دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
پژوهشنامه اصلاح گیاهان زراعی

بررسی برخی ارقام گندم از لحاظ صفات مورفولوژیکی و شاخص‌های تحمل به تنش خشکی

مریم طهماسب عالی[۱]، علی اصغری[۲]، امید سفالیان[۳]، حمیدرضا محمددوست چمن‌آباد[۳] و علی رسول‌زاده[۳]

۱ و ۳- کارشناس ارشد و دانشیار، دانشگاه محقق اردبیلی
۲- دانشیار، دانشگاه محقق اردبیلی، (نویسنده مسوول: ali_asgharii@yahoo.com)
تاریخ دریافت: ۹۴/۲/۱۴ تاریخ پذیرش: ۹۴/۸/۴

چکیده

اصولا مهم‌ترین عامل محدود کننده رشد گیاهان کمبود آب می‌باشد. بیشتر اراضی ایران در نواحی خشک و نیمه خشک واقع شده‌اند، بنابراین تعیین ژنوتیپ‌هایی که تحت شرایط کم‌آبی قادر به ارایه عملکرد نسبتا قابل قبولی باشند، امری ضروری است. به منظور شناسایی ارقام متحمل به خشکی، تعداد ۲۰ رقم زراعی گندم به صورت فاکتوریل بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار در سه سطح تنش خشکی (۰، ۰/٦- و ۱/۲- مگاپاسگال) و در محیط آب‌کشت در گلخانه دانشگاه محقق اردبیلی از نظر صفات طول ریشه، وزت تر ریشه و اندام هوایی، وزن خشک ریشه و اندام هوایی و نسبت وزن خشک ریشه به اندام هوایی مورد بررسی قرار گرفت. تنش خشکی از طریق پلی‌اتیلن گلیکول ٦۰۰۰ اعمال شد. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که بین سطوح تنش خشکی از نظر اغلب صفات اختلاف معنی‌دار وجود دارد. بین ارقام گندم نیز از نظر تمامی صفات اختلاف معنی‌دار وجود داشت. اثر متقابل سطوح تنش و ارقام در مورد تمامی صفات معنی‌دار بود. شاخص‌های تحمل به خشکی از قبیل: شاخص میانگین هارمونیک تولید (HARM)، شاخص میانگین هندسی تولید (GMP)، شاخص تحمل به تنش (STI) و میانگین تولید (MP) بر مبنای عملکرد بیولوژیک در شرایط بدون تنش خشکی (Y_P) و دارای تنش خشکی (Y_S) محاسبه شدند. تجزیه واریانس شاخص‌های فوق در بین ارقام اختلاف معنی‌دار نشان داد که حاکی از وجود تنوع بین ارقام و عکس‌العمل متفاوت آنها به تنش خشکی می‌باشد. مقایسه میانگین‌ها با روش دانکن در سطح احتمال یک‌درصد صورت گرفت. در مورد اکثر صفات با افزایش میزان تنش خشکی کاهش میانگین صفات مورد بررسی در ارقام مشاهده شد. براساس نتایج حاصل از تجزیه خوشه‌ای ارقام از نظر صفات مورفولوژیک، تحت شرایط غیر تنش ارقام آرتا، بک‌کراس‌روشن، تجن، گاسکوژن و شیرودی در گروه بهترین‌ها قرار گرفتند و تحت شرایط تنش خشکی ۰/٦- مگاپاسگال ارقام آرتا، شیرودی، تجن، کویر و گاسکوژن به عنوان ارقام متحمل شناخته شدند. تحت شرایط تنش خشکی ۱/۲- مگاپاسگال ارقام کویر، رسول و میهن به عنوان ارقام متحمل شناخته شدند. در مجموع ارقام رسول و میهن با توجه به نتایج گروه‌بندی بر مبنای صفات مورفولوژیک و شاخص‌های تحمل به عنوان ارقام متحمل شناخته شدند.

واژه‌های کلیدی: تنش کم آبی، شاخص تحمل مگا پاسگال، وزن خشک ریشه

مقدمه

گندم (*Triticum aestivum* L.) گیاهی یکساله از تیره غلات *Poaceae* می‌باشد. گندم گیاه زراعی مناطق معتدله است، اما در مناطق دارای آب و هوای مختلف نیز کشت می‌شود. حداقل (صفر رویشی)، درجه حرارت برای رشد گندم ۴ درجه سانتی‌گراد می‌باشد (۱۵). اگر چه همه تنش‌های زنده و غیر زنده از عوامل مهم کاهش تولید محصول محسوب می‌شوند، اما خشکی مهم‌ترین عامل غیر زنده‌ای است که بر عملکرد گندم تاثیر دارد (۴). بیش از ۴۵ درصد از زمین‌های کشاورزی به طور دایم در معرض خشکی قرار دارند و ۳۸ درصد جمعیت دنیا، در آن مکان‌ها ساکن هستند (۵). لذا، در آینده، بیشترین تلاش‌ها در جهت تولید محصول بیشتر در شرایط کم آبی خواهد بود (۴۵). تنش کم‌آبی به حالتی می‌گویند که فشار آماس یا تورم در سلول یا بافت گیاهی کامل نباشد. تنش کم‌آبی ناشی از تلفات بالای آب (تعرق)، کاهش جذب آب و در برخی مواقع ترکیب این دو عامل می‌باشد (۲۴). کمبود آب که معمولاً خشکی نامیده می‌شود، می‌تواند به عنوان عدم وجود رطوبت کافی و ضروری برای یک گیاه به منظور رشد نرمال و کامل کردن چرخه زندگی تعریف شود. از آنجا که گیاهان نمی‌توانند از تنش‌های محیطی مختلف فرار کنند، به مکانیسم‌هایی نیاز دارند که با استفاده از آنها به تنش پاسخ دهند (۳۷). از جمله این مکانیسم‌ها، می‌توان به تنظیم اسمزی اشاره کرد. تنظیم اسمزی، یک نوع سازگاری به تنش کمبود آب است که از طریق تجمع مواد محلول درون سلول‌ها، می‌تواند منجر به حفظ تورژسانس سلول‌ها و فرآیندهای وابسته به آن در پتانسیل‌های پایین آب شود (۵۱). در شرایط آزمایشگاهی، جهت مشاهده صدمات ناشی از تنش خشکی از ماده پلی‌اتیلن‌گلایکول (PEG) استفاده می‌شود (۴۲). این ماده دارای مولکول‌هایی با وزن زیاد بوده، توسط سلول‌های ریشه جذب نمی‌شود و با افزایش پتانسیل اسمزی آب باعث عدم جذب آب توسط ریشه می‌شود. به این ترتیب گیاه با تنش خشکی مواجه می‌شود (۵۰). در روش‌های متعارف بررسی مقاومت به خشکی، گیاهان آزمایشی در شرایط مزرعه‌ای با استفاده از کنترل دوره و میزان آبیاری مورد مطالعه قرار می‌گیرند (۴۴). در چنین شرایطی عوامل دیگری نظیر شرایط

اقلیمی و پدیده‌های جوی (بارش یا خشکسالی‌های غیر مترقبه) می‌تواند بر داده‌ها تأثیر گذارد و محقق ناگزیر از تکرار آزمون‌ها در زمان و مکان‌های مختلف خواهد بود. استفاده از شرایط محیطی کنترل شده این امکان را فراهم می‌آورد که عوامل دارای اثرات ناخواسته را حذف و منابع تغییر را به عوامل تحت کنترل محدود کرد. از سوی دیگر، مطالعهٔ گیاه در شرایط کنترل شدهٔ آزمایشگاهی مستلزم یافتن راهی برای شبیه‌سازی شرایط طبیعی است، به طوری که مثلاً اعمال تنش در شرایط آزمایشگاهی، تا حد امکان ساز و کاری مشابه با تنش‌های طبیعی داشته باشد. پلی اتیلن گلیکول (PEG) با وجود محلول بودن در آب و میل ترکیبی کم با محیط، به دلیل مناسبی برای القای مصنوعی و یکنواخت خشکی در شرایط آزمایشگاهی است و لذا در مطالعات متعددی به عنوان عامل ایجاد تنش خشکی استفاده شده است (۵۳،۴۹،۴۷). در پاسخ به کاهش مقدار آب، کاهش در پتانسیل اسمزی و تجمع مواد قابل حل، مکانیزمی است که بسیاری از گیاهان به کمک آن با شرایط تنش اسمزی کنار می‌آیند (۳۴،۳۲). تنش خشکی بر کلیه جنبه‌های رشد و نمو گیاه، به میزان مساوی اثر نمی‌گذارد. بعضی از فرآیندها، نسبت به افزایش تنش خشکی خیلی حساس هستند. در حالی‌که، سایر فرایندها کمتر تحت تأثیر تنش خشکی قرار می‌گیرند. هم‌چنین، ساقه و ریشه از جهات مختلف با یکدیگر در ارتباط هستند و اگر چنانچه در رشد یکی از آن‌ها تغییری حاصل شود، دیگری نیز تغییر خواهد کرد (۳). محققین زیادی کاهش تولید بیوماس گندم را در شرایط تنش خشکی گزارش کرده‌اند (۲۹). ماداکادز (۱۹) گزارش کرد که ارتفاع سایه‌انداز بر اثر تنش خشکی کاهش یافت. البته شواهد بسیار زیادی وجود دارد که افزایش رشد ریشه‌ها را مستقل از اندام‌های هوایی در شرایط تنش خشکی تأیید می‌کنند (۱۷). برخی آزمایش‌ها نشان می‌دهند که تنش خشکی موجب کاهش وزنی ریشه به همراه کاهش وزنی اندام هوایی می‌شود (۱). طول ریشه به عنوان شاخصی برای توانایی گیاهان جهت جذب آب از لایه‌های عمیق‌تر خاک و نفوذپذیری بهتر ریشه‌ها در خاک محسوب می‌شود (۱۸). گیاهانی که ریشه عمیق دارند، قادرند آب را از اعماق زیاد جذب کنند (۳). هم‌چنین، در طول دوره‌های کمبود رطوبت خاک، توانایی جذب آب از خاک توسط ریشه گیاهان، منوط به پراکندگی و عمق توسعه سیستم ریشه گیاهان است (۷). بنابراین، آگاهی از طول ریشه و توزیع آن در داخل پروفیل خاک و هم‌چنین آگاهی از اندازه و شکل سیستم ریشه از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. عوامل زیادی نیز از جمله گونه، ژنوتیپ، زمان کاشت، عمق خاک، بافت خاک، ساختمان خاک، توزیع مواد غذایی و عمق رطوبت خاک در میزان عمق توسعه ریشه تأثیر می‌گذارند (۳۶). کاهش وزن ماده خشک به دلیل کاهش رشد گیاهی، بسته شدن روزنه‌ها و متعاقب آن کاهش فتوسنتز و پیری و ریزش برگ‌ها است (۶).

