10.22092/sppi.2015.125640

مجله به‌نژادی نهال و بذر
جلد ۱-۳۱، شماره ۱، سال ۱۳۹۴

ارزیابی برخی صفات سازگاری به تنش خشکی در اکوتیپ‌های جو وحشی (*Hordeum spontaneum* L.) بومی اقلیم‌های مختلف ایران

Evaluation of some Drought Adaptation Traits in *Hordeum spontaneum* L. Ecotypes from Different Climatic Conditions of Iran

شکیبا شاهمرادی[۱]، محمدرضا چایی‌چی[۲]، جواد مظفری[۳]، داریوش مظاهری[۴] و فرزاد شریف‌زاده[۵]

۱ و ۳- به ترتیب استادیار و استاد، مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، کرج
۲، ۴ و ۵- به ترتیب استاد، استاد و دانشیار، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۱/۱۰ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۷/۱۰

چکیده

شاهمرادی، ش.، چایی‌چی، م. ر.، مظفری، ج.، مظاهری، د. و شریف‌زاده، ف. ۱۳۹۴. ارزیابی برخی صفات سازگاری به تنش خشکی در اکوتیپ‌های جو وحشی (*Hordeum spontaneum* L.) بومی اقلیم‌های مختلف ایران. **مجله به‌نژادی نهال و بذر ۱-۳۱:** ۲۴ - ۱.

جو وحشی (*Hordeum spontaneum*) منبع ارزشمند تنوع ژنتیکی برای سازگاری نسبت به تنش‌های زنده و غیرزنده است که می‌توان از آن برای انتقال ژن‌های جدید به جو زراعی استفاده کرد. در این تحقیق با هدف ارزیابی سازگاری اکوتیپ‌های جو وحشی نسبت به تنش خشکی، نوزده اکوتیپ به همراه رقم جو زراعی نصرت، در آزمایشی در مزرعه تحقیقاتی موسسه تحقیقات اصلاح وتهیه نهال وبذر مورد بررسی قرار گرفتند. آزمایش در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد و نمونه‌ها در دو شرایط آبیاری کامل و قطع آبیاری (تنش خشکی آخر فصل) مورد ارزیابی قرار گرفتند. صفات زراعی، مورفولوژیک، و فنولوژیک در اکوتیپ ها مورد ارزیابی قرار گرفت. مقایسه میانگین صفات در شرایط تنش، نشان داد که صفات روز تا ظهور سنبله، روز تا گلدهی و روز تا رسیدن در اثر تنش خشکی کاهش معنی‌داری یافتند و تنش خشکی باعث تسریع مراحل فنولوژیک گیاه شد. صفات زراعی طول سنبله، ارتفاع بوته و عملکرد بیولوژیکی نیز کاهش معنی‌داری را در شرایط تنش خشکی نشان دادند. در شرایط آبیاری معمول عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیکی و شاخص برداشت، همبستگی معنی‌داری با شاخص تحمل به تنش داشتند. تجزیه به مولفه‌ها در شرایط آبیاری کامل نیز تاییدکننده این امر بود. تجزیه خوشه‌ای، اکوتیپ های مورد بررسی را به سه گروه تقسیم کرد، گروه اول شامل اکوتیپ‌های حساس، گروه دوم شامل اکوتیپ‌های نیمه‌متحمل و گروه سوم اکوتیپ‌های متحمل نسبت به تنش خشکی بودند. بر اساس نتایج این تحقیق، اکوتیپ‌های شماره ۷، ۸ و ۱۳ به همراه رقم زراعی نصرت دارای بالاترین میانگین شاخص تحمل تنش (STI) و اجزای عملکرد بودند. این اکوتیپ‌ها دارای کمترین میانگین روز تا رسیدن بودند (۱۶۴ روز). علاوه بر این، میزان اتلاف آب نسبی برگ (RWL) نیز در این اکوتیپ‌ها پایین تر از اکوتیپ‌های دیگر بود (۷۴/۲۷ درصد). در تجزیه رگرسیون صفات مرتبط با تحمل تنش خشکی، علاوه بر عملکرد دانه، تعداد روز تا رسیدن و محتوای کلروفیل نسبی نیز وارد مدل شدند، بنابراین به نظر می‌رسد این صفات ارتباط نزدیکی با تحمل به خشکی در اکوتیپ‌های جو وحشی دارند و عامل سازگاری بیشتر با محیط دارای محدودیت رطوبت هستند.

واژه‌های کلیدی: جو وحشی، اکوتیپ‌ها، تحمل به خشکی، اتلاف آب نسبی برگ.

نویسنده مسئول: shakibashahmoradi@gmail.com تلفن: ۰۲۶۳۲۷۰۱۲۶۰

مقدمه

تولید و معرفی ارقام مقاوم نسبت به تنش‌های زنده و غیر زنده بخش اساسی از اصلاح ادامه‌دار گیاهان است. اهلی کردن جو، همانند بسیاری از گیاهان دیگر، باعث کاهش قابل ملاحظه تنوع ژنتیکی در ارقام زراعی نسبت به جمعیت های وحشی شده است. بررسی تنوع ژنتیکی در جو وحشی و فرآیند اهلی شدن نشان داده است که ارقام زراعی، تنها بخشی از تنوع مشاهده شده در گونه های وحشی را دارا هستند. بررسی‌های ژنتیکی با استفاده از SSR نشان داده است که تنها ۴۰٪ از آلل‌های موجود در جو وحشی در ارقام زراعی یافت می‌شوند (Powell *et al.,* 1996). لذا فرآیند اهلی شدن برای محققین و دانشمندان از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است زیرا عدم وجود تنوع در آلل‌ها، از ایجاد ارقام سازگار و تحقیقات در مورد مکانیزم‌های ژنتیکی موثر در این برتری ممانعت می‌کند (Ellis *et al.,* 1999).

جو وحشی می‌تواند منبع موثری از تنوع ژنتیکی برای مقاومت به تنش‌های غیرزنده باشد. گونه *Hordeum spontaneum* جزء ذخایر ژنی اولیه جو زراعی محسوب می‌شود و هیچ گونه مانع بیولوژیکی برای تلاقی بین این گونه با گونه زراعی آن وجود ندارد. به علت تنوع ژنتیکی غنی و سازگاری بالا، جو وحشی به عنوان یک منبع ژنتیکی مهمی برای اصلاح گونه زراعی محسوب می‌شود. به منظور استفاده از سرمایه عظیم تنوع ژنتیکی در برنامه‌های به‌نژادی، اطلاع از ماهیت و میزان تنوع در ژرم‌پلاسم از اهمیت زیادی برخوردار است (Rajabi *et al.,* 2002). مقاومت گیاهان در برابر آفات، بیماری‌ها و تنش‌های محیطی بستگی زیادی به تنوع ژنتیکی دارد (Roudbarkalary *et al*., 2001). کاهش چشمگیر تنوع ژنتیکی در بسیاری از گونه‌های زراعی توجه جهانی را به منشاء اولیه ژن‌های جدید که اغلب در گونه‌های وحشی نهفته‌اند و می‌توانند ژن‌های ارزشمندی برای صفات مقاومت به بیماری‌ها، محتوای پروتئین بالا، مقاومت به خشکی و سایر صفات مطلوب اقتصادی باشد، جلب کرده است (Haussmann, 2004؛ Al Khanjari *et al.,* 2008). امروزه به نژادگران سعی درشناسایی و معرفی منابع ژنتیکی متحمل نسبت به تنش های محیطی دارند (Pickering and Johnston, 2005).

بررسی صفات زراعی، مورفولوژیکی و فنولوژیکی در ۱۸۸ اکوتیپ از کلکسیون جو وحشی بانک ژن گیاهی ملی ایران (Shahmoradi *et al.,* 2013a)، نشان دهنده دامنه متغیر تنوع ژنتیکی در صفات مختلف مورد ارزیابی در این اکوتیپ‌ها بود. بررسی تفاوت اکوتیپ‌های اقلیم‌های مختلف از نظر خواب بذر و شاخص جوانه‌زنی نشان داد اثر عوامل تغییردهنده ژن‌ها نظیر گزینش طبیعی در جمعیت در هر اقلیم خاص، سبب شده است تفاوت اکوتیپ‌های بومی اقلیم‌های مختلف افزایش یابد. نتایج این تحقیق

نشان‌دهنده نه تنها سازگاری محلی اکوتیپ‌های مدیترانه‌ای و بیابانی، بلکه وجود تفاوت در سیر تکاملی گیاهان بیابانی و مدیترانه‌ای بود (Shahmoradi *et al.,* 2013b).

در یک تحقیق ۷۷ نمونه از جو وحشی (*Hordeum spontaneum*) بومی ایران، عراق و ترکیه بررسی و مشخص شد. تنوع در صفات رویشی این نمونه‌ها معنی‌دار بود (Bakhteyev and Darevskay, 2003). والیس و همکاران (Volis *et al.,* 2002) نیز به منظور بررسی سازگاری محلی و معرفی صفات سازگاری در اکوتیپ‌های جو وحشی بومی مناطق مدیترانه‌ای و کویری، بذر و گیاهچه‌ها را مورد ارزیابی قرار دادند. شواهدی مبنی بر سازگاری محلی در گیاهچه‌های اکوتیپ‌ها ملاحظه شد. ایواندیک و همکاران (Ivandic *et al.,* 2000) با بررسی اثر تنش خشکی روی اکوتیپ‌های جو وحشی (*Hordeum spontaneum*) نشان دادند که ژنوتیپ‌های بومی مناطق خشک، کمتر از سایر ژنوتیپ‌ها تحت تاثیر تنش خشکی قرار می‌گیرند. ریزا و همکاران (Rizza *et al.,* 2004) تنوع عملکرد در شرایط دیم و آبی در ۸۹ ژنوتیپ جو بومی مناطق مختلف را با استفاده از شاخص مقاومت به تنش خشکی بررسی کردند. سامارا (Samarah, 2005) در بررسی اثر تنش خشکی بر رشد و عملکرد جو گزارش کرد که تنش خشکی از طریق کاهش طول دوره پر شدن دانه، کاهش تعداد پنجه، تعداد سنبله، تعداد دانه در گیاه و وزن دانه در گیاه، عملکرد دانه را کاهش داد. ویسی مال‌امیری و همکاران (Wassy Mallamiri *et al.,* 2010) نیز بیست ژنوتیپ و دو رقم زراعی جو را در دو شرایط آبیاری نرمال و تنش رطوبتی مورد مقایسه قرار دادند و صفات فیزیولوژیکی و شاخص‌های تحمل به خشکی در این ژنوتیپ‌ها را ارزیابی کردند. نتایج این تحقیق نشان داد شاخص STI بهترین شاخص برای گزینش ژنوتیپ‌های مقاوم به خشکی است. زهراوی (Zahravi, 2009) در بررسی شاخص‌های تحمل تنش خشکی در ژنوتیپ‌های جو وحشی GMP STI و MP را به عنوان بهترین شاخص‌ها معرفی کرد.

