

## ارزیابی تحمل به خشکی در ژرم‌پلاسم جو (*Hordeum vulgare* L.) بومی اقلیم گرم و خشک ایران

### Evaluation of Drought Tolerance in Barley (*Hordeum vulgare* L.) Germplasm from Warm and Dry Climates of Iran

شکیبا شاهمرادی<sup>۱</sup> و مهدی زهراوی<sup>۲</sup>

۱ و ۲- استادیار، مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۹/۲۲ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۲/۹

#### چکیده

شاهمرادی، ش. و زهراوی، م. ۱۳۹۵. ارزیابی تحمل به خشکی در ژرم‌پلاسم جو (*Hordeum vulgare* L.) بومی اقلیم گرم و خشک ایران. مجله به‌نژادی نهال و بذر ۱-۳۲: ۲۰۰-۱۸۱.

تعداد ۲۷۷ مورفوتیپ از ژرم‌پلاسم جو زراعی بانک ژن گیاهی ملی ایران، متعلق به یازده استان کشور با اقلیم گرم و خشک، از نظر تحمل به خشکی مورد ارزیابی قرار گرفتند. مورفوتیپ‌ها در دو آزمایش تنش خشکی و نرمال کاشته شدند. بر اساس عملکرد دانه، شاخص‌های تحمل به تنش محاسبه شدند. بررسی آماره‌های توصیفی عملکرد در هر دو شرایط و شاخص‌های تنش نشان داد که شاخص STI دارای بزرگ‌ترین ضریب تغییرات بود. شاخص‌های GMP و STI بر اساس همبستگی بالا با عملکرد دانه در شرایط نرمال و تنش خشکی به عنوان مناسب‌ترین شاخص‌ها شناسایی شدند و ۵۹ مورفوتیپ در گروه متحمل به خشکی قرار گرفتند که از بین آن‌ها مورفوتیپ‌های ۷۰۲۲۷ از یزد، ۶۵۰۷/۲، ۶۴۳۶ و ۶۲۵۲/۱ از بوشهر، ۷۰۰۱۳ و ۷۰۰۱۴ از کرمان، ۶۶۵۲/۲ از خوزستان، ۶۴۲۱ از خراسان و ۷۰۰۱۷ از سیستان و بلوچستان دارای مقدار شاخص STI بیشتری بودند و به عنوان مورفوتیپ‌های برتر در این تحقیق شناسایی شدند. بر اساس فاصله اقلیدسی بین منشاء مورفوتیپ مورد بررسی، مورفوتیپ‌های سیستان و بلوچستان و بوشهر، کمترین و مورفوتیپ‌های خوزستان و لرستان بیشترین شباهت را داشتند. در نمودار پراکنش منشاء مورفوتیپ‌ها، مبتنی بر مقیاس بندی چندبعدی، استان‌های لرستان، فارس، هرمزگان، خوزستان و مرکزی در اطراف نمودار و دورتر از سایر استان‌ها و بوشهر و اصفهان در نزدیکی مرکز نمودار واقع شدند. از آن‌جا که مورفوتیپ‌های مورد بررسی در این تحقیق بومی اقلیم گرم و خشک کشور بودند، تحمل بالایی نسبت به تنش خشکی نشان دادند و تنوع ژنتیکی بالایی از این نظر در ژرم‌پلاسم وجود داشت.

واژه‌های کلیدی: جو، ذخایر توارثی، شاخص تحمل به تنش، محدودیت آب، مقیاس بندی چندبعدی.

## مقدمه

جو چهارمین غله عمده دنیا، با تولید سالانه ۱۴۳/۶ میلیون تن است. سطح زیر کشت این محصول در ایران بر اساس آمارنامه سال زراعی ۹۱-۹۲، حدود ۱/۶۴ میلیون هکتار بود که ۱۸/۴ درصد از کل غلات کشور را شامل می‌شد و تولیدی معادل ۲/۸ میلیون تن معادل ۱۷/۱ درصد از کل تولید غلات را به خود اختصاص داد (Anonymous, 2012-2013). گیاه جو نسبت به سایر غلات دامنه اقلیمی وسیع‌تری دارد و در دامنه جغرافیایی گسترده‌ای از نواحی معتدل تا نیمه گرمسیری، از سطح دریا تا ارتفاع بیش از ۴۵۰۰ متر پراکنده شده است (Bothmer et al., 1995). جو می‌تواند در خاک‌هایی که برای گندم نامطلوب محسوب می‌شود و در ارتفاعاتی که برای گندم و یولاف نامساعد است، رشد کند. به دلیل طبیعت متحمل جو نسبت به خشکی و شوری، این گیاه تقریباً در هر گوشه‌ای از زمین، حتی در نواحی بسیار خشک در نزدیکی صحراها، قابلیت رشد و باروری دارد. در حقیقت، جو متحمل‌ترین گیاه زراعی نسبت به خشکی و شوری بوده و به دلیل زودرسی، دیپلوئید بودن و خودگشنی، گیاه مدل مناسبی برای مطالعات ژنتیکی است (Belaid and Morris, 1991). پراکنش جغرافیایی وسیع جو، تنوع ژنتیکی گسترده‌ای را در آن سبب شده شده‌اند که در مورفوتیپ‌های بومی در سراسر کره زمین موجود است. در طی صد سال گذشته، مورفوتیپ‌های غیر یکنواخت