تحقیقات متعددی برای ارزیابی عملکرد گیاهان زراعی در شرایط تنش رطوبتی انجام شده و به همین منظور نیز شاخص‌های مختلفی برای انتخاب ژنوتیپ‌های برتر و متحمل به تنش برای کشت در شرایط دارای تنش آبی پیشنهاد شده است. پاری و همکاران (۳۱) مقاومت به خشکی را توانایی یک ژنوتیپ در تولید عملکرد بیش‌تر نسبت به دیگر ژنوتیپ‌ها در شرایط رطوبتی یکسان تعریف نموده‌اند. سریواستاوا و همکاران (۵۱) ارقامی را متحمل به خشکی در نظر گرفتند که به طور نسبی در مقایسه با سایر ژنوتیپ‌ها تنش را بهتر تحمل کرده و در شرایط یکسان، افت عملکرد کمتری داشتند. روزیل و هامبلین (۳۵) شاخص میانگین بهره‌وری[1] را پیشنهاد نمودند. انتخاب بر مبنای شاخص MP به گزینش ژنوتیپ‌هایی با پتانسیل عملکرد بالا ولی با تحمل تنش کم منجر می‌شود. هم‌چنین، انتخاب براساس MP متوسط عملکرد را در هر دو محیط تنش و بدون تنش افزایش می‌دهد (۸). فرناندز (۸) شاخص تحمل تنش[2] را به عنوان معیاری برای گزینش ارقام متحمل به تنش خشکی پیشنهاد نمود. مقادیر بالای این شاخص نشان‌دهنده تحمل زیاد تنش و عملکرد بالقوه بالاست. شاخص میانگین هندسی بهره‌وری[3] نیز توسط فرناندز (۸) برای ارزیابی ژنوتیپ‌های متحمل به تنش خشکی پیشنهاد شد. این شاخص در مقایسه با بهره‌وری متوسط در تفکیک ژنوتیپ‌ها از قدرت بالایی برخوردار است. هم‌چنین فرناندز (۱۲،۸) شاخص دیگری را به نام میانگین هارمونیک[4] ارایه کرد که برای انتخاب ژنوتیپ‌ها در شرایط تنش مورد استفاده قرار می‌گیرد.

این پژوهش با هدف شناسایی ارقام گندم متحمل به تنش خشکی با استفاده از صفات مورفولوژیک و شاخص‌های تحمل به تنش خشکی انجام شد.

مواد و روش‌ها

در این پژوهش ۲۰ رقم گندم از نظر تحمل به خشکی مورد مطالعه قرار گرفتند (جدول ۱). آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار انجام شد. سطوح تنش شامل تیمار شاهد (محلول هوگلند کامل) و تیمارهای تنش ۰/۶- و ۱/۲- مگاپاسگال حاصل از مقادیری از پلی‌اتیلن‌گلیکول ۶۰۰۰ بود (۲۳). بذر ارقام ابتدا با هیپوکلریت یک درصد به مدت ۱۵ دقیقه ضدعفونی شد و پس از شستشو در آب مقطر، درون پتری دیش‌های استریل شده که کف آن با کاغذ صافی استریل پوشانده شده بود، قرار گرفتند. پس از ضدعفونی، بذور در دستگاه ژرمیناتور با درجه حرارت ۲۲ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند و بعد از جوانه‌زنی بذور، گیاهچه‌های یکنواخت در لوله‌های اپندورفی که درپوش و انتهای آن قیچی شده بود، به وسیله توری تثبیت شدند. لوله‌های اپندورف، در یک صفحه از جنس یونولیت روی ظروف محیط کشت تعبیه شدند. گیاهچه‌ها تا مرحله یادداشت‌برداری در ۱۲ گلدان پلاستیکی (ظروف نان به ابعاد ۱۱×۲۳ سانتی‌متر که در هر ظرف ۵ رقم و از هر رقم ۱۰ بوته کشت شد) محتوی تیمارهای مذکور و در گلخانه مجهز به سیستم گرمایش و روشنایی رشد یافتند و محلول‌های غذایی هوگلند گلدان‌ها هر هفته تعویض شد. لازم به‌ذکر است که در طول رشد گیاهچه‌ها دمای گلخانه در شبانه‌روز ۲±۲۰ درجه سانتی‌گراد و مدت زمان روشنایی ۱۲ ساعت بود. بوته‌ها تا مرحله ۲ تا ۳ برگی با محلول هوگلند یک دوم و سپس

1- Mean productivity
2- Stress tolerance index
3- Geometric mean productivit
4- Harmonic mean

بامحلول هوگلند کامل تغذیه شدند. بعد از مرحله ۲ تا ۳ برگی تنش آبی با اضافه نمودن پلی‌اتیلن‌گلیکول ۶۰۰۰ به محلول‌های رشد اعمال شد. برای جبران تبخیر و تغلیظ شدن و افزایش شدت تنش تا دست‌یابی به تنش مورد نظر هر ۳ روز یک بار پلی‌اتیلن‌گلیکول ۶۰۰۰ به ظروف حاوی محلول‌های غذایی افزوده شد تا در نهایت فشار اسمزی مورد نظر در محیط کشت به دست آید. هر ظرف نان دارای ۱۰ لیتر آب بود که با استفاده از فرمول میچل کافمن محاسبه شده بود که چه مقدار پلی‌اتیلن‌گلیکول ۶۰۰۰ به هر ظرف اضافه شود، تا فشار اسمزی مورد نظر تامین گردد. از آنجا که در مطالعات مزرعه‌ای و صحرایی، عوامل محیطی خارج از کنترل بر جمع آوری داده‌ها اثر گذاشته و خطای آزمایشی را بالا می‌برد، در این تحقیق برای یکسان نگهداشتن اثر عوامل محیطی، از محیط کنترل شده آب‌کشت[1] برای نگهداری مواد آزمایشی استفاده شد. دو هفته پس از اعمال تنش خشکی نمونه‌برداری انجام شد و صفات وزن تر ریشه، وزن تر اندام هوایی، وزن خشک ریشه (r) و وزن خشک اندام هوایی (s)، نسبت وزن خشک ریشه به وزن خشک اندام هوایی با استفاده از ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۰۱ گرم و طول ریشه با خط‌کش میلی‌متری اندازه‌گیری شد. سپس، عملکرد بیولوژیک در شرایط عادی و تنش (مجموع وزن خشک ریشه و وزن خشک اندام هوایی) محاسبه گردید. با استفاده از عملکرد بیولوژیک در شرایط عادی و تنش، شاخص‌های تحمل تنش شامل:

شاخص تحمل به تنش (۸):

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

شاخص میانگین هارمونیک تولید (۳۹):

$$Harm = \frac{2(Ys)(Yp)}{Ys + Yp}$$

شاخص میانگین هندسی تولید (۸):

$$GMP = \sqrt{Ys.Yp}$$

و میانگین تولید (۸):

$$MP = \frac{Ys + Yp}{2}$$

محاسبه شدند. در این فرمول‌ها Y_S و Y_P به ترتیب عملکرد رقم در شرایط تنش خشکی و شاهد و $\overline{Yp}$ میانگین عملکرد کلیه ارقام در شرایط شاهد می‌باشد. برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از نرم‌افزارهای $SPSS_{16}$ و SAS و رسم نمودارها از نرم‌افزار Excel استفاده شد. مقایسه میانگین‌ها با روش دانکن درسطح احتمال یک درصد صورت گرفت. جهت گروه‌بندی لاین‌ها از روش تجزیه خوشه‌ای به روش Ward استفاده شد.

جدول ۱- اسامی ارقام گندم مورد استفاده در آزمایش

Table 1. The name of used wheat cultivars in experimen

شماره	اسم رقم	شماره	اسم رقم	شماره	اسم رقم
۱	مغان۱	۸	دریا	۱۵	گاسپارد
۲	مغان۲	۹	ارگ	۱۶	بک‌کراس‌روشن
۳	مغان۳	۱۰	اروم	۱۷	رسول
۴	آرتا	۱۱	سوسن	۱۸	تجن
۵	اترک	۱۲	اینیا	۱۹	گاسکوژن
۶	شیرودی	۱۳	زرین	۲۰	میهن
۷	کویر	۱۴	توس		

نتایج و بحث

بین سطوح تنش خشکی از نظر تمامی صفات به جز نسبت وزن خشک ریشه به وزن خشک اندام هوایی اختلاف معنی‌دار مشاهده شد. بین ارقام گندم نیز از نظر تمامی صفات اختلاف معنی‌دار وجود داشت. اثر متقابل تنش و رقم در مورد تمامی صفات معنی‌دار بود. این نشان می‌دهد که روند تغییرات بین ارقام از لحاظ این صفات، در سطوح تنش یکسان نبوده است (جدول ۲). در این تحقیق با داشتن عملکرد بیولوژیک ارقام برای شرایط تنش و بدون تنش شاخص‌های مختلف تحمل به خشکی محاسبه گردید و تجزیه واریانس شاخص‌های مقاومت به تنش نشان داد که بین رقم‌ها در همه شاخص‌های مورد بررسی اختلاف معنی‌دار وجود داشت که نشان دهنده وجود تنوع بین ارقام و عکس‌العمل متفاوت آنها به تنش خشکی می‌باشد (جدول ۳).

نتایج مقایسه میانگین ارقام از نظر صفات مورفولوژیکی نشان داد که رقم‌های شیرودی و ارگ بیشترین و رقم‌های اترک، زرین و توس کمترین طول ریشه را در سطح شاهد داشتند. رقم‌های اترک، ارگ، اروم، گاسپارد و میهن در سطح تنش خشکی ۱/۲- مگاپاسگال طول ریشه بیشتری نسبت به تنش خشکی ۰/۶- مگاپاسگال داشتند (جدول ۴). بقیه ارقام روند کاهشی را تحت تنش خشکی نشان دادند. نقش خصوصیات ریشه از قبیل تراکم ریشه، قطر ریشه، عمق و پراکندگی ریشه در انتخاب رقم‌های مقاوم به خشکی به اثبات رسیده است (۲۱). بیشترین میزان وزن تر ریشه مربوط به رقم آرتا در سطح تنش خشکی ۰/۶- مگاپاسگال و کمترین مقدار آن مربوط به رقم میهن در سطح شاهد بود (جدول ۴). بیشترین وزن تر اندام هوایی مربوط به رقم توس در سطح شاهد و کمترین مقدار آن مربوط به همین رقم و در سطح تنش خشکی ۱/۲- مگاپاسگال بود (جدول ۴). کمترین میزان وزن خشک ریشه در رقم میهن و در سطح تنش خشکی ۱/۲- مگاپاسگال و بیشترین وزن خشک ریشه در رقم شیرودی و در سطح شاهد مشاهده گردید (جدول ۴). گیاه هنگام مواجه با تنش برای این‌که توانایی جذب ریشه‌ها را افزایش دهد، ماده خشک بیشتری را به سیستم ریشه‌ای