با توجه به این که تاکنون تحقیقات و بررسی‌های محدودی روی توده‌های کلکسیون جو وحشی بانک ژن گیاهی ملی ایران از نظر تحمل به خشکی و همچنین نحوه سازگاری اکوتیپ‌های بومی مناطق گرم و خشک، انجام شده است، ارزیابی تخصصی این منابع ژنتیکی در شرایط تنش و شناسایی صفات مرتبط با تحمل به خشکی، جهت دستیابی به والدهای متحمل و استفاده از آن‌ها در تحقیقات کاربردی ضروری به نظر می‌رسد. اهداف اصلی از اجرای این پروژه ارزیابی تحمل به خشکی در بخشی از ژرم‌پلاسم جو وحشی در بانک ژن گیاهی ملی ایران، شناسایی صفات مرتبط با تحمل به خشکی و تحلیل ماهیت ارتباط میان این صفات بود.

مواد و روش‌ها

در اواسط آبان ماه سال زراعی ۹۱-۱۳۹۰، نوزده اکوتیپ جو وحشی (*Hordeum spontaneum*) به همراه رقم تجاری متحمل به خشکی نصرت، در مزرعه تحقیقاتی بخش تحقیقات ژنتیک و بانک ژن گیاهی ملی ایران، موسسه تحقیقات اصلاح وتهیه نهال و بذر در کرج، از نظر تحمل به تنش خشکی مورد ارزیابی قرار گرفتند. این نوزده اکوتیپ بومی اقلیم های مختلف ایران بوده و بر اساس حداکثر میزان تنوع فنوتیپی از میان ۱۸۸ نمونه ژنتیکی کلکسیون جو وحشی بانک ژن گیاهی ملی ایران (Shahmoradi *et al.,* 2013a) انتخاب شدند. رقم زراعی نصرت حاصل از تلاقی دو رقم کارون و کویر بوده و از سازگاری وسیع و پایداری عملکرد دانه قابل توجهی برخوردار است. کشت نمونه‌ها در دو آزمایش جداگانه شامل آزمایش آبیاری کامل (شاهد) و قطع آبیاری (تنش خشکی) در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با سه تکرار به صورت دستی انجام شد و هر تکرار شامل دو خط یک متری بود. آبیاری به روش نشتی (جوی و پشته) انجام شد و در آزمایش آبیاری کامل در طول رشد گیاه هفت مرحله آبیاری انجام شد. در آزمایش تنش خشکی، آبیاری تنها در دو مرحله کشت و استقرار گیاهان (در پاییز) انجام شد و پس از آن تا پایان دوره رشد قطع شد. صفات مورفولوژیک طول سنبله، ارتفاع بوته و تعداد سنبلچه در سنبله یادداشت‌برداری شد. صفات زراعی شامل عملکرد دانه (گرم درکرت)، وزن صد دانه، عملکرد بیولوژیکی و شاخص برداشت، پس از مرحله رسیدگی فیزیولوژیکی اندازه‌گیری شد و صفات فنولوژیک شامل روز تا ظهور سنبله، روز تا گلدهی و روز تا رسیدن، بر اساس دستورالعمل موسسه بین‌المللی ذخایر توارثی یادداشت‌برداری شدند. برداشت نمونه‌ها در اواخر خرداد انجام شد. شهرکرج در طول جغرافیایی ۵۰ درجه و ۵۹ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۵۲ دقیقه شمالی واقع شده است.

صفات فیزیولوژیک اندازه‌گیری شده در این آزمایش به شرح زیر بودند:

محتوای کلروفیل نسبی

(Relative chlorophyll content: RCC)

محتوای کلروفیل در برگ پرچم با استفاده از دستگاه کلروفیل‌سنج (SPAD-502, Japan) اندازه‌گیری شد. برای این منظور پس از مرحله گرده‌افشانی، سه برگ پرچم در هر کرت آزمایشی ارزیابی شد و میانگین آن در تجزیه واریانس مورد استفاده قرار گرفت.

محتوای آب نسبی

(Relative water content: RWC)

محتوای آب نسبی برگ بر اساس روش ترنر (Turner, 1986) اندازه گیری شد. در این روش پس از مرحله گرده افشانی، برگ های

تازه از هر اکوتیپ در هر تکرار برداشت و بلافاصله توزین شدند (FW). برگ ها به مدت چهار ساعت در آب مقطر قرار گرفته و سپس توزین شدند (TW). پس از آن برگ ها به مدت ۲۴ ساعت در داخل پاکت های کاغذی و در آون با دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد خشک شدند و مجددا وزن برگ ها اندازه گیری شد (DW). محتوای آب نسبی بر اساس فرمول زیر محاسبه شد:

$$RWC = ((FW - DW)/(TW - DW)) \times 100$$

اتلاف آب نسبی

(Relative water loss: RWL)

در این روش (Gavuzzi *et al.,* 1997) نیز پس از مرحله گرده‌افشانی، برگ های تازه از هر اکوتیپ در هر تکرار برداشت شده و بلافاصله توزین شدند (FW). برگ‌ها به مدت چهار ساعت در دمای ۳۵ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند و سپس توزین شدند (W4h). پس از آن برگ‌ها به مدت ۲۴ ساعت در داخل پاکت‌های کاغذی و در آون با دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد خشک شدند و مجددا وزن برگ‌ها اندازه‌گیری شد (DW). اتلاف آب نسبی برگ بر اساس فرمول زیر محاسبه شد:

$$RWL (\%) = [(FW - W4h) /(FW - DW)] \times 100$$

آب حفظ شده در برگ

(Excised leaf water retenlion: ELWR)

آب حفظ شده در برگ بر اساس روش فرشادفر (Farshadfar *et al.,* 2002) محاسبه شد. در این روش برگ های تازه پس از جدا سازی از گیاه بلافاصله توزین شدند (FW) و سپس به مدت چهار ساعت در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد پژمرده شده و وزن شدند (W4h). آب حفظ شده در برگ بر اساس رابطه زیر محاسبه شد:

$$ELWR (\%) = [1 - ((FW - W4h)/FW))] \times 100$$

تجزیه واریانس مرکب صفات مختلف در اکوتیپ‌ها، در شرایط تنش خشکی و شرایط آبیاری کامل با استفاده از نرم‌افزار SAS 9.1 انجام و سپس مقایسه میانگین صفات در اکوتیپ‌های مختلف به روش دانکن انجام شد تا علاوه بر بررسی اثر تنش خشکی بر صفات مختلف، اکوتیپ‌های متحمل و حساس نیز تعیین شود. با استفاده از شاخص تحمل تنش (Fernandez, 1992)، واکنش اکوتیپ‌ها نسبت به تنش اعمال شده بررسی شد. بر اساس همبستگی میان عملکرد در شرایط تنش و شاهد بهترین شاخص برای ارزیابی تحمل به خشکی در اکوتیپ‌های مورد بررسی تعیین شد. به منظور گزینش اکوتیپ‌های متحمل به خشکی، نمودار سه بعدی (3-D plot) با استفاده از نرم‌افزار SPSS 16 رسم شد. برای تعیین روابط بین صفات مورد ارزیابی و شاخص‌های تنش، تجزیه به مولفه‌های اصلی و رسم نمودار بای‌پلات از نرم‌افزار STATGRAPHICS استفاده شد و تجزیه رگرسیون گام به گام در نرم‌افزار SPSS 16 انجام شد.

نتایج و بحث

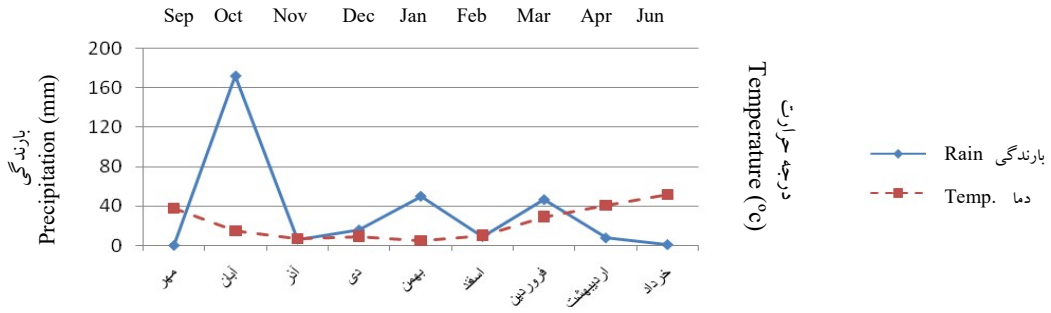
مشخصات اکوتیپ‌های جو وحشی مورد بررسی در جدول ۱ و تغییرات دما و میزان بارندگی در ماه‌های انجام آزمایش در منطقه کرج در شکل ۱ نشان داده شده است.

