با بررسی مداوم بوته‌ها در کرت‌های مختلف مراحل فنولوژیکی شامل زمان سبز شدن، شروع پنجه زنی، ساقه رفتن، ظهور خوشه و رسیدن ثبت شد و با در نظر گرفتن دمای پایه ۱۰ درجه سانتیگراد (۱۷) به درجه روز پس از کاشت تبدیل شد. در مراحل انتهایی رشد برای اندازه‌گیری صفات مورفولوژیکی شامل تعداد برگ در ساقه اصلی، تعداد پنجه در بوته، تعداد خوشه در بوته، طول خوشه، طول دمگل آذین و ارتفاع بوته تعداد پنج بوته در هر کرت به طور تصادفی انتخاب شده و صفات مزبور در آنها تعیین گردید. از نرم‌افزارهای Mstac و Spss برای تجزیه و تحلیل داده‌ها استفاده شد.

نتایج و بحث

کم آبیاری به طور معنی داری عملکرد دانه را در هر سه گونه ارزن کاهش داد. کاهش عملکرد عمدتاً از طریق کاهش تعداد خوشه در متر مربع و کاهش تعداد دانه در خوشه ایجاد شد. همچنین در بین سه گونه ارزن، ارزن دم روباهی بیشترین عملکرد دانه را در شرایط آبیاری مطلوب و کم آبیاری داشت. زیاد بودن عملکرد دانه این گونه ارزن ناشی از زیاد بودن تعداد دانه در خوشه بود. با توجه به این که شکل‌گیری عملکرد دانه تحت تاثیر صفات مورفولوژیکی و فنولوژیکی قرار می‌گیرد در این قسمت این صفات مورد بررسی قرار می‌گیرد.

الف- صفات مورفولوژیکی

تعداد برگ ساقه اصلی در مجموع تحت تاثیر تنش خشکی قرار نگرفت (جدول ۳ و ۴)، اما در بررسی گونه‌های مختلف ارزن در شرایط کم آبیاری و آبیاری مطلوب مشخص شد که تنش توانست تعداد برگ ارزن معمولی را به طور معنی داری کاهش دهد، ولی تأثیری بر تعداد برگ ارزن مرواریدی و ارزن دم روباهی نداشت (جدول ۶). تعداد برگ ساقه اصلی در ارزن معمولی، مرواریدی و دم‌روباهی به ترتیب حدود ۱۰، ۱۲ و ۱۵ بود. عدم تغییر تعداد برگ ارزن مرواریدی و ارزن دم روباهی بر اثر تنش خشکی می‌تواند دلیلی بر تحمل نسبی این دو گونه ارزن به تنش خشکی باشد. همچنین زیاد بودن تعداد برگ ارزن مرواریدی و ارزن دم روباهی دلیلی بر تولید بیوماس بیشتر در این دو گونه ارزن است.

تعداد پنجه و خوشه در بوته بر اثر کم آبیاری کاهش یافت (جدول ۴). گزارش‌های محققین مختلف نیز حاکی از کاهش تعداد پنجه بر اثر تنش خشکی است (۱۳ و ۱۵). کاهش تعداد پنجه در بوته نوعی سازگاری با تنش خشکی بود که در قسمت عمده طول دوره رشد گیاه اعمال شد. این کاهش در جهت کاهش سطح تعرق کننده صورت گرفته است. کاهش تعداد خوشه نیز در جهت تنظیم تعداد مقصدهای فیزیولوژیکی با میزان تولید مواد پرورده انجام شده است. تعداد پنجه و خوشه ارزن مرواریدی و ارزن دم روباهی با یکدیگر اختلاف معنی داری نداشت، اما کمتر از ارزن معمولی بود (جدول ۵). با توجه به میزان اختلاف تعداد پنجه در بوته با تعداد خوشه در بوته، درصد باروری پنجه‌ها در ارزن معمولی کمتر است. در این ارزن از بیش از ۵ پنجه در هر بوته تنها حدود ۲ پنجه بارور شده و به خوشه تبدیل شده است. این در حالی است که در ارزن مرواریدی و ارزن دم روباهی تنها حدود یک پنجه در هر بوته

1. Pearl millet
2. Foxtail millet

بارور نشده است. کم بودن درصد باروری پنجه‌ها در ارزن معمولی را می‌توان به عنوان عاملی دانست که سبب می‌شود پتانسیل عملکرد دانه این ارزن کم باشد، زیرا بخشی از مواد پرورده صرف تولید پنجه‌هایی شده است که هرگز دانه تولید نخواهند کرد. خشکی طول خوشه را به طور معنی داری کاهش داد (جدول ۴). این کاهش بر اثر کاهش تعداد گلچه‌ها ایجاد شده است و به تبع آن تعداد دانه و عملکرد آن نیز کاهش یافته است.