جو در کشورهای صنعتی با لاین‌های یکنواخت جایگزین شده است. با این وصف، مورفوتیپ‌های محلی، کماکان در کشورهای حال توسعه، به ویژه در شرایط محیطی دشوار، به طور گسترده کشت می‌شوند (El Madidi et al., 2005).

خشکی مهم‌ترین عامل محدود کننده عملکرد در گیاهان است. چکارلی و همکاران (Ceccarelli et al., 1998) نشان دادند که مؤثرترین روش بهبود عملکرد جو برای کشت در مناطق خشک، استفاده از ژرم‌پلاسم بومی سازگار و انجام گزینش در محیط‌های هدف است. به طور کلی، در نواحی با شرایط سخت محیطی، ایجاد ارقام سازگار از طریق ارزیابی مورفوتیپ‌های محلی انجام می‌شود (Grando and Ceccarelli, 1995)؛ (Ceccarelli et al., 1998). گزینش برای تحمل به خشکی در جو، به صورت مستقیم یا غیرمستقیم، بر مبنای توان و بینه اولیه، طول کلئوپتیل و یا دوام سطح سبز در برنامه‌های به‌نژادی متداول، منجر به پیشرفت زیادی در بهبود و پایداری عملکرد در شرایط تنش خشکی شده است (Li et al., 2007).

در ارزیابی سازگاری نسبت به تنش خشکی در نوزده اکوتیپ جو وحشی *Hordeum spontaneum* به همراه رقم جو زراعی نصرت، (Shahmoradi et al., 2015)، مقایسه میانگین صفات مورفولوژیک، آگرونومیک و صفات فنولوژیک، در سطوح

به خشکی نشان داد که شاخص تحمل تنش (STI)، میانگین هندسی عملکرد (GMP)، میانگین حسابی عملکرد (MP) و میانگین هارمونیک (HM) مناسب‌ترین شاخص‌ها برای غربال کردن ارقام جو هستند همچنین نمودار تجزیه چند متغیره بای پلات نشان داد که ارقام متحمل در مجاورت بردارهای مربوط به شاخص‌های مقاومت به خشکی یعنی STI، GMP، MP و HM قرار دارند.

ویسی‌مال‌امیری و همکاران (Wayssi Mallamiri *et al.*, 2010) واکنش بیست ژنوتیپ و دو رقم جو زراعی را نسبت به تنش خشکی در مرحله جوانه‌زنی و مراحل رویشی و زایشی بررسی کردند. نتایج نشان داد که در شرایط کنترل‌شده با کاهش پتانسیل آب (از سطح شاهد تا ۰/۱ مگاپاسکال)، کلیه صفات مربوط به جوانه‌زنی به طور معنی‌داری کاهش یافتند. در مزرعه نیز اعمال تنش موجب کاهش معنی‌داری در سرعت رشد اولیه، محتوی آب نسبی برگ و آب نگهداری شده در برگ‌ها شد. واعظی و احمدی خواه (Vaezi and Ahmadikhah, 2010) دوازده مورفوتیپ اصلاح‌شده جو را در منطقه نیمه گرمسیر گچساران در دو شرایط آبی و دیم مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که در شرایط دیم، تمامی مورفوتیپ‌های مورد مطالعه از نظر تمامی خصوصیات اندازه‌گیری شده، دچار کاهش نسبی شدند. عبیری و همکاران (Abiri *et al.*, 2012) تعداد بیست مورفوتیپ

مختلف تنش، نشان داد که صفات روز تا ظهور سنبله، روز تا گلدهی و روز تا رسیدن، در اثر تنش خشکی کاهش معنی‌داری یافتند و از سوی دیگر صفات زراعی طول سنبله، ارتفاع بوته و عملکرد بیولوژیکی نیز کاهش معنی‌داری را در شرایط تنش خشکی نشان دادند. نتایج این تحقیق نشان داد که حتی در شرایط رطوبتی نرمال، صفات اجزای عملکرد شامل عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیکی و شاخص برداشت، همبستگی معنی‌داری با شاخص تحمل به تنش داشتند.