1- Aquaculture

اختصاص می‌دهد (۲۵،۲۲). بسیاری از گونه‌های گیاهی با افزایش سهم مواد فتوسنتزی اختصاص یافته به رشد ریشه و بنابراین افزایش نسبت ریشه به اندام هوایی و بهره‌گیری بیشتر از آب قابل دسترس به کمبود رطوبت پاسخ می‌دهند (۱۴ و ۲۵). آخوندی (۲) گزارش کرد که با افزایش تنشخشکی کلیه صفات مرفولوژیکی از جمله طول ریشه‌چه کاهش می‌یابد. سایر محققین مانند شهریاری و حسن پناه (۴۰) گزارش نمودند که با افزایش سطوح تنش میزان طول ریشه‌چه کاهش می‌یابد. ایجاد تنش خشکی توسط پلی‌اتیلن‌گلیکول در سطح تنش خشکی ۰/۲- تا ۰/۸- مگاپاسگال روی گیاهچه نخود موجب کاهش وزن تر و وزن خشک با افزایش سطوح خشکی می‌شود (۳۰،۱۳،۲۰، ۳۹). با افزایش سطوح تنش خشکی از ۰/۲- به ۰/۸- مگاپاسگال در گیاه ارزن، روند نزولی معنی‌داری در میزان وزن تر و خشک ریشه و اندام‌های هوایی به دست آمد. زیرا، کاهش در محتوای کلروفیل گیاهان در طی تنش باعث کاهش وزن خشک نیز می‌شود (۱۹). به نظر می‌رسد که کاهش وزن تر در گیاهان در شرایط خشکی، به دلیل جلوگیری از توسعه و رشد سلولی ناشی از کاهش فشار تورگر باشد (۳۳). سلطانی و گالشی (۴۳) بیان نمودند که دلیل کاهش وزن گیاهچه گندم، کاهش قدرت تحرک مواد ذخیره‌ای در دانه و انتقال آنها از لپه به محور رویانی است. نتایج حاصل از بررسی انتقال مواد فتوسنتزی در یونجه حاکی از آن است که اختصاص کربوهیدرات‌ها به ریشه و برگ‌ها نسبت به ساقه اولویت دارد و به همین دلیل وزن ماده خشک به نسبت بیشتری کاهش می‌یابد. نسبت ریشه به ساقه در تیمار تنش شدید به طور معنی‌داری بیشتر از تیمارهای تنش متوسط و بدون تنش بود و دلیل این موضوع این است که با افزایش تنش خشکی از رشد اندام‌های هوایی و زیرزمینی کاسته می‌شود، ولی رشد اندام‌های زیرزمینی کمتر از رشد اندام‌های هوایی کاهش می‌یابد. گیاه در شرایط تنش سهم بیشتری از مواد فتوسنتزی را به ریشه اختصاص می‌دهد و این ویژگی باعث می‌شود که گیاه بتواند در شرایط خشکی آب مورد نیاز سایر قسمت‌های خود را فراهم کند (۱۴،۱۰). اختلاف طول ریشه و وزن خشک ریشه‌ها و نسبت ریشه به ساقه بین سطوح خشکی معنی‌دار بود و با افزایش تنش خشکی طول ریشه‌ها نیز کاهش یافت. وزن خشک ریشه در تیمار بدون تنش بیشترین و در تیمار تنش شدید کمترین بود و با افزایش تنش خشکی نسبت وزن ریشه به اندام هواییافزایش یافت. ساناداهو و لود (۳۸) با مطالعه نسبت وزنریشه به شاخ و برگ (ساقه) در گندم نان نشان دادند که در واریته هائی که نسبت به گرما و خشکی مقاومند، میزان وزن خشک ریشه به وزن شاخ و برگ (ساقه) بوته بیشتر از ارقام غیرمقاوم است. وزن خشک ریشه گندم نیز در شرایط تنش خشکی نسبت به بدون تنش کاهش یافت (۱۶). در مطالعه گنجعلی و باقری (۹) روی نخود ارقام متحمل‌تر به تنش خشکی طول و وزن خشک ریشه بیشتری داشتند.

میانگین عملکرد بیولوژیک در سطح شاهد در رقم بک کراس روشن زمستانه بیشترین و در ارقام اترک و اینیا کمترین مقدار بود. در سطح تنش خشکی ۰/۶- مگاپاسگال بیشترین میانگین در رقم میهن و کمترین میانگین در رقم مغان ۱ مشاهده شد. در تنش خشکی ۱/۲- مگاپاسگال بیشترین عملکرد بیولوژیک مربوط به رقم میهن و کمترین مقدار مربوط به ارقام بک کراس روشن زمستانه، رسول و گاسکوژن بود (جدول ۴). کاهش پتانسیل اسمزی می‌تواند جذب آب و مواد غذایی توسط ریشه را مختل کرده، فتوسنتز را کاهش دهد و موجب کاهش ماده خشک اندام هوایی و به دنبال آن کاهش عملکرد بیولوژیک تحت تنش خشکی شود. سیناکی و همکاران (۴۱) روی تاثیر تنش کم آبی بر مراحل رشد کلزا تحقیقی انجام داده و گزارش نمودند که عملکرد بیولوژیک این گیاه تحت شرایط تنش خشکی متوسط و شدید به میزان ۲۰/۷ در صد و ۳۱/۲ در صد نسبت به شاهد کاهش می‌یابد. توکل و پاک نیت (۴۸) گزارش کردند که با افزایش سطح تنش خشکی، وزن خشک اندام هوایی و عملکرد بیولوژیک گندم کاهش یافت.

مقایسه میانگین ارقام از نظر شاخص‌های تحمل تنش و عملکرد بیولوژیک در شرایط بدون تنش (Yp) و تنش (Ys) نشان داد که از نظر عملکرد بیولوژیک در شرایط بدون تنش (Yp)، ارقام میهن، بک‌کراس‌روشن و آرتا بیشترین میانگین، از نظر عملکرد بیولوژیک در شرایط تنش (sY)، ارقام میهن، رسول، کویر، اروم و مغان ۲، از نظر شاخص MP، ارقام میهن، رسول، اروم و آرتا و از نظر شاخص‌های HARM، STI و GMP ارقام میهن، رسول، کویر و اروم بیشترین میانگین را دارا بودند (جدول ۵).

تجزیه خوشه‌ای

گروه‌بندی ارقام با استفاده از تجزیه خوشه‌ای براساس میانگین استاندارد شده صفات به روش Ward در سه سطح شاهد، تنش خشکی ۰/۶- مگاپاسگال و تنش خشکی ۱/۲- مگاپاسگال به‌طور جداگانه انجام شد (شکل‌های ۱، ۲ و ۳). برای تعیین تعداد مطلوب گروه‌ها، تجزیه واریانس چندمتغیره بر پایه تجزیه واریانس یکطرفه نامتعادل برای هر یک از سطوح تنش صورت گرفت و گروه‌های حاصل در سطح احتمال یک‌درصد اختلاف معنی‌دار داشتند. برای این منظور گروه‌های حاصل از تجزیه خوشه‌ای به عنوان تیمار و ارقام داخل هر گروه به عنوان تکرار در نظر گرفته شدند و با در نظر گرفتن همه صفات تجزیه واریانس چند متغیره انجام شد (جدول تجزیه واریانس ارایه نشده است). در هر سه سطح ارقام در فاصله ۱۵ از نمودار درختی به سه گروه تقسیم شدند. در سطح شاهد، گروه اول شامل ارقام زرین، توس، مغان ۱، اترک، اینیا و گاسپارد، گروه دوم شامل ارقام آرتا، بک‌کراس‌روشن، تجن، گاسکوژن و شیرودی گروه سوم شامل ارقام رسول، میهن، مغان ۳، اروم، مغان ۲، سوسن، کویر، ارگ و دریا بودند (شکل ۱). در شرایط بدون تنش با توجه به میانگین صفات مورد مطالعه می‌توان نتیجه گرفت که ارقام گروه دوم با داشتن میانگین بالا برای تعداد بیشتری از صفات در گروه ارقام بهتر قرار گرفتند.

در سطح تنش خشکی ۰/۶- مگاپاسگال، گروه اول شامل ارقام گاسپارد، بک‌کراس‌روشن، مغان ۱، مغان ۳، دریا، سوسن،

ارگ، توس، اروم، اینیا، زرین و اترک بود که ارقام این گروه از نظر صفات وزن خشک ریشه، وزن خشک اندام هوایی و عملکرد بیولوژیک میانگین بالایی دارا بودند. در گروه دوم ارقام مغان ۲، رسول و میهن جای گرفتند که از نظر تعدادی از صفات مانند وزن خشک اندام هوایی و عملکرد بیولوژیک میانگین بالایی را دارا بودند. گروه سوم شامل ارقام آرتا، شیرودی، تجن، کویر و گاسکوژن بود و از نظر صفاتی مانند طول ریشه، وزن تر ریشه، وزن تر اندام هوایی، وزن خشک ریشه و r/s وزن خشک میانگین بالایی را داشت. (شکل ۲). در شرایط تنش خشکی ۰/۶- مگاپاسگال ارقام گروه سوم با داشتن میانگین بالا برای اکثر صفات در گروه ارقام متحمل و ارقام گروه دوم در گروه ارقام نیمه متحمل قرار گرفتند.

جدول ۲- تجزیه واریانس صفات مورد بررسی در ارقام گندم در شرایط تنش خشکی

Table 2. Analysis of variance for studied traits in wheat cultivars at drought stress condition

		میانگین مربعات						
منابع تغییر	درجه آزادی	طول ریشه(cm)	وزن تر ریشه (gr)	وزن تر اندام هوایی (gr)	وزن خشک ریشه (gr)	وزن خشک اندام هوایی (gr)	عملکرد بیولوژیک (gr)	نسبت r/s
تکرار	۲	۱۳۲/۵۶*	۰/۰۰۰۰۷۲^{ns}	۰/۰۱۶^{ns}	۰/۰۰۰۰۷۴^{ns}	۰/۰۰۵۸^{ns}	۰/۰۰۵۸^{ns}	۰/۱۰۵^{ns}
تنش	۲	۳۳۷۸/۷۸**	۱۳/۹۰**	۱۴/۸۱**	۰/۱۱**	۰/۴۰۳**	۰/۹۴**	۰/۰۹^{ns}
رقم	۱۹	۲۱۶/۵۹**	۰/۶۶**	۰/۹۱**	۰/۰۰۳**	۰/۰۱۷**	۰/۰۱۶**	۰/۲۳**
تنش×رقم	۳۸	۱۱۶/۸۲**	۰/۸۴**	۱/۲۱**	۰/۰۰۱۴**	۰/۰۰۳۷*	۰/۰۰۵۶**	۰/۰۷*
خطا	۱۱۸	۳۲/۸۰	۰/۱۱	۰/۰۷۷	۰/۰۰۰۴۷	۰/۰۰۲۲	۰/۰۰۲۹	۰/۰۴۴
ضریب تغییرات (٪)		۱۴/۹	۲۶/۱۸	۳۱/۷۸	۲۲/۴	۲۲/۶۹	۱۶/۲۵	۳۹/۹۸

ns، * و **: به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

جدول ۳- تجزیه واریانس عملکرد بیولوژیک و شاخص‌های تحمل تنش خشکی در ارقام گندم

Table 3. Analysis of variance for biological yield and drought tolerance indices in wheat cultivars