در بین سه گونه ارزن، ارزن مرواریدی کمترین طول خوشه را داشت و طول خوشه دو گونه دیگر ارزن تفاوت معنی داری نداشت (جدول ۵). عملکرد این دو گونه ارزن نیز بیشتر از ارزن مرواریدی بود.

در بررسی طول خوشه گونه‌های ارزن در شرایط آبیاری مطلوب و کم آبیاری اگرچه ارزن مرواریدی کمترین طول خوشه را داشت، اما این صفت در آن به طور معنی داری تحت تأثیر کم آبیاری قرار نگرفت (جدول ۶). این موضوع تا حدی نشان‌دهنده سازگاری نسبی این گونه ارزن به تنش خشکی است.

تیمار کم آبیاری به طور معنی داری سبب کاهش طول دمگل آذین شد (جدول ۴). اگر چه کم آبیاری در هر سه گونه طول دمگل آذین را کاهش داد، اما میزان کاهش در ارزن مرواریدی کمتر از دو گونه دیگر ارزن بود و فقط در ارزن دم روباهی معنی دار شد (جدول ۶). طول دمگل آذین در گونه‌های مختلف ارزن متفاوت بود (جدول ۵) و برای ارزن معمولی، مرواریدی و دم روباهی به ترتیب ۱۰/۴، ۲۰/۵ و ۱۷/۵ سانتیمتر بود.

تنش خشکی ارتفاع بوته را به طور معنی داری کاهش داد (جدول ۴). کنور و ساوونیک^۱ (۱۹۸۹) و ماداکادز^۲ (۱۹۹۹) نیز گزارش کردند ارتفاع سایه‌انداز بر اثر تنش خشکی کاهش یافت (۹ و ۱۴). با توجه به این که تعداد برگ تحت تأثیر تنش قرار نگرفته است، بنابراین کاهش ارتفاع از طریق کاهش طول میانگره‌ها، طول خوشه و طول دمگل آذین ایجاد شده است. گونه‌های مختلف ارزن نیز از نظر ارتفاع بوته با یکدیگر متفاوت بودند (جدول ۵). ارتفاع بوته ارزن معمولی، مرواریدی و دم روباهی به ترتیب حدود ۷۱، ۹۱ و ۹۷ سانتیمتر بود. در یک بررسی کلی می‌توان دریافت از بین صفات مورفولوژیکی تنها سه صفت تعداد برگ در ساقه اصلی، طول خوشه و ارتفاع بوته همبستگی مثبت و معنی داری با عملکرد داشتند (جدول ۱۱). این همبستگی از آن‌جا ناشی می‌شود که ارزن دم روباهی که در تمام تیمارها پرمحصول‌تر بود دارای بیشترین تعداد برگ در ساقه اصلی، بیشترین طول خوشه و بیشترین ارتفاع بود.

ب- صفات فنولوژیکی

با توجه به این که زمان شروع اعمال تیمار تنش خشکی پس از استقرار گیاهچه بود، لذا زمان سبز شدن تحت تأثیر کم آبیاری قرار نگرفت (جدول ۷ و ۸). در بین سه گونه ارزن، ارزن دم روباهی دیرتر سبز شد (جدول ۹).

شروع پنجه زنی اگرچه با اعمال تیمار کم آبیاری به تأخیر افتاد، اما در مجموع میزان تأخیر در پنجه‌زنی معنی دار نبود (جدول ۸). درجه روز لازم برای شروع پنجه زنی در ارزن معمولی، مرواریدی و دم روباهی به ترتیب ۲۸۷، ۵۲۷ و ۴۸۱ بود (جدول ۹). بدین ترتیب می‌توان پنجه زنی زودتر و افزایش طول دوره پنجه زنی را به عنوان عاملی دانست که سبب تولید پنجه بیشتر در ارزن معمولی شده است.