جدول ۱- اطلاعات جغرافیایی و اقلیمی مربوط به محل جمع‌آوری اکوتیپ‌های *Hordeum spontaneum*

Table 1. Geographic and climatic information of collecting sites of *Hordeum spontaneum* ecotypes

No.	TN*	Cliamate	اقلیم	Province	استان	City	شهر
1	309	Mediterranean (M)	مدیترانه ای	Ghazvin	قزوین	Ghazvin	قزوین
2	324	Cool Desert (CD)	بیابانی سرد	Markazi	مرکزی	Saveh	ساوه
3	554	Desert (D)	بیابانی	Fars	فارس	-	-
4	556/1	Desert (D)	بیابانی	Fars	فارس	-	-
5	951	Desert (D)	بیابانی	Khorasan	خراسان	Mashhad	مشهد
6	1037	Mediterranean (M)	مدیترانه ای	Kermanshah	کرمانشاه	Kermanshah	کرمانشاه
7	1073	Mediterranean (M)	مدیترانه ای	Kermanshah	کرمانشاه	Kermanshah	کرمانشاه
8	1233	Mediterranean (M)	مدیترانه ای	Khorasan	خراسان	Bojnoord	بجنورد
9	1263	Cool Steppe (CS)	استپی سرد	West Azarbaijan	آذربایجان غربی	Orumiyeh	ارومیه
10	1286	Mediterranean (M)	مدیترانه ای	Kermanshah	کرمانشاه	-	-
11	1350	Cool Desert (CD)	بیابانی سرد	Markazi	مرکزی	Arak	اراک
12	1363	Desert (D)	بیابانی	Illam	ایلام	Shirvan	شیروان
13	1375	Desert (D)	بیابانی	Illam	ایلام	Shirvan	شیروان
14	1377	Desert (D)	بیابانی	Illam	ایلام	Shirvan	شیروان
15	1389	Desert (D)	بیابانی	Fars	فارس	Shiraz	شیراز
16	1674	Desert (D)	بیابانی	Khorasan	خراسان	Dareh Gas	دره گز
17	1693	Desert (D)	بیابانی	Khorasan	خراسان	Mashhad	مشهد
18	1732	Desert (D)	بیابانی	Khorasan	خراسان	Ferdous	فردوس
19	1801	Cool Steppe (CS)	استپی سرد	West Azarbaijan	آذربایجان غربی	Maragheh	مراغه
20	Nosrat						

TN: Temporary number in National Plant Gene Bank of Iran



شکل ۱- روند تغییرات درجه حرارت و بارندگی در سال زراعی ۹۱-۱۳۹۰ در منطقه کرج

Fig. 1. Temperature fluctuation and precipition in 2011-12 cropping season in Karaj

تجزیه مرکب صفات مورد ارزیابی در نوزده اکوتیپ جو وحشی و رقم جو زراعی نصرت (جدول ۲) نشان داد که تنش خشکی اثر معنی‌داری بر صفات فنولوژیک داشت، به علاوه اثر تنش خشکی بر صفات ارتفاع بوته، عملکرد بیولوژیکی و شاخص برداشت در سطح احتمال ۱درصد معنی‌دار شد، در حالی که عملکرد دانه تحت تاثیر تنش خشکی قرار نگرفت. اثر متقابل تنش خشکی و اکوتیپ در صفت ارتفاع بوته در سطح احتمال ۵ درصد و عملکرد بیولوژیکی در سطح احتمال ۱درصد معنی‌دار بود. این امر نشان می‌دهد که اکوتیپ‌ها در این دو صفت واکنش متفاوتی نسبت به تنش خشکی نشان دادند. در تحقیقات افضلی فر و همکاران (Afzalifar *et al.,* 2011) برروی ژنوتیپ‌های جو اسپانتانئوم ایران نیز اثر متقابل بین ژنوتیپ و محیط از نظر صفات ارتفاع بوته، بیوماس، طول سنبله و عملکرد دانه معنی‌دار بود و از نظر صفات تعداد کل دانه و شاخص برداشت معنی‌دار نبود. ایواندیک و همکاران (Ivandic *et al.,* 2000) نیز در تحقیقات خود در بررسی اثر تنش خشکی بر اکوتیپ‌های جو وحشی نتیجه مشابهی را گزارش کردند.

مقایسه میانگین صفات در سطوح مختلف تنش (جدول ۳)، نشان داد که صفات روز تا ظهور سنبله، روز تا گلدهی و روز تا رسیدن، در اثر تنش خشکی کاهش معنی‌داری یافتند و تنش خشکی باعث تسریع مراحل فنولوژیک گیاه شد. از سوی دیگر صفات زراعی طول سنبله، ارتفاع بوته و عملکرد بیولوژیکی نیز کاهش معنی‌داری را در شرایط تنش خشکی نشان دادند. تنها صفات محتوای کلروفیل برگ و شاخص برداشت در اثر تیمار تنش خشکی افزایش یافت.

نتایج این تحقیق نشان داد که تنش خشکی باعث تسریع در آغاز فاز زایشی در مقایسه با شرایط آبیاری کامل شد که به نظر می‌رسد علت آن القاء فیزیولوژیکی ناشی از تنش خشکی در نمو گیاه باشد. گیاهانی که گلدهی را سریع‌تر آغاز می‌کنند، برتری دارند. مزیت گلدهی سریع در شرایط محدودیت رطوبت و غیر قابل پیش بینی بودن بارندگی به طور آزمایشی در تحقیقات قبلی نشان داده شده است (Volis *et al.*, 2002). تنش خشکی باعث کاهش معنی‌دار عملکرد بیولوژیکی در اکوتیپ‌های مورد بررسی شد ولی بر عملکرد دانه تاثیر معنی‌داری نداشت، و به نظر می‌رسد علت این امر افزایش معنی‌دار شاخص برداشت در اثر تنش خشکی باشد. از سوی دیگر مقایسه میانگین صفت میزان کلروفیل نسبی در سطوح تنش نشان دهنده افزایش این صفت در شرایط تنش خشکی بود. این نتیجه با نتایج تحقیقات قبلی مغایرت دارد (Kashiwagi *et al.,* 2010) و به نظر می‌رسد عامل این امر افزایش سطح ویژه (گوشتی شدن) برگ در اثر محدودیت رطوبت باشد (Fernandez and Reynold, 2000؛ Painawadee *et al.,* 2009).

جدول ۲ - تجزیه واریانس مرکب صفات در نوزده اکوتیپ *Hordeum spontaneum* و رقم نصرت در شرایط تنش خشکی و آبیاری کامل

Table 2. Combined analysis of variance for traits in nineteen ecotypes of *Hordeum spontaneum* and Nosrat cultivar under normal and stress conditions

S.O.V.	منابع تغییرات	درجه آزادی df.	روز تا ظهور سنبله Days to spike emergence	روز تا گلدهی Days to flowering	محتوای آب نسبی Relative water content	آب حفظ شده در برگ Excised leaf water retention	اتلاف آب نسبی Relative water loss	محتوای کلروفیل نسبی Relative chlorophyll content	طول سنبله Spike length	ارتفاع بوته Plant height	تعداد سنبلچه در سنبله Number of spikelet per spike	عملکرد بیولوژیکی Biological yield	عملکرد دانه Grain yield	شاخص برداشت Harvest index	روز تا رسیدن Days to maturity
Environment (E)	محیط	1	03.80**	4.88**	1.5656**	04.00^{ns}	1.138^{ns}	1.49**	8.9*	8.37**	1.2^{ns}	522720**	9.15$^{n.s}$	8.50**	0.14**
Error 1	خطای ۱	4	01.10	1.12	5.76	2.16	6.35	2.60	7.3	8.44	7.5	3.110194	2.42	9.20	3.40
Ecotype (Eco)	اکوتیپ	19	4.40**	3.57**	6.41^{ns}	0.10**	5.21**	5.41**	7.2$^{n.s}$	1.26**	6.1^{ns}	8.201922**	1.14**	3.90^{ns}	6.14^{ns}
E × Eco	اکوتیپ × محیط	19	7.10^{ns}	9.20^{ns}	9.29^{ns}	3.60^{ns}	7.10^{ns}	3.12^{ns}	9.1^{ns}	0.59*	2.4^{ns}	5.35648**	5.16^{ns}	2.40^{ns}	1.93^{ns}
Error 2	خطای ۲	76	2.39	3.48	30.98	37.90	75.80	8.80	2.0	28.90	8.0	15244.60	145.5	2412.40	93.30

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

ns,* and **: Not significant, significant at 5% and 1% levels of probability, repectively.

جدول ۳ – مقایسه میانگین صفات در نوزده اکوتیپ *Hordeum spontaneum* و رقم جو زراعی نصرت در شرایط تنش خشکی و آبیاری طبیعی

Table 3. Mean comparison of traits in nineteen *Hordeum spontaneum* ecotypes and Nostrat cultivar under normal and stress conditions

آبیاری Irrigation	روز تا ظهور سنبله Days to spike emergence	روز تا گلدهی Days to flowering	محتوای آب نسبی برگ Relative water content	محتوای کلروفیل نسبی Relative chlorophyll content	روز تا رسیدن Days to maturity	طول سنبله Spike length (cm)	ارتفاع بوته Plant height (cm)	عملکرد بیولوژیکی Biological Yield(g/plot)	شاخص برداشت Harvest index
Normal	142.33a	146.28a	87.06a	42.32b	175.80a	10.12a	73.53a	603.75a	20.98b
Drought stress	140.70b	144.57b	73.33b	46.36a	168.76b	9.55b	62.93b	471.75b	25.09a

میانگین‌ها با حروف مشترک در هر ستون فاقد اختلاف معنی‌دار هستند.

Means followed by similar letters in each column are not significantly different

مقایسه میانگین صفات اکوتیپ‌های مورد بررسی در جدول ۴ نشان داده شده است. مقایسه میانگین تعداد روز تا ظهور سنبله در اکوتیپ‌های مختلف نشان داد که اکوتیپ شماره ۱۲ کمترین طول دوره رویشی را در بین اکوتیپ‌های مورد بررسی به خود اختصاص داده است (۱۳۶ روز)، و بیشترین تعداد روز تا ظهور سنبله در اکوتیپ شماره ۱۸ مشاهده شد (۱۴۵ روز). محتوای آب نسبی برگ در اکوتیپ شماره ۱۴ کمتر از سایر اکوتیپ‌ها بود و در رقم نصرت این صفت به بالا ترین میزان رسید. کمترین اتلاف آب برگ در اکوتیپ‌های ۲۰ و ۱۸ مشاهده شد در حالی که اکوتیپ‌های شماره ۳ و ۱۴ بیشترین اتلاف آب برگی را داشتند. بیشترین عملکرد دانه در اکوتیپ‌های شماره ۷، ۱۳، ۲۰ و ۴ مشاهده شد.

