DOI: http://dx.doi.org/10.22092/ijrdr.2013.3008

فصلنامهٔ علمی-پژوهشی تحقیقات مرتع و بیابان ایران
جلد ۲۰، شمارهٔ ۱، صفحهٔ ۱۹۸-۱۸۲ (۱۳۹۲)

ارزیابی مقاومت به خشکی عملکرد علوفه اکسشنهای گونه *Festuca arundinacea* با استفاده از شاخصهای مقاومت به خشکی

محسن فرشادفر*[۱]، علی‌اشرف جعفری[۲]، ایرج رضایی[۳]، عزت‌اله فرشادفر[٤]، فرزاد مرادی[٥] و هوشمند صفری[٦]

۱*- نویسنده مسئول، استادیار مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی کرمانشاه و دانشگاه پیام نور
پست‌الکترونیک: Farshadfarmohsen@yahoo.com
۲- دانشیار، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، تهران
۳- کارشناس ارشد اصلاح نباتات دانشگاه آزاد کرمانشاه
٤- استاد، دانشکده کشاورزی، دانشگاه رازی کرمانشاه
٥- دستیار علمی، گروه کشاورزی، دانشگاه پیام نور
٦- مربی پژوهشی، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان کرمانشاه

تاریخ دریافت: ۹۰/۰۲/۱۸ تاریخ پذیرش: ۹۱/۰٤/۰۳

چکیده

مقاومت به خشکی، عملکرد علوفه ۳٦ اکسشن از گونه *Festuca arundinacea* در قالب طرح بلوکهای کامل تصادفی با سه تکرار در دو محیط آبی و دیم مورد ارزیابی قرار گرفت. وجود تنوع معنی‌دار ($p<۰/۰۱$) در بین دو محیط تنش و بدون تنش و همچنین در بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی برای عملکرد علوفه خشک مشاهده گردید. نتایج بدست‌آمده از مقایسه میانگین عملکرد علوفه خشک محیط تنش و آبی نشان داد که اکسشنهای ٦ (اصفهان)، ۷ (اصفهان)، ۱۵ (توانکش)، ۲۵(استرالیا)، ۲٦ (آمریکا) و ۳۱ (استرالیا) برتر بودند. با استفاده از عملکرد علوفه‌خشک دو محیط آبی و دیم شاخصهای حساسیت به تنش، تحمل به خشکی، بهره‌وری متوسط، تحمل به تنش، میانگین هارمونیک و میانگین هندسی بهره‌وری برای ژنوتیپ‌ها محاسبه شد. البته تنوع معنی‌دار ($p<۰/۰۱$) در بین اکسشنها با توجه به تجزیه واریانس شاخصهای مقاومت به خشکی مشاهده شد. مولفه اول و دوم بدست‌آمده از تجزیه به مؤلفه‌های اصلی به‌ترتیب ٦۱/۵ و ۳۷/۷ درصد از تنوع موجود در بین اکسشنها برای شاخصهای مقاومت به خشکی را توجیه نمودند. شاخصهای بهره‌وری متوسط، تحمل به تنش، میانگین هارمونیک و میانگین هندسی بهره‌وری به همراه عملکرد دو محیط تنش و بدون تنش بیشترین سهم را در مؤلفه اول داشتند. همچنین این چهار شاخص با عملکرد دو محیط تنش و بدون تنش همبستگی مثبت و معنی‌دار نشان دادند، و بر همین اساس اکسشنهای ٦ (اصفهان)، ۷ (اصفهان)، ۳۱ (استرالیا) و ۲٦ (آمریکا) بیشترین مقاومت به خشکی را نشان دادند. نتایج تجزیه خوشه‌ای نیز نتایج بدست‌آمده را تأیید نمود.

واژه‌های کلیدی: *Festuca arundinacea*، عملکرد علوفه، مقاومت به خشکی، اکسشن

مقدمه

از مهمترین مشکلات مناطق خشک و نیمه‌خشک، خشکی و کمبود آب می‌باشد و با توجه به اینکه بخش اعظمی از مراتع ایران در این مناطق قرار دارند، بحث خشکی و خشکسالی حاصل از آن در گیاهان این مناطق دارای اهمیت بسیاری می‌باشد. خشکی بر جنبه‌های مختلف رشد گیاه اثر گذاشته و موجب کاهش و به تأخیرافتادن جوانه‌زنی، کاهش رشد اندام‌های هوایی و کاهش تولید ماده خشک می‌گردد (آذرنیوند و جوادی، ۱۳۸۲). فستوکای پابلند با نام علمی *Festuca arundinacea* و نام انگلیسی Tall Fescue گونه علوفه‌ای فصل سرد با ریشه عمیق می‌باشد (Meyer & Watkinss, 2003)، که در مقایسه با سایر گونه‌های جنس فستوکا تحمل بیشتری نسبت به خشکی دارد (Wilman *et al.*, 1998)، و به‌علت سیستم وسیع ریشه‌ای ناشی از وجود ریشه‌های فیبری متراکم توانایی استفاده از آب در عمق‌های بیشتر از یک متری خاک را دارد (Garwood and Sinclair, 1979)، همچنین در مقایسه با سایر گونه‌های جنس فستوکا تعداد و وزن ریشه بیشتری در عمق ۵۰ تا ۱۰۰ سانتی‌متری خاک دارد، اگرچه برش بیش از حد ساقه‌ها، افزایش شدت چرا و افزایش شدت تنش خشکی باعث کاهش سیستم ریشه و کاهش مقاومت گیاه در مقابل خشکی می‌گردد (Gibson & Newman, 2001؛Lazenby, 1997)، اما عموماً به سرعت خسارت ناشی از تنش خشکی را جبران می‌نماید، به‌ویژه در گیاهان آلوده شده اندوفیتی، به‌علت افزایش املاح سلولی و کاهش پتاسیل اسمزی ایجاد شده در طی دوره خشکی، سازگاری بیشتری نسبت به تنش خشکی پیدا نموده‌اند (Lodge, 2004). به‌هرحال در بین کولتیوارها و اکسشنهای مناطق و محیط‌های مختلف گونه فستوکای پابلند درجات متنوعی برای مقاومت به خشکی مشاهده شده است (Lodge, 2004؛ Aronson *et al.*, 1987 و Ervin & Koski, 1998). کولتیوارهای مناطق مدیترانه‌ای توانایی اجتناب از خشکی بیشتری به‌علت سازگاری‌های مورفولوژیکی از قبیل کاهش اندازه گیاه و افزایش نسبت ریشه به ساقه دارند، اما کولتیوارهای مناطق معتدل بیشتر از طریق تعدیل فیزیولوژیکی مانند تعدیل اسمزی پهنک برگ یا کاهش در نسبت برگهای پیر به جوان، توانایی رشد در شرایط خشک را پیدا کرده‌اند (Assuero *et al.*, 2002). در مناطق نیمه‌خشک که پراکنش بارندگی متناسب نیست، قابلیت عملکرد در شرایط تنش بهترین معیار مقاومت به خشکی محسوب نمی‌شود، بلکه پایداری عملکرد و مقایسه میزان عملکرد در شرایط تنش و مطلوب، به‌عنوان معیارهای مناسبتری برای واکنش ارقام به تنش رطوبتی می‌باشند (Simane *et al.*, 1993)، و بر همین اساس تظاهر عملکرد ژنوتیپ‌ها در دو محیط تنش و بدون تنش به چهار گروه تقسیم شده، گروه A ژنوتیپ‌هایی که تظاهر یکسان نسبت به دو محیط دارند، گروه B ژنوتیپ‌هایی که فقط تظاهر خوبی در محیط بدون تنش دارند، گروه C ژنوتیپ‌هایی که عملکرد بالایی در محیط تنش دارند و گروه D ژنوتیپ‌هایی که تظاهر ضعیفی را در هر دو محیط دارند و معیار مناسب انتخاب برای تنش معیاری است، که گروه A را از سایر گروه‌ها تشخیص دهد (Fernandes, 1992). شاخص بهره‌وری متوسط (Mean Productivity) میانگین حسابی عملکرد محیط آبی و دیم می‌باشد، که باعث انتخاب ژنوتیپ‌های با عملکرد بالا در هر دو محیط تنش و بدون تنش می‌گردد، بنابراین این شاخص قادر به تفکیک گروه A از گروه B نمی‌باشد (Rosielle & Hambelen, 1981). میانگین هندسی بهره‌وری (Geometrical Mean Productivity) که بصورت میانگین هندسی عملکرد دو