تنش خشکی سبب به تأخیر انداختن ساقه رفتن شد، به طوری که در شرایط آبیاری مطلوب ۷۱۵ و در شرایط کم آبیاری ۸۱۰ درجه روز برای شروع ساقه رفتن لازم بود (جدول ۸). در بین سه گونه ارزن، ساقه رفتن ارزن دم روباهی زودتر از دو گونه دیگر آغاز شد و ساقه رفتن ارزن معمولی و ارزن مرواریدی تقریباً همزمان بود (جدول ۹). ارزن معمولی تنها ارزنی بود که میزان به تأخیر افتادن مرحله ساقه رفتن آن بر اثر کم آبیاری معنی دار نبود (جدول ۱۰). تنش خشکی در مجموع ظهور خوشه را به تأخیر انداخت (جدول ۸). البته میزان تأخیر در ارزن دم روباهی معنی دار نبود (جدول ۱۰). در بین سه گونه ارزن، ظهور خوشه به ترتیب ابتدا در ارزن معمولی، سپس در ارزن مرواریدی و در نهایت در ارزن دم روباهی رخ داد (جدول ۹).

1. Conover & Sovonick
2. Madakadze

تنش سبب تسریع در رسیدگی ارزن شد (جدول ۸). این امر به دلیل کاهش تولید مواد پرورده بود که بر اثر خشکی ایجاد شد. البته تسریع رسیدگی در ارزن معمولی بر اثر تنش کم آبی معنی دار نبود (جدول ۱۰). ارزن دم روباهی در مقایسه با ارزن معمولی و ارزن مرواریدی به ترتیب حدود ۲۹۶ و ۱۷۰ درجه روز زودتر رسید (جدول ۹).

مقایسه وضعیت همبستگی زمان وقوع مراحل فنولوژی عمده یعنی ساقه رفتن، ظهور خوشه و رسیدن با عملکرد (جدول ۱۱) نشان دهنده ارتباط عمیقی بین این صفات است که در این جا مورد بحث قرار می‌گیرد. در تیمار آبیاری مطلوب و کم آبیاری فاصله زمانی بین شروع ساقه رفتن تا رسیدن به ترتیب ۱۱۰۹/۳ و ۹۶۹/۳ درجه روز است که ۱۴۰ درجه روز تفاوت دارد (جدول ۸). در واقع تنش خشکی از طریق تسریع در پیری سایه انداز و توقف تولید مواد پرورده سبب کاهش طول دوره پرشدن دانه شده است. از سوی دیگر با توجه به این که زمان شروع ساقه رفتن در تیمار کم آبیاری به تعویق افتاده است (جدول ۸) فرصت کمتری برای تشکیل مقاصد فیزیولوژیکی یعنی دانه وجود داشته است. در بررسی و مقایسه زمان وقوع مراحل فنولوژیکی سه گونه ارزن، یکی از دلایل اصلی پرمحصول بودن ارزن دم روباهی مشخص می‌شود. همان گونه که در جدول ۹ مشاهده می‌شود ساقه رفتن ارزن دم روباهی زودتر از دو گونه دیگر انجام شده است و ظهور خوشه و رسیدن آن دیرتر حادث گردیده است. با توجه به این که فاصله زمانی بین شروع ساقه رفتن و ظهور خوشه در ارزن معمولی، مرواریدی و دم روباهی به ترتیب ۳۸۹/۵، ۴۸۸/۵ و ۶۲۲/۹ درجه روز است (جدول ۹)، در ارزن دم روباهی فرصت بیشتری برای تشکیل گلچه‌ها وجود داشته است. در این آزمایش عامل اصلی پرمحصول بودن ارزن دم روباهی زیاد بودن تعداد دانه در خوشه است. البته پتانسیل‌های ژنتیکی هر گونه را نیز نباید نادیده گرفت. نکته‌ای که لازم است یادآور شد این است که گونه‌های ارزن معمولی و دم روباهی انتخاب شده در این آزمایش اصلاح شده‌اند و گونه ارزن مرواریدی گونه بومی منطقه بوده و هیچ‌گونه کار اصلاحی روی آن انجام نشده است. با وجود این درصد کاهش عملکرد دانه ارزن مرواریدی در مقایسه با ارزن معمولی بر اثر تنش خشکی کمتر است (نتایج در مقاله دیگری بیان شده است). جاشی^۱ (۱۹۸۸) نیز در بررسی عملکرد سه ژنوتیپ ارزن در شرایط خشکی مشاهده کرد که ارزن مرواریدی در شرایط خشکی متوسط و شدید نسبت به ارزن معمولی و ارزن دم روباهی رشد و عملکرد بهتری دارد. وی این تحمل را به سیستم ریشه‌ای توسعه یافته نسبت داد (۱۲). بنابراین در صورت انجام کارهای اصلاحی روی این ارزن بومی منطقه انتظار می‌رود بهبود خوبی در عملکرد آن ایجاد شود.