بررسی اثر متقابل تنش خشکی و اکوتیپ برای صفات ارتفاع بوته و عملکرد بیولوژیکی در شکل ۲ نشان داده شده است. بر اساس نمودار مقایسه میانگین ارتفاع بوته (شکل۲-a)، ملاحظه می شود که اکوتیپ‌هایی که در شرایط آبیاری کامل دارای ارتفاع بوته بیشتری بودند، کاهش ارتفاع بیشتری را در اثر تنش خشکی نشان دادند (برای مثال اکوتیپ‌های شماره ۶، ۷، ۸، ۹، ۱۰، ۱۶و۱۷). در حالی که اکوتیپ‌های کوتاه تر در شرایط آبیاری کامل، در اثر تنش خشکی کاهش ارتفاع معنی‌داری نداشتند (اکوتیپ‌های شماره ۵، ۱۵ و رقم نصرت). در مجموع این نتایج در راستای یافته‌های محققین قبلی (Jafari Shabestari, 1982؛ Ehdaei, 1993؛ Afzalifar *et al.*, 2011) است که تنش خشکی زا به عنوان عامل کاهش ارتفاع بوته معرفی کرده‌اند. مقایسه میانگین عملکرد بیولوژیکی در اکوتیپ‌های مختلف در سطوح مختلف رژیم رطوبتی نیز نتایجی مشابه صفت ارتفاع بوته را نشان داد. در اغلب موارد اکوتیپ‌های پر محصولی نظیر اکوتیپ‌های شماره ۴، ۷، ۸ و رقم نصرت در اثر تنش کاهش معنی‌داری را در عملکرد بیولوژیکی نشان دادند، در حالی که اکوتیپ‌های دارای پتانسیل عملکرد پایین، نظیر اکوتیپ‌های شماره ۲، ۵، ۱۵و ۱۸ در شرایط تنش خشکی تغییر معنی‌داری در عملکرد نداشتند.

با توجه به ماهیت پیچیده تحمل به خشکی و تأثیر عوامل مختلف در آن، قضاوت پیرامون ژنوتیپ‌ها از نظر یک صفت مشکل بوده و گاهی با نتایج متناقض همراه است، بنابراین با استفاده از ضرایب همبستگی بین عملکرد در شرایط آبی و دیم و شاخص‌های کمی تحمل به خشکی، می‌توان شاخص‌های مناسب را تعیین کرد (Farshadfar *et al.*, 2001). بررسی ضرایب همبستگی میان عملکرد در شرایط نرمال (YP) و عملکرد در تنش (YS) با شاخص‌های تنش: SSI، MP، TOL، GMP و STI (جدول ۵) نشان دهنده همبستگی بالاتر عملکردها با شاخص تحمل تنش (STI) و میانگین هندسی عملکرد (GMP) بود. بنابراین بر اساس نظر فرناندز (Fernandez, 1992) این

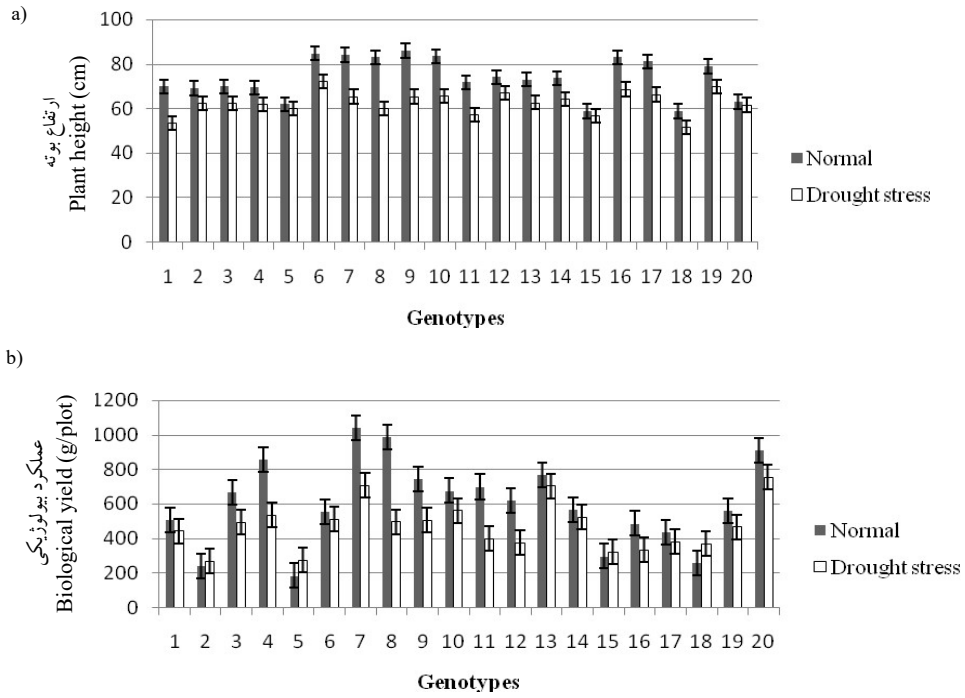
ل ۴- مقایسه میانگین صفات در نوزده اکوتیپ *Hordeum spontaneum* و رقم جو زراعی نصرت

Table 4. Mean comparison of traits in nineteen *Hordeum spontaneum* ecotypes and Nosra

شماره اکوتیپ Ecotype No.	شماره کلکسیون TN	روز تاظهور سنبله Days to spike emergence	روز تا گلدهی Days to flowering	آب حفظ شده در برگ Excised leaf water retention	اتلاف آب نسبی Relative water loss	محتوای کلروفیل نسبی Relative chlorophyll content	رد Grai (g
1	309	144.00abc	148.00abc	-0.478abcdef	0.723cdef	44.97abcdefg	80.0
2	324	138.17h	142.17hi	-0.519abcdefg	0.744abcdef	43.49cdefg	57.5
3	554	140.50efg	143.67fghi	-0.579fg	0.863a	41.88efgh	124.7
4	556/1	140.50efg	144.17fgh	-0.532bcdefg	0.792abcde	38.26h	185.3
5	951	144.00abc	148.67bc	-0.459abc	0.670ef	43.82cdefg	51.6
6	1037	140.67efg	144.33fgh	-0.556defg	0.834abc	48.91a	117.7
7	1073	140.17efgh	143.67fghi	-0.491abcde	0.741bcdef	41.37fg	227.6
8	1233	144.67ab	149.67ab	-0.475abcde	0.690def	41.78fgh	168.7
9	1263	143.83abc	147.17bcd	-0.522abcdefg	0.793abcde	48.08 b	119.0
10	1286	140.00fgh	143.17ghi	-0.525bcdefg	0.776abcde	44.38bcdefg	114.7
11	1350	141.67def	145.83def	-0.545cdefg	0.823abc	44.48bcdefg	124.1
12	1363	136.17i	139.83j	-0.562efg	0.821abc	42.38defg	98.0
13	1375	139.33gh	142.67ghi	-0.522abcdefg	0.784abcde	42.18defg	194.6
14	1377	139.17gh	143.17ghi	-0.582g	0.851ab	45.92abcde	136.3
15	1389	138.33h	141.67ij	-0.543cdefg	0.803abcd	43.94bcdef	75.2
16	1674	143.17bcd	147.33abc	-0.497abcdef	0.724cdef	46.18abcd	88.3
17	1693	142.17cde	145.00def	-0.507abcdefg	0.734cdefg	44.11bcdefg	102.4
18	1732	145.50a	151.50a	-0.451ab	0.650g	45.81bacdef	84.5
19	1801	144.00abc	147.50bcd	-0.507abcdefg	0.755bcdefg	48.10ab	112.7
20	Nosrat	144.33ab	149.33abc	-0.439a	0.680efg	46.78abc	207.6
	Max	145.50	151.50	-0.439	0.863	48.91	227.6
	Min	136.17	139.83	-0.582	0.65	38.26	51.6

ها با حروف مشترک در هر ستون فاقد اختلاف معنی‌دار هستند.

Means followed by similar letters in each column are not significantly different.



شکل ۲- مقایسه میانگین صفات ارتفاع بوته (a) و عملکرد بیولوژیکی (b) در نوزده اکوتیپ *Hordeum spontaneum* و رقم نصرت در شرایط تنش و آبیاری کامل

Fig. 2. Mean comparison of plant height (a) and biological yield (b) in nineteen *Hordeum spontaneum* ecotypes and Nosrat cultivar under drought and normal conditions

جدول ۵- ضرایب همبستگی عملکرد بیولوژیکی در شرایط آبیاری کامل و تنش با شاخص‌های تنش با استفاده از روش پیرسون

Table 5. Correlation coefficients of biological yield in drought and normal conditions and stress indices using Pearson method

صفات Traits	عملکرد تنش Stress yield	میانگین حسابی عملکرد Mean productivity	تحمل Tolerance	شاخص حساسیت به تنش Stress susceptibility index	میانگین هندسی عملکرد Geometric mean productivity	شاخص تحمل تنش Stress tolerance index
Potential yield	0.84**	0.98**	0.81**	0.66**	0.96**	0.94**
Stress yield		0.94**	0.37	0.20	0.96**	0.96**

**: Significant at the 1% probability level.

**: معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪.

شاخص‌ها بهترین معیار برای مقایسه اکوتیپ‌ها در این آزمایش شناخته شدند. از آن جا که فرمول محاسباتی این دو شاخص تا حدودی مشابه است، رتبه‌بندی اکوتیپ‌ها بر اساس این دو شاخص نتایج مشابهی خواهد داشت.

ضرایب همبستگی میان شاخص تحمل به

تنش (STI) و میانگین هندسی عملکرد (GMP) با صفات مورد ارزیابی در دو شرایط آبیاری کامل و تنش خشکی در جدول ۶، نشان داده شده است. بر اساس ضرایب همبستگی در شرایط آبیاری کامل، صفات مربوط به اجزای عملکرد در شرایط آبیاری کامل شامل عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیکی و شاخص برداشت، همبستگی معنی‌داری با شاخص تحمل به تنش داشتند. این در حالی است که در شرایط تنش خشکی، تنها عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیکی با شاخص تحمل به تنش همبستگی نشان داد که در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بود ولی همبستگی شاخص برداشت با شاخص تحمل تنش معنی‌دار نبود. همبستگی روز تا ظهور سنبله در شرایط آبیاری کامل با محتوای آب نسبی، اتلاف آب نسبی برگ و آب حفظ شده در برگ معنی‌دار شد. ولیکن این همبستگی در شرایط تنش خشکی مشاهده نشد (جدول ۶).