محیط تعریف شده است، قدرت بیشتری نسبت به شاخص بهره‌وری متوسط جهت تفکیک گروه A از سایر گروه‌ها را دارد، میانگین همساز عملکرد دو محیط برای ژنوتیپ‌ها، شاخص میانگین هارمونیک (Mean Harmonic) می‌باشد، و دارای اریب به طرف محیط بدون تنش است (Fernandes, 1992). اختلاف عملکرد محیط بدون تنش از محیط تنش به‌عنوان شاخص تحمل (Tolerance) به خشکی بیان شده است، این شاخص قادر به تفکیک گروه A از C نمی‌باشد (Rosielle & Hambelen, 1981). شاخص حساسیت به تنش (Stress Sensitivity Index) نیز بصورت نسبت عملکرد محیط تنش به محیط بدون تنش تعریف شده و قادر به تفکیک گروه A از گروه C نمی‌باشد (Fisher & Maurer, 1978). اما در محاسبه شاخص تحمل به تنش (Drodght Tolerance Index)، شدت استرس (Stress Intensity) نیز منظور می‌شود، بنابراین قادر به تفکیک ژنوتیپ‌های گروه A از گروه B و C می‌باشد (Rosielle & Hambelen, 1981). در مجموع بهتر است گزینش به‌طور همزمان بر اساس شاخصهایی که بیشترین همبستگی با دو محیط را دارند انجام شود (Fernandes, 1992). در زمینه مقاومت به خشکی گونه‌های مهم مرتعی تحقیقات متعددی انجام شده است، ازجمله می‌توان به تحقیقات: بررسی مقاومت به خشکی در سه گونه مرتعی *Agropyron desertorum*، *Spita barbata* و *Agropyron cristatum* تحت شرایط گلخانه (طویلی و همکاران، ۱۳۷۹)، بررسی مقاومت به خشکی و کارآیی مصرف آب در دو گونه مرتعی *Dactylis glomerata* و *Eragrostis curvula* (جعفری و همکاران، ۱۳۷۹)، ارزیابی مقاومت به خشکی کولتیوارهای مختلف یونجه با توجه به صفات مورفولوژیک (Afsharmanesh, 2009)، ارزیابی تغییرات مورفولوژیک و فیزیولوژیک گونه‌های *Aeluropus littoralis* و *Puccinellia distance* برای مقابله با خشکی (قاسمی فیروزآبادی و همکاران، ۱۳۸۸)، بررسی مقاومت به خشکی یونجه‌های یکساله با استفاده از شاخصهای مقاومت به خشکی (اسفندیاری و همکاران، ۱۳۸۷) و بررسی مقاومت به خشکی اکسشنهای گونه *Agropyron elongatum* با استفاده از شاخصهای مقاومت به خشکی (فرشادفر و همکاران، ۱۳۸۹b) اشاره کرد. در این تحقیق نیز عملکرد علوفه تر ۲٤ اکسشن از گونه *Festuca arundinacea* با استفاده از شاخصهای مقاومت به خشکی به‌منظور معرفی اکسشنهای مقاوم به تنش خشکی مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روشها

آزمایش در مزرعهٔ تحقیقاتی ایستگاه تحقیقات اسلام‌آباد غرب متعلق به مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان کرمانشاه، با طول جغرافیایی ´۵۹ °٤٦، و عرض جغرافیایی ´۰۸، °۳٤، با خاک لوم (بافت متوسط)، ارتفاع از سطح دریا ۱۲٦۰ متر، میانگین بارندگی سالانه ٤۰۰ میلی‌متر و متوسط دما ۲۰ درجه سانتی‌گراد انجام شد. بیشترین میزان بارندگی، براساس آمار هواشناسی در اسفندماه و کمترین تغییرات بارندگی در فروردین‌ماه بوده است. میزان بارندگی ماههای اردیبهشت و آبان بیشترین تأثیر را بر میزان عملکرد محصولات بر جای گذاشته است. بارندگی انتهایی از مهمترین عوامل مؤثر بر کشت دیم و عملکرد مرتع در این منطقه می‌باشد.

تعداد ۳٦ اکسشن *Festuca arundinacea* تهیه شده از بانک ژن مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور (جدول ۱) در قالب طرح بلوکهای کامل تصادفی با ۳ تکرار بصورت دو آزمایش جداگانه در دو محیط آبی و دیم مورد بررسی قرار گرفت.

جدول ۱- فهرست جمعیت‌های فستوکای مورد مطالعه

کد بانک ژن	منشأ	کد بانک ژن	منشأ	کد بانک ژن	منشأ
۱	بانه	۱۳	توانکش	۲۵	استرالیا
۲	بانک ژن	۱٤	کامیاران	۲٦	آمریکا
۳	ایرلند	۱۵	توانکش	۲۷	آمریکا
٤	استرالیا	۱٦	کامیاران	۲۸	استرالیا
۵	گناباد	۱۷	ایرلند	۲۹	استرالیا
٦	اصفهان	۱۸	اردبیل	۳۰	استرالیا
۷	اصفهان	۱۹	روسیه	۳۱	استرالیا
۸	سمیرم	۲۰	روسیه	۳۲	بانک ژن
۹	بروجن	۲۱	کالیفرنیا	۳۳	هلند
۱۰	بروجن	۲۲	بانک ژن	۳٤	FAO
۱۱	بروجن	۲۳	سنندج	۳۵	ایرلند
۱۲	بروجن	۲٤	بلژیک	۳٦	هلند

هر کرت آزمایشی دارای ٤ خط با فاصله ۵۰ سانتی‌متر از یکدیگر و طول هر کرت ۲ متر انتخاب شد. فاصله بین دو کرت ۷۵ سانتی‌متر و فاصله بین دو تکرار (ردیف) ۱ متر در نظر گرفته شد. کشت به‌صورت خطی و در تاریخ اول آبان‌ماه ۱۳۸۳ با دست انجام شد. در محیط تنش هیچ‌گونه آبیاری صورت نگرفت و تنها منبع رطوبتی آب حاصل از بارندگی بود، اما محیط بدون تنش بعد از کشت آبیاری به‌صورت جوی پشته‌ای، هر هفته یکبار به‌منظور ایجاد شرایط رطوبتی مناسب، انجام شد. در سال اول به‌منظور استقرار گیاه از صفات یادداشت‌برداری انجام نشد، و در سال ۱۳۸۵ بعد از برداشت کل کرت علوفه خشک شده حاصل توزین گردید و به‌عنوان عملکرد وزن‌خشک علوفه برای هر کرت بر حسب گرم در کرت اندازه‌گیری شد و در ادامه با توجه به مساحت کرت‌های آزمایشی و تعمیم آن به هکتار، عملکرد برحسب کیلوگرم در هکتار محاسبه شد.

