



تاثیر کم آبیاری بر عملکرد و بازده استفاده از آب سه گونه ارزن

محمد جواد ثقة‌الاسلامی

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

محمد کافی

دانشیار دانشگاه فردوسی مشهد

اسلام مجیدی هروان

استاد دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران

فرخ درویش

استاد دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران

قربان نورمحمدی

استاد دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران

چکیده:

کمبود آب یکی از عوامل محدود کننده تولید گیاهان زراعی است. اصلاح ژنوتیپ‌های سازگار با خشکی و بهبود بازده استفاده از آب هدفی عمده در برنامه‌های اصلاحی در جهت مقابله با کم‌آبی است. تغییر الگوی کشت در مناطق کم‌آب به سمت کاشت گیاهان سازگار با خشکی مثل ارزن‌ها یکی از راهکارهای مناسب است. به منظور بررسی تاثیر تنش خشکی بر عملکرد و راندمان مصرف آب سه گونه ارزن شامل *Setaria italica* (ارزن دمروباهی)، *Panicum miliaceum* (ارزن پروسو یا معمولی) و *Pennisetum americanum* (ارزن مرواریدی) آزمایشی در سال ۱۳۸۲ در ایستگاه تحقیقات کشاورزی بیرجند انجام شد. در این آزمایش ژنوتیپ‌های انتخاب شده به عنوان کرت‌های فرعی و دو تیمار آبیاری (شاهد با آبیاری کافی و تیمار کم‌آبیاری با ۵۰ درصد آبیاری) به عنوان کرت‌های اصلی در قالب یک طرح اسپلیت پلات با چهار تکرار، کاشته شدند. در شرایط کم‌آبیاری، میزان کاهش عملکرد در ارزن پروسو بیشتر از دو ارزن دیگر بود. این کاهش عملکرد عمدتاً بر اثر کاهش تعداد دانه در خوشه و کاهش تعداد خوشه در بوته رخ داد. ارزن دمروباهی هم در شرایط تنش و هم در شرایط آبیاری مطلوب عملکرد بیشتری از دو ژنوتیپ دیگر داشت. کم‌آبیاری سبب کاهش شاخص برداشت دانه در بوته شد که این کاهش ناشی از کاهش شاخص برداشت دانه در خوشه بود. بیشترین شاخص برداشت مربوط به ارزن دمروباهی بود. کم‌آبیاری اگرچه سبب کاهش راندمان مصرف آب ارزن پروسو شد، اما راندمان مصرف آب دو ارزن دیگر را افزایش داد.

واژه‌های کلیدی: ارزن معمولی، ارزن دمروباهی، ارزن مرواریدی، کم‌آبیاری، راندمان مصرف آب، شاخص برداشت

مقدمه:

کمبود آب یکی از عوامل محدود کننده تولید گیاهان زراعی در سراسر جهان است (۲۲ و ۲۳). میزان کم نزولات آسمانی و پراکنش نامنظم آن سبب بروز تنش خشکی در طول دوره رشد گیاهان زراعی می‌شود (۲). اصطلاح تنش خشکی به دوره‌ای اطلاق می‌شود که طی آن میزان آب خاک به قدری کاهش می‌یابد که گیاه از کمبود آب صدمه می‌بیند (۱۰). تنش خشکی بر فرآیندهای متعددی در گیاه اثر می‌گذارد. در وهله اول کمبود آب سبب کاهش رشد و تولید گیاهان زراعی می‌شود (۳ و ۲۷). جهت فائق آمدن بر این مشکلات به دو طریق می‌توان عمل نمود: ۱- استفاده بهینه از بارندگی‌های منطقه جهت افزایش ذخیره رطوبت خاک ۲- اصلاح ژنوتیپهای سازگار به خشکی (۲).

در شرایط کمبود آب برای استفاده بهینه از آب می‌بایست آب موجود را در مراحل بحرانی رشد گیاه استفاده کرد (۲۵). از سوی دیگر انتخاب مستقیم برای عملکرد معمولاً ساده‌ترین و مؤثرترین راه برای بهبود عملکرد و از این رو بهبود بازده استفاده از آب در همه گیاهان زراعی و در شرایط تنش خشکی بوده و هدفی عمده در برنامه‌های اصلاحی می‌باشد (۲۰ و ۲۱). همچنین تغییر الگوی کشاورزی به سمت کاشت گیاهان سازگار به خشکی می‌تواند راهکار مناسبی باشد (۵).

گونه‌های مختلف ارزن به دلیل کوتاه بودن فصل رشد و داشتن برخی خصوصیات ویژه، در مقایسه با گیاهان دیگر به آب کمتری نیاز دارند و می‌توانند در شرایط کمبود آب نسبت به سایر گیاهان محصول قابل قبولی تولید کنند (۱). با توجه به این موضوع و همچنین از آنجایی که ارزن جیره غذایی مناسبی برای طیور و جایگزین مطمئنی برای ذرت است (۴ و ۱۵)، این گیاه می‌تواند گیاهی مناسب برای کاشت در مناطق کم‌آب باشد.

