اثر تنش خشکی در مراحل مختلف رشد بر میزان قندهای محلول، درجه لوله شدن و میزان آب نسبی برگ برخی ژنوتیپ های ارزن معمولی (*Panicum miliaceum* L.)

محمد جواد ثقه‌الاسلامی[1]، محمد کافی[2]، اسلام مجیدی هروان[3]، قربان نورمحمدی[4]، فرخ درویش[5] و علی قاضی‌زاده[6]

چکیده

به منظور بررسی اثرات تنش خشکی بر ارزن، آزمایشی به طور همزمان در بیرجند و سربیشه انجام شد. در این آزمایش پنج تیمار آبیاری (آبیاری مطلوب، تنش در مرحله رویشی، تنش در مرحله ظهور خوشه، تنش در مرحله پر شدن دانه و تنش در دو مرحله رویشی و پر شدن دانه) و پنج ژنوتیپ ارزن معمولی (محلی، K-C-M.2، K-C-M.4، K-C-M.6 و K-C-M.9) در یک طرح (کرتهای خرد شده) اسپلیت پلات در قالب بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار مورد مقایسه قرار گرفتند. تنش خشکی میزان پروتئین دانه، درجه لوله شدن برگ و میزان قندهای محلول برگ را افزایش داده و درصد جوانه‌زنی و میزان آب نسبی برگ را کاهش داد. اگرچه میزان پروتئین دانه و درصد جوانه‌زنی بذر ژنوتیپ‌ها تفاوت معنی داری نداشت، ولی درجه لوله شدن برگ و میزان قندهای محلول آن متفاوت بود. نتایج این آزمایش نشان داد که میزان قند، میزان آب نسبی برگ و درجه لوله شدن برگ هر یک به تنهایی نمی تواند به عنوان معیار گزینش ژنوتیپ‌های پر محصول در نظر گرفته شود. بنابراین توصیه می‌شود در گزینش ژنوتیپ‌های پر محصول از معیارهای دیگری نیز استفاده شود.

کلمات کلیدی: ارزن معمولی، تنش خشکی، لوله شدن برگ، قندهای محلول، میزان آب نسبی برگ.

مقدمه

خشکی یکی از عمده‌ترین موانع برای تولید موفق محصولات زراعی است. عوامل مختلفی می‌تواند خشکی را ایجاد کند که کمبود آب، پایین بودن رطوبت نسبی هوا، گرما و یخبندان و شوری از جمله آن‌ها می‌باشند. ترکیب این عوامل منجر به ایجاد انواع خشکی می‌شود. این تنوع خشکی منجر به ایجاد مکانیسم‌های مختلف تحمل در سطوح مختلف موجود زنده (مولکولی، سلولی، اندام و گیاه) می‌گردد. مطالعه این مکانیسم‌ها اطلاعات مهمی را در مورد اهداف بلندمدت اصلاح نباتات ایجاد می‌کند (۱۷). گسترش سلول، سنتز دیواره سلولی و سنتز پروتئین در بافت‌های سریع‌الرشد، حساس‌ترین فرایندها به کمبود آب هستند (۱۸).

۱- عضو هیات علمی دانشگاه آزاد اسلامی، واحد بیرجند
۲- عضو هیات علمی دانشگاه فردوسی مشهد
۳و۴و۵- اعضاء هیات علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران
۶- دانشجوی دکتری شیمی دانشگاه شهید باهنر کرمان و عضو هیات علمی دانشگاه پیام نور بیرجند

توانایی گیاهان در مقاومت به تنش‌های مختلف متفاوت است. این مقاومت می‌تواند به صورت اجتناب از تنش و تحمل تنش طبقه‌بندی شود. یک گیاه می‌تواند از طریق ایجاد موانع فیزیکی و یا متابولیکی از بروز تنش اجتناب کند، مثلاً با توسعه بیشتر سیستم ریشه و یا بستن روزنه‌ها، گیاه می‌تواند از ایجاد تنش کمبود آب جلوگیری کند. در حالت تحمل، گیاه تغییرات و یا صدماتی که بر اثر تنش به وجود می‌آید را تحمل نموده و یا آن‌ها را به حداقل می‌رساند. در این حالت تنش به گیاه وارد می‌شود، لیکن خسارت وارده به گیاه کمتر از حد قابل انتظار است (۴ و۳).

در شرایط تنش، تجمع مواد محلول به گیاهان اجازه می‌دهد تا با حفظ تورژسانس برگ در شرایط پتانسیل آب کم، رشد کنند (تنظیم اسمزی) (۷ و۱۱). گیاهان برخوردار از تنظیم اسمزی جزو خرج‌کننده‌های آب هستند و به نحوی از تنش اجتناب می‌کنند (۱۷).

تنظیم اسمزی تاحد زیادی، به میزان تنش آب در گیاه بستگی دارد. تنظیم اسمزی نیاز به زمان دارد و کاهش سریع در میزان آب گیاه اجازه تنظیم را نمی‌دهد. نظر به این که زمان و سرعت وقوع تنش، نقش مهمی در تنظیم اسمزی دارد ممکن است در مواقعی که تنش سریع اتفاق می‌افتد (مثلا در مورد گیاهانی که در خاک‌های شنی رشد می‌کنند)، این مکانیسم عامل مؤثری در تحمل تنش خشکی محسوب نگردد (۷ و۱۳). مهمترین منبع مواد محلول، ترکیبات فتوسنتزی است که یا مستقیماً و یا از (هیدرولیز) ذخایر کربنی مثل فروکتان تولید می‌شوند. از آن‌جایی که فتوسنتز و رشد هر دو تحت تأثیر خشکی قرار می‌گیرند لذا تجمع مواد محلول تحت تأثیر تعادل این دواست. با توجه به این‌که فرآیند رشد قبل از فتوسنتز تحت تأثیر کمبود آب قرار می‌گیرد، لذا تجمع فرآورده‌های فتوسنتزی امری بدیهی است (۷ و۱۳).