		میانگین مربعات				
منابع تغییر	درجه آزادی	عملکرد بیولوژیک در شرایط تنش	میانگین بهره‌وری	شاخص تحمل به تنش	میانگین هارمونیک	میانگین هندسی بهره‌وری
تکرار	۲	۰/۰۰۴۶^{ns}	۰/۰۰۳۷^{ns}	۰/۰۴۷^{ns}	۰/۰۰۵^{ns}	۰/۰۰۴۴*
تنش	۱	۰/۱۷**	۰/۰۴۳**	۰/۸۵**	۰/۱۲**	۰/۰۷۸**
رقم	۱۹	۰/۰۱۴**	۰/۰۱**	۰/۱۳**	۰/۰۱۳**	۰/۰۱۱**
تنش×رقم	۱۹	۰/۰۰۳۶^{ns}	۰/۰۰۰۸۹^{ns}	۰/۰۲^{ns}	۰/۰۰۲۵^{ns}	۰/۰۰۱۷^{ns}
خطا	۷۸	۰/۰۰۲۲	۰/۰۰۱۲	۰/۰۱۷	۰/۰۰۱۷	۰/۰۰۱۴
ضریب تغییرات (٪)		۱۹/۹۹	۱۰/۳۹	۲۴/۵۱	۱۳/۷۳	۱۱/۷۰

ns، * و **: به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

جدول ۴- مقایسه میانگین ارقام گندم از نظر صفات مورد مطالعه در سه سطح تنش خشکی

Table 4- Comparition of wheat cultivar's mean for studied traits in three levels of drought stress

	طول ریشه			وزن تر ریشه			وزن تر اندام هوایی		
ارقام گندم	شاهد	تنش خشکی ۰/۶- مگاپاسگال	تنش خشکی ۱/۲- مگاپاسگال	شاهد	تنش خشکی ۰/۶- مگاپاسگال	تنش خشکی ۱/۲- مگاپاسگال	شاهد	تنش خشکی ۰/۶- مگاپاسگال	تنش خشکی ۱/۲- مگاپاسگال
مغان ۱	۴۱/۲۵$^{d-f}$	۳۸$^{c-e}$	۲۷/۲۵$^{d-f}$	۰/۵۲$^{b-e}$	۱/۹۲$^{b-f}$	۰/۵۵^{f}	۰/۶۲^{de}	۱/۱۱^{ab}	۰/۳۳$^{b-e}$
مغان ۲	۴۵/۳۳$^{c-e}$	۴۰$^{c-e}$	۲۷/۳$^{d-f}$	۱/۰۹^{bc}	۱/۷۸$^{b-f}$	۰/۸۹$^{c-f}$	۱/۴۲^{c}	۰/۹۹^{ab}	۰/۲۹$^{c-g}$
مغان ۳	۴۶/۳۳$^{b-d}$	۴۳/۶$^{b-d}$	۲۸/۲۵$^{c-f}$	۱/۰۴ ^{bcd}	۳$^{b-e}$	۱/۳۲^{ab}	۱/۴۷^{c}	۱/۱۹^{ab}	۰/۴۲$^{a-c}$
آرتا	۴۷/۳۳$^{b-d}$	۴۲$^{b-e}$	۳۳$^{a-c}$	۰/۸۶$^{b-e}$	۲/۹۲^{a}	۰/۸۹$^{c-f}$	۱/۲۲^{cd}	۱/۱۶^{ab}	۰/۲۹$^{c-g}$
اترک	۳۴^{f}	۳۰/۵^{de}	۳۲/۲۵$^{a-e}$	۱/۱۹^{b}	۱/۱۹^{f}	۰/۸۶$^{c-f}$	۰/۶۴^{b}	۰/۸۶$^{c-e}$	۰/۲۵$^{d-g}$
شیرودی	۵۹/۶۶^{a}	۵۸^{a}	۳۶/۷۵$^{a-c}$	۰/۷$^{b-e}$	۲/۳۵$^{a-c}$	۱/۲۹^{ab}	۰/۳۹^{e}	۱/۲۶^{a}	۰/۳۳$^{b-f}$
کویر	۵۴/۳۳$^{a-c}$	۵۳^{ab}	۱۶/۸۴^{g}	۰/۶۵$^{b-e}$	۱/۷۴$^{b-f}$	۰/۶۶^{ef}	۰/۵۹^{de}	۱/۲۷^{a}	۰/۲۲$^{e-g}$
دریا	۵۳/۶۶$^{a-c}$	۴۷/۵a^{bc}	۳۵$^{a-d}$	۰/۷۱$^{b-e}$	۱/۶۲$^{c-f}$	۰/۹۵$^{b-e}$	۰/۵۴^{de}	۰/۹۹^{ab}	۰/۲۴$^{e-g}$
ارگ	۵۶/۷۵^{ab}	۳۴^{de}	۳۹/۵^{a}	۰/۹۲$^{b-e}$	۱/۸۲$^{b-f}$	۱/۲۹^{ab}	۱/۴۱^{c}	۱/۰۲^{ab}	۰/۳۸$^{b-d}$
اروم	۴۳/۷۵$^{c-f}$	۳۵/۱۶$^{c-e}$	۳۸/۵^{ab}	۰/۹۳$^{b-e}$	۲/۲۴$^{a-d}$	۱/۰۶$^{a-d}$	۰/۵۲^{e}	۱/۰۴^{ab}	۰/۲۸$^{d-g}$
سوسن	۴۳/۵$^{c-f}$	۳۳/۷۵^{de}	۳۳/۹۵$^{a-d}$	۰/۶۹$^{b-e}$	۱/۴۶$^{d-f}$	۰/۶۳^{ef}	۱/۴۵^{c}	۱/۰۳^{ab}	۰/۱۹^{fg}
اینیا	۴۸/۵$^{b-d}$	۳۱/۵۸^{de}	۲۹/۷۵$^{b-e}$	۲/۵۶^{a}	۱/۲۵^{ef}	۰/۷۶$^{d-f}$	۲/۶۹^{b}	۰/۹۸^{ab}	۰/۲۲$^{e-g}$
زرین	۳۳/۷۵^{f}	۲۸/۴۱^{e}	۲۸/۲۵$^{c-f}$	۲/۵۱^{a}	۱/۸۳$^{d-f}$	۱/۲۸^{ab}	۳/۲۲^{ab}	۰/۹۲^{ab}	۰/۳۳$^{b-f}$
توس	۳۴/۵^{ef}	۳۰^{de}	۳۰/۵$^{a-e}$	۲/۰۹^{a}	۱/۴۹$^{b-f}$	۰/۶۵^{ef}	۳/۴۴^{a}	۱/۱۲^{ab}	۰/۱۸^{g}
گاسپارد	۴۱/۵$^{d-f}$	۳۰/۳۳^{de}	۳۵$^{a-d}$	۲/۱۴^{a}	۱/۹۸$^{b-f}$	۰/۷۷$^{d-f}$	۲/۷۸^{b}	۱/۱۸^{ab}	۰/۲۲$^{e-g}$
بک‌کراس‌روشن	۵۳/۵$^{a-c}$	۳۲/۵۸^{de}	۳۲/۳۳$^{a-e}$	۰/۴۳$^{c-e}$	۱/۸۳$^{b-f}$	۱/۲۲$^{a-c}$	۰/۲۵^{e}	۱/۳۶^{a}	۰/۴۳^{ab}
رسول	۴۶/۷۵$^{b-d}$	۳۹/۱۶$^{c-e}$	۱۹/۸۵^{fg}	۰/۴۱$^{c-e}$	۱/۲۷^{ef}	۰/۶۵^{ef}	۰/۳۴^{e}	۱/۱۳^{ab}	۰/۳۳$^{b-e}$
تجن	۴۱$^{d-f}$	۳۹/۰۸$^{c-e}$	۲۴/۵$^{e-g}$	۰/۳۸$^{d-e}$	۲/۵^{ab}	۱/۱۹$^{a-c}$	۰/۳۳^{e}	۱/۴۲^{a}	۰/۲۲$^{e-g}$
گاسکوژن	۴۷/۵$^{b-d}$	۴۰$^{c-e}$	۲۸/۷۵$^{c-e}$	۰/۴۰$^{c-e}$	۲/۰۳$^{b-e}$	۱/۰۸$^{a-d}$	۰/۳۴^{e}	۱/۴۷^{a}	۰/۴۵^{ab}
میهن	۴۲/۲۵$^{d-f}$	۳۴/۶۶$^{c-e}$	۳۷/۵$^{a-c}$	۰/۳۲^{e}	۱/۳۳^{ef}	۱/۳۵^{a}	۰/۳۴^{e}	۰/۹۸^{ab}	۰/۵۴^{a}

میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون براساس آزمون دانکن در سطح احتمال یک درصد تفاوت معنی‌داری باهم ندارند.

ادامه جدول ۴- مقایسه میانگین ارقام گندم از نظر صفات مورد مطالعه در سه سطح تنش خشکی

Continue of Table 4. Mean comparition of wheat cultivars for studied traits in three levels of drought stress