گلمبک و آل-رامامنه^۱ (۲۰۰۲) در بررسی ساز و کارهای تحمل خشکی در ارزن مرواریدی نشان دادند که خشکی از طریق کاهش سطح برگ و تعداد برگهای فعال، سطح جذب دی‌اکسید کربن را کاهش می‌دهد (۶).

نوری مامان^۲ (۱۹۹۹) در بررسی چند هیبرید ارزن مرواریدی به این نتیجه رسید که در سالهای کم‌باران هیبرید متوسط‌ترس و در سالهای پرباران هیبرید متوسط‌ترس و زودرس بیشترین میزان تجمع ماده خشک را داشتند (۱۶).

ماسوجیدک^۳ (۱۹۹۱) در بررسی اثرات توام افزایش تنش خشکی و نور زیاد بر ارزن مرواریدی گزارش نمود که تنش خشکی کمتر از یک مگاپاسکال تثبیت CO₂ را کاهش داد (۱۴).

واردلا^۴ (۱۹۶۸) در بررسی ارزن متوجه شد که ارزن در زمان نمو دانه تحت تاثیر تنش خشکی قرار نمی‌گیرد و با انتقال مجدد^۵ مواد فتوسنتزی دوره رشد خود را کامل می‌کند (۲۶).

سینگ و سینگ^۶ (۱۹۹۵) در بررسی واکنش سورگوم، ذرت و ارزن مرواریدی به آبیاری مشاهده کردند که با افزایش شدت تنش، فتوسنتز خالص در هر سه گونه کاهش می‌یابد و عملکرد ماده خشک نیز به طور معنی‌داری تحت تاثیر آبیاری قرار می‌گیرد (۲۴).

یاداوی^۷ و همکاران (۱۹۹۹) نشان دادند خشکی پس از گلدهی عملکرد دانه ارزن مرواریدی را کاهش می‌دهد. این کاهش عملکرد از طریق کاهش سه جزء مهم عملکرد یعنی تعداد پنجه در متر مربع، وزن دانه و تعداد دانه در خوشه بود (۲۷).

ماهالاکشمی و بیدینگر^۸ (۱۹۸۵) نیز گزارش کردند تنش خشکی در طی پر شدن دانه عملکرد دانه ارزن مرواریدی را تا ۵۰ درصد کاهش می‌دهد (۱۳).

1. Golombek & Al-Ramamneh
2. Nouri Maman
3. Masojidek
4. Wardlaw
5. Remobilization
6. Singh & Singh
7. Yadav
8. Mahalakshmi & Bidinger

بازده استفاده از آب نیز صفتی است که می‌تواند مورد توجه قرار گیرد. در شرایط مناسب از نظر رطوبتی می‌توان با بهبود وضعیت تغذیه گیاه، افزایش تراکم و استفاده از ژنوتیپ‌های کارآمد در مصرف آب، بازده استفاده از آب را افزایش داد (۱۷). تقریباً در تمام گیاهان زراعی بازده استفاده از آب بیشتر برای دانه، مربوط به بهبود بیوماس نیست بلکه به طور کامل مربوط به بهبود شاخص برداشت است. در مقایسه واریته‌های جدید و قدیم اغلب گیاهان زراعی مانند گندم، شاخص برداشت مسئول افزایش عملکرد بوده است (۲۰). شاخص برداشت در شرایط خشکی اغلب تابع نسبت آب استفاده شده پس از گرده‌افشانی است که هر چه بیشتر باشد شاخص برداشت نیز بیشتر است (۲۱). این آزمایش به منظور مقایسه عملکرد و اجزای عملکرد سه گونه مهم ارزن در شرایط تنش خشکی و بررسی بازده استفاده از آب آنها انجام شده است.

مواد و روشها

این آزمایش در تابستان سال ۱۳۸۲ در ایستگاه تحقیقات کشاورزی بیرجند انجام گرفت. ویژگی‌های خاک محل آزمایش در جدول ۱ آمده است. هدایت الکتریکی آب مورد استفاده در آبیاری ۵/۴ میلی زیمنس بر سانتیمتر بود. عملیات آماده‌سازی 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^۱ 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:

$$\begin{aligned} \text{تبخیر از تشتک (میلیمتر)} \times \text{ضریب تشتک (0/7)} &= \text{تبخیر و تعرق گیاه مرجع (میلیمتر)} \\ \text{تبخیر و تعرق گیاه مرجع (میلیمتر)} \times \text{ضریب گیاهی} &= \text{تبخیر و تعرق گیاه (میلیمتر)} \end{aligned}$$

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.