اگر داشته باشیم: Y_p عملکرد بالقوه هر ژنوتیپ در محیط بدون تنش؛ Y_s عملکرد بالقوه هر ژنوتیپ در محیط تنش؛ $\overline{Y}_S$ میانگین عملکرد کلیه ژنوتیپ‌ها در محیط تنش؛ $\overline{Y}_P$ میانگین عملکرد کلیه ژنوتیپ‌ها در محیط بدون تنش شاخص‌های مقاومت به خشکی به شرح زیر محاسبه شد:

Maurer & Fisher (1978) شاخص حساسیت به تنش (SSI) را بر اساس رابطه زیر پیشنهاد کردند:

$$SSI = 1 - (Ys / Yp) / SI$$

SI (Stress Intensity) بیانگر شدت تنش می‌باشد.

$$SI = 1 - (\overline{Ys})/(\overline{Yp})$$

شاخص تحمل (Tolerance) به خشکی (Tol) را Hambelen & Rosielle (1981) بصورت زیر بیان نمودند:

$$Tol = Yp - Ys$$

شاخص بهره‌وری متوسط (Mean Productivity) MP را Hambelen & Rosielle (1981) بصورت میانگین عملکرد دو محیط تنش و بدون تنش بیان نمودند، یعنی

$$MP = (Ys + Yp) / 2$$

شاخص تحمل به تنش (Drodght Tolerance DTI Index) را فرناندز برای شناسایی ژنوتیپ‌های با عملکرد بالا در هر دو شرایط تنش و بدون تنش بصورت زیر پیشنهاد کرد (Fernandes, 1992):

$$DTI = (Yp/\overline{Yp})(Ys/\overline{Ys})(\overline{Ys}/\overline{Yp}) = (Yp)(Ys)/(\overline{Yp})^2$$

شاخص میانگین هارمونیک را فرناندز به شکل زیر بیان نمود (Fernandes, 1992):

$$MH = 2(Y_s)(Y_p)/(Y_s + Y_p)$$

اما شاخص دیگری که فرناندز پیشنهاد داد میانگین هندسی بهره‌وری بود که به صورت زیر بیان شد:

$$GMP = \sqrt{(Ys)(Yp)}$$

با نرم‌افزارهای SPSS، EXCEL و SAS تجزیه واریانس، تجزیه خوشه‌ای و محاسبه شاخصهای مقاومت به خشکی تجزیه به مؤلفه‌های اصلی انجام شد و نمودارهای مربوط تهیه شد.

نتایج

تجزیه واریانس مرکب برای عملکرد علوفه اندازه‌گیری شده ۳٦ اکسشن مورد بررسی در دو محیط آبی و دیم انجام شد (جدول ۲). همچنان‌که ملاحظه می‌گردد اثر محیط، اکسشن و اثر متقابل محیط*اکسشن در سطح ۱٪ معنی‌دار شده است.

جدول ۲- تجزیه واریانس مرکب عملکرد علوفه

منابع تغییرات	درجه آزادی	عملکرد علوفه
محیط	۱	۲۸٤۳۹۱۳۸۰**
خطای۱	٤	٥۹٦۲٤۱
اکسشن	۳٥	۱٤٤٤۱۷**
اکسشن*محیط	۳٥	۱۲٤۰۳٦۲**
خطای ۲	۱٤۰	۳۱۱٤٥۳

**- اختلاف در سطح ۱٪ معنی‌دار

با استفاده از عملکرد محیط آبی و دیم برای اکسشنها، شاخصهای حساسیت به تنش، تحمل به خشکی، بهره‌وری متوسط، تحمل به تنش، میانگین هارمونیک و میانگین هندسی بهره‌وری در هر کرت محاسبه شد، و با استفاده از شاخصهای بدست‌آمده تجزیه واریانس در قالب طرح بلوک کامل تصادفی انجام گردید (اسفندیاری و همکاران، ۱۳۸۷). نتایج تجزیه واریانس (جدول ۳) نشان داد که اثر اکسشن در تمام شاخصها در سطح ۱٪ معنی‌دار می‌باشد.

جدول ۳- تجزیه واریانس شاخصهای مقاومت به خشکی

شاخص	میانگین مربعات		
	بلوک Df =۲	اکسشن Df =۳۵	خطا Df =۷۰
عملکرد تنش	٤٤٢٦٠^{ns}	٤٤٤٩٨٣**	۹٤۳۰۰
عملکرد بهینه	۱۱٤۸۲۲۳^{ns}	۲۲۳۹۷۹٦**	٥۲۸٦۰٦
حساسیت‌به‌تنش	۰/۰۹^{ns}	۰/۱٥**	۰/۰٤
تحمل به خشکی	۱٥۷۳۹۱۸^{ns}	۲٤۸۰۷۲٤**	٦۱۸۳۲۰
بهره‌وری‌متوسط	۲۰۲۷٦۲^{ns}	۷۲۲۲۰۸**	۱٥٦۸۷۳
تحمل به تنش	۰/۰۰۳^{ns}	۰/۰٦**	۰/۰۱
میانگین هارمونیک	٤٥٤۰^{ns}	٥۸۸۷۹٥**	۱۱٦۸۳۸
میانگین‌هندسی	۳٤۷٤۲^{ns}	٥٦۷٥۳٤**	۱۱۱۷۷۷

**- اختلاف در سطح ۱٪ معنی‌دار ^{ns}- عدم وجود اختلاف معنی‌دار

مقایسه میانگین شاخصهای مقاومت به خشکی اکسشنها به روش دانکن در سطح ٥٪ انجام شد (جدول ٤). اکسشنهای ۲٥ (استرالیا) و ۲٦ (آمریکا) به‌ترتیب با ٥٥٦۹ و ٤۹۲۹ کیلوگرم در هکتار علوفه خشک بیشترین مقدار عملکرد بهینه را داشتند و در گروه A قرار گرفتند. اکسشنهای ۳۳ (هلند) با ۲۲٤٦ و ۹ (بروجن) به‌ترتیب با ۲۲٤٦ و ۲۲۹٤ کیلوگرم در هکتار کمترین میزان عملکرد بهینه را به خود اختصاص دادند و در گروه h قرار داشتند.

اکسشن ٦ (اصفهان) با ۲۲۱٤ کیلوگرم بیشترین عملکرد علوفه خشک را در محیط تنش داشت و با اکسشنهای ۷ (اصفهان) و ۱٥ (تواکنش) در گروه A قرار گرفت. اکسشن ۱۷ (ایرلند) کمترین میزان تولید علوفه در محیط تنش را به خود اختصاص داد.

اکسشنهای ۱٥ (توانکش)، ٤ (استرالیا) و ٦ (اصفهان) بیشترین مقاومت به خشکی را با توجه به شاخص حساسیت به تنش نشان دادند و اکسشنهای ۱۷ (ایرلند)، ۱۲ (بروجن) و ۱۳ (توانکش) کمترین مقاومت به خشکی را با توجه به شاخص حساسیت به تنش داشتند.

اکسشنهای ۲٥ (استرالیا) و ۳٥ (ایرلند) بیشترین مقاومت به خشکی را باتوجه به شاخص تحمل به خشکی نشان دادند و اکسشنهای ٤ (استرالیا)، ۱٥ (توانکش) و ۳۳ (هلند) کمترین مقاومت به خشکی را داشتند.

اکسشنهای ۲٦ (آمریکا) و ۳۱ (استرالیا) بیشترین مقاومت به خشکی را با توجه به شاخص بهره‌وری متوسط نشان دادند و اکسشنهای ۹ (بروجن) و ۲۹ (استرالیا) کمترین مقاومت به خشکی را داشتند.

اکسشن ٦ (اصفهان)، ۲٦ (آمریکا) و ۳۱ (استرالیا) بیشترین مقاومت به خشکی را با توجه به شاخص تحمل به تنش نشان دادند و اکسشن ۲۹ (استرالیا) کمترین مقاومت به خشکی را داشت.

اکسشنهای ٦ (اصفهان)، ۲٦ (آمریکا) و ۳۱ (استرالیا) بیشترین مقاومت به خشکی را باتوجه به شاخص میانگین هارمونیک نشان دادند. اکسشنهای ۱۷(ایرلند) و ۲۹ (استرالیا) کمترین مقاومت به خشکی را باتوجه به شاخص میانگین هارمونیک داشتند.

اکسشنهای ۲٦ (آمریکا)، ۳۱ (استرالیا) و ٦ (اصفهان) بیشترین مقاومت به خشکی را با توجه به شاخص میانگین هندسی نشان دادند و اکسشن ۲۹ (استرالیا) کمترین مقاومت به خشکی را داشت.