ارقام گندم	وزن خشک ریشه			وزن خشک اندام هوایی			r/s			عملکرد بیولوژیک		
	شاهد	تنش خشکی ۶- مگاپاسگال	تنش خشکی ۱/۲- مگاپاسگال	شاهد	تنش خشکی ۰/۶- مگاپاسگال	تنش خشکی ۱/۲- مگاپاسگال	شاهد	تنش خشکی ۰/۶- مگاپاسگال	تنش خشکی ۱/۲- مگاپاسگال	شاهد	تنش خشکی ۰/۶- مگاپاسگال	تنش خشکی ۱/۲- مگاپاسگال
مغان ۱	۰/۱۳$^{a-f}$	۰/۰۵۹$^{f-h}$	۰/۰۲۵^{d}	۰/۲۴۶$^{c-e}$	۰/۱۲۲^{cd}	۰/۱۱۱^{de}	۰/۵۳۹$^{b-d}$	۰/۴۹۸$^{b-d}$	۰/۳۲۸$^{a-g}$	۰/۳۷۹$^{a-f}$	۰/۱۸۱^{f}	۰/۱۴۶$^{c-e}$
مغان ۲	۰/۱۲^{ef}	۰/۰۷۲$^{e-h}$	۰/۰۶۵^{bc}	۰/۳۰۴$^{a-e}$	۰/۳۰۰^{ab}	۰/۱۳۹$^{b-e}$	۰/۳۸۷^{d}	۰/۲۴۷^{cd}	۰/۶۲۴$^{a-c}$	۰/۴۲۳$^{b-f}$	۰/۳۷۲$^{a-c}$	۰/۲۰۵$^{a-d}$
مغان ۳	۰/۱۳$^{d-f}$	۰/۰۷۷$^{d-h}$	۰/۰۷۴^{b}	۰/۳۴۴^{ab}	۰/۱۳۱^{cd}	۰/۱۲۰^{de}	۰/۳۷۲^{d}	۰/۸۲۹^{ab}	۰/۶۲۱$^{a-c}$	۰/۴۷۲$^{a-d}$	۰/۲۰۸^{ef}	۰/۱۹۴$^{b-e}$
آرتا	۰/۱۹$^{a-c}$	۰/۰۸۸$^{b-e}$	۰/۰۶۱$^{b-d}$	۰/۲۸۶$^{a-e}$	۰/۱۹۹^{cd}	۰/۱۱۹^{de}	۰/۶۷۵$^{b-d}$	۰/۴۴۴$^{b-d}$	۰/۵۱۰$^{b-f}$	۰/۵۱۲^{ab}	۰/۲۸۸$^{c-e}$	۰/۱۸۱$^{b-e}$
اترک	۰/۱^{f}	۰/۰۸۲$^{c-f}$	۰/۰۷۳^{b}	۰/۲۶۵$^{a-e}$	۰/۱۷^{cd}	۰/۱۲۴$^{c-e}$	۰/۳۹۵^{d}	۰/۵۳۹$^{b-d}$	۰/۵۹۱$^{a-c}$	۰/۳۶۴^{ef}	۰/۲۵۲$^{d-f}$	۰/۱۹۷$^{b-e}$
شیرودی	۰/۲۲^{a}	۰/۱۲۳^{a}	۰/۰۲۱^{a}	۰/۲۷۴$^{a-e}$	۰/۱۳۵$^{c-e}$	۰/۱۵۴^{cd}	۰/۸۶۶^{ab}	۱/۰۷۵^{a}	۰/۹۱۴$^{a-c}$	۰/۴۶۷$^{a-d}$	۰/۲۶۱$^{d-f}$	۰/۱۹۸$^{b-e}$
کویر	۰/۱۳$^{d-f}$	۰/۱$^{a-d}$	۰/۰۵۴$^{b-d}$	۰/۳۱۹$^{a-d}$	۰/۲۰۱$^{a-c}$	۰/۲۱۹^{bc}	۰/۴۰۹^{d}	۰/۴۵۵$^{b-d}$	۰/۲۷۳^{a}	۰/۴۵۰$^{a-e}$	۰/۳۱۹$^{b-d}$	۰/۲۵۶^{ab}
دریا	۰/۱۱^{ef}	۰/۰۷۲$^{e-h}$	۰/۰۵۷$^{b-d}$	۰/۲۸۸$^{a-e}$	۰/۱۱۹^{de}	۰/۱۹۴^{cd}	۰/۴۱۸^{cd}	۰/۳۸۲$^{b-d}$	۰/۴۸۷^{fg}	۰/۴۰۳$^{c-f}$	۰/۲۶۶$^{d-f}$	۰/۱۷۷$^{b-e}$
ارگ	۰/۱۳$^{d-f}$	۰/۱۰۲$^{a-d}$	۰/۰۷۸^{b}	۰/۳۰۸$^{a-e}$	۰/۲۰۰^{cd}	۰/۱۵۱$^{b-e}$	۰/۴۴۱^{cd}	۰/۵۱۱$^{b-d}$	۰/۷۰۸$^{a-c}$	۰/۴۳۴$^{b-f}$	۰/۳۰۳$^{b-e}$	۰/۲۳۰$^{a-c}$
اروم	۰/۱۴$^{c-f}$	۰/۰۸۲$^{c-f}$	۰/۰۷۲^{b}	۰/۳۶۱^{a}	۰/۱۷۳^{cd}	۰/۱۷۰$^{b-d}$	۰/۳۸۸^{d}	۰/۴۹۴$^{b-d}$	۰/۴۶۷$^{b-g}$	۰/۵۰۱^{abc}	۰/۲۵۶$^{d-f}$	۰/۲۴۳^{ab}
سوسن	۰/۱۲e^{f}	۰/۰۵۷^{gh}	۰/۰۶۴$^{b-d}$	۰/۲۹۴$^{a-e}$	۰/۲۲۰^{bc}	۰/۱۴۷$^{b-e}$	۰/۴۲۹^{cd}	۰/۷۷۷^{cd}	۰/۴۲۶$^{b-g}$	۰/۴۱۶$^{b-f}$	۰/۲۷۷$^{c-f}$	۰/۲۱۰$^{a-d}$
اینیا	۰/۱۱^{f}	۰/۰۹۵$^{b-e}$	۰/۰۶۵^{bc}	۰/۲۲۷^{de}	۰/۱۳۵^{cd}	۰/۰۸۶^{e}	۰/۴۶۹^{cd}	۰/۷۰۵$^{a-c}$	۰/۷۶۹^{ab}	۰/۳۳۴^{f}	۰/۲۳۱$^{d-f}$	۰/۱۵۱$^{c-e}$
زرین	۰/۱۴$^{c-f}$	۰/۰۹۵$^{b-e}$	۰/۰۶۴$^{b-d}$	۰/۳۵۸^{a}	۰/۱۳۴^{cd}	۰/۱۳۴$^{c-e}$	۴۱۰^{d}	۰/۷۹۲^{ab}	۰/۴۸۰$^{b-g}$	۰/۵۰۱^{abc}	۰/۲۳۰$^{d-f}$	۰/۲۵۵^{ab}
توس	۰/۱۳$^{d-f}$	۰/۰۹۶$^{b-e}$	۰/۰۵۴$^{b-d}$	۰/۳۲۸^{abc}	۰/۱۷۸^{cd}	۰/۱۵۲$^{b-e}$	۰/۴۱۱^{d}	۰/۶۰۴$^{a-d}$	۰/۳۶۸$^{c-g}$	۰/۴۵۹$^{a-e}$	۰/۲۷۳$^{d-f}$	۰/۲۰۷$^{b-d}$
گاسپارد	۰/۱۵$^{b-f}$	۰/۰۹۳$^{b-e}$	۰/۰۶۷^{b}	۰/۳۲۶^{ae}	۰/۱۱۴^{d}	۰/۱۰۶^{de}	۰/۶۶۶$^{b-d}$	۰/۸۳۴^{ab}	۰/۶۹۷$^{a-d}$	۰/۳۷۴$^{d-f}$	۰/۲۰۷^{ef}	۰/۱۷۳$^{b-e}$
بک‌کراس‌روشن	۰/۱۹$^{a-d}$	۰/۰۹۶$^{b-e}$	۰/۰۳۸^{cd}	۰/۳۶۱^{a}	۰/۱۱۴^{d}	۰/۰۹۷^{de}	۰/۵۱۷$^{b-d}$	۰/۸۴۱^{ab}	۰/۴۰۰$^{c-g}$	۰/۵۴۸^{a}	۰/۲۱۰^{ef}	۰/۱۳۵d^{e}
رسول	۰/۱۲^{ef}	۰/۰۵۶^{n}	۰/۰۳۵^{d}	۰/۳۵۸^{a}	۰/۳۳۳^{a}	۰/۲۱۴^{ab}	۰/۳۳۹^{d}	۰/۱۷۱^{d}	۰/۱۶۵^{fg}	۰/۴۷۳$^{a-d}$	۰/۳۸۹^{ab}	۰/۲۵۰^{ab}
تجن	۰/۲۰^{ab}	۰/۰۸۱$^{c-g}$	۰/۰۳۶^{d}	۰/۲۲۲^{e}	۰/۱۶۲^{cd}	۰/۰۷۹^{e}	۱/۰۳۴^{a}	۰/۴۹۷$^{b-d}$	۰/۴۵۹$^{b-g}$	۰/۴۲۵$^{b-f}$	۰/۲۴۳$^{d-f}$	۰/۱۱۵^{e}
گاسکوژن	۰/۱۷$^{a-e}$	۰/۱۱^{ab}	۰/۰۳۶^{d}	۰/۲۵۴$^{b-e}$	۰/۱۷۱^{cd}	۰/۱۱۶^{de}	۰/۷۷۸$^{a-c}$	۰/۷۱۰$^{a-c}$	۰/۳۰۴$^{e-g}$	۰/۴۲۹$^{b-f}$	۰/۲۸۱$^{c-f}$	۰/۱۵۴$^{c-e}$
میهن	۰/۱۳$^{d-f}$	۰/۱۰۶$^{a-c}$	۰/۰۳۴^{d}	۰/۳۵۶^{a}	۰/۲۹۸^{ab}	۰/۲۵۲^{a}	۰/۳۵۸^{d}	۰/۳۶۹$^{b-d}$	۰/۱۳۵^{g}	۰/۴۸۳^{abc}	۰/۴۲۱^{a}	۰/۲۸۶^{a}

میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون براساس آزمون دانکن در سطح احتمال یک درصد تفاوت معنی‌داری باهم ندارند.

جدول ۵- مقایسه میانگین ارقام گندم از نظر شاخص‌های تحمل تنش خشکی

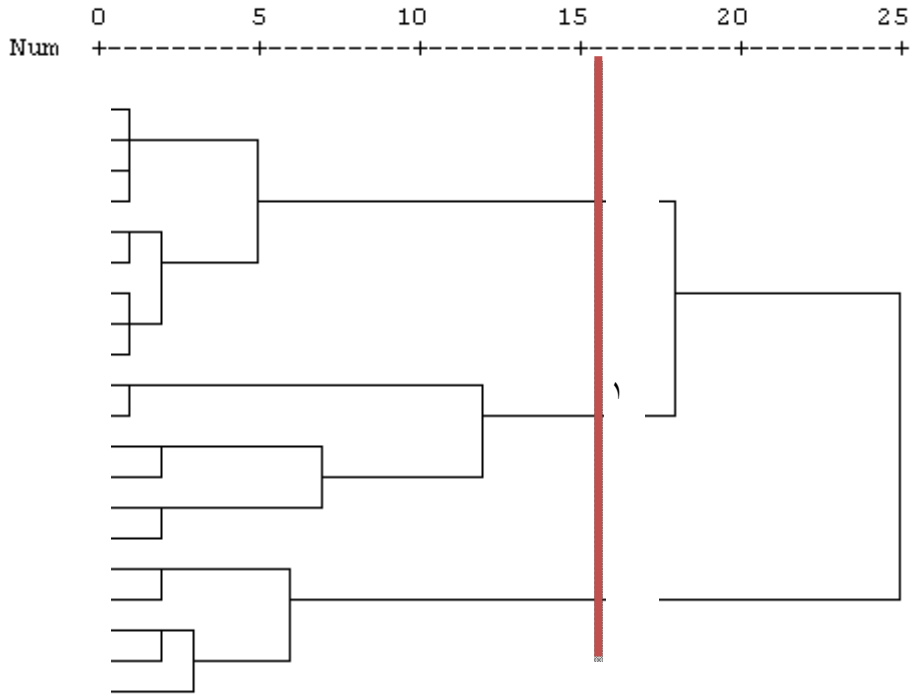
Table 5. Mean comparition of wheat cultivars for drought tolerance indices