در این آزمایش هر کرت اصلی شامل سه کرت فرعی^۲ بود که در آنها سه گونه ارزن قرار گرفت:

- ۱- ارزن معمولی^۳، ژنوتیپ K-C-M.9

1. Main plot
2. Sub plot
3. Common millet

۲- ارزن مرواریدی^۱، ژنوتیپ محلی

۳- ارزن دم‌روباهی^۲، ژنوتیپ K-F-M.7

بذر ارزن دم‌روباهی 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 $1/75 \times 5$ 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 زمان رسیدن گیاه، دو متر از طول دو خط وسط هر کرت به طور کامل برداشت شد. به منظور تعیین شاخص برداشت اجزای مختلف، خوشه و (برگ + ساقه) جدا شده و تا رسیدن به وزن ثابت در آن قرار گرفت. پس از جدا کردن دانه‌ها عملکرد دانه بر اساس وزن خشک گزارش شد. سه جزء مهم شاخص برداشت به صورت زیر محاسبه شد:

۱- شاخص برداشت دانه در خوشه به صورت نسبت وزن خشک دانه به وزن خشک خوشه

۲- شاخص برداشت خوشه در بوته به صورت نسبت وزن خشک خوشه به وزن خشک کل

۳- شاخص برداشت دانه در بوته به صورت نسبت وزن خشک دانه به وزن خشک کل که حاصل ضرب دو جزء قبلی نیز می‌باشد.

در این آزمایش همچنین بازده استفاده از آب به صورت نسبت عملکرد دانه به کل میزان آب مصرفی تعیین شد و نتایج آن مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. از نرم افزارهای Mstac و Spss برای تجزیه و تحلیل داده‌ها استفاده شد

نتایج و بحث

الف- عملکرد و اجزای عملکرد

کم‌آبیاری به طور معنی‌داری بر روی عملکرد و اجزای آن (به جز وزن هزار دانه) اثر گذاشته (جدول ۳) و سبب کاهش آنها شد (جدول ۴). میزان کاهش عملکرد دانه ۴۰/۶ درصد، تعداد خوشه در متر مربع ۲۸/۷ درصد و تعداد دانه در خوشه ۱۴/۳ درصد بود. ماهالاکشمی (۱۹۸۵) و کوماری^۳ (۱۹۸۸) نیز گزارش کردند تنش خشکی در ارزن سبب کاهش عملکرد دانه، تعداد دانه در خوشه و وزن هزار دانه می‌شود (۱۰ و ۱۲). از آنجایی که در تیمار تنش، عملیات کم‌آبیاری پس از سبز شدن و استقرار گیاهچه شروع شده و تا انتهای دوره رشد وجود داشته است لذا تعداد خوشه در متر مربع نیز بر اثر کاهش پنجه‌زنی کاهش یافت. همان‌گونه که در جدول ۴ مشاهده می‌شود، با وجود کاهش تولید مواد پرورده بر اثر کم‌آبی و خشکی وزن هزار دانه کاهش نیافته است. وزن هزار دانه جزو باثبات‌ترین اجزای عملکرد می‌باشد و تغییرات آن نسبت به سایر اجزاء ناچیز است. در حقیقت باید گفت هر چند تولید مواد پرورده بر اثر خشکی کاهش یافته است اما به دلیل کاهش تعداد دانه در خوشه و در واقع کاهش مقاصد فیزیولوژیکی، رقابت داخل خوشه نیز کم شده است. بنابراین وزن دانه به طور معنی‌داری تحت تأثیر تنش قرار نگرفت. البته پراساد^۴ و همکاران در آزمایشی روی ارزن پروسو نشان داد حتی یک مرحله آبیاری در شرایط دیم سبب افزایش وزن هزار دانه شد (۱۹)

در مقایسه عملکرد دانه و اجزای عملکرد سه گونه ارزن، عملکرد دانه ارزن دم‌روباهی به میزان قابل توجهی بیشتر از دو گونه دیگر ارزن بود (جدول ۵). با بررسی اجزای عملکرد مشاهده می‌شود تعداد دانه در خوشه ارزن دم‌روباهی بیش از ۶ برابر ارزن معمولی و بیش از دو برابر ارزن مرواریدی است، اما تعداد خوشه در متر مربع و وزن هزار دانه آن کمتر از ارزن معمولی بوده و با ارزن