جدول ۱- نتایج تجزیه خاک محل آزمایش

بافت خاک (لومی شنی)	pH	EC (ms/cm)	SAR	ماده آلی (%)	آهک (%)	رس (%)	سیلت (%)	شن (%)
	۸/۴۱	۵/۱۴	۶/۱۷	۰/۲۲	۱۷/۷۵	۲۰	۲۲	۵۸

ازت کل (%)	کلسیم (meq/lit)	منیزیم (meq/lit)	سدیم (meq/lit)	پتاسیم قابل جذب (ppm)	فسفر قابل جذب (ppm)	آهن قابل جذب (ppm)	منگنز قابل جذب (ppm)	مس قابل جذب (ppm)	روی قابل جذب (ppm)
۰/۰۱۹	۱۴/۴	۲۰/۴	۲۵/۶	۲۶۸	۱/۷۶	۱/۴۸	۵/۰۰	۰/۶۰	۰/۳۸

جدول ۲- مقادیر آب مصرف شده در تیمارهای مختلف بر حسب میلی‌متر

کم آبیاری			آبیاری مطلوب		
ارزن معمولی	ارزن مرواریدی	ارزن دم‌روباری	ارزن معمولی	ارزن مرواریدی	ارزن دم‌روباری
۸۲۴/۵	۹۰۸/۶	۹۱۹/۸	۴۱۲/۳	۴۵۴/۳	۴۵۹/۹

جدول ۳- منابع تغییر، درجه آزادی و واریانس مربوط به ویژگی‌های مورفولوژیکی ارزن

واریانس							درجه آزادی	منابع تغییر
ارتفاع بوته	طول دمگل آذین	طول خوشه	تعداد خوشه در بوته	تعداد پنجه در بوته	تعداد برگ در ساقه اصلی	تعداد برگ		
۴۱۶/۳*	۳۳/۶۴*	۶/۳۴ ^{ns}	۰/۲۵۵ ^{ns}	۰/۶۵۱ ^{ns}	۰/۱۰۸*	۳	تکرار	
۲۵۶۲/۶۷**	۴۷/۵۷*	۸۴/۳۸*	۴/۳۴**	۹/۳۸*	۰/۱۳۴ ^{ns}	۱	آبیاری	
۲۱/۶۰	۲/۰۵۴	۴/۰۷۷	۰/۱۰۸	۰/۶۳۳	۰/۱۰۵	۳	خطای اول	
۱۴۶۹/۲۱**	۲۱۴/۶۳**	۱۶۴/۰**	۴/۲۵**	۳۷/۰۱**	۵۶/۴۸**	۲	گونه	
۱۷/۱۳ ^{ns}	۲/۷۳ ^{ns}	۱/۵۵ ^{ns}	۰/۴۷**	۰/۹۸**	۰/۰۲ ^{ns}	۲	آبیاری×گونه	
۳۲/۰۹۶	۷/۱۸۳	۲/۵۴۷	۰/۰۴۵	۰/۰۷۳	۰/۰۳	۱۲	خطای دوم	

ns، * و ** به ترتیب نشان‌دهنده معنی‌دار نبودن اثر عامل و معنی‌دار بودن در سطح ۵٪ و ۱٪ است.

جدول ۴- اثر سطوح آبیاری بر برخی ویژگی‌های مورفولوژیکی ارزن

ارتفاع بوته (cm)	طول دمگل آذین (cm)	طول خوشه (cm)	تعداد خوشه در بوته	تعداد پنجه در بوته	تعداد برگ در ساقه اصلی	سطوح آبیاری
۹۶/۵A	۱۷/۶A	۲۵/۰A	۲/۶A	۳/۷A	۱۲/۴A	آبیاری مطلوب
۷۵/۸B	۱۴/۷B	۲۱/۲B	۱/۸B	۲/۴B	۱۲/۳A	کم آبیاری

میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵٪ دارای تفاوت معنی‌دار نمی‌باشند.