تسهیم مواد محلول برای تنظیم اسمزی، به فعالیت‌های رشدی جاری گیاه و تقاضای سایر مقصدها بستگی دارد. در این حالت تنظیم اسمزی به عنوان یک مقصد در حال رقابت با سایر مقاصد محسوب می‌شود. بنابراین اختصاص کربن برای تنظیم اسمزی تا حد زیادی تابع واکنش‌های کلی گیاه به خشکی و تعادل بین آسیمیلاسیون کربن و استفاده از آن توسط سایر مقصدها می‌باشد (۷).

لوله شدن برگ، به ویژه در غلات، مکانیسمی برای کاهش سطح برگ دریافت کننده نور و در جهت کاهش میزان تعرق است که در واکنش به خشکی ایجاد می‌شود. هر چه شدت تنش بیشتر باشد درجه لوله شدن برگ نیز بیشتر است (۷).

ارزن یکی از گونه‌های 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 زودتر (۶) و عدم همزمانی در نمو پنجه‌ها (۱۵) از اثرات خشکی بگریزد. تحقیقات ماسوجیدک و تریودی (۱۶) نشان داد که تحمل زیاد ارزن مرواریدی به تنش خشکی به سیستم ریشه ای گسترده آن مربوط است. لال و همکاران (۱۴) نشان دادند بازگشت به وضعیت عادی پس از رفع تنش، در ارزن زودتر از ذرت و سورگوم است. در آزمایش سینگ و سینگ (۱۹) در شرایط تنش شدید خشکی، هدایت روزنه ای برگ نسبت به بخار آب در ارزن بیشتر از ذرت و سورگوم بود.

در یک آزمایش گلخانه‌ای که روی ارزن‌های دم‌روباهی و معمولی انجام شد ارقامی که ظرفیت تنظیم اسمزی آنها بالا بود، با افزایش تنش خشکی، کاهش آهسته‌تری در نمو سطح برگ و سرعت فتوسنتز نشان دادند. در این آزمایش تجمع مواد محلول در بافت‌های برگ ارقامی با ظرفیت تنظیم

اسمزی بالا، با کاهش سطح برگ همراه نبود و قندها مهم ترین ترکیبات محلول در بافت‌های برگ بودند (۱۲). همچنین رقمی که ظرفیت تنظیم اسمزی بیشتری داشت عملکرد دانه بیشتری نیز تولید کرد.

در این تحقیق برخی مکانیسم‌های مطرح برای سازگاری ارزن به تنش خشکی بررسی شده است. همچنین از آنجایی که ممکن است در صورت بروز تنش در مرحله پر شدن و تکوین دانه، صدمات ساختاری به آن وارد آید، میزان پروتئین بذر و درصد جوانه زنی آن نیز در این تحقیق مورد بررسی قرار گرفته است.

مواد و روشها

این آزمایش در تابستان سال ۱۳۸۲ به طور همزمان در ایستگاه تحقیقات کشاورزی بیرجند (طول جغرافیایی ۵۹ درجه و ۱۳ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۲ درجه و ۵۳ دقیقه شمالی) و دشت سربیشه (طول جغرافیایی۵۹ درجه و ۴۲ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۲ درجه و ۱۵ دقیقه شمالی، کیلومتر ۶۰ جاده بیرجند-زاهدان) انجام گرفت. میانگین حداقل و حداکثر دما در بیرجند به ترتیب ۴/۶ و ۲۷/۵ درجه سانتیگراد و میانگین بارندگی سالیانه ۱۶۹ میلیمتر است. همچنین میانگین حداقل و حداکثر رطوبت نسبی به ترتیب ۲۳/۵ و ۵۹/۶ درصد است. نظر به این که منطقه سربیشه فاقد ایستگاه هواشناسی است آمار دقیقی از وضعیت اقلیمی آن موجود نیست. در اطلاعاتی که توسط محقق با استفاده از دماسنج و تشتک تبخیر نصب شده در محل آزمایش در سربیشه به دست آمد مشخص شد دما و تبخیر منطقه سربیشه به طور قابل ملاحظه ای کمتر از بیرجند بود.

در این آزمایش پنج ژنوتیپ ارزن معمولی (*Panicum miliaceum* L.) به نام‌های ارزن نودی یا نود روزه (ژنوتیپ محلی)، K-C-M.2، K-C-M.4، K-C-M.6 و K-C-M.9 از منطقه بیرجند و مؤسسه تحقیقات، اصلاح و تهیه نهال و بذر تهیه شده و در تاریخ‌های ۱۰ و ۱۵ خرداد ماه به ترتیب در بیرجند و سربیشه کاشته شدند. ویژگی‌های خاک محل آزمایش در جدول ۱ آمده است. هدایت الکتریکی آب مورد استفاده در آبیاری در بیرجند ۵/۴ و در سربیشه ۲/۶ دسی زیمنس بر متر بود.

جدول ۱- نتایج تجزیه خاک در دو محل آزمایش، بیرجند و سربیشه

منطقه	pH	EC $ds.m^{-1}$	SAR	ماده آلی (٪)	آهک (٪)	بافت خاک (لومی شنی)		
						رس (٪)	سیلت (٪)	شن (٪)
بیرجند	۸/۴۱	۵/۱۴	۶/۱۷	۰/۲۲	۱۷/۷۵	۲۰	۲۲	۵۸
سربیشه	۸/۷۱	۲/۸۵	۱۱/۲۵	۰/۳۷	۱۳/۰۰	۲۰	۳۴	۴۶

منطقه	ازت کل (٪)	Ca (meq/lit)	Mg (meq/lit)	Na (meq/lit)	K قابل جذب (mg/l)	P قابل جذب (mg/l)	Fe قابل جذب (mg/l)	Mn قابل جذب (mg/l)	Cu قابل جذب (mg/l)	Zn قابل جذب (mg/l)
بیرجند	۰/۰۱۹	۱۴/۴	۲۰/۴	۲۵/۶	۲۶۸	۱/۷۶	۱/۴۸	۵/۰۰	۰/۶۰	۰/۳۸
سربیشه	۰/۰۳۴	۵/۲	۲/۸	۲۲/۵	۵۲۶	۸/۰۰	۱/۲۴	۶/۲۴	۱/۰۴	۰/۴۰