ارقام گندم	عملکرد بیولوژیک شاهد Yp (g/m^2)	عملکرد بیولوژیک تنش YS (g/m^2)	میانگین بهره‌وری Mp (g/m^2)	شاخص تحمل به تنش STI (g/m^2)	میانگین هارمونیک HARM (g/m^2)	میانگین هندسی بهره‌وری GMP (g/m^2)
مغان ۱	۰/۳۷۹$^{a-f}$	۰/۱۶۳۸۳^{n}	۰/۲۷۱۵۸^{m}	۰/۳۱۶۲۳^{n}	۰/۲۲۷۳۶^{f}	۰/۲۴۸۳۶^{j}
مغان ۲	۰/۴۲۳$^{b-f}$	۰/۲۸۸۵b^{c}	۰/۳۵۵۵۸$^{b-e}$	۰/۶۲۷۶۴$^{b-e}$	۰/۳۳۰۶۳$^{b-d}$	۰/۳۴۲۲۴$^{b-e}$
مغان ۳	۰/۴۷۲$^{a-d}$	۰/۲۰۱۱۷$^{e-n}$	۰/۳۳۶۷۵$^{c-f}$	۰/۴۸۹۵۵$^{c-n}$	۰/۲۸۱۳۲$^{d-f}$	۰/۳۰۷۶۹$^{d-n}$
آرتا	۰/۵۱۲^{ab}	۰/۲۳۴۱۷$^{c-g}$	۰/۳۷۲۹۲^{bc}	۰/۶۱۲۲۹$^{b-e}$	۰/۳۱۶۹۴^{cd}	۰/۳۴۳۳۱$^{b-e}$
اترک	۰/۳۶۴^{ef}	۰/۲۲۴۸۳$^{c-h}$	۰/۲۹۴۲۵$^{f-i}$	۰/۴۱۶۶۴$^{i-n}$	۰/۲۷۵۵$^{d-f}$	۰/۲۸۴۶۷$^{i-j}$
شیرودی	۰/۴۶۷$^{a-d}$	۰/۲۲۹۳۳$^{c-g}$	۰/۳۴۸۳۳$^{b-e}$	۰/۵۵۰۵۲$^{c-f}$	۰/۳۰۱۴۱$^{c-e}$	۰/۳۲۳۷۷$^{c-f}$
کویر	۰/۴۵$^{a-e}$	۰/۲۸۷۳۳^{bc}	۰/۳۶۸۶۷$^{b-d}$	۰/۶۶۰۱۶^{bc}	۰/۳۴۸۹۹^{bc}	۰/۳۵۸۶۶^{bc}
دریا	۰/۴۰۳$^{c-f}$	۰/۲۲۱۵$^{d-h}$	۰/۳۱۲۲۵$^{e-n}$	۰/۴۵۴۰۴$^{e-n}$	۰/۲۸۱۷۴$^{d-f}$	۰/۲۹۶۴$^{e-j}$
ارگ	۰/۴۳۴$^{b-f}$	۰/۲۶۶۳۳$^{b-d}$	۰/۳۵۰۱۷$^{b-e}$	۰/۵۹۵۳۵$^{c-e}$	۰/۳۲۲۸۵$^{b-d}$	۰/۳۳۵۷۷$^{c-e}$
اروم	۰/۵۰۱$^{a-c}$	۰/۲۴۹۵$^{c-e}$	۰/۳۷۵۴۲^{bc}	۰/۶۳۹۰۹$^{b-d}$	۰/۳۳۰۶۷$^{b-d}$	۰/۳۵۲۱۷$^{b-d}$
سوسن	۰/۴۱۶$^{b-f}$	۰/۲۴۳۸۱$^{c-f}$	۰/۳۲۹۹۲$^{c-f}$	۰/۵۱۴۵۲$^{c-g}$	۰/۳۰۳۲$^{c-e}$	۰/۳۱۶۱۳$^{c-g}$
اینیا	۰/۳۳۴^{f}	۰/۱۹۱$^{e-h}$	۰/۲۶۲۶۷^{i}	۰/۳۲۶۷۹^{n}	۰/۲۴۰۵۳^{f}	۰/۲۵۱۲۳^{ij}
زرین	۰/۵۰۱$^{a-c}$	۰/۲۴۲۳۳$^{c-f}$	۰/۳۷۱۸۳^{bc}	۰/۶۱۹۹۵$^{b-e}$	۰/۳۲۴۴$^{b-d}$	۰/۳۴۷۱۲$^{b-e}$
توس	۰/۴۶$^{a-e}$	۰/۲۴۰۱۷$^{c-f}$	۰/۳۴۹۹۲$^{b-e}$	۰/۵۴۸۹۳$^{c-f}$	۰/۳۰۴۳۹$^{c-e}$	۰/۳۲۵۶۸$^{c-f}$
گاسپارد	۰/۳۷۴$^{d-f}$	۰/۱۹$^{e-h}$	۰/۲۸۲۱۷$^{g-i}$	۰/۳۶۳۹۲^{gh}	۰/۲۵۰۷۱^{ef}	۰/۲۶۵۸۷$^{h-j}$
بک‌کراس‌روشن زمستانه	۰/۵۴۸^{a}	۰/۱۷۲۶۷^{gh}	۰/۳۶۰۱۷$^{b-d}$	۰/۴۸۳۲۲$^{c-h}$	۰/۲۶۰۲۲^{ef}	۰/۳۰۵۶۱$^{d-h}$
رسول	۰/۴۷۳$^{a-d}$	۰/۳۱۹۵^{ab}	۰/۳۹۶۰۸^{ab}	۰/۷۷۶۳^{ab}	۰/۳۷۵۸۲^{ab}	۰/۳۸۵۷۱^{ab}
تجن	۰/۴۲۵$^{b-f}$	۰/۱۷۹۳۳$^{f-h}$	۰/۳۰۲۲۳$^{b-i}$	۰/۳۹۰۶۳$^{i-n}$	۰/۲۴۵۳۷^{f}	۰/۲۷۱۴۷$^{g-j}$
گاسکوژن	۰/۴۲۹$^{b-f}$	۰/۲۱۷$^{d-h}$	۰/۳۲۳$^{d-g}$	۰/۴۲۷۹۳$^{d-h}$	۰/۲۷۷۰۱$^{d-f}$	۰/۲۹۸۶۴$^{e-i}$
میهن	۰/۴۸۳$^{a-c}$	۰/۳۵۳۶۷^{a}	۰/۴۱۸۳۳^{a}	۰/۸۸۱۶۹^{a}	۰/۴۰۳۵۸^{a}	۰/۴۱۰۸۲^{a}

در شرایط تنش خشکی ۱/۲- مگاپاسگال، گروه اول شامل ارقام آرتا، دریا، مغان ۲، اترک، اینیا، گاسپارد، سوسن، توس، بک‌کراس‌روشن، گاسکوژن، مغان ۱ و تجن، گروه دوم شامل ارقام کویر، رسول و میهن، گروه سوم شامل ارقام ارگ، اروم، مغان ۳، زرین و شیرودی بودند (شکل ۳). در شرایط تنش خشکی ۱/۲- مگاپاسگال با توجه به میانگین صفات مورد مطالعه می‌توان نتیجه گرفت که ارقام گروه دوم با داشتن میانگین بالا برای اکثر صفات در گروه ارقام متحمل به تنش خشکی قرار گرفتند. ارقام گروه سوم با داشتن میانگین بالا برای تعدادی از صفات در گروه ارقام نیمه متحمل جای گرفتند. براساس شاخص‌های تحمل تنش خشکی ارقام مورد مطالعه در فاصله ی ۱۰ از نمودار درختی به سه گروه تقسیم شدند. ارقام مغان ۱، تجن، اینیا، گاسپارد و اترک در گروه اول قرار گرفتند. گروه دوم شامل ارقام رسول و میهن بود، ارقام مغان ۲، مغان ۳، اروم، زرین، آرتا، ارگ، کویر، دریا، گاسکوژن، سوسن، شیرودی، توس و بک‌کراس‌روشن در گروه سوم قرار گرفتند. ارقام گروه اول تنها از نظر شاخص STI بیشتر از میانگین کل بود و به‌عنوان گروه حساس در تحمل به تنش خشکی شناخته شد و ارقام گروه دوم از نظر تمامی شاخص‌ها و صفات میانگین بالایی را دارا بود و ارقام این گروه به عنوان ارقام متحمل شناخته شدند. ارقام گروه سوم از نظر تمامی صفات و شاخص‌ها به جز شاخص STI میانگین بالایی داشت، این گروه از نظر شاخص STI کمترین میانگین را نسبت به میانگین کل در بین بقیه شاخص‌ها و گروه‌ها دارا بود (شکل ۴).

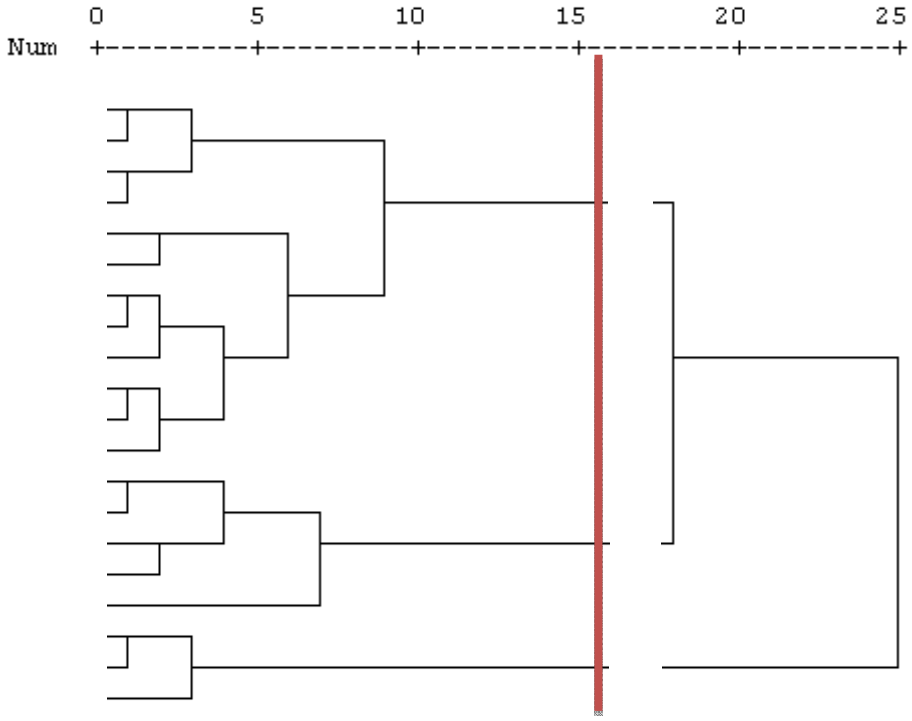
در مطالعه‌ای که توسط محمدی و همکاران (۲۷) روی ژنوتیپ‌های گندم دوروم انجام گرفت مشخص گردید که شاخص‌های تحمل تنش، بهره‌وری متوسط و میانگین هندسی بهره‌وری قادر به شناسایی ژنوتیپ‌هایی با عملکرد بالا در هر دو شرایط تنش و بدون تنش هنگامی که تنش متوسط است، هستند و شاخص بهره‌وری متوسط به عنوان مناسب‌ترین شاخص برای انتخاب ژنوتیپ‌های سازگار به شرایط تنش متوسط شناسایی شد. طالبی و همکاران (۴۶) نیز با مطالعه روی لاین‌های گندم دوروم به این نتیجه رسیدند که شاخص‌های میانگین هندسی بهره‌وری، بهره‌وری متوسط و شاخص تحمل خشکی شاخص‌های مطلوبی برای شناسایی لاین‌های گندم تحت شرایط تنش و بدون تنش هستند. محمدنیا و همکاران (۲۸) از شاخص‌های مختلف تحمل در گندم دوروم استفاده کردند و نتیجه گرفتند که شاخص‌های میانگین هندسی بهره‌وری، بهره‌وری متوسط و شاخص تحمل خشکی شاخص‌های مطلوبی برای شناسایی لاین‌های گندم تحت شرایط تنش و بدون تنش هستند. زالی و همکاران (۵۲) در کلزا نتیجه مشابهی را گزارش کردند. محمدی و همکاران (۲۶) شاخص‌های GMP، HARM و STI را در گندم نان و همچنین گل‌آبادی و همکاران (۱۱) شاخص‌های GMP، STI و MP را به عنوان بهترین شاخص‌ها جهت دست‌یابی به ارقام پرمحصول در شرایط تنش و غیرتنش معرفی کردند.