جدول ۵- مقایسه برخی ویژگی‌های مورفولوژیکی سه گونه ارزن

ارتفاع بوته (cm)	طول دمگل آذین (cm)	طول خوشه (cm)	تعداد خوشه در بوته	تعداد پنجه در بوته	تعداد برگ در ساقه اصلی	گونه ارزن
۷۰/۹C	۱۰/۴C	۲۵/۴A	۳/۰۵A	۵/۵A	۹/۸C	ارزن معمولی
۹۰/۷B	۲۰/۵A	۱۷/۹B	۱/۸B	۱/۸B	۱۲/۱B	ارزن مرواریدی
۹۶/۹A	۱۷/۵B	۲۶/۰A	۱/۸B	۱/۸B	۱۵/۱A	ارزن دم‌روبهایی

میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵٪ دارای تفاوت معنی‌دار نمی‌باشند.

جدول ۶- مقایسه برخی ویژگی‌های مورفولوژیکی سه گونه ارزن در شرایط کم آبیاری و آبیاری مطلوب

ارتفاع بوته (cm)	طول دمگل آذین (cm)	طول خوشه (cm)	تعداد خوشه در بوته	تعداد پنجه در بوته	تعداد برگ در ساقه اصلی	گونه ارزن	سطوح آبیاری
۸۰/۰C	۱۲/۰C	۲۷/۶A	۳/۸A	۶/۵A	۱۰/۰C	ارزن معمولی	آبیاری مطلوب
۱۰۰/۶B	۲۱/۳A	۱۹/۳C	۲/۱B	۲/۱CD	۱۲/۱B	ارزن مرواریدی	
۱۰۸/۸A	۱۹/۴A	۲۸/۱A	۲/۱B	۲/۵C	۱۵/۲A	ارزن دم‌روبهایی	
۶۱/۸D	۸/۹C	۲۳/۲B	۲/۴B	۴/۶B	۹/۷D	ارزن معمولی	کم آبیاری
۸۰/۷C	۱۹/۸A	۱۶/۵C	۱/۶C	۱/۵CD	۱۲/۱B	ارزن مرواریدی	
۸۴/۹C	۱۵/۶B	۲۴/۰B	۱/۵C	۱/۲D	۱۵/۱A	ارزن دم‌روبهایی	

میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵٪ دارای تفاوت معنی‌دار نمی‌باشند.

جدول ۷- منابع تغییر، درجه آزادی و واریانس مربوط به ویژگی های فنولوژیکی ارزن

واریانس					درجه آزادی	منابع تغییر
رسیدن	ظهور خوشه	ساقه رفتن	شروع پنجه زنی	سبز شدن		
۱۵۵۲/۶۸ ^{ns}	۷۷۲۴/۰۲ ^{ns}	۶۳۵۸/۵۹ ^{ns}	۴۳۰/۳۸ ^{ns}	۳۵/۸۶ ^{ns}	۳	تکرار
۱۲۴۱۲/۴۲**	۹۴۲۲۵/۶۲*	۵۳۵۷۲/۰۴**	۳۸۳۲/۹۵ ^{ns}	۴/۵۱ ^{ns}	۱	آبیاری
۲۲۲/۸۲	۴۰۳۹/۷۲	۱۳۰۷/۹۴	۵۶۷/۳۴	۳۹/۷۱	۳	خطای اول
۱۷۶۲۴۵/۲۹**	۴۵۰۶۴/۵۷**	۱۵۰۶۸/۷۵**	۱۲۹۹۲۶/۰۵**	۶۰۳/۹*	۲	گونه
۸۰۲/۱۷ ^{ns}	۸۲۷۹/۲۱*	۳۳۶۶/۵۷ ^{ns}	۹۵۹/۷۳ ^{ns}	۴۴/۱۱ ^{ns}	۲	آبیاری* گونه
۶۲۷/۴۵	۲۰۹۶/۸۷	۱۶۷۴/۱۲	۲۵۹۹/۲۵	۱۴۰/۱۴	۱۲	خطای دوم

ns، * و ** به ترتیب نشان دهنده معنی دار نبودن اثر عامل و معنی دار بودن در سطح ۵٪ و ۱٪ است.