عملیات آماده‌سازی زمین شامل شخم، دیسک و لولر بود. کودپاشی مطابق روال منطقه انجام گرفت. میزان کود داده شده معادل ۱۵۰ کیلوگرم اوره و ۲۰۰ کیلوگرم فسفات آمونیم در هکتار بود. تمام کود فسفاته و ۵۰ کیلوگرم از کود اوره قبل از کاشت مورد مصرف قرار گرفت. بقیه کود اوره در دو مرحله و به میزان مساوی در اوایل و اواخر ساقه رفتن گیاه مصرف گردید. تقسیط سه‌مرحله‌ای کود اوره به جهت سبک بودن بافت خاک انجام شد تا تلفات نیتروژن بر اثر آبشویی کمتر باشد. در طول دوره رشد علف‌های هرز که از تراکم زیادی برخوردار نبودند با وجین دستی کنترل شدند

طرح آزمایشی از نوع اسپلیت‌پلات در قالب بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار بود. هر تکرار شامل ۵ کرت اصلی به عنوان تیمارهای آبیاری بود که عبارت بودند از ۱- شاهد با آبیاری مطلوب مطابق نیاز آبی (بدون تنش)، ۲- تنش در مرحله رویشی (این تیمار پس از استقرار کامل گیاه اعمال شد که حدود دو هفته پس از سبز شدن بود)، ۳- تنش در مرحله ظهور خوشه (این تیمار زمانی اعمال شد که در ۵۰ درصد بوته‌های هر کرت خوشه ساقه اصلی ظاهر شده بود)، ۴- تنش در مرحله پرشدن دانه (این تیمار زمانی اعمال شد که دانه‌های خوشه ساقه اصلی در اواخر شیری شدن و ابتدای خمیری شدن بودند) و ۵- تنش در هر دو مرحله رویشی و پرشدن دانه (در این تیمار، هر دو تیمار شماره ۲ و ۴ اعمال شد). تیمارهای تنش با حذف یک آبیاری در مرحله مورد نظر اعمال شد. تعیین نیاز آبی بر اساس داده‌های تشتک تبخیر کلاس A آمریکایی صورت گرفت. بدین منظور تبخیر روزانه از تشتک تبخیر اندازه گیری شده و بر اساس ضریب تشتک و ضریب گیاهی که با استفاده از روش FAO محاسبه شد، تبخیر و تعرق گیاه مرجع و تبخیر و تعرق ارزن در شرایط مزرعه محاسبه گردید. سپس با در نظر گرفتن بازده ۸۰ درصد برای پخش آب در مزرعه، میزان آبیاری تعیین گردید و آبیاری به صورت کنترل‌شده و با استفاده از کنتور انجام گرفت. هر کرت اصلی شامل ۵ کرت فرعی بود که در آن ژنوتیپ‌های ارزن به صورت تصادفی کاشته شدند. فاصله دو ردیف‌های کاشت ۳۵ سانتیمتر و فاصله دو بوته روی ردیف ۴ سانتیمتر و تراکم نهایی ۷۱۴۲۸۶ بوته در هکتار بود.

به منظور بررسی تأثیر تنش خشکی بر میزان قندهای محلول برگ، در انتهای دوره تنش از هر تیمار نمونه‌گیری از جوان‌ترین (بالاترین) برگ کامل شده انجام شد و میزان قند در آزمایشگاه شیمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد بیرجند تعیین گردید (۱ و ۲).

به منظور تعیین RWC (میزان آب نسبی برگ)، در انتهای دوره تنش نمونه‌گیری از جوان‌ترین برگ کامل شده انجام گرفت و میزان آب نسبی برگ با استفاده از رابطه زیر محاسبه شد :

RWC= (وزن خشک برگ- وزن برگ در حالت تورژسانس)/ (وزن خشک برگ-وزن تر برگ)

برای تعیین وزن تورژسانس برگ‌های جدا شده از بوته پس از تعیین وزن تر، برگ‌ها به مدت ۲۴ ساعت در داخل آب مقطر غوطه ور شده و پس از خارج شدن و گرفتن آب سطحی با استفاده از دستمال کاغذی، توزین شدند.

درجه لوله شدن برگ جزو صفات دیگری بود که در پایان هر دوره تنش تعیین می‌گردید. در این مورد درجه لوله شدن برگ به صورت مشاهده‌ای و با درجات ۱، ۳، ۵، ۷ و ۹ مشخص شد. عدد ۱ کمترین و عدد ۹ بیشترین درجه لوله شدن برگ را نشان می‌دهد.

پس از برداشت و تعیین عملکرد، درصد پروتئین دانه با استفاده روش ماکروکلدال (۲) و درصد جوانه‌زنی با استفاده از آزمون استاندارد جوانه‌زنی تعیین شد.

نتایج و بحث

میزان قندهای محلول در برگ

اعمال تنش در مراحل مختلف رشد در مقایسه با شاهد سبب افزایش میزان قندهای محلول برگ گردید (جداول ۲ تا ۵). این تجمع مواد محلول امکان رشد در شرایط کم آبی را فراهم می‌آورد (۷ و ۱۱).

مهمترین منبع مواد محلول، ترکیبات فتوسنتزی است که یا مستقیماً تولید می‌شوند و یا از هیدرولیز ذخایر کربنی مثل فروکتان تولید می‌گردند. از آن‌جایی‌که فتوسنتز و رشد هر دو تحت تأثیر تنش خشکی قرار می‌گیرد، بنابراین تجمع مواد محلول تحت تأثیر تعادل آن‌هاست. با توجه به این‌که قبل از آن‌که فتوسنتز تحت تأثیر کمبود آب قرار گیرد، رشد تحت تأثیر قرار می‌گیرد، لذا تجمع فرآورده‌های فتوسنتزی امری بدیهی به‌نظر می‌رسد (۷ و۱۳). حال باید دید که آیا عملکرد دانه ژنوتیپ‌ها ارتباطی با میزان قندهای محلول در برگ دارد؟

در جداول ۶ تا ۹ میزان قند ژنوتیپ‌های ارزن در مراحل مختلف اعمال تنش با یکدیگر مقایسه شده است. همان‌گونه که در این جداول مشاهده می‌شود در بیشتر شرایط به ترتیب ژنوتیپ محلی، K-C-M.4 و K-C-M.9 دارای بیشترین میزان قند بوده‌اند، ولی این ژنوتیپ‌ها در همان شرایط، گاهی اوقات بیشترین عملکرد دانه را نداشته‌اند (جدول ۱۲).