به منظور ارزیابی دقیق‌تر داده‌ها و بررسی ارتباط میان شاخص‌های تنش و صفات مورد ارزیابی، تجزیه به مولفه‌های اصلی در هر دو شرایط آبیاری به طور جداگانه انجام شد. تجزیه به مولفه‌ها در شرایط آبیاری کامل (جدول ۷) نشان داد که چهار مولفه که مقادیر ویژه بزرگ‌تر از ۱ داشتند در تشکیل ماتریس ضرایب شرکت کردند و در مجموع ۹۰/۹۸ درصد از واریانس صفات را توجیه کردند. در مولفه اول که ۳۸/۴۳ درصد از تغییرات مشاهده شده را به خود اختصاص داد، صفات فنولوژیک روز تا گلدهی (DF) و روز تا ظهور سنبله (DS) و صفت آب حفظ شده در برگ (ELWR) بیشترین ضریب را در این مولفه داشتند (جدول ۷). حدود ۳۰/۴۰٪ از واریانس توسط مولفه دوم ایجاد شده بود و بزرگ‌ترین ضرایب مربوط به عملکرد بیولوژیکی، عملکرد دانه (GY) و شاخص تنش (STI) و میانگین هندسی عملکرد (GMP) بود. بزرگ‌ترین ضرایب مربوط به مولفه سوم نیز مربوط به صفت طول سنبله (SPL) بود. صفت محتوای کلروفیل برگ نیز موثرترین صفات در مولفه چهارم بود. با توجه به ضریب بالای شاخص تحمل تنش در مولفه دوم در مجموع می‌توان نتیجه گرفت که اکوتیپ‌هائی که دارای مقادیر بالاتر در مولفه دوم باشند، اکوتیپ‌های متحمل و پرمحصول تر نسبت به سایر اکوتیپ‌ها هستند.

مولفه اول و دوم در مجموع ۶۸/۸۳ درصد از واریانس را توجیه کردند. نمودار بای‌پلات مولفه‌های اصلی اول و دوم براساس صفات مورد ارزیابی و شاخص تحمل تنش در اکوتیپ‌های جو وحشی در شرایط آبیاری کامل (شکل ۳)، به وضوح ارتباط میان شاخص تحمل تنش و صفات مورد ارزیابی را به نمایش گذاشته و اکوتیپ‌های حساس و متحمل را متمایز کرد. صفات آگرونومیک شامل عملکرد بیولوژیکی، عملکرد دانه به همراه شاخص تحمل تنش (STI) و میانگین هندسی عملکرد (GMP) که دارای بیشترین ضرایب در مولفه دوم بودند، در شکل ۳ زاویه تندی با یک دیگر

جدول ۶- ضرایب همبستگی صفات در محیط نرمال (بالای قطر) و تنش (پایین قطر) با شاخص تحمل تنش بر اساس روش پیرسون

Table 6. Correlation coefficients of traits in normal (above diagonal) and stress conditions (below diagonal) and stress indices in using Pearson method

Traits	DS	DF	RWC	ELWR	RWL	RCC	DM	PH	NSG	SPL	GY	HI	BYN	GMP	STI
DS		0.96**	0.62**	0.82**	-0.75**	0.46*	0.91**	-0.01	0.28	0.17	-0.05	-0.33	0.04	0.02	0.03
DF	0.98**		0.57**	0.83**	-0.77**	0.41	0.89**	-0.17	0.30	0.13	-0.08	-0.31	-0.01	-0.04	-0.02
RWC	0.34	0.37		0.53*	-0.52*	0.59**	0.57**	0.26	0.69**	0.71**	0.03	-0.26	0.13	0.12	0.14
ELWR	0.34	0.36	-0.11		-0.98**	0.37	0.82**	-0.26	0.28	0.09	-0.12	-0.24	-0.12	-0.13	-0.06
RWL	-0.35	-0.38	-0.07	-0.95**		-0.34	-0.76**	0.22	-0.33	-0.15	0.15	0.24	0.15	0.18	0.12
RCC	0.29	0.26	-0.41	-0.05	0.13		0.22	0.09	0.21	0.25	-0.54*	-0.55*	-0.42	-0.36	-0.37
DM	0.41	0.42	0.20	-0.15	0.09	0.11		-0.07	0.26	0.05	0.12	-0.22	0.19	0.16	0.19
PH	-0.27	-0.34	-0.08	-0.20	0.26	0.19	-0.13		0.04	0.19	0.30	-0.08	0.47*	0.39	0.32
NSG	0.47*	0.52*	-0.03	0.48*	-0.50*	0.20	0.07	-0.17		0.75**	0.11	0.10	0.07	0.03	0.08
SPL	0.27	0.26	0.08	0.06	-0.16	0.06	0.09	0.04	0.62**		0.01	0.01	-0.00	-0.05	-0.04
GY	0.01	0.02	-0.17	0.29	-0.12	-0.11	-0.44*	0.19	0.05	-0.38		0.71**	0.94**	0.92**	0.93**
HI	0.02	0.06	0.45*	0.09	-0.10	-0.47*	-0.29	0.14	0.02	-0.18	0.63**		0.47*	0.48*	0.52*
BYD	0.04	0.02	-0.41	0.31	-0.08	0.09	-0.37	0.19	0.07	-0.36	0.94**	0.32		0.96**	0.94**
GMP	0.07	0.06	-0.37	0.28	-0.04	0.01	-0.24	0.23	0.09	-0.26	0.89**	0.32	0.96**		0.99**
STI	0.06	0.06	-0.34	0.37	-0.13	-0.03	-0.23	0.18	0.11	-0.29	0.90**	0.33	0.96**	0.99**	

**and* : Significant at the 1% and 5% probability levels, respectively.

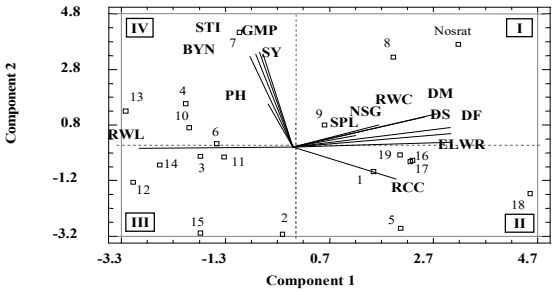
** و* : به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪ و ۵٪

STI: Stress tolerance index	شاخص تحمل تنش	GMP: Geometric mean productivity	میانگین هندسی عملکرد	BYN: Biological yield (g/Plot)	عملکرد بیولوژیکی
HI: Harvest index	شاخص برداشت	GY: Gran yield (g/plot)	عملکرد دانه	SPL: Spike length (cm)	طول سنبله
PH: Plant height	ارتفاع بوته	RCC: Relative chlorophyll content	محتوای کلروفیل نسبی	NSG: Number of spikelet per spike	تعداد سنبلچه در سنبله
DM: Days to maturity	روز تا رسیدن	ELWR: Excised leaf water retention	آب حفظ شده در برگ	RWL: Relative water loss	اتلاف آب نسبی
DF: Days to flowering	روز تا گلدهی	RWC: Relative water content	محتوای آب نسبی	DC: Days to spike emergence	روز تا ظهور سنبله

جدول ۷- مقادیر ویژه، واریانس نسبی و ضرایب متغیرها برای چهار مولفه اصلی در اکوتیپ‌های *Hordeum spontaneum* در شرایط آبیاری کامل

Table 7. Eigen values, relative variance and coefficients of principle components in ecotypes under normal condition

		Components مولفه‌ها			
Traits	صفات	1	2	3	4
Biological yield	عملکرد بیولوژیکی	-0.08	0.496	-0.032	0.051
Days to flowering	روز تا گلدهی	0.389	0.068	-0.182	0.047
Days to maturity	روز تا رسیدن	0.356	0.167	-0.236	0.029
Days to spike emergence	روز تا ظهور سنبله	0.388	0.098	0.140	0.171
Excised leaf water retention	آب حفظ شده در برگ	0.388	0.023	-0.215	-0.095
Geometric mean productivity	میانگین هندسی عملکرد	-0.091	0.461	-0.052	0.065
Number of spikelet/ spike^{-1}	تعداد سنبلچه در سنبله	0.210	0.110	0.437	-0.439
Plant height(cm)	ارتفاع بوته	-0.060	0.212	0.305	0.631
Relative water content	محتوای آب نسبی برگ	0.325	0.148	0.365	0.090
Relative water Loss	اتلاف آب نسبی برگ	-0.379	-0.006	0.170	0.130
Relative chlorophyll content	محتوای کلروفیل نسبی	0.255	-0.157	0.226	0.488
Spike length	طول سنبله	0.154	0.058	0.578	-0.264
Stress tolerance Index	شاخص تحمل تنش	-0.073	0.460	-0.063	-0.020
Grain yield	عملکرد دانه	-0.106	0.451	-0.055	-0.162
Eigen value	مقادیر ویژه	5.38	4.25	2.04	1.05
Percent of variance	واریانس نسبی	38.43	30.40	14.61	7.54
Cumulative percentage	واریانس تجمعی	38.43	68.83	83.44	90.98



شکل۳- نمودار بای‌پلات دو مولفه اصلی برای صفات مورد ارزیابی و شاخص‌های تنش در اکوتیپ‌های *Hordeum spontaneum* در شرایط آبیاری کامل

STI: شاخص تحمل تنش، GMP: میانگین هندسی عملکرد، BY: عملکرد بیولوژیکی، GY: عملکرد دانه، PH: ارتفاع بوته، RCC: محتوای کلروفیل نسبی، ELWR: آب حفظ شده در برگ، DF: تعداد روز تا گلدهی، DS: تعداد روز تا ظهور سنبله، DM: تعداد روز تا رسیدن، RWC: محتوای آب نسبی، NSG: تعداد سنبلچه در سنبله، SPL: طول سنبله

Fig. 3. Bi-plot of first two principal components for characters and stress indices in *Hordeum spontaneum* ecotypes in normal condition

STI :stress tolerance index, GMP: geometric mean productivity, BY: biological yield, GY :grain yield, PH: plant height, RCC: relative chlorophyll content, ELWR: excised leaf water retention, RWL: relative water loss, DF: days to flowering, DS: days to spike emergence DM: days to maturity, RWC: relative water content, NSG: number of spikelet groups, SPL: spike length.