جدول ٤- مقایسه میانگین اکسشنها به روش دانکن برای شاخصهای مقاومت به خشکی در سطح ٥٪

تحمل به تنش	بهره‌وری متوسط	تحمل به خشکی	حساسیت به تنش	عملکرد بهینه	عملکرد تنش	جمعیت
٠/٣٢٦e-k	٢١٦١d-j	١٣٨٥e-i	٠/٧٥f-l	٢٨٥٣e-h	١٤٦٨b-h	١
٠/٢٧٩e-k	٢٣١٦d-j	٢٦٢٩b-f	١/١٠a-g	٣٦٣١b-h	١٠٠٢g-k	٢
٠/٤٨٩a-e	٢٨٢٢a-f	٢٦١٠b-f	٠/٩٨a-i	٤١٢٦b-e	١٥١٧b-h	٣
٠/٣٤٢d-k	٢١٤٦e-j	٨٦٦hi	٠/٤٧kl	٢٥٧٩fgh	١٧١٣a-d	٤
٠/٣٢٣e-k	٢٤٨٣c-h	٢٩٠٩b-e	١/١٦a-e	٣٩٣٨b-f	١٠٢٩f-k	٥
٠/٦٣٧abc	٢٩٣٣a-e	١٤٣٧e-i	٠/٦١i-l	٣٦٥٢b-h	٢٢١٤a	٦
٠/٥٦٢a-d	٢٩١٣a-f	٢١٠٧b-i	٠/٧٩e-k	٣٩٦٦b-f	١٨٥٩ab	٧
٠/١٩٩h-k	١٧٨٦hij	١٥٨٦e-i	٠/٩٤b-j	٢٥٧٩fgh	٩٩٣g-k	٨
٠/١٧٠ijk	١٦١٦ij	١٣٥٧e-i	٠/٩٣b-j	٢٢٩٤h	٩٣٧h-k	٩
٠/١٧٢ijk	١٧٩٨hij	١٩٠٦c-i	١/٠٤a-h	٢٧٥١e-h	٨٤٥ijk	١٠
٠/١٧٦ijk	١٦٩٥ij	١٤٠٨e-i	٠/٨٨c-j	٢٣٩٩gh	٩٩١g-k	١١
٠/٣٣١d-k	٢٦٨٨a-g	٣٤٦٥abc	١/٢٣abc	٤٤٢٠b-e	٩٥٦h-k	١٢
٠/٣٠٦e-k	٢٦٣٢a-g	٣٤٥٤abc	١/٢٤abc	٤٣٥٩b-e	٩٠٥h-k	١٣
٠/٢٣٩g-k	١٩٩٦g-j	١٧٩١d-i	٠/٩٤b-j	٢٨٩١e-h	١١٠١e-j	١٤
٠/٣٩٧d-i	٢٢٣١d-j	٧١١i	٠/٤٣l	٢٥٨٦fgh	١٨٧٥ab	١٥
٠/٣٨٩d-i	٢٢٥٦d-j	١٠٥٤f-i	٠/٦٠jkl	٢٧٨٢e-h	١٧٢٩a-d	١٦
٠/١٤٠jk	٢١٢٧f-j	٣٢٩٨a-d	١/٣٦a	٣٧٧٦b-g	٤٧٨k	١٧
٠/٤٦٨a-g	٢٩٤٢a-d	٣١٥٧a-d	١/٠٨a-g	٤٥٢١b-e	١٣٦٤b-i	١٨
٠/٣٩٣d-i	٢٦٤٠a-g	٢٧٥٢b-e	١/٠٦a-g	٤٠١٦b-f	١٢٦٤b-i	١٩
٠/٤٤٠c-g	٢٦٩٧a-g	٢٤٤٧b-g	٠/٩٣b-j	٣٩٢٠b-f	١٧٤٣b-h	٢٠
٠/٢٨٥e-k	٢١٢٥f-j	١٩٤٧b-i	٠/٩٩a-i	٣٠٩٨d-h	١١٥٢d-j	٢١

ه جدول ٤- مقایسه میانگین اکسشنها به روش دانکن برای شاخصهای مقاومت به خشکی در سطح ٥٪

تحمل به تنش	بهره‌وری متوسط	تحمل به خشکی	حساسیت به تنش	عملکرد بهینه	عملکرد تنش	جمعیت
۰/٤۷۷a-f	۲۷٤۷a-g	۲۳۱۲b-h	۰/۹۰c-j	۳۹۰۳b-f	۱٥۹۱b-g	۲۲
۰/۲٦۸e-k	۱۹۸۷g-j	۱٤۳۳e-i	۰/۸۲d-k	۲۷۰٤e-h	۱۲۷۱b-i	۲۳
۰/۳٦۳d-j	۲۳۹۹d-i	۲۱۲۳b-i	۰/۹٥b-j	۳٤٦۰c-h	۱۳۳۷b-i	۲٤
۰/٤۰۲d-i	۳۲٥۲abc	٤٦۳۳a	۱/۳۰ab	٥٥٦۹a	۹۳٦h-k	۲٥
۰/٦۸٦a	۳۳٥۲a	۳۱٥٥a-d	۰/۹۹a-i	٤۹۲۹ab	۱۷۷٤abc	۲٦
۰/۲٥۱f-k	۲۱۲۷f-j	۲۳۲۰b-h	۱/۰۹a-g	۳۲۸۷c-h	۹٦۷h-k	۲۷
۰/۳٦٤d-j	۲٦۳٦a-g	۲۸۹۱b-e	۱/۰۷a-g	٤۰۸۱b-e	۱۱۹۰c-i	۲۸
۰/۱۱۱k	۱٥۷۷j	۲۰۲٥b-i	۱/۱۹a-d	۲٥۸۹fgh	٥٦٤jk	۲۹
۰/٤٥٥b-g	۲۹٤۸a-d	۳۳٦۰a-d	۱/۱۲a-f	٤٦۲۸abc	۱۲٦۸b-i	۳۰
۰/٦٦۷ab	۳۳۳٥ab	۳۱۸٤a-d	۱/۰۰a-h	٤۹۲۷ab	۱۷٤۳a-d	۳۱
۰/۳۹۳d-i	۲٤۰۲d-i	۱٥۲۰e-i	۰/۷۱g-l	۳۱٦۲d-h	۱٦٤۲a-e	۳۲
۰/۲۳٦g-k	۱۷۷۷hij	۹۳۹ghi	۰/٦٦h-l	۲۲٤٦h	۱۳۰۷b-i	۳۳
۰/٤۰۱d-i	۲٥٥٦b-h	۲٤۹۹b-g	۱/۰۳a-h	۳۸۰٥b-g	۱۳۰٦b-i	۳٤
۰/٤۳۰c-h	۲۹٥۱a-d	۳٤۹۲ab	۱/۱۳a-f	٤٦۹۷abc	۱۲۰٥c-i	۳٥
۰/٥۰٤a-e	۲۸٦٦a-f	۲٤٥٥b-g	۰/۸۹c-j	٤۰۹۳b-e	۱٦۳۸a-f	۳٦

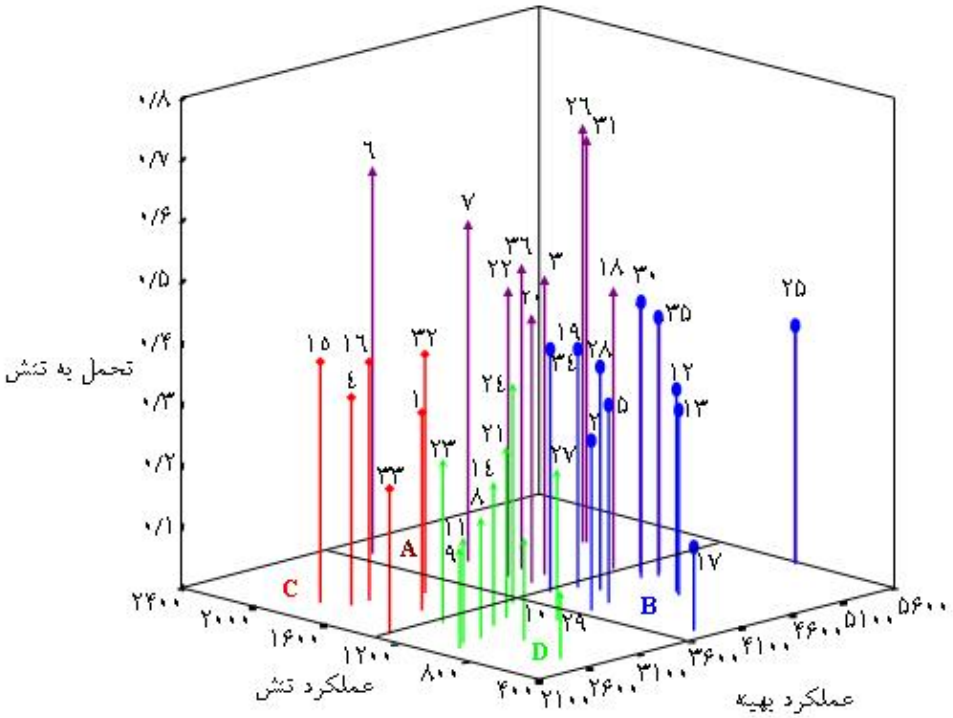
همچنین همبستگی بین شاخصهای مقاومت به خشکی و عملکرد محیط آبی و دیم (جدول ۵) محاسبه شد، با توجه به اینکه شاخصهایی برای انتخاب مفید می‌باشند که با هر دو محیط آبی و دیم همبستگی بالایی داشته باشند (Fernandes, 1992)، بنابراین شاخصهای MP، DTI، MH و GMP را به‌عنوان شاخصهای مناسب به‌منظور انتخاب اکسشنهای مقاوم به خشکی در نظر گرفته شد.