در شرایط اعمال تنش در مرحله ظهور خوشه عملکرد دانه ژنوتیپ محلی با سایر ژنوتیپ‌ها تفاوت معنی‌داری ندارد (جدول۱۲)، ولی در شرایط اعمال تنش در مراحل دیگر عملکرد آن کمتر است. همین ژنوتیپ در شرایط اعمال تنش در مرحله ظهور خوشه دارای بیشترین میزان قند محلول در برگ می‌باشد (جدول۷).

بنابراین می‌توان نتیجه گرفت اگرچه در ارزن معمولی تنظیم اسمزی می‌تواند به عنوان یک عامل سازگاری با خشکی مطرح باشد، ولی مکانیسم‌های دیگری نیز وجود دارد که می‌تواند تنظیم اسمزی را تحت‌الشعاع خود قرار دهد. همچنین ممکن است برای آن‌که تنظیم اسمزی به‌صورت کامل و مؤثر انجام شود نیاز به تنش طولانی‌تری باشد. جدول ۱۳ نیز نشان می‌دهد که بین عملکرد دانه و میزان قندهای محلول برگ همبستگی وجود ندارد.

جدول۲- اثر تنش خشکی در مرحله رویشی بر میانگین میزان قند، RWC و درجه لوله‌شدن برگ ارزن معمولی.

تیمار آبیاری	میزان قند برگ mg. g^{-1}DM		RWC		درجه لوله شدن برگ	
	بیرجند	سربیشه	بیرجند	سربیشه	بیرجند	سربیشه
شاهد	۴۵/۰ b	۴۶/۵ b	۰/۷۵ a	۰/۷۸ a	۳/۷ b	۱/۷ b
تنش	۷۲/۳ a	۷۹/۵ a	۰/۶۴ b	۰/۷۴ b	۸/۵ a	۳/۱ a

- در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشابه بر اساس آزمون F در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

جدول۳- اثر تنش خشکی در مرحله ظهور خوشه بر میانگین میزان قند، RWC و درجه لوله‌شدن برگ ارزن معمولی

تیمار آبیاری	میزان قند برگ mg. g^{-1}DM		RWC		درجه لوله شدن برگ	
	بیرجند	سربیشه	بیرجند	سربیشه	بیرجند	سربیشه
شاهد	۴۸/۵ b	۵۹/۵ b	۰/۷۶ a	۰/۸۳ a	۲/۵ b	۲/۶ b
تنش	۷۶/۰ a	۹۳/۰ a	۰/۶۶ b	۰/۶۹ b	۶/۶ a	۶/۳ a

- در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشابه بر اساس آزمون F در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

جدول۴- اثر تنش خشکی در مرحله پرشدن دانه بر میانگین میزان قند، RWC و درجه لوله‌شدن برگ ارزن معمولی

تیمار آبیاری	میزان قند برگ mg. g^{-1}DM		RWC		درجه لوله شدن برگ	
	بیرجند	سربیشه	بیرجند	سربیشه	بیرجند	سربیشه
شاهد	۴۹/۱ b	۵۳/۱ b	۰/۷۵ a	۰/۷۷ a	۳/۰ b	۱/۵ b
تنش	۷۳/۴ a	۸۷/۹ a	۰/۶۱ b	۰/۶۱ b	۶/۵ a	۵/۵ a

- در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشابه در بر اساس آزمون F در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

جدول۵- اثر تنش خشکی در هر دو مرحله رویشی و پرشدن دانه بر میانگین میزان قند، RWC و درجه لوله‌شدن برگ ارزن معمولی.

تیمار آبیاری	میزان قند برگ mg. g^{-1}DM		RWC		درجه لوله شدن برگ	
	بیرجند	سربیشه	بیرجند	سربیشه	بیرجند	سربیشه
شاهد	۴۱/۹ b	۵۳/۶ b	۰/۷۵ a	۰/۷۷ a	۳/۱ b	۱/۵ b
تنش	۶۶/۳ a	۸۳/۹ a	۰/۶۵ a	۰/۶۱ b	۶/۱ a	۴/۹ a

- در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشابه بر اساس آزمون F در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

مقایسه میزان قند در بیرجند و سربیشه نشان‌دهنده آن است که میزان قند در گیاهان منطقه سربیشه تا حدی بیشتر از بیرجند بود. این موضوع می‌تواند به دلیل وجود شرایط بهتر برای فتوسنتز در سربیشه باشد. کاریودی (۱۲) نیز گزارش کرد که ارقامی از ارزن معمولی که دارای فتوسنتز بیشتر هستند ظرفیت تنظیم اسمزی بیشتری نیز دارند. همچنین، میزان تفاوت قند بین دو منطقه در شرایط تنش بیشتر از شرایط عادی بود. پس می‌توان استنباط کرد که رشد در سربیشه بیشتر از بیرجند تحت تأثیر تنش خشکی قرار گرفته و این موضوع سبب عدم مصرف مواد پرورده حاصل از فتوسنتز[1] و تجمع قند بیشتر شده است.

درجه لوله شدن برگ

میانگین درجه لوله شدن برگ در کلیه تیمارهای اعمال تنش افزایش یافت (جداول۲ تا ۵). لوله‌شدن برگ به‌ویژه در غلات، مکانیسمی برای کاهش سطح برگ دریافت کننده نور است که در جهت کاهش میزان تعرق در واکنش به خشکی ایجاد می‌شود. هر چه شدت تنش بیشتر باشد درجه لوله شدن برگ نیز بیشتر است.

در این آزمایش درجه لوله شدن برگ ژنوتیپ‌های مختلف ارزن، در شرایط اعمال تنش در مراحل مختلف تفاوت قابل ملاحظه‌ای نداشت (جداول۶ تا ۹). در شرایط اعمال تنش در مرحله ظهور خوشه و در مرحله پرشدن دانه، اختلاف ژنوتیپ‌ها در سربیشه معنی‌دار بود. در بیشتر شرایط درجه لوله شدن برگ ژنوتیپ‌های محلی، K-C-M.4 و K-C-M.9 که میزان قند بیشتری نیز در برگ داشتند، کمتر از سایر ژنوتیپ‌ها بود. به نظر می‌رسد که هر دو مکانیزم لوله شدن برگ و تجمع قند در سازگاری ژنوتیپ‌ها به تنش خشکی نقش داشته باشند.