جدول ۸- اثر سطوح آبیاری بر برخی ویژگی های فنولوژیکی ارزن

رسیدن	ظهور خوشه	ساقه رفتن	پنجه زنی	سبز شدن	سطوح آبیاری
(GDD پس از کاشت)	(GDD پس از کاشت)	(GDD پس از کاشت)	(GDD پس از کاشت)	(GDD پس از کاشت)	
۱۸۲۴/۵A	۱۲۰۰/۱B	۷۱۵/۲B	۴۱۹/۱A	۹۱/۴A	آبیاری مطلوب
۱۷۷۹/۰B	۱۳۲۵/۴A	۸۰۹/۷A	۴۴۳/۰A	۹۲/۲A	کم آبیاری

میانگین های دارای حروف مشابه در هر ستون بر اساس آزمون F در سطح احتمال ۵٪ دارای تفاوت معنی دار نمی باشند.

جدول ۹- مقایسه برخی ویژگی های فنولوژیکی سه گونه ارزن

رسیدن	ظهور خوشه	ساقه رفتن	پنجه زنی	سبز شدن	گونه ارزن
(GDD پس از کاشت)	(GDD پس از کاشت)	(GDD پس از کاشت)	(GDD پس از کاشت)	(GDD پس از کاشت)	
۱۶۶۱/۲ C	۱۱۸۶/۵ C	۷۹۷/۰ A	۲۸۷/۰ B	۹۱/۹ AB	ارزن معمولی
۱۷۸۷/۱ B	۱۲۶۵/۱ B	۷۷۶/۶ A	۵۲۷/۲ A	۸۳/۰ B	ارزن مرواریدی
۱۹۵۷/۰ A	۱۳۳۶/۶ A	۷۱۳/۷ B	۴۸۰/۹ A	۱۰۰/۴ A	ارزن دمروبهایی

میانگین های دارای حروف مشابه در هر ستون بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵٪ دارای تفاوت معنی دار نمی باشند.

جدول ۱۰- مقایسه برخی ویژگی های فنولوژیکی سه گونه ارزن در شرایط کم آبیاری و آبیاری مطلوب

رسیدن	ظهور خوشه	ساقه رفتن	پنجه زنی	سبز شدن	گونه ارزن	سطوح آبیاری
(GDD پس از کاشت)	(GDD پس از کاشت)	(GDD پس از کاشت)	(GDD پس از کاشت)	(GDD پس از کاشت)		
۱۶۷۴/۱E	۱۱۱۷/۶D	۷۷۲/۸BC	۲۸۷/۰C	۹۴/۲ABC	ارزن معمولی	
۱۸۱۹/۹C	۱۱۷۳/۹CD	۷۱۳/۱CD	۵۰۷/۸AB	۸۰/۸C	ارزن مرواریدی	آبیاری مطلوب
۱۹۷۹/۶A	۱۳۰۸/۷AB	۶۵۹/۸D	۴۶۲/۴B	۹۹/۱AB	ارزن دمروبهایی	
۱۶۴۸/۴E	۱۲۵۵/۴BC	۸۲۱/۲AB	۲۸۷/۰C	۸۹/۷ABC	ارزن معمولی	
۱۷۵۴/۳D	۱۳۵۶/۴A	۸۴۰/۲A	۵۴۶/۶A	۸۵/۳BC	ارزن مرواریدی	کم آبیاری
۱۹۳۴/۴B	۱۳۶۴/۴A	۷۶۷/۷BC	۴۹۹/۵AB	۱۰۱/۷A	ارزن دمروبهایی	

میانگین های دارای حروف مشابه در هر ستون بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵٪ دارای تفاوت معنی دار نمی باشند.