1. Pearl millet
2. Foxtail millet
3. Kumari
4. Prasad

مرواریدی تفاوت معنی داری ندارد. بنابراین دلیل اصلی پرمحصول بودن ارزن دم‌روباهی تشکیل تعداد دانه بیشتر در خوشه است. این امر را می‌توان نتیجه طولانی‌تر بودن فاصله زمانی شروع ساقه‌رفتن تا ظهور خوشه و در نتیجه تشکیل گلچه بیشتر دانست. مقایسه عملکرد دانه انواع ارزن‌ها در شرایط کم‌آبیاری و آبیاری مطلوب (جدول ۶) نشان دهنده کاهش حدود ۵۳، ۴۰ و ۳۴ درصدی عملکرد به ترتیب در ارزن معمولی، ارزن مرواریدی و ارزن دم‌روباهی است. در این مقایسه ملاحظه می‌شود که عملکرد دانه ارزن دم‌روباهی در شرایط کم‌آبیاری با عملکرد ارزن معمولی در شرایط آبیاری مطلوب تفاوت معنی داری ندارد. این امر حاکی از آن است که ارزن دم‌روباهی می‌تواند گیاه مناسبی برای کاشت در مناطق کم آب باشد.

کم‌آبیاری به طور معنی داری بر بیوماس کل اثر گذاشته (جدول ۳) و آن را کاهش داد (جدول ۴). میزان کاهش حدود ۲۹ درصد بود. ماداکادزه^۱ و همکاران (۱۹۹۹) نیز کاهش تجمع ماده خشک بر اثر تنش خشکی را گزارش کردند. پراساد و همکاران (۱۹۸۶) نشان دادند دو مرحله آبیاری تکمیلی در مقایسه با شرایط دیم عملکرد بیوماس ارزن معمولی را ۳۲ تا ۵۲ درصد افزایش داد. با توجه به کاهش میزان فتوسنتز و کاهش سطح فعال فتوسنتزی بر اثر تنش خشکی، کاهش بیوماس کل بر اثر تنش بیشتر از طریق کاهش بیوماس ارزن معمولی ایجاد شده است، زیرا اگرچه بیوماس ارزن مرواریدی و ارزن دم‌روباهی نیز بر اثر کم‌آبی کاهش یافت اما این کاهش معنی دار نبود (جدول ۶).

در بین سه گونه ارزن به ترتیب ارزن دم‌روباهی، ارزن مرواریدی و ارزن معمولی بیشترین بیوماس کل را داشت. علت داشتن بیوماس بیشتر را می‌توان به ارتفاع بیشتر بوته و تعداد برگ بیشتر نسبت داد.

ب- بازده استفاده از آب

تنش خشکی سبب افزایش بازده استفاده از آب شد، اما این افزایش معنی دار نبود (جدول ۷). این در حالی است که ابراهیم^۲ و همکاران (۱۹۹۵) و کوماری (۱۹۸۸) گزارش کردند بازده استفاده از آب ارزن در شرایط خشکی کاهش می‌یابد (۱۵ و ۸). با توجه به فرمول محاسبه بازده استفاده از آب (نسبت عملکرد دانه به آب مصرف شده)، عدم تغییر در بازده استفاده از آب بر اثر تنش نشان دهنده این است که میزان کاهش عملکرد متناسب با میزان کاهش آب بوده است. دلیل تفاوت در نتایج این پژوهش با نتایج کوماری (۱۹۸۸) در نحوه اعمال تنش و شدت و مرحله آن است.

در بین سه گونه ارزن، ارزن دم‌روباهی که عملکرد بیشتری داشت، بیشترین بازده استفاده از آب را نیز دارا بود (جدول ۹). کاجو^۳ نیز گزارش داد افزایش عملکرد دانه سبب افزایش بازده استفاده از آب می‌شود (۹). نکته جالب این است که در بررسی بازده استفاده از آب سه گونه ارزن در شرایط کم‌آبیاری و آبیاری مطلوب می‌توان مشاهده کرد که کم‌آبیاری سبب افزایش معنی دار بازده استفاده از آب ارزن دم‌روباهی شده است (جدول ۱۰). این موضوع بیانگر کمتر بودن میزان کاهش عملکرد نسبت به میزان کاهش آب می‌باشد. با توجه به این امر نیز می‌توان نتیجه گرفت که ژنوتیپ ارزن دم‌روباهی که در این آزمایش استفاده شده است برای کاشت در شرایط کم‌آبی مناسب‌تر از دو گونه دیگر ارزن است. این ژنوتیپ ارزن هم در شرایط کم‌آبی و هم در شرایط آبیاری مطلوب نمود بسیار خوبی از خود نشان داده است.