در شرایط اعمال تنش در مرحله ظهور خوشه (جدول۷) درجه لوله شدن برگ ژنوتیپ محلی در سربیشه از نظر معنی‌دار بودن در گروه ab قرار داشت. عملکرد دانه این ژنوتیپ نیز تنها در شرایط اعمال تنش در این مرحله با سایر ژنوتیپ‌ها یکسان بود و در شرایط اعمال تنش در سایر مراحل کمتر از ژنوتیپ‌های دیگر بود. بنابراین در مجموع

1 - Photosynthate

می‌توان درجه لوله شدن برگ را در کنار تجمع قندهای محلول در برگ به عنوان معیاری نسبتاً مناسب در گزینش ژنوتیپ‌ها مورد استفاده قرار داد.

جدول۶ – مقایسه میانگین میزان قند، RWC و درجه لوله شدن برگ ژنوتیپ‌های مختلف ارزن معمولی در شرایط اعمال تنش در مرحله رویشی.

ژنوتیپ	میزان قند برگ mg. g^{-1}DM		RWC		درجه لوله شدن برگ	
	بیرجند	سربیشه	بیرجند	سربیشه	بیرجند	سربیشه
محلی	۸۵/۸ a	۱۰۲/۲ a	۰/۶۲ a	۰/۷۴ a	۹/۰ a	۳/۰ a
K-C-M.2	۵۶/۵ b	۷۳/۰ b	۰/۶۵ a	۰/۷۳ a	۸/۳ a	۳/۷ a
K-C-M.4	۸۵/۸ a	۹۰/۶ a	۰/۶۴ a	۰/۷۲ a	۷/۷ a	۳/۰ a
K-C-M.6	۴۵/۲ b	۶۲/۸ b	۰/۶۵ a	۰/۷۴ a	۸/۳ a	۳/۰ a
K-C-M.9	۸۸/۰ a	۶۸/۷ b	۰/۶۶ a	۰/۷۷ a	۹/۰ a	۳/۰ a

– در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشابه بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

جدول۷ – مقایسه میانگین میزان قند، RWC و درجه لوله‌شدن برگ ژنوتیپ‌های مختلف ارزن معمولی در شرایط اعمال تنش در مرحله ظهور خوشه.

ژنوتیپ	میزان قند برگ mg. g^{-1}DM		RWC		درجه لوله شدن برگ	
	بیرجند	سربیشه	بیرجند	سربیشه	بیرجند	سربیشه
محلی	۹۹/۶ a	۱۰۳/۵ a	۰/۶۹ a	۰/۶۹ ab	۶/۳ a	۶/۳ ab
K-C-M.2	۵۱/۱ c	۷۱/۲ b	۰/۶۴ ab	۰/۶۳ c	۷/۷ a	۸/۳ a
K-C-M.4	۸۴/۰ ab	۱۰۲/۸ a	۰/۷۰ a	۰/۷۵ a	۵/۷ a	۵/۷ b
K-C-M.6	۶۱/۸ bc	۸۲/۱ b	۰/۶۲ b	۰/۶۴ bc	۷/۰ a	۶/۳ ab
K-C-M.9	۸۳/۷ ab	۱۰۵/۳ a	۰/۶۹ a	۰/۷۳ a	۶/۳ a	۵/۰ b

– در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشابه بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

جدول ۸– مقایسه میانگین میزان قند، RWC و درجه لوله‌شدن، برگ ژنوتیپ‌های مختلف ارزن معمولی در شرایط اعمال تنش در مرحله پرشدن دانه.

ژنوتیپ	میزان قند برگ mg. g^{-1}DM		RWC		درجه لوله شدن برگ	
	بیرجند	سربیشه	بیرجند	سربیشه	بیرجند	سربیشه
محلی	۸۷/۸ a	۹۸/۶ a	۰/۵۶ bc	۰/۵۸ ab	۷/۰ a	۶/۳ a
K-C-M.2	۷۶/۱ a	۹۳/۳ a	۰/۶۵ ab	۰/۵۵ b	۷/۰ a	۵/۷ ab
K-C-M.4	۷۷/۸ a	۹۸/۶ a	۰/۶۵ ab	۰/۷۰ a	۵/۰ a	۵/۰ ab
K-C-M.6	۵۱/۶ b	۷۱/۵ b	۰/۶۷ a	۰/۵۴ b	۷/۰ a	۶/۳ a
K-C-M.9	۷۳/۵ a	۷۷/۷ b	۰/۵۲ c	۰/۶۷ ab	۶/۳ a	۴/۳ b

– در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشابه بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

جدول۹ – مقایسه میانگین میزان قند، RWC و درجه لوله‌شدن برگ ژنوتیپ‌های مختلف ارزن معمولی در شرایط اعمال تنش در هر دو مرحله رویشی و پرشدن دانه.

ژنوتیپ	میزان قند برگ mg. g^{-1}DM		RWC		درجه لوله شدن برگ	
	بیرجند	سربیشه	بیرجند	سربیشه	بیرجند	سربیشه
محلی	۸۱/۲ a	۹۲/۸ a	۰/۵۷ b	۰/۵۸ a	۶/۳ a	۵/۷ a
K-C-M.2	۵۰/۲ b	۵۷/۴ b	۰/۶۲ ab	۰/۶۲ a	۷/۰ a	۵/۷ a
K-C-M.4	۸۸/۴ a	۱۰۰/۳ a	۰/۷۱ a	۰/۶۳ a	۵/۰ a	۳/۷ a
K-C-M.6	۴۴/۶ b	۵۷/۱ b	۰/۶۵ ab	۰/۵۸ a	۷/۰ a	۵/۰ a
K-C-M.9	۶۷/۲ ab	۱۱۱/۶ a	۰/۷۰ a	۰/۶۴ a	۵/۰ a	۴/۳ a

در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشابه بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

مقایسه داده‌های مربوط به درجه لوله شدن برگ بین بیرجند و سربیشه نشان می‌دهد که ظاهراً شدت بروز تنش در سربیشه کمتر بوده است، چرا که این صفت در اغلب موارد در سربیشه کمتر از بیرجند بوده است. این امر به دلیل هوای خنک‌تر سربیشه بود. از سوی دیگر به دلیل شور بودن آب در بیرجند می‌توان گفت اثر تنش خشکی بیشتر بروز کرده است.