کرمی و همکاران (Karami *et al.*, 2006) به منظور شناسایی ارقام متحمل به خشکی و غربال کردن شاخص‌های تحمل به تنش خشکی، تعداد ۲۶ مورفوتیپ جو را در دو شرایط دیم و آبی در شرایط مزرعه مورد آزمایش قرار دادند و سه مورفوتیپ کویر، رادیکال و سینا را به دلیل عملکرد بالای آن‌ها در شرایط دیم به عنوان بهترین مورفوتیپ‌ها معرفی کردند. در این تحقیق بر اثر تنش خشکی، صفات تعداد روز تا رسیدن، ارتفاع ساقه، طول پدانکل، تعداد برگ، عملکرد دانه در تک بوته، وزن هزار دانه و شاخص برداشت کاهش یافت. در ارزیابی تنوع ژنتیکی ۱۶ رقم جو بهاره (Soleimani *et al.*, 2012)، به منظور غربال کردن شاخص‌های مقاومت به خشکی و شناسایی ارقام مقاوم به خشکی، تحلیل همبستگی بین عملکرد در شرایط آبیاری معمولی و تنش خشکی و شاخص‌های مقاومت

تعداد سنبلچه در سنبله، سطح برگ و تعداد روز تا گلدهی را در وضعیت تنش خشکی نشان داد. تنها صفتی که در وضعیت رطوبتی نرمال با شاخص تحمل به تنش ارتباط نزدیکی داشت، صفت وزن صددانه بود.

نتایج تحقیقات قبلی نشان داده است که مورفوتیپ‌هایی که طی سالیان متمادی با شرایط اقلیمی منطقه خود سازگار شده‌اند و در شرایط نامساعد و غیر قابل پیش‌بینی طبیعی تکامل یافته‌اند، دارای ذخایر ژنتیکی ارزشمند و سازگاری وسیعی هستند. تنوع صفات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی در پاسخ به تنش خشکی، نمایانگر تنوع ژنتیکی در گیاه جو است. مورفوتیپ‌هایی با صفات سازگار به تنش خشکی می‌توانند به عنوان منابع ژنتیکی برای اصلاح مقاومت به خشکی مورد استفاده قرار گیرند. شاهمرادی و همکاران (Shahmoradi *et al.*, 2011) تنوع فنوتیپی ۲۷۸ مورفوتیپ جو اهلی بومی مناطق گرم و خشک از کلکسیون موجود در بانک ژن گیاهی ملی را در مزرعه موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج مورد بررسی قرار دادند. پارامترهای آمار توصیفی صفات کمی مورفوتیپ‌ها نشان‌دهنده این بود که دامنه تنوع در صفات مختلف، متفاوت است. در برخی از صفات کیفی تنوع اندکی مشاهده شد، اما اکثر صفات مورد بررسی از تنوع نسبتاً بالایی برخوردار بودند. تحقیق حاضر با هدف ارزیابی واکنش این مورفوتیپ‌های جو بومی اقلیم گرم

جو را در دو شرایط، تنش خشکی و بدون تنش خشکی مورد مطالعه قرار دادند. آن‌ها بر اساس شاخص‌های میانگین بهره‌وری (MP)، میانگین بهره‌وری هندسی (GMP)، میانگین هارمونیک (HAM) و شاخص تحمل تنش (STI)، مورفوتیپ‌های متحمل در شرایط شهرستان کرمانشاه را شناسایی کردند. دولت پناه و همکاران (Dolatpanah *et al.*, 2013) به منظور بررسی خصوصیات مورفوفیزیولوژیکی ژنوتیپ‌های جو دیم در تنش خشکی و آبیاری تکمیلی و تعیین ارتباط این خصوصیات با عملکرد دانه، دوازده ژنوتیپ پیشرفته جو را در ایستگاه تحقیقاتی مراغه مورد مطالعه قرار دادند. نتایج نشان داد در شرایط تنش خشکی، عملکرد دانه با صفات تعداد سنبله در واحد سطح و درصد سبز همبستگی مثبت و معنی‌دار داشت و در شرایط آبیاری تکمیلی، عملکرد دانه با صفت تعداد دانه در سنبله همبستگی مثبت و معنی‌دار و با صفت تعداد پنجه‌بارور همبستگی منفی و معنی‌دار داشت.

در ارزیابی واکنش ۲۵ ژنوتیپ جو زراعی در برابر خشکی و بررسی صفات مرتبط با تحمل تنش (Shahmoradi and Zahravi, 2015)، با توجه به ضرایب همبستگی، شاخص STI بهترین شاخص برای گزینش ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی در گیاه جو شناخته شد. بررسی ارتباط شاخص تحمل تنش و صفات مورد ارزیابی، اهمیت فراوان صفات سطح ویژه برگ پرچم،

و خشک کشور نسبت به تنش خشکی و شناسایی مورفوتیپ‌های برتر جهت استفاده در برنامه‌های به‌نژادی انجام شد.