تشکیل داده‌اند که نشان دهنده ارتباط نزدیک این صفات با شاخص تحمل تنش، است. این امر نشان می‌دهد که صفات زراعی در شرایط آبیاری کامل و بدون تنش نیز ارتباط نزدیکی با تحمل به تنش خشکی دارد و به نظر می‌رسد اکوتیپ‌های پر محصول در شرایط آبیاری کامل، قابلیت تولید محصول بالاتر در شرایط تنش را نیز دارند. همان طور که ذکر شد، اکوتیپ‌هایی که دارای مقادیر بالاتر در مولفه دوم بودند، دارای عملکرد بالاتری در شرایط آبیاری و تحمل بیشتر نسبت به تنش خشکی بودند، لذا اکوتیپ‌هایی که در ربع چهارم نمودار قرار دارند نسبت به سایر اکوتیپ‌ها، اکوتیپ‌های برتر محسوب می‌شوند.

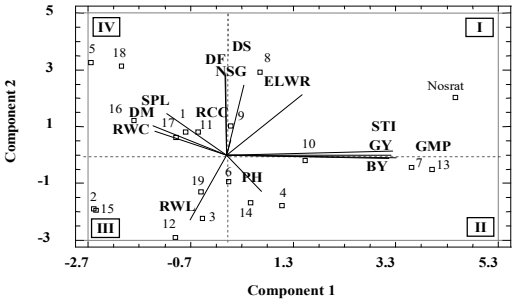
تجزیه به مولفه‌های اصلی در شرایط تنش (جدول ۸)، پنج مولفه را با مقادیر ویژه بزرگ‌تر از ۱، معرفی کرد و این مولفه‌ها در مجموع ۸۷/۱۵ درصد از واریانس صفات را توجیه کردند. حدود ۳۱/۶۲ درصد از این واریانس به مولفه اول اختصاص داشت و بزرگ‌ترین ضریب مربوط به عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیکی بود شاخص تحمل تنش (STI) و شاخص برداشت نیز دارای ضریب بالایی در این مولفه بودند (جدول ۸). حدود ۲۵/۳۱ درصد از واریانس توسط مولفه دوم ایجاد شد که صفات فنولوژیک روز تا گلدهی و روز تا ظهور سنبله، مهم‌ترین صفات در این مولفه بودند. بزرگ‌ترین ضریب مربوط به مولفه سوم صفت فیزیولوژیک میزان اتلاف نسبی آب برگ بود که ۱۱/۹۷٪ از واریانس را به خود اختصاص داد.

مولفه اول و دوم در مجموع ۵۶/۹۳ درصد از واریانس را توجیه کردند. نمودار بای‌پلات مولفه‌های اصلی اول و دوم براساس صفات مورد ارزیابی و شاخص تحمل تنش در اکوتیپ‌های جو وحشی در شرایط تنش خشکی (شکل ۴)، نشان داد که در شرایط تنش خشکی نیز همانند شرایط آبیاری کامل، صفات آگرونومیک شامل عملکرد بیولوژیکی و عملکرد دانه که به همراه شاخص تحمل تنش (STI) دارای بیشترین ضرایب در مولفه اول بودند، بردارهایی نزدیک به یک‌دیگر داشتند. این امر نشان می‌دهد که صفات آگرونومیک در شرایط آبیاری کامل و تنش ارتباط نزدیکی با تحمل به تنش خشکی داشتند. اکوتیپ‌های که دارای مقادیر بالاتر در مولفه اول دارای عملکرد بالاتری در شرایط نرمال و دارای تحمل بیشتر نسبت به تنش خشکی بودند. زهراوی (Zahravi, 2009) در تجزیه به مولفه‌های اصلی ژنوتیپ‌های جو اسپانتانئوم در شرایط تنش خشکی، اولین مؤلفه را به عنوان مؤلفه مقاومت و دومین مؤلفه را مؤلفه حساسیت تفسیر کرد. کرمی و همکاران (Karami *et al.*, 2005, 2006) نیز در بررسی ژنوتیپ های جو زراعی دو مؤلفه را که مجموعاً ۱۷/۹۹ درصد از تغییرات را توجیه می‌کرد عنوان کردند که با توجه به رابطه مؤلفه‌ها و شاخص‌های مورد مطالعه، مقادیر بالاتر مؤلفه

جدول ۸- مقادیر ویژه، واریانس نسبی و ضرایب متغیرها برای پنج مولفه اصلی در اکوتیپ‌های *Hordeum spontaneum* در شرایط تنش

Table 8. Eigen values, relative variance and coefficients of principle components in *Hordeum spontaneum* ecotypes under stress condition

		Components مولفه‌ها				
Traits	صفات	1	2	3	4	5
Biological yield	عملکرد بیولوژیکی	0.465	-0.016	-0.104	-0.046	-0.001
Days to flowering	روز تا گلدهی	-0.003	0.470	-0.233	-0.245	-0.005
Days to maturity	روز تا رسیدن	-0.203	0.164	-0.338	-0.267	-0.137
Days to spike emergence	روز تا ظهور سنبله	-0.002	0.456	-0.269	-0.235	0.010
Excised leaf water retention	آب حفظ شده در برگ	0.207	0.345	0.357	0.160	-0.179
Geometric mean productivity	میانگین هندسی عملکرد	0.451	0.0001	-0.137	-0.080	0.088
Number of spikelet/ spike^{-1}	تعداد سنبلچه در سنبله	0.048	0.400	-0.026	0.347	0.207
Plant height(cm)	ارتفاع بوته	0.096	-0.208	-0.247	0.198	0.536
Relative water content	محتوای آب نسبی برگ	-0.196	0.136	0.153	-0.515	0.458
Relative water Loss	اتلاف آب نسبی برگ	-0.100	-0.371	-0.435	-0.143	0.118
Relative chlorophyll content	محتوای کلروفیل نسبی	0.011	0.083	-0.562	0.341	-0.316
Spike length	طول سنبله	-0.163	0.236	-0.050	0.422	0.508
Stress tolerance Index	شاخص تحمل تنش	0.457	0.020	-0.074	-0.094	0.065
Grain yield	عملکرد دانه	0.445	0.019	0.022	-0.166	0.150
Eigen value	مقادیر ویژه	4.42	3.54	1.67	1.49	1.05
Percent of variance	واریانس نسبی	31.62	25.31	11.97	10.67	7.56
Cumulative percentage	واریانس تجمعی	31.62	56.93	68.91	79.58	87.15



شکل ۴- نمودار بای‌پلات دو مولفه اصلی برای صفات مورد ارزیابی و شاخص‌های تنش در اکوتیپ‌های *Hordeum spontaneum* در شرایط تنش خشکی

STI: شاخص تحمل تنش، GMP: میانگین هندسی عملکرد، BY: عملکرد بیولوژیکی، GY: عملکرد دانه، PH: ارتفاع بوته، RCC: محتوای کلروفیل نسبی، ELWR: آب حفظ شده در برگ، DF: تعداد روز تا گلدهی، DS: تعداد روز تا ظهور سنبله، DM: تعداد روز تا رسیدن، RWC: محتوای آب نسبی، NSG: تعداد سنبلچه در سنبله، SPL: طول سنبله

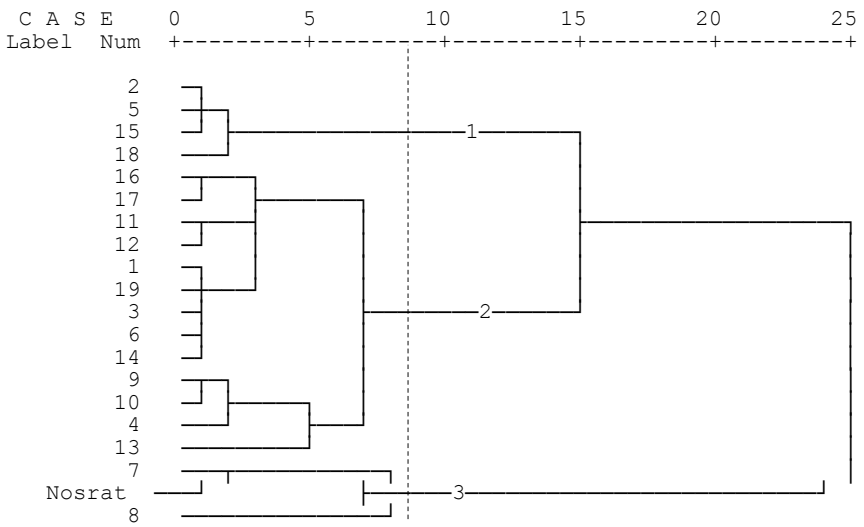
Fig. 4. Bi-plot of first two principal components for characters and stress indices in *Hordeum spontaneum* ecotypes under water stress condition

STI :stress tolerance index, GMP: geometric mean productivity, BY: biological yield, GY :grain yield, PH: plant height, RCC: relative chlorophyll content, ELWR: excised leaf water retention, RWL: relative water loss, DF: days to flowering, DS: days to spike emergence DM: days to maturity, RWC: relative water content, NSG: number of spikelet groups, SPL: spike length.

اول (تحمل به خشکی) و مقادیر پائین تر مؤلفه دوم (حساسیت به تنش) مطلوب بود.