ج- شاخص برداشت

شاخص برداشت دانه در بوته به طور معنی داری تحت تأثیر کم‌آبیاری قرار گرفت و کاهش یافت (جدول ۸ و ۷). پاول و فوسل^۴ (۱۹۹۳) نیز گزارش کردند شاخص برداشت دانه در سال کم باران نسبت به سال پر باران کمتر بود (۱۸). این کاهش بر اثر کاهش

1. Madakadze
2. Ibrahim
3. Kathju
4. Powell & Fussell

تخصیص مواد پرورده به دانه در داخل خوشه ایجاد شده است. زیرا همان گونه که در جدول ۷ مشاهده می‌شود شاخص برداشت خوشه در بوته تحت تأثیر تنش قرار نگرفته است. یعنی با توجه به فرمول محاسبه شاخص برداشت خوشه در بوته (نسبت وزن خوشه به وزن کل بوته) میزان کاهش وزن خوشه بر اثر کم‌آبی متناسب با کاهش وزن کل بوته بوده است. اما کم‌آبیاری شاخص برداشت دانه در خوشه را به طور معنی‌داری کاهش داد (جدول ۷ و ۸)، یعنی تولید دانه و وزن کل آن بیشتر از وزن خوشه تحت تأثیر تنش قرار گرفت (جدول ۸).

در مورد تفاوت‌های موجود بین سه گونه ارزن نکته‌ای که باید متذکر شد این است که تفاوت صفات مختلف بین سه گونه ناشی از تفاوت‌های ژنتیکی می‌باشد. شاخص برداشت دانه در بوته ارزن دم‌روباهی بیشترین و ارزن مرواریدی کمترین میزان بود (جدول ۹). با بررسی اجزای شاخص برداشت می‌توان دریافت بیشتر بودن شاخص برداشت دانه در بوته ارزن دم‌روباهی ناشی از زیاد بودن شاخص برداشت دانه در خوشه آن و کمتر بودن شاخص برداشت دانه در بوته ارزن مرواریدی ناشی از کم‌بودن شاخص برداشت خوشه در بوته آن است. ارزن معمولی بیشترین میزان شاخص برداشت خوشه در بوته را داشت. این امر ناشی از پتانسیل ویژه این ارزن در میزان پنجه‌زنی است که توانایی تولید تعداد خوشه بیشتر در بوته را دارد. علت زیاد بودن شاخص برداشت دانه در خوشه ارزن دم‌روباهی داشتن تعداد دانه زیاد در خوشه است.

در جدول ۱۰ شاخص برداشت گونه‌های مختلف ارزن در شرایط کم‌آبیاری و آبیاری مطلوب مورد مقایسه قرار گرفته است. این جدول نشان می‌دهد فقط شاخص برداشت دانه در بوته ارزن مرواریدی به طور معنی‌داری تحت تأثیر تنش قرار نگرفته است. در مورد شاخص برداشت خوشه در بوته نیز فقط ارزن دم‌روباهی به طور معنی‌داری تحت تأثیر تنش قرار گرفته است. در مورد شاخص برداشت دانه در خوشه باید گفت هر سه گونه ارزن تحت تأثیر تنش قرار گرفته‌اند.

جدول ۱۱ ضرایب همبستگی مربوط به صفات مختلف را نشان می‌دهد. نکته قابل توجه در این جدول عدم وجود همبستگی معنی‌دار بین عملکرد دانه با تعداد خوشه در متر مربع و وزن هزار دانه است. این امر از آنجا ناشی می‌شود که وزن هزار دانه و تعداد خوشه ارزن دم‌روباهی که بیشترین عملکرد دانه را دارد در مقایسه با ارزن معمولی کمتر است. در یک جمع‌بندی کلی می‌توان ارزن دم‌روباهی استفاده شده در این پژوهش را به عنوان یک گونه مناسب سازگار به خشکی معرفی کرد که قادر است با مصرف آب کمتر محصول قابل قبولی تولید کند. همچنین توصیه می‌شود ارقام بومی منطقه مانند رقم مورد استفاده از ارزن مرواریدی در این پژوهش نیز مورد بررسی بیشتر قرار گیرد.

جدول ۱- نتایج تجزیه خاک محل آزمایش

بافت خاک (لومی شنی)	pH	EC (ms/cm)	SAR	ماده آلی (%)	آهک (%)	رس		
						سیلت (%)	شن (%)	رس (%)
۵۸	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)
۰/۱۹	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

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

جدول ۳ - منابع تغییر، درجه آزادی و واریانس مربوط به عملکرد و اجزای عملکرد ارزن

منابع تغییر	درجه آزادی	واریانس			
		عملکرد دانه	عملکرد بیوماس	تعداد خوشه در متر مربع	تعداد دانه در خوشه
تکرار	۳	۰/۱۱۵ ^{ns}	۲۷۳۴۸/۱ ^{ns}	۱۲۶۷/۸ ^{ns}	۲۹۲۱۸/۶*
آبیاری	۱	۲/۹۰**	۵۱۶۳۵۷/۶*	۱۷۵۹۳/۳**	۳۸۸۰۹/۱*
خطای اول	۳	۰/۰۵	۳۷۴۸۶/۶	۲۵۰/۰	۲۶۰۶/۴
گونه	۲	۴/۰۹**	۷۰۳۷۴۷/۹**	۱۵۸۹۸/۱**	۱۴۷۵۶۹۲/۱**
آبیاری × گونه	۲	۰/۱۱۷ ^{ns}	۱۰۹۸۷/۳ ^{ns}	۲۶۰۳/۹**	۲۹۰۵/۹ ^{ns}
خطای دوم	۱۲	۰/۰۶۲	۱۸۴۲۲/۶	۱۵۷/۷	۱۵۱۸۰/۷