جدول ۱۱- ضرایب همبستگی ویژگی‌های فنولوژیکی و مورفولوژیکی در رابطه با عملکرد دانه

	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲
۱- عملکرد دانه	۱											
۲- سبز شدن	۰/۴۰۷*	۱										
۳- پنجه زنی	-۰/۰۵۱	-۰/۰۶۲	۱									
۴- ساقه رفتن	-۰/۶۲۹**	-۰/۱۶۵	-۰/۱۰۵	۱								
۵- ظهور خوشه	-۰/۰۴۲	۰/۲۳۰	۰/۱۸۸	۰/۲۹۴	۱							
۶- رسیدن	۰/۶۴۳**	۰/۲۱۴	۰/۵۰۵*	-۰/۵۴۸**	۰/۴۴۲*	۱						
۷- تعداد برگ	۰/۵۸۹**	۰/۳۳۳	۰/۵۹۶**	-۰/۴۳۶*	۰/۵۶۳**	۰/۹۴۴**	۱					
۸- تعداد پنجه	-۰/۰۱۴	۰/۰۶۸	-۰/۷۸۰**	-۰/۰۴۷	-۰/۷۴۰**	-۰/۵۸۸**	-۰/۶۶۵**	۱				
۹- تعداد خوشه	۰/۰۵۵	۰/۱۴۸	-۰/۶۷۱**	-۰/۱۱۴	-۰/۷۳۳**	-۰/۵۲۵**	-۰/۵۶۹**	۰/۹۱۷**	۱			
۱۰- طول خوشه	۰/۷۲۷**	۰/۴۴۴*	-۰/۵۵۴**	-۰/۴۲۹*	-۰/۳۶۷	۰/۱۵۳	۰/۰۸۴	۰/۵۰۲*	۰/۴۵۲*	۱		
۱۱- طول دمگل آذین	-۰/۱۲۶	-۰/۲۰۰	۰/۶۲۷**	-۰/۶۳۰**	۰/۰۸۵	۰/۵۷۸**	۰/۵۲۸**	-۰/۴۶۷*	-۰/۳۲۲	-۰/۲۴۱	۱	
۱۲- ارتفاع بوته	۰/۵۳۵**	-۰/۰۳۱	۰/۳۰۷	-۰/۸۴۴**	-۰/۱۳۷	۰/۶۸۳**	۰/۵۷۸**	-۰/۱۶۶	-۰/۰۳۶	۰/۲۲۵	۰/۸۳۵**	۱

* نشان دهنده معنی دار بودن ضرایب همبستگی به ترتیب در سطح احتمال ۱٪ و ۵٪ است.

منابع و مآخذ:

- ۱- سرمدنیا، غ. ۱۳۷۲. اهمیت تنش‌های محیطی در زراعت. اولین کنگره زراعت و اصلاح نباتات ایران. دانشکده کشاورزی، دانشگاه تهران. صفحات ۱۷۲-۱۵۷.
- ۲- کاظمی اربط، ح. ۱۳۷۴. زراعت خصوصی، جلد اول: غلات. مرکز نشر دانشگاهی. ۲۵۳ صفحه.
- ۳- ولدآبادی، سید علیرضا. ۱۳۷۸. بررسی اثرات اکوفیزیولوژیک تنش خشکی در ذرت، سورگوم و ارزن. رساله دکتری رشته زراعت دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات.
- 4- Bidinger, F. R., V. Mahalakshmi, and G. D. P. Rao. 1987. Assessment of drought resistance in pearl millet (*Pennisetum americanum* (L.) Leeke). I. Factors affecting yields under stress. *Aust. J. Agric. Res.* 38: 37-48.
- 5- Bidinger, F. R., V. Mahalakshmi, and G. D. P. Rao. 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- Bidinger, F. R., S. Chandra, and V. Mahalakshmi. 1999. Genetic improvement of tolerance to terminal drought stress in pearl millet (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br.). CIMMYT. Workshop on Molecular Approaches for the genetic Improvement of cereals for stable production in water-limited Environments.
- 7- Bidinger, F. R., and D.S. Raju. 2000. Mechanisms of adjustment by different pearl millet plant types to varying plant population. *J. Agric. Sci. Camb.* 134: 181-189.
- 8- Boyer, J. S. 1996. Advances in drought tolerance in plants. *Adv. Agron.* 56: 187-217.
- 9- Conover, D. G., and S. A. Soonick. 1989. Influence of water deficits on the water relations and growth of *Echinochloa turneriana*, *Echinochloa crus-gali*, and *Pennisetum americanum*. *Aust. J. Plant Physiol.* 16(3): 221-228.
- 10- Dow, E. W., T. B. Daynard, J. F. Muldoon, D. J. Major, and G. W. Thutell. 1984. Resistance to drought and density stress in Canadian and European maize (*Zea mays* L.) hybrids. *Can. J. Plant Sci.* 64: 575-585.
- 11- Gangadhar Rao, D., R. Khanna-Chopra and S. K. Sinha. 1999. Comparative performance of sorghum hybrids and their parents under extreme water stress. *J. of Agric. Sci.* 133: 53- 59.