در سطح تنش خشکی ۰/۶- مگاپاسگال ارقام آرتا، شیرودی، تجن، کویر و گاسکوژن به عنوان ارقام متحمل و ارقام مغان ۲، رسول و میهن به عنوان ارقام نیمه متحمل شناخته شدند و در سطح تنش خشکی ۱/۲- مگاپاسگال ارقام کویر، رسول و میهن به عنوان ارقام متحمل شناخته شد. براساس شاخص‌های تحمل تنش ارقام رسول و میهن، بهترین گروه شناخته شدند. با توجه به نتایج حاصل از گروه‌بندی ارقام با استفاده از صفات مورفولوژیک و شاخص‌های تحمل، در مجموع می‌توان گفت که رقم رسول و میهن به عنوان ارقام متحمل بودند و نتایج این دو گروه‌بندی تا حدود زیادی یکدیگر را تایید می‌کنند.

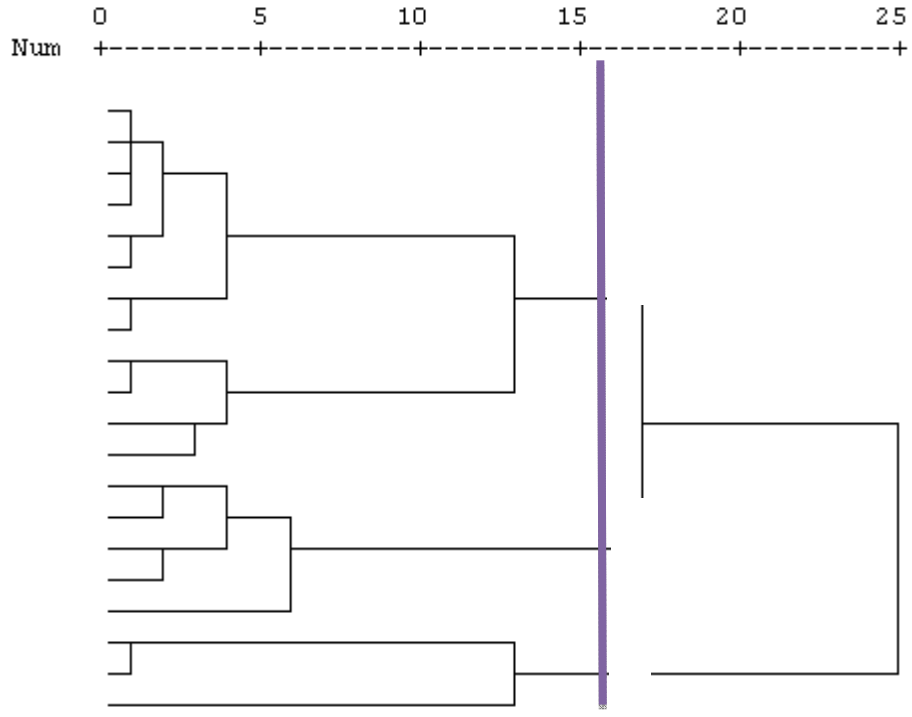


شکل ۱- گروه‌بندی ارقام گندم از نظر صفات مورفولوژیک مورد مطالعه به روش وارد در شرایط بدون تنش

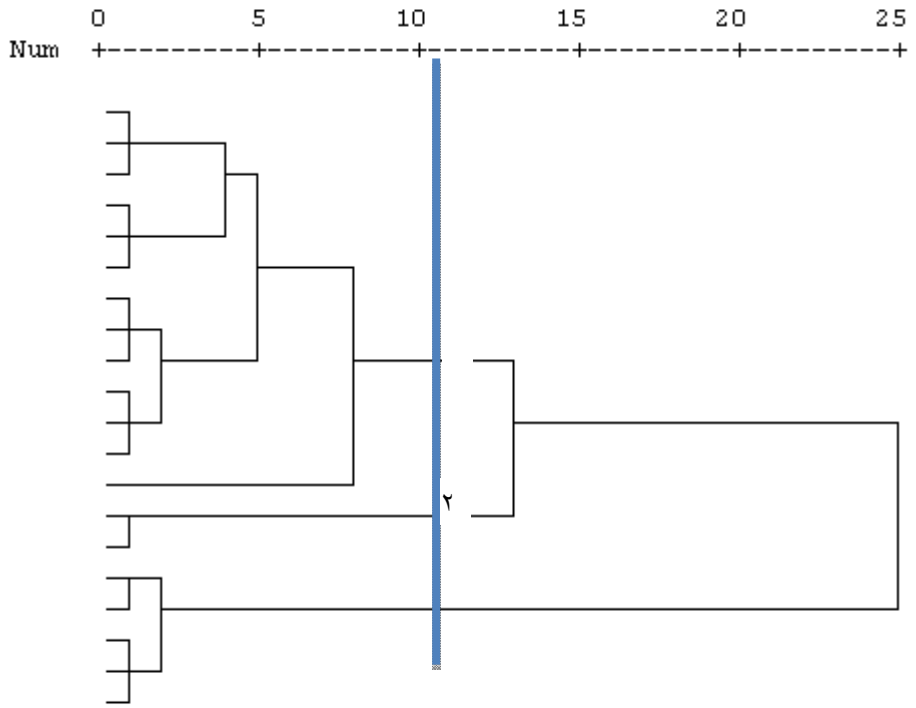
Figure 1. Grouping of wheat cultivars based on studied morphological traits using Ward method in non stress condition



شکل ۲- گروه‌بندی ارقام گندم از نظر صفات مورفولوژیک مورد مطالعه به روش وارد در شرایط تنش خشکی ۰/۶- مگاپاسگال
Figure 2. Grouping of wheat cultivars based on studied morphological traits using Ward method in -0.6 mega pascal drought stress condition



شکل ۳- گروه‌بندی ارقام گندم از نظر صفات مورفولوژیک مورد مطالعه به روش وارد در شرایط تنش خشکی ۱/۲- مگاپاسگال
Figure 3. Grouping of wheat cultivars based on studied morphological traits using Ward method in -1.2 mega pascal drought stress condition



شکل ۴- گروه‌بندی ارقام گندم براساس شاخص‌های تحمل به روش وارد
Figure 4. Grouping of wheat cultivars based on tolerance indices using Ward method

منابع

1. Abdalla, M.M. and N.H. El-Khoshiban. 2007. The influence of water stress on growth, relative water content, photosynthetic pigments, some metabolic and hormonal contents of two *Triticum aestivum cultivars*. Journal of Applied Science Research, 3: 2062-2074.
2. Akhundi, M. 2011. Effects of PEG stress on Geneva hydroponic plant types, the Eleventh Congress of Crop Science. Martyr Beheshti University, (In Persian).
3. Alizadeh, A. 2009. Relationship between soil and vegetation. Press Astan Quds Razavi. Mashhad, 353 pp. (In Persian).
4. Araus, J.L., G.A. Slafer, M.P. Reynolds and C. Royo. 2002. Plant breeding and drought in C3 cereal should we breed for?. Annals of Botany, 89: 925-940.
5. Ashraf, M. and M.R. Foolad. 2007. Roles of glycine betaine and proline in improving plant abiotic stress resistance. Environmental and Experimental Botany, 59: 206-216.
6. Bhatt, R.M. and N.K. Srinivasa Rao. 2005. Influence of pod load on response of okra to water stress. Indian Journal Plant Physiology, 10: 54-59.
7. Dardanelli, J.L., J.T. Ritchie, M. Calmon, J.M. Andriani and D.J. Collino. 2004. An empirical model for root water uptake. Field Crops Research, 87: 59-71.
8. Fernandez, G.C. 1992. Effective selection criteria for assessing plant stress tolerance. Proceeding of the International Symposium on Adaptation of Vegetablem and other Food Crops to Temperature Water Stress. Taiwan 13-18, August.
9. Ganjeali, A. and A. Bagheri. 2011. Evaluation of morphological characteristics of root chickpea (*Cicer arietinum* L.) in response to drought stress. Iranian Journal of Pulses Research, 1: 101-110 (In Persian).
10. Ganjeali, A., M. Kaffi and M. Sabet Teimouri. 2010. Evaluation of root and shoot physiological indices in chickpea (*Cicer arietinum* L.) under drought stress. Environmental Stresses in Crop Sciences, 3: 35-45.
11. Golabadi, M., A. Arzani and S.A.M. Mirmohammadi Maibody. 2006. Assesment of drought tolerance in segregating populations in durum wheat. African Journal of Agricultural Research, 1: 162-171 (In Persian).
12. Izanloo, A., H. Zeinali, G.A. Husseinzade and N. Majnoon Husseini. 2002. The best indicator of drought tolerance in soybean cultivars.The seventh key papers Crop Science Congress. Seed and Plant Improvement Institute, Karaj, 533-544 (In Persian).
13. Jamshidi Moghadam, M., H. Pakniat and E. Farshadfar. 2007. Evaluation of drought tolerance of chickpea (*Cicer arietinum L.*) Lines Using Agro-Physiologic Characteristics. Seed and Plant, 23: 325-342 (In Persian).