میزان آب نسبی برگ (RWC)

اعمال تنش خشکی در مراحل مختلف رشد سبب کاهش RWC در برگ ارزن معمولی شد (جداول ۲ تا ۵). سینگ و سینگ (۱۹) در بررسی تأثیر تنش خشکی بر سورگوم، ذرت دانه‌ای و ارزن مرواریدی در شرایط مزرعه‌ای گزارش کردند که افزایش شدت تنش خشکی سبب کاهش میزان آب نسبی برگ می‌شود. تالاآوادا (۲۰) در بررسی چند گونه گراس گرمسیری مشاهده کردکه کاهش هدایت روزنه‌ای بر اثر تنش خشکی با کاهش RWC همراه است.

RWC ژنوتیپ‌های مورد مطالعه ارزن معمولی در برخی مراحل اعمال تنش تفاوت معنی‌دار داشت (جداول۶ تا ۹). بررسی و مقایسه عملکرد دانه ژنوتیپ‌های ارزن معمولی در مراحل مختلف اعمال تنش (جدول۱۲) با RWC این ژنوتیپ‌ها در مراحل مختلف نشان‌دهنده نوعی ارتباط نزدیک بین آنها است. در شرایط اعمال تنش در مرحله رویشی که تنش تأثیری روی عملکرد نداشته و تفاوت عملکرد ژنوتیپ‌ها مربوط به ویژگی‌های ذاتی آن‌هاست (جدول ۱۲)، RWC ژنوتیپ‌ها تفاوت قابل ملاحظه‌ای ندارد (جدول۶).

در شرایط اعمال تنش در مرحله ظهور خوشه، ژنوتیپ محلی در سربیشه دارای بیشترین عملکرد دانه بود و در بیرجند عملکرد دانه آن با سایر ژنوتیپ‌ها تفاوت معنی‌داری نداشت (جدول۱۲). RWC این ژنوتیپ در همین شرایط از نظر سطح اختلاف معنی دار در گروه ab قرار گرفت (جدول۷).

در شرایط اعمال تنش در مرحله پرشدن دانه و در بیرجند، ژنوتیپ‌های K-C-M.2، K-C-M.4 و K-C-M.6 دارای بیشترین RWC برگ بودند (جدول۸). عملکرد دانه همین ژنوتیپ‌ها نیز در این شرایط بیشتر بود (جدول۱۲). در این شرایط در سربیشه، ژنوتیپ‌های K-C-M.4 و K-C-M.9 دارای بیشترین عملکرد دانه و بیشترین RWC برگ بودند.

در شرایط اعمال تنش در دو مرحله رویشی و پرشدن دانه ارزن معمولی با وجود این‌که RWC برگ ژنوتیپ‌ها تفاوت قابل ملاحظه‌ای نداشت (جدول۹)، ولی عملکرد دانه متفاوت بود (جدول۱۲). مقایسه مقدار قندهای محلول در برگ با RWC ژنوتیپ‌های ارزن معمولی در مراحل مختلف تنش در برخی موارد نشان‌دهنده ارتباط بین این دو بود. یعنی

ژنوتیپ‌هایی که میزان قند بیشتری داشته‌اند دارای RWC بیشتری نیز بوده‌اند.

بنابراین در مجموع می‌توان RWC را به عنوان معیار نسبتاً مناسبی در گزینش ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی در نظر گرفت. بلوم (۸) در بین پارامترهایی مثل میزان آب نسبی گیاه، پتانسیل آب گیاه و پتانسیل تورژسانس گیاه، میزان آب نسبی گیاه را به عنوان بهترین معیار اندازه‌گیری وضعیت آب گیاه معرفی کرده است. وی بیان می‌دارد یکی از مزیت‌های RWC بر پتانسیل آب گیاه، در نشان دادن تفاوت‌های ژنتیکی تحمل خشکی، این است که ژنوتیپ‌هایی که پتانسیل آب یکسان دارند ممکن است به دلیل تفاوت در تنظیم اسمزی، RWC متفاوتی داشته باشند.

درصد پروتئین دانه

درصد پروتئین دانه به طور معنی‌داری تحت تأثیر تنش خشکی قرار گرفت و افزایش یافت (جدول ۱۰). ماهالاکشمی و بیدینگر (۱۵) نیز نشان دادند اعمال تنش در مرحله پرشدن دانه درصد پروتئین دانه را افزایش می‌دهد. در شرایط تنش خشکی جذب و تثبیت CO_2 بر اثر بسته شدن نسبی روزنه‌ها و یا کاهش درجه گشودگی آن‌ها کاهش می‌یابد، بنابراین میزان کل مواد پرورده برای پرشدن دانه کاهش می‌یابد، ولی همان‌طور که دسوزا و همکاران (۱۰) در مورد سویا گزارش کردند تنش خشکی انتقال مجدد ازت از برگ‌ها به دانه را کاهش نمی‌دهد واین امر سبب افزایش درصد پروتئین دانه می‌شود.

درصد پروتئین دانه ژنوتیپ‌های مختلف ارزن تفاوت معنی داری نداشت (جدول۱۱). با توجه به این موضوع و از آنجایی‌که ژنوتیپ‌های K-C-M.4 و K-C-M.9 بیشترین عملکرد دانه را داشتند بنابراین عملکرد پروتئین دانه در این دو ژنوتیپ نیز بیشتر از سایر ژنوتیپ بود.

همانگونه که در جداول ۱۰ و ۱۱ مشاهده می‌شود درصد پروتئین دانه بین دو منطقه متفاوت بود. با توجه به این‌که عملکردهای زیاد معمولاً با درصد پروتئین کم همراه هستند(۱۰)، زیاد بودن عملکرد دانه در سربیشه باعث کاهش درصد پروتئین شده است.