جدول ۵- همبستگی شاخصهای مقاومت به خشکی با عملکرد محیط آبی و دیم

نام شاخص	عملکرد بهینه	عملکرد در تنش	تحمل به خشکی	بهره‌وری متوسط	حساسیت به تنش	تحمل به‌تنش	میانگین هندسی
عملکرد تنش	۰/۱۰۲						
تحمل به خشکی	۰/۹۰۷**	-۰/۳۲٦					
بهره‌وری متوسط	۰/۹۲۱**	۰/٤۸۲**	۰/٦۷۰**				
حساسیت به تنش	۰/٥٦۱**	-۰/۷۳۷**	۰/۸٤٥	۰/۲۰٥			
تحمل به تنش	۰/٤٦۹**	۰/۸۰٦**	۰/۲۷٥	۰/۸۸۸**	-۰/۲۰٤		
میانگین هندسی	۰/٦٥۹**	۰/۸۰۸**	۰/۲۸٤	۰/۸۹۷**	-۰/۲۱۰	۰/۹۹۲**	
میانگین‌هارمونیک	۰/۳۷۱*	۰/۹٥۲**	۰/۰٥۱	۰/۷۰۰**	-۰/٥۰٥**	۰/۹۳۹**	۰/۹٤۳**

**- همبستگی در سطح ۱٪ معنی‌دار *- همبستگی در سطح ۵٪ معنی‌دار

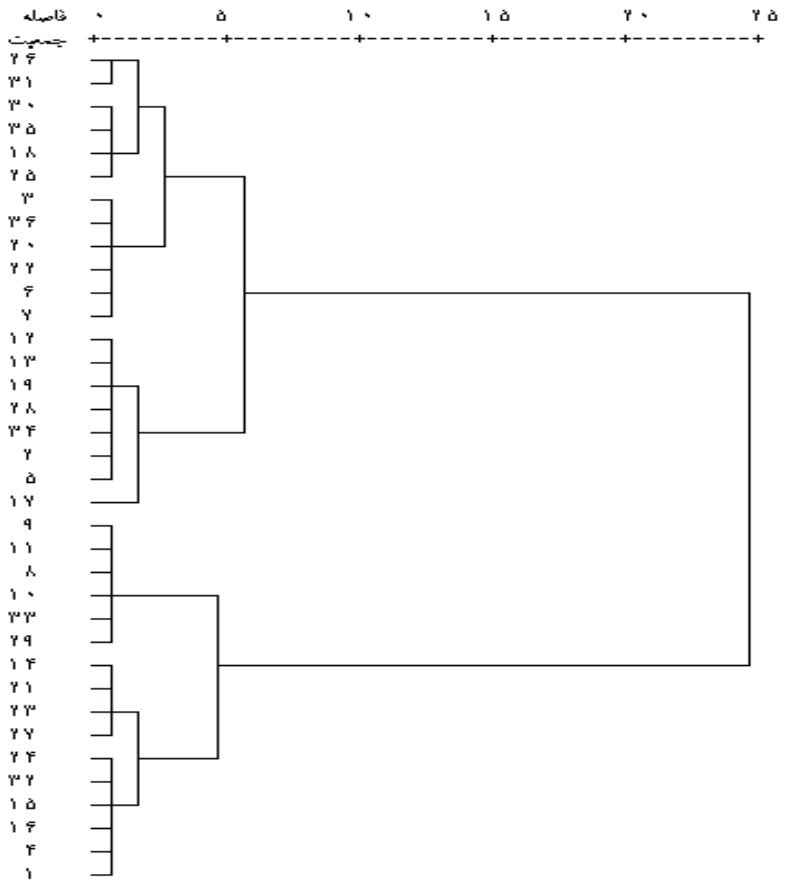
با توجه به اینکه روند پاسخ اکسشن برای چهار شاخص مورد بحث یکسان بود، در شکل ۱ تنها نمودار پراکنش سه بعدی شاخص DTI با عملکرد محیط آبی و دیم ارائه شده است. ارائه نتایج این چهار شاخص به این شرح است، که در بین اکسشنهای گروه A اکسشنهای ٦ (اصفهان)، ۷ (اصفهان)، ۲۲ (بانک ژن)، ۳٦ (هلند)، ۳ (ایرلند)، ۳۱ (استرالیا)، ۲٦ (آمریکا)، ۲۰ (روسیه) و ۱۸ (اردبیل) با بیشترین میزان از نظر چهار شاخص، در گروه اکسشن‌های برتر از نظر مقاومت به خشکی قرار می‌گیرند؛ به‌طوری‌که عملکرد آنها در دو محیط آبی و دیم نیز در بین سایر اکسشنها بیشتر است. اکسشنهای ۲ (بانک ژن)، ۵ (گناباد)، ۱۲ (بروجن)، ۱۳ (توانکش)، ۱۷ (ایرلند)، ۱۹ (روسیه)، ۲۵ (استرالیا)، ۲۸ (استرالیا)، ۳۰ (استرالیا)، ۳٤ (FAO) و ۳۵ (هلند) نیز در گروه B قرار گرفته‌اند، اکسشنهای این گروه در محیط آبی عملکرد بیشتر از میانگین و در محیط دیم عملکرد کمتر از میانگین داشتند. اکسشنهای گروه C نیز عملکرد بیشتر از میانگین در محیط دیم نشان دادند و در محیط آبی عملکرد کمتر از میانگین داشتند. اکسشنهای گروه D در هر دو محیط آبی و دیم عملکرد کمتری نسبت به میانگین نشان دادند.



شکل ۱- نمودار پراکنش سه بعدی شاخص DTI با عملکرد محیط بهینه و تنش برای اکسشنها

با استفاده از شاخصهایی که همبستگی معنی‌دار مثبت با دو محیط آبی و دیم داشتند، برای اکسشنها تجزیه خوشه‌ای با روش UPGMA انجام شد، که دندروگرام بدست‌آمده در شکل ۲ ارائه شده است. با توجه به دندروگرام اکسشنهای ۳ (ایرلند)، ٦ (اصفهان)، ۷ (اصفهان)، ۱۸ (اردبیل)، ۲۲ (بانک ژن)، ۲٦ (آمریکا)، ۳۱ (استرالیا) و ۳٦ (هلند) که بیشترین مقاومت به خشکی را نشان دادند، در گروه یک قرار گرفتند. گروه دوم نیز اکسشنهایی بودند که بعد از گروه یک بیشترین مقاومت به خشکی را داشتند و با توجه به نمودار ۱ در مناطق A و B بودند. در گروه چهارم نیز اکسشن ۲۹ (استرالیا) قرار داشت که کمترین مقاومت به خشکی را نشان داد. بعد از اکسشن ۲۹، اکسشنهای گروه سوم (۱، ٤، ۱۵، ۱٦ و ۳۲) کمترین میزان مقاومت به خشکی را داشتند. تجزیه خوشه‌ای نتوانست اکسشنها را بر اساس منشأ جمع‌آوری با توجه به شاخصهای مقاومت به خشکی به خوبی تفکیک نماید، بنابراین تنوع بین اکسشنها بر اساس شاخصهای مقاومت به خشکی نه‌تنها بین منطقه‌ای می‌باشد، بلکه درون مناطق نیز این تنوع مشاهده می‌گردد.