14. Kafi, M. and A. Mahdavi-e-Damghani. 2000. Mechanisms of plants to environmental Stresses. Ferdowsi University Publication. Mashhad, Iran. 449 pp (In Persian).
15. Karimi, H. 1993. Wheat. Tehran University Publication Center, First Printing, 599 pp (In Persian).
16. Khazaei, H. and M. Kafi. 2003. Effect of drought stress on root growth and dry matter partitioning between roots and shoots of winter wheat. Iranian Journal of Field Crops Research, 1: 33-41 (In Persian).
17. Krishnamurthy, L., J. Kashiwagi, H.D. Upadhyaya. 2003. Genetic diversity of drought avoidance root traits in the mini- core germplasm collection of chickpea. International Chickpea and Pigeon Pea Newsletters, 10: 21-24.
18. Kulkarni, M. and P. Swati. 2009. Evaluating Variability of Root Size System and Its Constitutive Traits in Hot Pepper (*Capsicum annum* L.) Under Water Stress. Scientia Horticulturae 120: 159-166.
19. Madakadze, I.C. 1999. Switchgrass biomass and chemical composition for biofuel in Eastern Canada. Agronomy Journal, 97: 696-701.
20. Masommi, A., H. Zamyad and M. Sarvari. 2005. Study on the root parameters of chickpea (*Cicer arientinum L.*) genotypes in the water stress conditions. In: Proceedings of the 1th Iranian Pulse Crops Symposiom. Mashhad, Iran. 579 pp (In Persian).
21. Matsuo, R.R. 1998. Durum wheat: its unique pasta-making properties. pp: 169-178, In: Bushuk, W. and Rasper, V.F. (Eds.), Wheat Production, Properties and Quality. Chapman and Hall. 255 pp.
22. Matsui, T. and B.B. Singh. 2003. Root characteristics in cowpea related to drought tolerance at the seedling stage. Experimental Agriculture, 39: 29-38.
23. Michel, B.E. and M.R. Kaufman. 1973. The osmotic potential of polyetylene glycol 6000. Plant Physiology, 51: 914-916.
24. Mirzaee, M.R. and S.M. Rezvani. 2008. Effect of drought stress on beet quality at different growth stages. Journal of Sugar Beet, 45: 42- 29 (In Persian).
25. Mohammadi, G., A. Javanshir, F. Rahimzadehkhoei, A. Mohammadi and S. Zehtabesalmasi. 2004. The effect of weeds interference on shoot and root growth and harvest index in chickpea. Journal of Agricultural Sciences, 6: 1-9 (In Persian).
26. Mohammadi, R., R. Haghparast and M. Aghaee. 2007. Selection criteria in the selection of drought tolerant genotypes of durum wheat. Ninth Congress of Crop Science, September, Tehran University, Abouraihan. 555 pp (In Persian).
27. Mohammadi, R., M. Armion, D. Kahrizi and A. Amri. 2010. Efficiency of screening techniques for evaluating durum wheat genotypes under mild drought conditions. International Journal of Plant Production, 4: 11-24.
28. Mohammadnia, Sh., A. Asghari, O. Sofalian, H. Mohammaddoust Chamanabad, R. Karimizadeh and A.A. Shokouhian. 1395. Evaluation of durum wheat lines using drought stress indices, Journal of Crop Breeding, 8: 11-23 (In Persian).
29. Nagarajan, S., J. Rane, M. Maheswari and P. Gambhir. 1999. Effectof postanthesis water stress on accumulation of dry matter, carbon andnitrogen and their partitioning of dry matter, carbon and nitrogen and theirpartitioning in wheat varieties differing in drought tolerance. Journal of Agronomy Crop Sciences, 129:136-183.
30. Okcu, G., M.D. Kaya and M. Atak. 2004. Effects of salt and drought stresses on germination and seedling growth of Pea (*Pisum sativum* L.) Agricultural, 29: 237-242.
31. Parry, M.A.J., P.J. Andralojic, S. khan, P.J.J. Lea and A.J. Keys. 2002. Rubisco Activity: effects of drought stress. Annals of Botany, 89: 833-839.
32. Patakas, A., N. Nikolaou, E. Zioziou, K. Radoglou and B. Niotsakis. 2002. The role of organic solute and ion accumulation in osmotic adjustment in drought-stressed grapevines. Plant Science, 163: 361-367.
33. Rane, J., M. Maheshwari and S. Nagarajan. 2001. Effect of pre-anthesis water stress on growth, photosynthesis and yield of six wheat cultivars differing in drought tolerance. Indian Journal of Plant Physiology, 6: 53-60.
34. Reddy, A.R., K.V. Claitanya and M. Vivekanadan. 2004. Drought-induced responses ophotosynthesis and antioxidant metabolism in higher plants. Journal of Plant Physiology, 161: 1189-1202.
35. Rosielle, A.A. and J. Hamblin. 1981. Theoretical aspects of selection for yield in stress and non-stress environments. Crop Science, 21: 943-946.
36. Sabaghpour, S.H., A.A. Mahmodi, A. Saeed, K. Masood and R.S. Malhotra. 2006. Study of chickpealines drought tolerance under dryland condition of Iran. Indian Journal of Crop Science, 1: 70-73.
37. Sadiqov, S.T., M. Akbulut and V. Ehmedov. 2002. Role of Ca^{2+} in drought stress signaling in wheat seedlings. Biochemistry, 67: 491-497.
38. Sandahu, A.S. and H.H. Laude. 1985. Effects of drought heat hardiness in winter wheat. Agronomy Journal, 50: 78-81.
39. Saxena, N.P., O. Singh, S.C. Sethi, L. Krishnamurthy, S.D. Singh and C. Johansen. 2005. Genetic enhancement of drought tolerance in chickpea (short note). (WWW. ICRISAT.org). 15 pp.
40. Shahriari, R. and D. Hassanpanah. 2006. Evaluation of indigenous and promising genotypes of wheat coleoptile length in vitro using manitol as an osmotic stress. Fourth Congress of Biotechnology, 252 pp (In Persian).
41. Sinaki, J.M., E.M. Heravan, A.H. Shirani Rad, G. Noormohammadi and G. Zarei. 2007. The Effects of water deficit during growth stages of Canola (*Brassica napus* L.). Journal of Agricultural and Environmental Sciences, 2: 417-422.
42. Sivritepe, N., U. Erturk, C. Yerlikaya, I. Turkan, M. Bor and F. Ozdemir. 2008. Response of the cherry rootstock to water stress induced in vitro. Biologia Plantarum, 52: 573-576.

43. Soltani, A. and S. Galeshi. 2002. Importance of rapid canopy closure for wheat production in a temperate subhumid environment: experimentation and simulation. Field Crops Res, 77: 17-30.
44. Specht, J., K. Chase, M. Macrander, G. Graef, J. Chung, J. Markwell, M. Germann, J. Orf and K. Lark. 2001. Soybean response to water: A QTL analysis of drought tolerance. Crop Science, 41: 493-502.
45. Srivastava, J.P., E. Acevedo and S. Varma. 1987. Drought tolerance in winter cereal. John Wiley, 375 pp.
46. Talebi, R., F. Fayaz and A. Mohammadnaji. 2009. Effective selection criteria for assessing drought stress tolerance in durum wheat (*Triticum aestivum* L.). Plant Physiology, 35: 64-74.
47. Turkan, I., M. Bor, F. Ozdemir and H. Koca. 2005. Differential responses of lipid peroxidation and antioxidants in the leaves of drought- tolerant P. acutifolius Gray and drought- sensitive *P. vulgaris L.* subjected to polyethylene glycol mediated water stress. Plant Science, 168: 223-231.
48. Tvakol, E. and H. Pakniyat. 2007. Evaluation of some Drought Resistance Criteria at Seedling Stage in Wheat (*Triticum aestivum* L.) Cultivars .Pakistan Journal of Biological Sciences, 10: 1113-1117.
49. Vajrabhaya, M., W. Kumpun and S. Chadchawan. 2001. The solute accumulation: the mechanism for drought tolerance in RD23 rice (*Oryza sativa* L.) lines. Science Asia, 27: 93-97.
50. Van Den Berg, L. and Y.J. Zeng. 2006. Response of South African indigenous grasss pecies to drought stress induced by polyethylene glycol (PEG) 6000. South African Journal of Boany, 72: 284-286.
51. Vinocur, B. and A. Altman. 2005. Recent advances in engineering plant tolerance to abiotic stress: achievements and limitations. Current Opinion in Biotechnology, 16: 123-132.
52. Zali1, H., T. Hasanloo, O. Sofalian, A. Asghari and M. Zeinalabedini. 2016. Appropriate strategies for selection of drought tolerant genotypes in canola Journal of Crop Breeding 8: 77-90 (In Persian).
53. Zhu, J., H. Kang, H. Tan and M. Xu. 2006. Effects of drought stresses induced by polyethylene glycol on germination of *Pinus sylvestris var. mongolica* seeds from natural and plantation forests on sandy land. Journal of Forest Research, 11: 319-328.

Study some of Wheat Cultivars Based on Morphological Traits and Drought Tolerance Indices

Maryam Tahmasbe Ali[1], Ali Asghari[2], Omid Sofalian[3], Hamidreza Mohammaddoust ChamanAbad[3] and Ali Rasoulzadeh[3]

1 and 3- M.Sc. and Associate Professor, of University of Mohaghegh Ardabil
2- Associate Professor, of University of Mohaghegh Ardabil, (Corresponding Author: ali_asgharii@yahoo.com)
Received: May 4, 2015 Accepted: October 26, 2015

Abstract

Basically, the most important limiting factor in plant growth is the lack of water. More lands in Iran are located in arid and semi-arid region and so identifying of ghenotype that can produce acceptable yield under drought conditions is essential. In order to identification of drought stress tolerant varieties, 20 wheat cultivars were evaluated at three stress levels (control, -0.6 and –1.2 MPa) and in aquaculture medium as a factorial experiment based on completely randomized block design with three replications in the green house of Mohaghegh Ardabili University based on root length, root and shoot fresh weight, root and shoot dry weight and root/shoot dry weight ratio. Stress levels were induced by using polyethylene glycol 6000. Results of ANOVA showed that the stress levels had significant effect on all traits. Also, Cultivars had significant differeces in all traits. The cultivars×stress interaction was significant in all studied traits. The drought tolerance indices of HARM, GMP, MP and STI were calculated based on yield in control (Yp) and stress levels (Ys). Results of ANOVA for indices showed significant difference between cultivars that showed different response of cultivars to drought stress. Comparisons of means were carried out by Duncan's method at one percent probability level. In all of traits the means of cultivars reduced by increasing of stress levels. According to cluster analysis results based on morphological traits in control level, the cultivars of Arta, BC Roshan, Tajan, Gascozen and shiroodi were beter than other cultivars. In -0.6 MPa stress level, the Arta, Shiriidi, Tajan, Kavir and Gascozen cultivars wre tolerant and Moghan2, Rasul and Mihan had partial tolerant to drought stress. In -1.2 MPa stress level, the Kavir, Rasul, Mihan were tolerant to stress. Totally, according to cluster analysis based on morphological traits and tolerance indices, the Rasul and Mihan cultivars were identified as tolerant cultivars.

Keywords: Cluster analysis, Tolerance, Water deficit stress, Wheat