تجزیه خوشه‌ای اکوتیپ‌ها بر اساس صفات مورد ارزیابی و شاخص تحمل تنش انجام شد که نتایج آن در شکل ۵ نشان داده شده است. خط برش فرضی در فاصله ۱۰ واحد موجب دسته‌بندی اکوتیپ‌ها در سه گروه مجزا شد. بررسی میانگین صفات مورد ارزیابی در اکوتیپ‌های موجود در هر گروه در شرایط تنش خشکی در جدول ۹ نشان داده شده است. بر این اساس اکوتیپ‌های گروه اول دارای کمترین مقادیر عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیکی در شرایط تنش خشکی بودند، لذا همان‌طور که پیش‌بینی می‌شد، شاخص‌های میانگین عملکرد در شرایط تنش و نرمال (MP)، تحمل (TOL)، حساسیت به تنش (SSI) و شاخص تحمل تنش (STI) نیز در این گروه پایین‌تر از دو گروه دیگر بودند. اکوتیپ‌های این گروه دارای کمترین میانگین ارتفاع بوته بودند. همچنین محتوای آب نسبی (RWC) و تعداد روز تا رسیدن در این گروه بالاترین مقدار بود. گروه اول شامل اکوتیپ‌های شماره ۲، ۵، ۱۸ و ۱۵ بود که گروه اکوتیپ‌های حساس به تنش را تشکیل دادند. گروه دوم شامل ۱۳ اکوتیپ بود (جدول ۹) که دارای کمترین میانگین محتوای آب نسبی برگ بودند و از سوی دیگر بیشترین میانگین محتوای کلروفیل برگ و ارتفاع بوته در این گروه مشاهده شد. گروه سوم دارای بالاترین میانگین شاخص تحمل تنش (STI) و صفات عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک بودند علاوه بر این میزان اتلاف آب نسبی برگ (RWL) نیز در این گروه پایین‌تر از دو گروه دیگر بود. اتلاف آب نسبی برگ به عنوان عاملی موثر بر عملکرد دانه در شرایط نرمال و تنش خشکی معرفی شده است (Lonbani and Arzani, 2011). اتلاف آب نسبی کمتر از مکانیزم‌های فیزیولوژیکی تحمل در اکوتیپ‌های متحمل نسبت به تنش خشکی است. این گروه شامل سه اکوتیپ شماره ۷، رقم نصرت و شماره ۸ بود، این اکوتیپ‌ها دارای کمترین مقدار در شاخص حساسیت به تنش بودند (جدول۹) و از سوی دیگر تعداد روز تا رسیدن در این گروه کمتر از دو گروه دیگر بود و لذا اکوتیپ‌های گروه سوم زودرس هستند. در مجموع می‌توان نتیجه گرفت که گروه اول در تجزیه خوشه‌ای شامل اکوتیپ‌های حساس، گروه دوم شامل اکوتیپ‌های نیمه‌متحمل و گروه سوم اکوتیپ‌های متحمل نسبت به تنش خشکی بودند.

با هدف بررسی تغییرات شاخص تحمل به تنش بر اساس صفات کمی مورد بررسی در این آزمایش و تعیین اهمیت این صفات در شرایط آبیاری کامل و تنش در تغییرات مربوط به شاخص تحمل تنش، رگرسیون چند متغیره گام به گام در شرایط آبیاری نرمال و تنش خشکی به طور جداگانه انجام شد (جدول ۱۰). در تشکیل معادله‌ای که در آن شاخص تحمل تنش



شکل ۵- تجزیه خوشه‌ای اکوتیپ‌های *Hordeum spontaneum* به همراه رقم نصرت بر اساس پنج مولفه اصلی در شرایط تنش خشکی

Fig. 5. Cluster analysis of *Hordeum spontaneum* ecotypes based on five principle components under stress condition

جدول ۹- میانگین صفات در اکوتیپ‌های *Hordeum spontaneum* برای سه گروه حاصل از تجزیه خوشه‌ای در شرایط تنش خشکی

Table 9. Mean of traits and stress indices of *Hordeum spontaneum* ecotypes in three clusters under stress condition

		Components مولفه‌ها		
Traits	صفات	1	2	3
Biological yield	عملکرد بیولوژیکی	314.50	540.60	779.80
Days to flowering	روز تا گلدهی	13.00	172.00	280.00
Days to maturity	روز تا رسیدن	0.14	1.03	1.13
Days to spike emergence	روز تا ظهور سنبله	314.51	532.78	763.29
Excised leaf water retention	آب حفظ شده در برگ	0.24	0.70	1.44
Geometric mean productivity	میانگین هندسی عملکرد	141.00	141.00	141.00
Number of spikelet/ spike^{-1}	تعداد سنبلچه در سنبله	145.00	144.00	145.00
Plant height(cm)	ارتفاع بوته	77.05	72.02	73.23
Relative water content	محتوای آب نسبی برگ	-51.21	-52.98	-48.26
Relative water Loss	اتلاف آب نسبی برگ	74.91	79.81	74.27
Relative chlorophyll content	محتوای کلروفیل نسبی	45.40	47.66	44.27
Spike length	طول سنبله	171.58	169.72	164.40
Stress tolerance Index	شاخص تحمل تنش	57.67	64.78	62.33
Grain yield	عملکرد دانه	22.08	21.68	22.27
Eigen value	مقادیر ویژه	9.70	9.70	9.20
Percent of variance	واریانس نسبی	74.50	109.40	179.40
Cumulative percentage	واریانس تجمعی	320.83	626.51	920.00

جدول ۱۰- رگرسیون گام به گام بین شاخص تحمل به تنش و صفات مورد ارزیابی در شرایط آبیاری کامل و تنش خشکی

Table 10. Step wise regression of stress tolerance index and traits under normal and drought stress conditions

		Regression Equation	R Square (Adjusted)
Normal	Step 1	STI = 0.47 – 0.002 (BY)	0.88
Drought	Step 1	STI = 1.67 – 0.003 (BY)	0.91
	Step 2	STI = 0.66 – 0.002 (BY) + 0.05 (DM)	0.92
	Step 3	STI = 1.77 – 0.21 (BY) + 0.7 (DM) + 0.09 (RCC)	0.94

RCC: Relative Chlorophyll Content; BY: Biological Yield; DM: Days to Maturity

(STI) به عنوان متغیر وابسته و کلیه صفات مورد ارزیابی در شرایط آبیاری کامل، به عنوان متغیر مستقل در نظر گرفته شدند، تنها صفتی که در مدل وارد شد، صفت عملکرد بیولوژیکی بود. در شرایط تنش خشکی نیز اولین صفتی که وارد مدل شد صفت عملکرد بیولوژیکی و دومین صفت تعداد روز تا رسیدن بود و این دو صفت در مجموع ۹۲ درصد از تغییرات شاخص تحمل به تنش را توجیه کردند. صفت بعدی که در معادله رگرسیونی قرار گرفت صفت محتوای کلروفیل نسبی برگ بود. نتایج این تجزیه با جدول‌های همبستگی صفات و تجزیه به مولفه‌های اصلی مطابقت داشت. بررسی نتایج مربوط به رگرسیون گام به گام، اهمیت بالای عملکرد بیولوژیکی، روز تا رسیدن و محتوای کلروفیل نسبی را در شرایط تنش خشکی نشان داد. تحقیقات قبلی (Almeselmani, *et al.,* 2012؛ Sikuku *et al.,* 2010) نیز نشان داده‌اند که اکوتیپ‌های متحمل دارای محتوای کلروفیل بالاتر هستند و این صفت نشان دهنده راندمان بالای فتوسنتز است.

نتایج تجزیه رگرسیون چند متغیره گام به گام با تجزیه همبستگی صفات و تجزیه به مولفه‌های اصلی مطابقت داشت. بررسی نتایج مربوط به رگرسیون گام به گام، نشان‌دهنده اهمیت بالای صفات وزن دانه و عملکرد بیولوژیکی در شرایط رطوبتی نرمال و تنش خشکی، در شاخص تحمل به تنش بود. گالاگر و همکاران (Gallagher *et al.,* 1975) نیز صفت وزن دانه را بدون در نظر گرفتن شرایط محیطی در زمان پر شدن دانه، به عنوان مناسب‌ترین معیار برای انتخاب اکوتیپ‌های برتر در جو معرفی کردند.

تنوع ژنتیکی به عنوان یک مزیت در محیط‌های متغیر به شمار می‌رود و این ناشی از ماهیت غیرقابل پیش‌بینی محیط است که گزینش را به علت خاصیت بافرینگ (Buffering) در جهت سطوح بالاتر تنوع ژنتیکی پیش می‌برد (Nevo, 1988).

شفاءالدین (Shafaoddin, 2002) گزارش کرد که تنوع ژنتیکی در نمونه های جو زراعی (*Hordeum vulgare*) بومی مناطق شمال ایران تا حدود زیادی از تنوع جغرافیایی پیروی می‌کند. بررسی تنوع صفات زراعی، مورفولوژیکی و فنولوژیکی در ۱۸۸ اکوتیپ *Hordeum spontaneum* (Shahmoradi *et al.*, 2013a) ، نشان‌دهنده تنوع ژنتیکی وسیع در این اکوتیپ‌ها بود. وجود انواع تنش‌های زیستی و غیرزیستی در مناطق کشت در ایران نشان‌دهنده اهمیت برنامه‌های حفاظت و بهره‌برداری از این تنوع ژنتیکی خصوصاً در اجداد وحشی گیاهان زراعی که نسبت به تنش‌های محیطی متحمل‌تر هستند، است (Zahravi, 2009).

بر اساس نتایج حاصل از این تحقیق، به نظر می‌رسد اکوتیپ‌های جو وحشی شماره ۷ (مدیترانه‌ای)، ۸ (مدیترانه‌ای)، ۱۳ (بیابانی) و ۲۰ (رقم زراعی نصرت) دارای سازگاری بالاتری نسبت به شرایط تنش خشکی بودند. با توجه به این که ژنوتیپ‌های متحمل شناسایی شده در این تحقیق دارای منشاء متفاوتی هستند به احتمال زیاد از نظر ژنتیکی نیز متفاوت هستند. وجود اکوتیپ‌های بومی اقلیم مدیترانه‌ای در میان اکوتیپ‌های متحمل، به دلیل احتمال کمتر وقوع تنش خشکی در این اقلیم، دور از انتظار بود ولی از آن جا که عملکرد پتانسیل یکی از پارامترهای مهم در شاخص تحمل تنش است، لذا این امر باعث شده است تا این اکوتیپ‌ها شاخص تحمل بالایی را نشان دهند.

حاجی کریستودلو (Hadjichristodouloui, 1995) اظهار داشت با قرار دادن ژن‌های مفید (مربوط به تحمل خشکی) از گونه وحشی *spontaneum* در داخل زمینه ژنتیکی گونه زراعی می‌توان از آن‌ها به طور مستقیم به عنوان رقم استفاده کرد و یا این که می‌توان آن‌ها را به عنوان والدین در برنامه‌های به‌نژادی در تلاقی‌ها مورد استفاده قرار داد. در این تحقیق سه اکوتیپ جو وحشی متحمل به خشکی شناسایی شدند که می‌توان از آن‌ها برای انتقال ژن‌های جدید به جو زراعی بهره‌برداری کرد. با توجه به تنوع ژنتیکی نمونه‌های انتخابی، استفاده از این ژنوتیپ‌ها در تلاقی با گونه زراعی و یا تلاقی آن‌ها با یک‌دیگر، منابع متنوعی از ژن‌های تحمل به خشکی را در اختیار می‌گذارد. کرمی و همکاران (Karami *et al.*, 2006) نیز نتیجه گرفتند که بین ژنوتیپ‌های متحمل جو تنوع ژنتیکی زیادی وجود دارد و با انجام تلاقی‌های مرکب می توان ژنوتیپ‌هایی با میزان تحمل بیشتری تولید کرد که تعداد بیشتری از ژن‌های تحمل به خشکی را دارا باشند.