آزمون دانکن نیز در سطح ۵٪ برای میانگین شاخصهایی مقاومت به خشکی در گروههای ایجاد شده توسط تجزیه خوشه‌ای با استفاده از میانگین مربعات خطای حاصل از تجزیه واریانس یک طرفه انجام شد (جدول ٦). نتایج نشان دادند که به‌استثنای دو شاخص حساسیت به تنش و تحمل به خشکی، در دیگر شاخصها آزمون دانکن گروه‌بندی حاصل از تجزیه خوشه‌ای را به خوبی تفکیک نموده و چهار گروه مجزا وجود دارد.



شکل ۲- دندروگرام تجزیه خوشه‌ای اکسشنها به روش Ward با استفاده از شاخصها

جدول ٦- مقایسه میانگین گروههای حاصل از تجزیه خوشه‌ای به روش دانکن برای شاخصهای مقاومت به خشکی

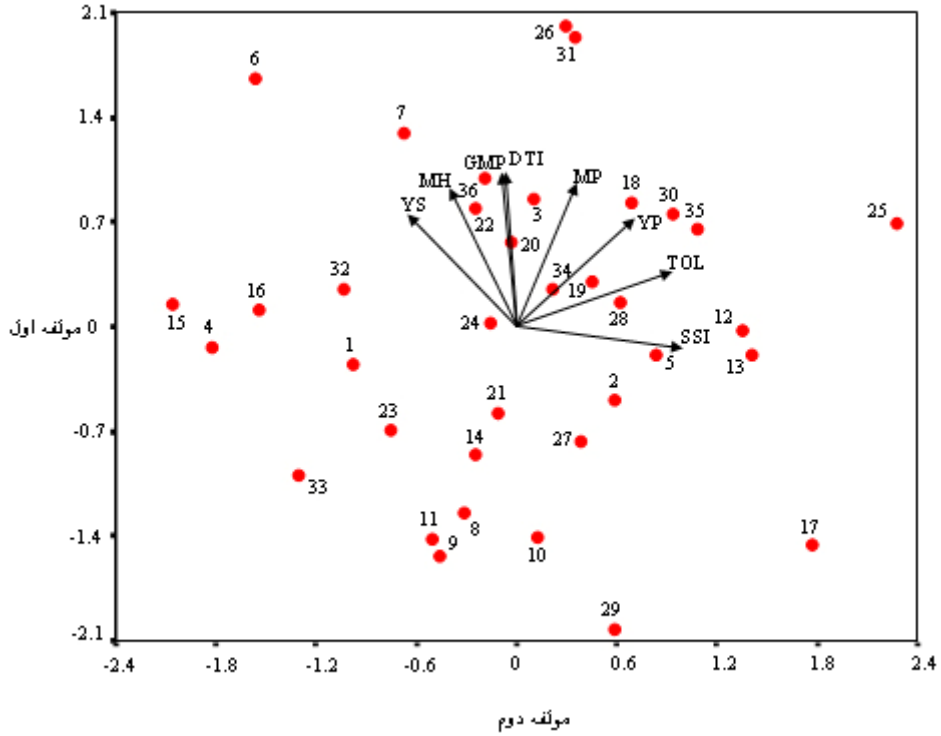
گروه تجزیه خوشه‌ای	تعداد جمعیت	عملکرد بهینه		عملکرد تنش		بهره‌وری متوسط		تحمل به تنش		میانگین هندسی		میانگین هارمونیک	
۱	۱۰	۲۹٤۰	c	۱٤۲۵	a	۲۱۸۳	c	۰/۳۳	b	۲۰۱۸	b	۱۸۷۲	b
۲	۸	٤۰۰۳	b	۱۰۱٦	b	۲۵۱۰	b	۰/۳۲	b	۱۹۸٤	b	۱۵۸۷	bc
۳	۱۲	٤٤۱۱	a	۱۵٤۹	a	۲۹۸۰	a	۰/۵۲	a	۲۵٦۰	a	۲۲۲۲	a
٤	٦	۲٤۷۷	d	۹٤۰	b	۱۷۰۸	d	۰/۱۸	c	۱٤۸۸	c	۱۳۱۲	c

به‌منظور بررسی روند تنوع سیستماتیک بین اکسشنهای مورد مطالعه برای مقاومت به خشکی از تجزیه به مؤلفه‌های اصلی استفاده شد. در جدول ۷ بردارهای ویژه، مقادیر ویژه، درصد واریانس و درصد واریانس تجمعی دو مؤلفه اول ارائه شده است. همچنان‌که ملاحظه می‌گردد، بیش از ۹۹ درصد از تنوع بین اکسشنها برای مقاومت به خشکی توسط دو مؤلفه اول بیان شده است، همچنین در شکل ۳ نمودار پراکنشی اکسشنها و بردار مربوط به شاخصها با توجه به دو مؤلفه اول ارائه شده، با توجه به نمودار اکسشنهایی که در تجزیه‌های قبلی برتر بودند، ارتباط بالایی با شاخصهای مورد بررسی نشان دادند. نتایج تجزیه به مؤلفه‌ها تأییدی بر سایر نتایج بود. همچنین نتیجه گروه‌بندی حاصل از تجزیه خوشه‌ای نیز در نمودار ۲ مشخص شده و مشاهده می‌گردد که این گروه‌بندی کاملاً با مؤلفه اول منطبق می‌باشد، این نتیجه با مقادیر مؤلفه اول در جدول ۷ کاملاً مطابقت دارد، زیرا مقادیر این مؤلفه بیشتر برای شاخصهایی بود که با عملکرد همبستگی بالایی داشتند.

جدول ۷- مقادیر ویژه، درصد واریانس، درصد واریانس تجمعی و ضرایب بردارهای ویژه ۲ عامل اصلی حاصل از تجزیه به مؤلفه‌های اصلی شاخصها در اکسشنها

نام شاخص		مؤلفه۱	مؤلفه۲
عملکرد بهینه	YP	۰/۷۲۲	-۰/٦۸۸
عملکرد تنش	YS	۰/۷۵۹	-۰/٦۵۰
حساسیت به تنش	SSI	-۰/۱۳٤	۰/۹۷۵
تحمل به خشکی	TOL	۰/۳٦۵	۰/۹۲۹
شاخص بهره‌وری متوسط	MP	۰/۹۳٤	۰/۳۵۰
تحمل به تنش	DTI	۰/۹۹۰	-۰/۰۸۷
میانگین هارمونیک	MH	۰/۹۰۹	-۰/٤۰۷
میانگین هندسی	GMP	۰/۹۹۵	-۰/۰۸۳
مقادیر ویژه		٤/۹	۳/۰
درصد واریانس		٦۱/۵	۳۷/۷
درصد واریانس تجمعی		٦۱/۵	۹۹/۱

اعدادی که در زیر آنها خط کشیده شده است ارزش بیشتری در مؤلفه‌های اصلی دارند.



شکل ۳- نمودار پراکنشی اکسشنها و بردار مربوط به شاخصها با توجه به دو مؤلفه اول

بحث

نتایج تجزیه واریانس مرکب نشان داد که هم در بین دو محیط برای عملکرد تنوع وجود دارد و هم در بین اکسشنهای مورد بررسی می‌توان این تنوع را مشاهده نمود. اختلاف معنی‌دار برای عملکرد علوفه در بین دو محیط آبی و دیم ناشی از پتانسیل آبی متفاوت دو محیط می‌باشد (فرشادفر و همکاران، ۱۳۸۹a)، که باعث ایجاد اختلاف معنی‌دار برای عملکرد علوفه شده است، و در نتیجه گزینش بر مبنای شاخص معیار مناسبی برای ارزیابی مقاومت به خشکی اکسشنها می‌باشد (Simane *et al.*, 1993). اسفندیاری و همکاران (۱۳۸۷) تنوع معنی‌دار را برای شاخصهای مقاومت به خشکی در بین ۵ گونه یونجه یکساله گزارش نمودند. رحمانی و همکاران در سال ۱۳۸۸ برای عملکرد علوفه گونه *A. cristatum* در بین دو محیط و در بین ژنوتیپ‌ها تنوع معنی‌دار مشاهده نمودند. تجزیه واریانس عملکرد دو محیط آبی و دیم و همچنین شاخصهای مقاومت به خشکی وجود تنوع معنی‌دار را در بین اکسشنها مشخص نمود.