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

جدول ۴ - اثر سطوح آبیاری بر عملکرد و اجزای عملکرد ارزن

سطوح آبیاری	عملکرد دانه (تن در هکتار)	عملکرد بیوماس (گرم بر متر مربع)	تعداد خوشه در متر مربع	تعداد دانه در خوشه	وزن هزار دانه (گرم)
آبیاری مطلوب	۱/۷۱۱A	۱۰۲۴/۶A	۱۸۸/۸A	۵۶۳/۸A	۲/۰۶۷A
کم آبیاری	۱/۰۱۶B	۷۳۱/۳B	۱۳۴/۷B	۴۸۳/۴B	۱/۹۴۵A

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

جدول ۵ - مقایسه عملکرد و اجزای عملکرد سه گونه ارزن

گونه ارزن	عملکرد دانه (تن در هکتار)	عملکرد بیوماس (گرم بر متر مربع)	تعداد خوشه در متر مربع	تعداد دانه در خوشه	وزن هزار دانه (گرم)
ارزن معمولی	۱/۰۴۳B	۶۲۸/۹C	۲۱۳/۲A	۱۶۳/۴C	۲/۸۸A
ارزن مرواریدی	۰/۸۶۵B	۷۹۹/۰B	۱۳۶/۱B	۴۰۸/۵B	۱/۵۴B
ارزن دم‌روبهایی	۲/۱۸۳A	۱۲۰۶/۱A	۱۳۵/۹B	۹۹۸/۹A	۱/۶۰B

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

جدول ۶ - مقایسه عملکرد و اجزای عملکرد ارزن‌های مختلف در شرایط کم آبیاری و آبیاری مطلوب

سطوح آبیاری	گونه ارزن	عملکرد دانه (تن در هکتار)	عملکرد بیوماس (گرم بر متر مربع)	تعداد دانه در خوشه	وزن هزار دانه (گرم)
آبیاری مطلوب	ارزن معمولی	۱/۴۱۸BC	۸۱۷/۲C	۱۸۳/۸C	۲/۹۵A
	ارزن مرواریدی	۱/۰۸۰C	۹۳۳/۲BC	۴۵۰/۵B	۱/۶۱B
کم آبیاری	ارزن دم‌روبهایی	۲/۶۳۵A	۱۳۲۳/۵A	۱۰۵۷/۳A	۱/۶۴B
	ارزن معمولی	۰/۶۶۸D	۴۴۰/۵D	۱۴۳/۱C	۲/۸۱A
ارزن دم‌روبهایی	ارزن مرواریدی	۰/۶۴۹D	۶۶۴/۷CD	۳۶۶/۶B	۱/۴۶B
	ارزن معمولی	۱/۷۳۰B	۱۰۸۸/۷AB	۹۴۰/۶A	۱/۵۷B

- 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 بازده استفاده از آب و شاخص برداشت اجزای مختلف ارزن

واریانس				درجه آزادی	منابع تغییر
HI دانه در بوته	HI دانه در خوشه	HI خوشه در بوته	WUE		
۱۰/۵۵ ^{ns}	۲۲/۹۰ ^{ns}	۱۸/۹۴ ^{ns}	۰/۰۰۴ ^{ns}	۳	تکرار
۴۲/۴*	۱۹۳/۲۳**	۲۷/۷۴ ^{ns}	۰/۰۰۷ ^{ns}	۱	آبیاری
۲/۶۳	۲/۷۸	۲/۷۵	۰/۰۰۲	۳	خطای اول
۱۱۷/۲۳**	۹۲۷/۸۲**	۲۸۳/۲۱**	۰/۰۹۲**	۲	گونه
۱/۹۲ ^{ns}	۶/۲۰ ^{ns}	۲/۸۰ ^{ns}	۰/۰۰۵ ^{ns}	۲	آبیاری×گونه
۰/۵۹	۶/۵۶	۱/۳۰	۰/۰۰۲	۱۲	خطای دوم

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

جدول ۸- اثر سطوح آبیاری بر بازده استفاده از آب و شاخص برداشت اجزای مختلف ارزن

HI	HI	HI	WUE	سطوح آبیاری
دانه در بوته	دانه در خوشه	خوشه در بوته	(گرم دانه بر لیتر آب)	
۱۶/۳۹A	۵۳/۳۹A	۳۰/۷۳A	۰/۱۹۲A	آبیاری مطلوب
۱۳/۷۳B	۴۷/۷۲B	۲۸/۵۸A	۰/۲۲۷A	کم آبیاری