استفاده از منابع ژنتیکی غنی در گونه‌های وحشی که دارای پتانسیل بالای سازگاری و تحمل هستند، در فعالیت‌های به‌نژادی ضروری به نظر می‌رسد. تنوع ژنتیکی در جو زراعی به علت اصلاح آن به طور فزاینده‌ای محدود شده است. این امر باعث ایجاد مشکل در سازش این

گیاه با شرایط نامساعد محیطی از قبیل تنش‌های زنده مانند بیماری‌ها و تنش‌های غیر زنده مانند خشکی و شوری شده است، از این رو جو اسپانتانئوم به منبع ژرم‌پلاسم مهمی برای انتقال ژن‌های جدید به جو زراعی تبدیل شده است (Peterson *et al.,* 1994). نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که اکوتیپ‌های جو وحشی *Hordeum spontaneum* که در طی سالیان متمادی با شرایط اقلیمی منطقه خود سازگار شده‌اند و تحت شرایط نامساعد و غیر قابل پیش بینی‌طبیعی تکامل یافته‌اند، دارای ذخایر ژنتیکی ارزشمند و سازگاری وسیعی هستند که آن‌ها را قابل توجه به‌نژادگران قرار می‌دهد.

References

Abdemishani, S., and Jafari Shabestari, J. 1986. Evaluation of wheat varieties for drought resistance. Iranian Journal of Agricultural Sciences 19: 1-20 (in Persian).

Afzalifar, A., Zahravi, M., and Bihamta, M. R. 2011. Evaluation of tolerant genotypes to drought stress in Karaj region. Journal of Agronomy and Crop Breeding 7: 25-44 (in Persian).

Al Khanjari, S., Filatenko, A., and Hammer, K. 2008. Morphological spike diversity of Omani wheat. Genetic Resources and Crop Evolution 55 (8): 1185-1195.

Almeselmani, M., Saud, A., Al-zubi, K., and Hareri, F. 2012. Physiological attributes associated to water deficit tolerance of Syrian durum wheat varieties. Experimental Agriculture and Horticulture 8: 21-41.

Anonymous. 1994. Descriptor for Barley (*Hordeum vulgare* L.). International Plant Genetic Resources Institute, (IPGRI), Rome, Italy.

Bakhteyev, F. Kh., and Darevskay, E. M. 2003. Samples of *Hordeum spontaneum* C. Koch emend. Becht from Iran, Iraq and Turkey. Barley Genetics Newsletter 9: 12-13.

Ehdaei, B. 1993. Selection for drought tolerance in wheat. Key-note papers of the 1st. Iranian Crop Science Congress. College of Agriculture, University of Tehran, Karaj, Iran. pp. 43-62 (in Persian).

Ellis, R. P., Forster, B. P., Robinson, D., Handley, L. L., Gordon, D. C., Russel, J. R., and Powell, W. 1999. Wild barley: a source of genes for crop improvement in the 21st century? Journal of Experimental Botany 51: 9-17.

Farshadfar, E., Afarinesh, A., and Sutka, J. 2002. Inheritance of drought tolerance in maze. Cereal Research Communications 30: 3-4.

Farshadfar, E., Zamani, M., Motallebi, M., and Imamjomeh, A. 2001. Selection for drought resistance in chickpea lines. Iranian Journal of Agricultural Sciences 32: 65-77 (in Persian).

Fernandez, G. C. J. 1992. Effective selection criteria for assessing plant stress tolerance. pp. 257-270. In: Kuo, C. G. (ed.) Proceedings of International Symposium on Adaptation of Vegetable and other Crops on Temperature and Water Stress. AVRDC, Shanbua, Taiwan.

Fernandez, R. J., and Reynolds, J. F. 2000. Potential growth and drought tolerance of eight desert grasses: Lack of trade off? Oecologia 123: 90-98.

Gallagher, J. N., Biscoe, P. V., and Scott, R. K. 1975. Barley and its environment. V. Stability of grain weight. Journal of Applied Ecology 24: 261-278.

Gavuzzi, P., Rizza, F., Palumbo, M., Campanile, R. G., Ricciardi, G. L., and Borghi, B. 1997. Evaluation of field and laboratory predictors of drought and heat tolerance in winter cereals. Canadian Journal of Plant Science 77: 523-531.

Hadjichristodouloui, A. 1995. Evaluation of barley landraces and selections from natural outcrosses of *H. vulgare* ssp. *spontaneum* with ssp. *vulgare* for breeding in semi-arid areas. Genetic Resources and Crop Evolution 42: 83-89.

Haussmann, B. I. G., Parzies, H. K., Presterl, T., Susic, Z., and Miedaner, T. 2004. Plant genetic resources in crop improvement. Plant Genetic Resources 2(1): 3-21.

Ivandic, V. C., Hackett, A., Zhang, Z. J., Staub, J. E., Nevo, E., Thomas, W. T. B., and Forster, B. P. 2000. Phenotypic responses of wild barley to experimentally imposed to water stress. Journal of Experimental Botany 51(353): 2021-2029.

Karami, E., Ghannadha, M. R., Naghavi, M. R., and Mardi, M. 2005. An evaluation of drought resistance in barley. Iranian Journal of Agricultural Sciences 36(3): 547-560 (in Persian).

Karami, E., Ghannadha, M. R., Naghavi, M. R., and Mardi, M. 2006. Identification of drought tolerant genotypes in barley. Iranian Journal of Agricultural Sciences 37-1: 371-380 (in Persian).

Kashiwagi, J., Upadhyaya, H. D., and Krishnamurthy, L. 2010. Significance and genetic diversity of SPAD chlorophyll meter reading in chickpea germplasm in the semi arid environments. Journal of Food Legumes 23: 99-105.

Lonbani, M., and Arzani, A. 2011. Morpho-physiological traits associated with terminal droughtstress tolerance in triticale and wheat. Agronomy Research 9 (1-2): 315-329.

Nevo, E. 1988. Genetic diversity in nature: patterns and theory. Evolutionary Biology 23: 217-246.

Painawadee, M., Jogloy, S., Kesmala, T., Akkasaeng, C., and Patanotai, A. 2009. Identification of traits related to drought resistance in peanut (*Arachis hypogeal* L.). Asian Journal of Plant Science 8:120-128.

Peterson, L., Ostergard, H., and Giese, H. 1994. Genetic diversity among wild and cultivated barley as revealed by RFLP. Theoretical and Applied Genetics 89: 676- 681.

Pickering, R., and Johnston, P. A. 2005. Recent progress in barley improvement using wild species of Hordeum. Cytogenetic Genome Research 109: 344-349.

Powell, W., Baird, E., Booth, A., Lawrence, P., MacAulay, M., Baner, N., Young, G., Thomas, W. B. T., MacNicol, J. W., and Weugh, R. 1996. Single and multi-locus molecular assays for barley breeding and research. In: Barley Genetics VII. Proceedings of the International Symposium, Saskatoon, Canada.

Rajabi, A., Moghadam, M., Rahim Zadeh, F., Mesbah, M., and Rangi, D. 2002. Evaluation of genetic diversity in sugar beet accessions for agronomic and qualitative traits. Iranian Journal of Agricultural Sciences 33 (3): 553-567 (in Persian).

Rizza, F., Badeck, F. W., Cattivelli, L., Lidestri, O., Difonzo, N., and Stanca, A. M. 2004. Use of a water stress index to identify barley genotypes adapted to rain fed and irrigated conditions. Crop Science 44: 2127-2137.

Roudbarkalary, F., Farshdfar, E., and Ghareyazy, B. 2001 Evaluation of genetic diversity in Iranian rice based on RADP. Iranian Journal of Agricultural Sciences 3(4): 8-15 (in Persian).

Sabeti, H. A. (1969). Evaluation of Bioclimates of Iran. Tehran University Publication, Tehran, Iran. (in persian).

Samarah, N. H. 2005. Effects of drought stress on growth and yield of Barley. Agronomy for Sustainable Development 25: 145-149.

Shafaoddin, S. 2002. Evaluation of genetic and geographic diversity in barley germplasm in nuorth of iran based on agronomical and morphological traits. Iranian Journal of Agricultural Sciences 33: 569-581 (in Persian).

Shahmoradi, Sh., Chaichi, M. R., Mozafari, J., Mazaheri, D., and Sharif Zadeh F. 2013a. Evaluation of genetic and geographic diversity of wild barley (*Hordeum spontaneum* L.) ecotypes from different habitats in Iran**.** Iranian Journal of Field Crop Science 44: 209-225 (in Persian).

Shahmoradi, Sh., Chaichi, M. R., Mozafari, J., Mazaheri, D., and Sharif Zadeh F. 2013b. Phenotypic diversity of caryopsis dormancy and its association with morphological traits of mother plant in Iranian climatic ecotypes of *Hordeum spontaneum* L.**.** Seed and Plant Improvement Journal 29-1: 581-600 (in Persian).

Sikuku, P. A., Netondo, G. W. Onyango, J. C., and Musyimi, D. M. 2010. Chlorophyll fluorescence, protein and chlorophyll content of three nerica rainfed rice varieties under varying irrigation regimes. Journal of Agricultural and Biological Science 5: 19-25

Turner, N. C. 1986. Crop water deficits: A decade of progress. Advances in Agronomy 39: 1-51.

Volis, S., Mendlinger, A., Turuspekov, Y., and Esnazarov, U. 2002. Phenotypic and allozyme variation in Mediterranean and desert populations of wild barley, *Hordeum spontaneum* Koch. Evolution 56(7): 1403-1415.

Wassy Mallamiri, I., Haghparast, R., Aghaei, M., Farshadfar, E., and Rajabi, R. 2010. Evaluation of drought tolerance of barley (*Hordeum vulgare* L.) genotypes using physiological characteristics and drought tolerance indices. Seed and Plant Improvement Journal 26-1: 43-60 (in Persian).

Zahravi, M. 2009. Evaluation of genotypes of wild barley (*Hordeum spontaneum*) based on drought tolerance indices. Seed and Plant Improvement Journal 25-1 (4): 533-549 (in Persian).