- 12- Jushi, N. L. 1988. Millet yield under natural drought conditions on arid loamy and soil: Cultivar differences. *Arid Soil Research and Rehabilitation*. 2(3): 203- 216.
- 13- Ludlow, M. M., and R. C. Muchow. 1990. A critical evaluations of traits for improving crop yields in water- limited environments. *Adv. in Agron.* 43: 107-153.
- 14- Madakadze, I. C. 1999. Switchgrass biomass and chemical composition for biofuel in eastern canada. *Agron. J.* 97: 696-701.
- 15- Mahalakshmi, V. and F. R. Bidinger. 198. Flowering response of pearl millet to water stress during panicle development. *Annals of applied biology*. 106: 571-578.
- 16- Nouri Maman L. 1999. Hybrid and nitrogen influence on pearl millet production in Nebraska: Yield, growth and nitrogen uptake, and nitrogen use efficiency. *Agron. J.* 91: 737-743.
- 17- Ong, C. K. 1983. Response to temperature in a stand of pearl millet. *J. Exp. Bot.* 34: 337-348.
- 18- Richards, R. a., G. J. Rebetzke, A. G. Condon, and A. F. van Herwaarden. 2002. Breeding opportunities for increasing the efficiency of water use and crop yield in temperate cereals. *Crop Sci.* 42: 111- 121.
- 19- Saeed, I. A. M., and A. H. El-Nadi. 1998. Forage sorghum yield and water use efficiency under variable irrigation. *Irrig. Sci.* 18: 67- 71.
- 20- Steiner, R. A. and Walter, M. F. 1993. The effect of allocation schedules on the performance of irrigation systems with different levels of spatial diversity and temporal variability. *Agric. Water Manage.* 23: 213-224.
- 21- van Oosterom, E. J., P. S. Carberry, and G. J. Oleary. 2001. Simulating growth, development, and yield of tillering pearl millet. I. Leaf area profiles on main shoots and tillers. *Field Crops Res.* 72: 51-66.
- 22- Yadav, R. S., C. T. Hash, F. R. Bidinger, and C. J. Howarth. 1999. Identification and utilization of quantitative trait loci to improve terminal drought tolerance in pearl millet (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br.). CIMMYT. Workshop on Molecular Approaches for the genetic improvement of cereals for stable production in water- limited Environments.
- 23- Yadav, O. P., and S. K. Bhatnagar. 2001. Evaluation of indices for identification of pearl millet cultivars adapted to stress and non- stress conditions. *Field Crops Res.* 70: 201-208.

Phenological and morphological response of three millets species to deficit irrigation

M.J. Seghatoleslami

Former Ph.D Student of Science and Research Campus, Islamic Azad University, Tehran, Iran

E. Majidi

Professor of Science and Research Campus, Islamic Azad University, Tehran, Iran

M. Kafi

Associate Professor of Ferdowsi University, Mashhad, Iran

Gh. Noor Mohammadi

Professor of Science and Research Campus, Islamic Azad University, Tehran, Iran

F. Darvish

Professor of Science and Research Campus, Islamic Azad University, Tehran, Iran

S. Gh. Mousavi

Ph.D Student of Science and Research Campus, Islamic Azad University, Tehran, Iran

Abstract

Yield variations in the stressful environments are influenced by differences in drought escape and yield virtual potential, Breeders have attempted to use some morphological and phenological traits to select appropriate varieties. In order to compare morphological and phenological characteristics of three important millet species including proso millet (*Panicum miliaseum*), foxtail millet (*Setaria italica*) and pearl millet (*Pennisetum americanum*) in water stress conditions, an experiment was conducted using a split-plot design with two irrigation treatments and four replications in Birjand Agricultural Research Station. Starting of tillering was earlier in proso millet than the other millets. Although, starting of stem elongation was earlier in foxtail millet than the other millets, but that's ear was emerged very late. Water stress caused reduction in the number of tiller and ear, peduncle and ear length and plant height.

Keywords: deficit irrigation, proso millet, pearl millet, foxtail millet, morphological traits, phenological traits