درصد جوانه‌زنی بذر

درصد جوانه‌زنی بذر به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر تیمارهای تنش قرار گرفته و کاهش یافت (جدول۱۰). دسائی و همکاران (۹) نیز بیان کردند توانایی جوانه زنی بذر به مقدار زیادی تحت تأثیر تنش خشکی در طی نمو و بلوغ آن قرار می‌گیرد. اندام‌هایی از گیاه که در زمان وقوع تنش خشکی دارای بیشترین سرعت رشد هستند بیش از سایر قسمت‌ها تحت تأثیرتنش قرار می‌گیرند. از آنجایی‌که در زمان اعمال تیمار تنش در مرحله رویشی هنوز دانه‌ای تشکیل نشده بود، پس این تیمار تنش تأثیری روی درصد جوانه‌زنی نداشت، ولی اعمال تیمار تنش در مرحله ظهور خوشه و یا در مرحله پرشدن دانه بین ۱۰ تا ۲۰ درصد میزان جوانه‌زنی را کاهش داد (جدول۱۰).

میزان کاهش درصد جوانه‌زنی بر اثر اعمال تنش در دو مرحله رویشی و پرشدن دانه نسبت به اعمال تنش تنها در مرحله پرشدن دانه کمتر بود (جدول۱۰). این امر می‌تواند به این دلیل باشد که وقتی تنش در دو مرحله اعمال گردید وقوع تنش در مرحله اول سبب تحریک برخی مکانیسم‌های سازگاری به خشکی شده و اثر وقوع خشکی در مرحله بعد را کاهش می‌دهد. درصد جوانه‌زنی بذر ژنوتیپ‌های مختلف ارزن تفاوت معنی‌داری نداشت (جدول۱۱).

در یک نتیجه گیری کلی و همچنین با در نظر گرفتن این که همبستگی‌های روشنی بین عملکرد و صفات مختلفی مثل میزان قند، RWC و درجه لوله شدن برگ در زمان تنش وجود ندارد می‌توان دریافت که تعیین چنین پارامترهایی

به‌تنهایی نمی‌تواند در گزینش ژنوتیپ‌های پرمحصول مفید واقع شود.

بنابراین استفاده از شاخص‌های مختلف مثل شاخص‌های عملکردی، مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی و یا فنولوژیکی در فرآیند گزینش و تحلیل نتایج آن‌ها موجب افزایش کارآیی گزینش ژنوتیپ‌ها و معرفی ارقام متحمل و پر محصول خواهد شد.

جدول۱۰- اثر تنش خشکی در مراحل مختلف رشد بر میانگین درصد جوانه‌زنی و درصد پروتئین بذر ارزن معمولی.

تیمار تنش	درصد جوانه‌زنی		درصد پروتئین	
	بیرجند	سربیشه	بیرجند	سربیشه
شاهد بدون تنش	۸۹/۱ a	۸۷/۷ a	۱۳/۸ b	۱۲/۹ b
تنش در مرحله رویشی	۸۶/۶ a	۸۸/۱ a	۱۳/۶ b	۱۲/۹ b
تنش در مرحله ظهور خوشه	۶۹/۱ c	۷۵/۰ b	۱۴/۵ a	۱۴/۰ a
تنش در مرحله پرشدن دانه	۶۶/۳ c	۷۱/۵ c	۱۴/۶ a	۱۳/۹ a
تنش در مرحله رویشی و پرشدن دانه	۷۴/۴ b	۷۵/۱ b	۱۴/۴ a	۱۴/۰ a

- در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشابه بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

جدول۱۱- میانگین درصد جوانه‌زنی و درصد پروتئین بذر ژنوتیپ‌های مختلف ارزن معمولی.

ژنوتیپ	درصد جوانه‌زنی		درصد پروتئین	
	بیرجند	سربیشه	بیرجند	سربیشه
محلی	۷۵/۷ ab	۷۷/۹ a	۱۴/۳ a	۱۳/۶ a
K-C-M.2	۷۸/۶ ab	۸۰/۵ a	۱۴/۲ a	۱۳/۶ a
K-C-M.4	۷۹/۸ a	۸۰/۷ a	۱۴/۰ a	۱۳/۲ a
K-C-M.6	۷۶/۳ ab	۷۸/۵ a	۱۴/۲ a	۱۳/۷ a
K-C-M.9	۷۵/۱ b	۷۹/۹ a	۱۴/۲ a	۱۳/۷ a

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

جدول ۱۲- میانگین عملکرد دانه بر حسب تن در هکتار ژنوتیپهای ارزن معمولی در مراحل مختلف اعمال تنش.

ژنوتیپ	تیمار تنش							
	تنش در مرحله رویشی		تنش در مرحله ظهور خوشه		تنش در مرحله پر شدن دانه		تنش در مرحله رویشی و پر شدن دانه	
	بیرجند	سربیشه	بیرجند	سربیشه	بیرجند	سربیشه	بیرجند	سربیشه
محلی	۱/۳۶۰c	۱/۶۲۰d	۰/۹۸۱a	۱/۲۵۱a	۱/۰۱۶b	۱/۴۰۷b	۱/۰۶۲c	۱/۳۵۳c
K-C-M.2	۱/ ۵۱۲b	۲/۱۸۵a	۰/۸۷۹a	۱/۰۸۷b	۱/۲۳۳a	۱/۴۲۷b	۱/۰۹۲c	۱/۴۹۰c
K-C-M.4	۱/۶۷۴a	۱/۹۳۳bc	۰/۸۷۵a	۱/۰۶۰b	۱/۲۶۸a	۱/۷۱۱a	۱/۵۵۸a	۱/۸۴۴a
K-C-M.6	۱/۲۳۳c	۱/۸۳۰c	۰/۹۷۳a	۱/۰۸۸b	۱/۲۳۷a	۱/۳۴۲b	۱/۲۹۱b	۱/۴۱۷c
K-C-M.9	۱/۵۳۰ab	۲/۰۶۲ab	۰/۹۰۸a	۱/۱۱۵b	۱/۰۸۱b	۱/۷۹۹a	۱/۴۴۵a	۱/۶۵۳b

- در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشابه بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

جدول۱۳ - ضرایب همبستگی عملکرد دانه با میزان قند، RWC و درجه لوله شدن برگ در بیرجند و سربیشه.