همچنین براساس تجزیه واریانس شاخصهای مقاومت به خشکی و عملکرد علوفه خشک در محیط آبی و دیم تنوع معنی‌دار در بین اکسشنها مشاهده شد. وجود تنوع معنی‌دار در بین اکسشنهای مختلف مورد مطالعه بیانگر وجود تنوع ژنتیکی می‌باشد (محمدی و همکاران، ۱۳۸۵)، بنابراین در بین اکسشنها برای عملکرد علوفه خشک در دو محیط آبی و دیم و شاخصهای مقاومت به خشکی تنوع ژنتیکی کافی برای گزینش اکسشنهای مقاوم به خشکی وجود داشت. نتایج بدست‌آمده از مقایسه

میانگین‌ها نشان داد برای محیط آبی، اکسشن ۲۵ (استرالیا) و ۲۶ (آمریکا) و برای محیط دیم، اکسشن ٦ (اصفهان) و ۷ (ایرلند) بیشترین عملکرد علوفه را داشتند. ملاحظه می‌گردد که عملکرد اکسشنها در دو محیط متفاوت می‌باشد، بنابراین گزینش بر مبنای شاخص می‌تواند در این جهت به انتخاب اکسشنهای مقاوم کمک نماید. تنوع معنی‌دار برای عملکرد علوفه خشک در جمعیت‌های مختلف گونه *A. cristatum* توسط رحمانی و همکاران (۱۳۸۸) گزارش شد.

با توجه به اینکه شاخصهای مناسب جهت ارزیابی مقاومت به خشکی، شاخصهایی هستند که با عملکرد دو محیط آبی و دیم همبستگی بالایی داشته باشند (Fernandes, 1992)، بنابراین شاخصهای میانگین هارمونیک، بهره‌وری متوسط، میانگین هندسی بهره‌وری و تحمل به تنش به‌عنوان شاخصهای مناسب معرفی شدند، همچنین نتایج بدست‌آمده از تجزیه به مؤلفه‌ها نیز نشان داد که روند تغییرات دو شاخص حساسیت به تنش و تحمل به خشکی با دیگر شاخصها و عملکرد محیط آبی و دیم متفاوت می‌باشد. جعفری و همکاران (۱۳۸۷) برای گونه *A. desertorum* نتیجه مشابه گزارش نمودند. همچنین این نتیجه با نتایج بدست‌آمده از همبستگی شاخصها کاملاً منطبق بود، از طرف دیگر نتایج حاصل از مقایسه میانگین‌ها نیز نشان داد که اکسشنهایی که برای شاخصهای مناسب جهت ارزیابی مقاومت به خشکی برتر یا ضعیف بودند، با اکسشنهای برتر یا ضعیف از نظر عملکرد محیط آبی و دیم مطابقت داشتند؛ درحالی‌که اکسشنهای برتر یا ضعیف بر اساس شاخصهای حساسیت به تنش و تحمل به خشکی مطابقت کمتری با اکسشنهای برتر یا ضعیف بر اساس عملکرد دو محیط آبی و دیم داشتند، و در مجموع دو شاخص حساسیت به تنش و تحمل به خشکی برای ارزیابی مقاومت به خشکی اکسشنها مناسب نبودند. فرشادفر و همکاران (۱۳۸۹b) در بررسی مقاومت به خشکی گونه *A. elongatum* شاخصهای میانگین هارمونیک، بهره‌وری متوسط و میانگین هندسی بهره‌وری را به‌عنوان شاخصهای مناسب برای ارزیابی مقاومت به خشکی معرفی نمودند. جعفری و همکاران (۱۳۸۷) مقاومت به خشکی عملکرد علوفه و عملکرد بذر گونه *A. desertorum* را با استفاده از شاخصهای مقاومت به خشکی مورد ارزیابی قرار دادند، و شاخصهای DTI، GMP و MP را به‌عنوان شاخصهای مقاومت به خشکی و شاخصهای SSI و Tol را به‌عنوان شاخصهای حساسیت معرفی کردند. با توجه به چهار شاخص مناسب برای ارزیابی مقاومت به خشکی، اکسشنهای ٦ (اصفهان)، ۲٦ (آمریکا)، ۳۱ (استرالیا) و ۷ (اصفهان) در رده برترین‌ها قرار گرفتند. همانطورکه ملاحظه می‌گردد بیشتر اکسشنهایی که با توجه به عملکرد برتر بودند، بر اساس شاخصهای مقاومت به خشکی نیز در رده برترین‌ها قرار داشتند، این روند برای اکسشنهای ضعیف نیز صادق بود. گروه‌بندی بر اساس تجزیه خوشه‌ای نیز به خوبی اکسشنهای مقاوم به خشکی را از دیگر اکسشنها جدا کرد و با نتیجه مقایسه میانگین‌ها مطابقت داشت. صفری و همکاران در سال ۱۳۸۳ چهار شاخص MH، MP، GMP و DTI را به‌عنوان شاخصهایی که بیشترین همبستگی را با عملکرد بذر گندم در دو محیط داشتند، معرفی نمودند. در یک جمع‌بندی کلی می‌توان گفت که برای مقاومت به خشکی اکسشنها بر اساس شاخصهای بهره‌وری متوسط، میانگین هارمونیک، میانگین هندسی بهره‌وری و تحمل به تنش نتایج کاملاً

مشـابهی مشـاهده شـد، و اکسشـنهای ٦ (اصـفهان)، ۲٦ (آمریکا)، ۳۱ (استرالیا) و ۷ (اصفهان) با بیشترین مقاومـت به خشکی بر اساس چهار شاخص بیان شده، مناسب برای احیای مراتع یا تولید واریتـه‌هـای مصـنوعی بـرای مراتـع استان کرمانشاه می‌باشد.