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

جدول ۹- مقایسه بازده استفاده از آب و شاخص برداشت اجزای مختلف سه گونه ارزن

HI	HI	HI	WUE	گونه ارزن
دانه در بوته	دانه در خوشه	خوشه در بوته	(گرم دانه بر لیتر آب)	
۱۶/۲۸ B	۴۴/۸۶ B	۳۶/۱۸ A	۰/۱۶۷ B	ارزن معمولی
۱۰/۷۸C	۴۳/۸۳ B	۲۴/۵۳C	۰/۱۳۱ B	ارزن مرواریدی
۱۸/۱۴ A	۶۳/۰ A	۲۸/۲۵ B	۰/۳۳۲ A	ارزن دم‌روبهایی

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

جدول ۱۰- مقایسه بازده استفاده از آب و شاخص برداشت سه گونه ارزن در شرایط آبیاری مطلوب و کم آبیاری

HI	HI	HI	WUE	گونه ارزن	سطوح آبیاری
دانه در بوته	دانه در خوشه	خوشه در بوته	(گرم دانه بر لیتر آب)		
۱۷/۴B	۴۶/۷۵C	۳۷/۱۸A	۰/۱۷۲C	ارزن معمولی	
۱۱/۷۵D	۴۶/۸۳C	۲۵/۰۵CD	۰/۱۱۹C	ارزن مرواریدی	آبیاری مطلوب
۲۰/۰۳A	۶۶/۶۰A	۲۹/۹۵B	۰/۲۸۷B	ارزن دم‌روبهایی	
۱۵/۱۵C	۴۲/۹۸D	۳۵/۱۸A	۰/۱۶۲C	ارزن معمولی	
۹/۸۰D	۴۰/۸۳D	۲۴/۰۰D	۰/۱۴۳C	ارزن مرواریدی	کم آبیاری
۱۶/۲۵BC	۵۹/۳۵B	۲۶/۵۵C	۰/۳۷۶A	ارزن دم‌روبهایی	

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

جدول ۱۱- ضرایب همبستگی مربوط به عملکرد، اجزای عملکرد،

بازده استفاده از آب و شاخص برداشت ارزن

۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	
								۱/۰۰	۱. عملکرد دانه
							۱/۰۰	۰/۱۳۲	۲. تعداد خوشه در m ²
						۱/۰۰	-۰/۵۲۲**	۰/۷۰۸**	۳. تعداد دانه در خوشه
					۱/۰۰	-۰/۵۲۷**	۰/۷۶۰**	۰/۱۲۲	۴. وزن هزاردانه
				۱/۰۰	۰/۰۸۱	-۰/۵۷۵**	-۰/۱۳۵	۰/۷۶۶**	۵. WUE
			۱/۰۰	۰/۶۱۵**	-۰/۱۸۶	۰/۸۵۷**	-۰/۱۶۱	۰/۸۷۳**	۶. بیوماس کل
		۱/۰۰	-۰/۲۳۶	۰/۲۰۴	۰/۸۵۹**	-۰/۴۸۱*	۰/۷۹۸**	۰/۱۹۳	۷. HI خوشه در بوته
	۱/۰۰	۰/۱۲۹	۰/۷۱۲**	۰/۶۲۵**	-۰/۰۰۶	۰/۷۱۳**	۰/۰۲۲	۰/۸۶**	۸. HI دانه در خوشه
۱/۰۰	۰/۷۷۶**	۰/۶۴۲**	۰/۴۳۰*	۰/۷۱۰**	۰/۴۴۵*	۰/۲۸۸	۰/۴۰۹*	۰/۷۸۳**	۹. HI دانه در بوته

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

منابع و مآخذ:

- ۱- کاظمی اربط، ح. ۱۳۷۴. زراعت خصوصی، جلد اول: غلات. مرکز نشر دانشگاهی. ۲۵۳ صفحه.
- ۲- گوپتا، یو. اس. ۱۳۷۱. جنبه‌های فیزیولوژیکی زراعت دیم. ترجمه غ. سرمدنیا و ع. کوچکی. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. ۴۲۴ صفحه.
- 3- Ackerson, R. C. 1983. Comparative physiology and water relations of two corn hybrids during water stress. *Crop Sci.* 23: 278-283.
- 4- Baltensperger, D. D. 1996. Foxtail and proso millet. Pages: 182- 190. In: J. Janick (ed.), *Progress in new crops*. ASHS Press, Alexandria, VA.
- 5- 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.
- 6- Golombek, S., and E. A. D. Al-Ramamneh. 2002. Drought tolerance mechanisms of pearl millet. University of Kassel, Institute of Crop Sci, Germany.
- 7- Henckel, P. A. 1964. Physiology of plants under drought. *Ann. Rev. Plant Physiol.* 15: 363-386.
- 8- Ibrahim Y. M., Marcarian, V. and A. K. Dobrenz. 1995. Pearl millet response to different irrigation water levels: II. Porometer parameters, photosynthesis, and water use efficiency. *Emirates J. Agric. Sci.* 7: 20-38
- 9- Kathju, S., U. Burman, and B. K. Gary. 2001. Influence of nitrogen fertilization on water relation, photosynthesis, carbohydrate and nitrogen metabolism of diverse pearl millet genotypes under arid conditions. *J. Agric. Sci. Camb.* 137: 307- 318.
- 10- Kumari, S. 1988. The effects of soil moisture stress on the development and yield of millet. *Agron. J.* 57: 480- 487.
- 11- Madakadze, I. C. 1999. Switchgrass biomass and chemical composition for biofuel in eastern Canada. *Agron. J.* 97: 696-701.
- 12- Mahalakshmi, V. and F. R. Bidinger. 1985. Flowering response of pearl millet to water stress during panicle development. *Annals of applied biology.* 106: 571-578.
- 13- Mahalakshmi, V., and F. R. Bidinger. 1985. Water stress and time of floral initiation on pearl millet. *J. Agric. Sci. Camb.* 105: 437- 445.

- 14-Masojidek, J., and S. Trivedi. 1991. The synergistic effect of drought and light stress in sorghum and pearl millet. *Plant Physiol.* 96: 198- 207.
- 15-Myers, R. L. 1999. Pearl millet, A new grain crop option for sandy soils or other moisture limited conditions. In *Alternative Crop Guide*. Published by the Jefferson Institute.
- 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-Payne, W. A. 1997. Managing yield and water use of pearl millet in the Sahel. *Agron. J.* 89: 481- 490.
- 18-Powell, J. M., and L. Fussell. 1993. Nutrient and structural carbohydrate partitioning in pearl millet. *Agron. J.* 85: 862-866.
- 19-Prasad, U. K., R. D. Pandey, P. K. Gupta, and N. N. Sharma. 1986. Effect of irrigation on growth, water requirement, water-use efficiency and yield of summer proso- millet. *Indian J. Agron.* 31(3): 280-284.
- 20-Richards, R. A., C. Lopez- Castaneda, H. Gomez- Macpherson, and A. G. Condon. 1993. Improving the efficiency of water use by plant breeding and molecular biology. *Irrig. Sci.* 14: 93-104.
- 21-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.
- 22-Sadras, V. O., and S. P. Milroy. 1996. Soil- water thresholds for the responses of leaf expansion and gas exchange: A review. *Field Crops Res.* 47: 253-266.
- 23-Shaw, R. H. 1988. Climate requirement. In Sprague, G. F., and J. W. Dudley (eds). *Corn and Corn Improvement* (3rd ed.). Agronomy Series: no. 18. ASA. Madison, Wisconsin, USA. Pages: 609-633.
- 24-Singh, B. R., and D. P. Singh. 1995. Agronomic and physiological responses of sorghum, maize and pearl millet to irrigation. *Field Crops Res.* 42: 57- 67.
- 25-Stewart, J. I., R. D. Misra, W. O. Pruitt, and R. M. Hagan. 1975. Irrigation corn and grain sorghum with a deficient water supply. *Trans ASAE.* 18: 270-280.
- 26-Wardlaw, I. F. 1968. The effect of water stress on translocation in relation to photosynthesis and growth. *Aust. J. Biol. Sci.* 20: 25- 39.
- 27-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.

Effect of deficit irrigation on yield and water use efficiency of three millets species

M.J. Seghatoleslami

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

M. Kafi

Associate Professor of Ferdowsi University, Mashhad, Iran

E. Majidi

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

F. Darvish

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

G. Nour Mohammadi

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

Abstract

Selection of drought adapted genotypes and efficient use of water are among the most important goals in the breeding programs. In order to study drought tolerance of three important species of millet, proso millet (*Panicum miliaceum*), foxtail millet (*Setaria italica*) and pearl millet (*Pennisetum americanum*) were prepared and planted in a split-plot design with two irrigation treatments (well watered and 50% of irrigation requirement) and four replications in Birjand Agricultural Research Station. Deficit irrigation declined yield by reduction of seed number per ear and ear number per plant. This reduction was greater in proso millet than the other two species. In addition, although drought stress caused a reduction in WUE of proso millet, it increased WUE in the other ones. Harvest index also was reduced in the presence of drought stress because of both seed per ear and per plant. On the whole, foxtail millet had the greatest yield in both stress and non-stress conditions.

Keywords: deficit irrigation, proso millet, pearl millet, foxtail millet, water use efficiency, harvest index.