	۱		۲		۳		۴	
منطقه	**سربیشه**	**بیرجند**	**سربیشه**	**بیرجند**	**سربیشه**	**بیرجند**	**سربیشه**	**بیرجند**
۱- عملکرد دانه	1.00	1.00						
۲- میزان قند برگ	-0.136	-0.071	1.00	1.00				
۳- میزان آب نسبی برگ	0.390**	0.195	0.064	0.150	1.00	1.00		
۴- درجه لوله شدن برگ	-0.594**	0.206	-0.078	-0.278*	-0.507**	-0.359**	1.00	1.00

** و * نشان‌دهنده معنی‌دار بودن ضرایب همبستگی به ترتیب در سطح احتمال ۱٪ و ۵٪ است.

فهرست منابع

۱- حدادچی، غ. ۱۳۶۵. بیوشیمی و فیزیولوژی گیاهی (عملی). جهاد دانشگاهی مازندران.

۲- حسینی، ز.م. ۱۳۷۸. روش‌های متداول در تجزیهٔ مواد غذایی (چاپ سوم). انتشارات دانشگاه شیراز.

۳- سرمد نیا، غ. و ع. کوچکی. ۱۳۷۱. جنبه‌های فیزیولوژیکی زراعت دیم. (ترجمه). انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد.

۴- هاشمی دزفولی، ا.، ع. کوچکی و م. بنایان. ۱۳۷۵. افزایش عملکرد گیاهان زراعی (چاپ دوم). (ترجمه). انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد.

5- Basnayake, J., M. Cooper, R. G. Henzell, and M. Ludlow. 1996. Influence of rate of development of water deficit on the expression of maximum osmotic adjustment and desiccation tolerance in three grain sorghum lines. Field Crops Res. 49: 65-76.

6- 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.

7- Blum, A. 1996. Crop responses to drought and the interpretation of adaptation. Plant Growth Regulation. 20: 135-148. In: E. Belhassen, (Ed). Drought tolerance in Higher Plants: Genetical, Physiological and Molecular Biological Analysis.. Kluwer Academic Publishers.

8- Blum, A. 1999. Towards standard assay of drought resistance in crop plants. In: J. M. Ribaut and D. Poland (Eds.). Molecular approaches for the genetic improvement of cereals for stable production in water- limited environments (final report). A strategic planning workshop, 21-25 June 1999. CIMMYT, El Batan, Mexico,.

9- Desai, B. B., P. M. Kotecha, and D. K. Salunkhe. 1997. Seeds Handbook. Biology, Production, Processing, and Storage. Mareel Dekker, INC. pp. 66-68.

10- De Souza, P. I., D. B. Egli, and W. P. Bruening. 1997. Water stress during seed filling and leaf senescence in soybean. Agron. J. 89: 807-812.

11- 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.

12- Karyudi, M. and R. J. Fletcher. 1999. Osmoregulative capacity in birdseed millets (*Setaria italica* L. and *Panicum miliaceum* L.) in response to water stress after heading. In Proceedings: 11th Australian Plant Breeders Conference, April 1999.Adelaide. Australia.

13- Kriedemann, P. E. 1986. Stomatal and photosynthetic limitations to leaf growth. Aust. J. Plant Physiol. 13: 15-31.
14- Lal, P., A. Kumar, and S. C. Gupta. 1990. Effect of water stress and recovery on some physiological parameters at various growth stages of pearl millet.In Proceedings of the Indian congress of plant physiology. New Delhi, India. 2: 859- 865.
15- Mahalakshmi, V. and F. R. Bidinger. 1986. Water deficit during panicle development in pearl millet: Yield compensation by tillers. J. Agric. Sci. Camb. 106: 113- 119.
16- Masojidek, J. and S. Trivedi. 1991. The synergistic effect of drought and light stress in sorghum and pearl millet. Plant Physiol. 96: 198- 207.
17- Monneveux, P. and E. Belhassen. 1996. The diversity of drought adaptation in the wide. Plant Growth Reg. 20: 85-92. In: E. Belhassen (Ed.). Drought tolerance in Higher Plants: Genetical, Physiological and Molecular Biological Analysis. Kluwer Academic Publishers.
18- Sadras, V. O. and S. P. Milroy. 1996. Soil- water thresholds for the responses of leaf expantion and gas exchange: A review. Field Crops Res. 47: 253-266.
19- 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.
20- Tala Awada. 2002. Stomatal variability of native warm-season grasses from the Nebraska sandhills. Can. J. Plant Sci. 82: 349-355.

Effect of drought stress on leaf soluble sugar content, leaf rolling index and relative water content of proso millet (*Panicum miliaceum* L.) genotypes

M. J. Seghatoleslami[1], M. Kafi [2], I. Majidi [3], G. Nour-Mohammadi [4] , F. Darvish [5], A. Ghazizadeh [6]

Abstarct

With respect to water shortage in arid and semi- arid regions, the study about drought stress effects on crop plants and selection of resistance cultivars, are among the most important goals in the agricultural researches. In order to examine drought stress effects on millet, an experiment was conducted in Birjand and Sarbisheh, simultaneously. In this experiment, five irrigation treatments (well-watered, drought stress in vegetative stage, in ear emergence stage, in seed filling stage and in vegetative and seed filling stage) and five proso millet genotypes (Native, K-C-M.2, K-C-M.4, K-C-M.6 and K-C-M.9) were compared in a split plot design along with three replications. Drought stress increased grain protein content, leaf rolling index and soluble sugars concentration and decreased seed germination and leaf RWC. Although seed protein content and germination percentage of genotypes were not significantly different, there were some differences among leaf rolling index, RWC and soluble sugar content of these genotypes. The results of this study indicated that leaf sugar content, RWC and leaf rolling index can not be considered as the only parameters for selection of high yield genotypes. Therefore, it is recommended that some other factors should also be used apart from the above mentioned ones.

Keywords: proso millet, drought stress, leaf rolling, soluble sugars, relative water content.

1- Contribution from Azad-e-Eslami Universitis, Birjand, 2- College of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, 3,4,5- Azade-e-Eslami Universities, Tehran, and Payam-e-Noor Universities, Birjand, Respectively.