منابع مورد استفاده

- آذرنیوند، ح. و جوادی م.، ۱۳۸۲. بررسی اثر تنش خشکی بر روی جوانه‌زنی دو گونه مرتعی از جنس آگروپایرون. بیابـان، ۸. (۲): ۱۹۲-۲۰۵.
- اسـفندیاری، ص.، حسـن لـی، ع.م.، صـفری، ه. و فرشـادفر، م.، ۱۳۸۷. مقاومت به خشکی پنج گونه یونجـه یکسـاله در شـرایط آب و هوایی استان کرمانشاه. تحقیقـات مرتـع و بیابـان، ۱۵ (۲): ۲۸۳-۲۹٤.
- جعفری، ع. ا.، سیدمحمدی، ع.ر.، عبـدی، ن. و مـداح عـارفی، ح.، ۱۳۸۷. بررسی عملکرد بذر و تولید علوفه در ۳۱ ژنوتیـپ علـف گنـدمی بیابـانی(*Agropyron desertorum*)، بـا اسـتفاده از شاخصهای مقاومت به خشکی. تحقیقات مرتع و بیابـان، ۱۵ (۱): ۱۱٤-۱۲۸.
- جعفری، م.، سعیدیان ف.، حیدری، ح.، آذرنیوند، ح. و فرزانـه، ز.، ۱۳۷۹. بررسی مقاومت به خشکی و کـارآیی مصـرف آب در دو گونـه مرتعـی"*Dactylis glomerata and Eragrostis curvula*". محیط‌شناسی، ۲٦ (۲۵): ۳۹-٤۸.
- رحمانی، ا.، جعفری، ع.ا. و قلعه نادر، ا.، ۱۳۸۸. بررسـی عملکـرد بـذر و محصـول علوفـه در ارقـام و ژنوتیـپ‌هـای *Agropyron cristatum* در منطقه معتدل سرد شمال لرستان در شرایط دیم و فاریاب. تحقیقات مرتع و بیابان، ۱٦ (۱): ٦٦-۷۸.
- صفری، ه.، فرشادفر، ع.، فرشادفر، م. و نوری، ف.، ۱۳۸۳. مکـان-یابی QTLهای کنترل کننده مقاومت بـه خشـکی در لایـن‌هـای جـایگزین شـده کرومـوزومی گنـدم بـا اسـتفاده از شاخصـهای مقاومت به خشکی. چکیده مقالات هشتمین کنگره علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران، دانشگاه گیلان، ۵-۳ شهریور.
- طویلی، ع.، جعفری، م.، حیدری‌شـریف‌آبـادی، ح. و ارزانـی، ح.، ۱۳۷۹، بررسـی مقاومـت بـه خشـکی در سـه گونـه مرتعـی *Agropyron desertorum*و *Spita barbata*، *Agropyron cristatum*. منابع طبیعی ایران، ۵۳ (۳): ۲۲۷-۲۳٦.
- فرشادفر، م.، مرادی، ف.، محبی، ع. و صفری، ه.، ۱۳۸۹a. بررسـی پایداری عملکرد علوفه ۱۸ ژنوتیـپ *Agropyron elongatum* بـا اسـتفاده از مـدل AMMI در دو محـیط تـنش و بـدون تـنش. تحقیقات ژنتیک و اصلاح گیاهـان مرتعـی و جنگلـی ایـران، ۱۸ (۱): ٤۵-۵٤.
- فرشادفر، م.، مرادی، ف.، محبی، ع. و صفری، ه.، ۱۳۸۹b. بررسـی تنـوع ژنتیکـی و مقاومـت بـه خشـکی در اکسشـنهایی از گونـه *Agropyron elongatum* بـا اسـتفاده از صـفات مورفولوژیـک و شاخصهای مقاومـت بـه خشـکی. تحقیقـات ژنتیـک و اصـلاح گیاهان مرتعی و جنگلی ایران، ۱۸ (۲): ۱۹۹-۲۱۳.
- قاسـمی‌فیروزآبـادی، ا.، جعفـری، م.، حیـدری شـریف‌آبـاد، ح.، آذرنیوند، ح. و عباسی، ح.، ۱۳۸۸. بررسی تغییرات مورفولوژیک و فیزیولوژیـک دو گونـه مرتعـی *Puccinellia distance* و *Aeluropus littoralis* برای مقابله با خشکی و شوری. تحقیقـات مرتع و بیابان، ۱٦ (۱): ۱-۱۰.
- محمدی، ر.، خیام‌نکـویی، م.، میرلـوحی، آ. و رزمجـو، خ.، ۱۳۸۵. بررسی تنوع ژنتیکی جمعیتهای مختلف گونه علوفه‌ای و مرتعـی *Agropyron elongatum*. تحقیقـات ژنتیـک و اصـلاح گیاهـان مرتعی و جنگلی ایران، ۱٤ (۱): ۱۵-۲٤.
- Afsharmanesh, G., 2009. Study of some morphological traits and selection of drought-resistant alfalfa cultivars (*Medicago sativa* L.) in Jiroft, Iran. Plant Ecophysiology, 3: 109-118.
- Aronson, L.J., Gold, A.J. and Hull, R.J., 1987. Cool-season turfgrass responses to drought stress. Crop Science, 27: 1261-1266.
- Asay, K.H. and Dewey, D.R., 1992. Probable origin of standard crested wheatgrass, Agropyron desertorum Fisch. Ex link, Schultes. Canadian Journal of Plant Science, 72: 763-772.
- Assuero, S.G., Matthew, C., Kemp, P., Barker, D.J. and Mazzanti, T.L., 2002. Effects of water deficit on Mediterranean and temperate cultivars of tall fescue. Australian Journal of Agricultural Research, 53: 29-40.
- Ervin, E.H. and Koski, A.J., 1998. Drought aviodance aspects and coefficients of Kentuky Blugrass and

Tall Fescue turfs in the semiarid West. Crop Science, 38: 788-795.
– Fernandes, G.C.J., 1992. Effective selection criteria for assessing plant stress tolerance. in proceeding of on the sympo. Taiwan, 13–16 Aug. 1992. By: C. G. Kuo. AVRDC.
– Fisher, R.A. and Maurer, R., 1978. Drough resistance in spring wheat cultivars. Australian Journal of Agricultural Research, 29: 897 – 912.
– Garwood, E.A. and Sinclair, J., 1979. Use of water by six grass species. 2. Root distribution and use of soil water. Journal of Agricultural Science, Cambridge, 93: 25-35.
– Gibson, D.J. and Newman, J.A., 2001. *Festuca arundinacea* Schreber (*F. elattor* L. ssp. *arundinacea* (Schreber) Hackel). Journal of Ecology, 89: 304-324.
– Lazenby, A., 1997. Selection and breeding of pasture plants. Chapter 7. In: Lovett, J. V. and Scott, J. M., Eds. Pasture production and management. Edition 1. Inkata Press, Victoria. Pp 133-154.
– Lodge, G.M., 2004. Seed dormancy, germination, seedling emergence, and survival of some tamperate perennial pasture grasses in northern New South Wales. Australian Journal of Agricultural Research, 55: 345-355.
– Meyer, W.A., Watkins, E., 2003. Tall Fescue(*Festuca arundinacea*). Chpter 8. In: Casler, M. D. and Duncan, R. R., eds. Turfgrass biology genetics and breeding, Edition 1. John Wiley & Sons, New Jersey & Canada, Pp 107-127.
– Rosielle, A.T. and Hambelen. J., 1981. Theorical aspect of selection yield in stress and non-stress environment. Crop Science, 21: 943–946.
– Simane, B.P., Struik, C., Nachit, M.M. and Peacock, M.J., 1993. Ontogenic analysis of yield components and yield stability of durum wheat in water-limited environments. Euphytica, 71: 211-219.
– Wilman, D., Gao, Y., Leitch, M.H., 1998. Some differences between eight grasses within the *Lolium-Festuca* complex when grown in conditions of serve water shortage. Grass and Forage Science, 53: 57-65.

Drought resistance evaluation based on forage yield in accessions of *Festuca arundinacea* using drought resistance indices

Farshadfar, M.*[1], Jafari, A.A.[2], Rezaie, I.[3], Frashadfar, E.A.[4], Moradi, F.[5] and Safari, H.[6]

1*- Corresponding Author, Associate Professor, Payam Noor University of Kermanshah and Research Center for Agriculture and Natural Resources, Kermanshah, Iran, Email: Farshadfarmohsen@yahoo.com
2- Professor, Research Institute of Forests and Rangelands, Tehran, Iran.
3- M.Sc. in Plant Breeding, Islamic Azad University of Kermanshah, Iran.
4- Professor, College of Agriculture, Razi University of Kermanshah, Iran.
5- Department of Agriculture, Payame Noor University, Tehran, Iran.
6- Research Instructor, Research Center for Agriculture and Natural Resources, Kermanshah, Iran.

Received: 08.05.2011 Accepted: 23.06.2012

Abstract

Drought resistance of forage yield for 36 accessions of *Festuca arundinacea* were examined in randomized complete block design with three replications in both irrigated and rainfed environments. Significant variation (P<0.01) for forage dry matter yield was observed between the environments and genotypes. The results of mean comparisons showed that accessions 6 (Isfehan), 7 (Isfehan), 15 (Tavankesh), 25 (Australia), 26 (America) and 31 (Australia) had higher values for forage dry matter yield, in both environment conditions. Drought resistance indices of genotypes were measured for forage dry matter yield of two environment conditions including sensitivity to stress index (SSI), tolerance (TOL), mean productivity (MP), drought tolerant index (DTI), harmonic mean (MH) and geometrical mean of productivity (GMP). Variance analysis of drought resistance indices showed that accessions had significant variation (P<0.01). The first and second components from principal components analysis were accounted for 61.5 and 37.7 percent of variation among accessions for drought resistance indices, respectively. The indices of MP, DTI, MH and GMP as well as forage dry matter yield of stress and non-stress environments had the greatest share in first component. Also, these indices showed significant and positive correlation with forage dry matter yield of stress and non-stress environments, and based on the indices, the accession 6 (Esfahan), 7 (Esfahan), 31 (Australia) and 26 (America), showed the most resistance to drought stress. Our results were confirmed by cluster analysis.

Key words: *Festuca arundinacea*, forage yield, drought resistance, accession.