### مواد و روش‌ها

در این تحقیق، تعداد ۲۷۷ مورفوتیپ از کلکسیون جو بومی بانک ژن گیاهی ملی ایران، برای تحمل نسبت به تنش خشکی مورد ارزیابی قرار گرفتند. مورفوتیپ‌های مذکور از یازده استان کشور که بر اساس اقلیم بندی گوسن (Sabeti, 1969) جزو مناطق گرم و خشک محسوب می‌شوند، جمع‌آوری شده بودند. با توجه به این که مواد ژنتیکی در بانک ژن به صورت توده بوده و دارای مورفوتیپ‌های مختلف هستند، این مواد ابتدا در مزرعه کاشته شدند و انتخاب مورفوتیپ‌ها در آن‌ها انجام شد، سپس مورفوتیپ‌ها در اواسط آبان سال زراعی ۸۷-۱۳۸۶، در دو آزمایش جداگانه در مزرعه پژوهشی مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر واقع در کرج کاشته شده و از نظر تحمل به خشکی مورد ارزیابی قرار گرفتند. هر دو آزمایش در قالب طرح آزمایشی آگمنت پیاده شدند. بدین منظور، مورفوتیپ‌های مورد مطالعه در خطوط یک متری با فاصله خطوط ۶۰ سانتی متر، در هفت بلوک ۴۴ خطی به طور دستی کاشته شدند و در هر بلوک سه رقم شاهد نصرت، ریحان و ماکوئی پس از هر ده مورفوتیپ، به طور تصادفی تکرار شد (Peighambari and Alipour, 2013). در

آزمایش تنش خشکی، یک بار آبیاری پس از کشت، جهت استقرار گیاه انجام شد. در آزمایش مربوط به شرایط نرمال، آبیاری به طور معمول و در مجموع هفت مرتبه انجام شد. عملیات داشت شامل وجین علف‌های به صورت دستی انجام و هیچ‌گونه تیمار کودی و سمپاشی اعمال نشد.

در پایان فصل زراعی نسبت به برداشت دانه مواد گیاهی مورد آزمایش، اقدام شد. عملکرد دانه هر مورفوتیپ در واحد کرت (خطوط یک متری)، برحسب گرم در کرت (شامل Yp در شرایط نرمال و Ys در شرایط خشکی)، اندازه‌گیری شد. به منظور پی بردن به وجود تفاوت معنی‌دار بین بلوک‌های طرح آگمنت، تجزیه واریانس روی ارقام شاهد انجام شد. میانگین عملکرد کلیه مورفوتیپ‌ها در محیط واجد تنش ( $\bar{Y}_s$ ) و بدون تنش ( $\bar{Y}_p$ )، محاسبه شد. شدت تنش با استفاده از رابطه (۱) به دست آمد. مواد ژنتیکی مورد آزمایش بر اساس عملکرد در شرایط نرمال و تنش خشکی (Yp) و (Ys) و با استفاده از میانگین عملکرد تمام آن‌ها در محیط واجد تنش ( $\bar{Y}_s$ ) و نرمال ( $\bar{Y}_p$ ) در قالب گروه‌های چهارگانه مربوط به تقسیم بندی فرناندز، از یک‌دیگر تفکیک شدند. شاخص تحمل تنش (Fernandez, 1992)، شاخص حساسیت به تنش (Fischer and Maurer, 1978)، شاخص تحمل (Rosielle and Hamblin, 1981)، شاخص بهره‌وری متوسط

نمودار مبتنی بر مقیاس بندی چند بعدی ترسیم شد.

(۱)

$$SI=1-\left(\frac{\bar{Y}_s}{\bar{Y}_p}\right)$$

### نتایج و بحث

محل جمع‌آوری و اطلاعات اقلیمی مورفوتیپ‌های جو در جدول ۱ و روند تغییرات دما و بارندگی در سال زراعی ۸۷-۱۳۸۶ در کرج در شکل ۱ نشان داده شده‌اند.

(Rosielle and Hamblin, 1981) و شاخص

میانگین هندسی بهره‌وری

(Kristin et al., 1997)، محاسبه شدند. روابط

بین شاخص‌های مذکور با استفاده از تجزیه

همبستگی مورد مطالعه قرار گرفت. به منظور

کاهش ابعاد داده‌ها از تجزیه به مؤلفه‌های اصلی

استفاده شد. مورفوتیپ‌های مورد بررسی با

استفاده از تجزیه خوشه‌ای به روش K means

گروه‌بندی شدند. به منظور بررسی روابط بین

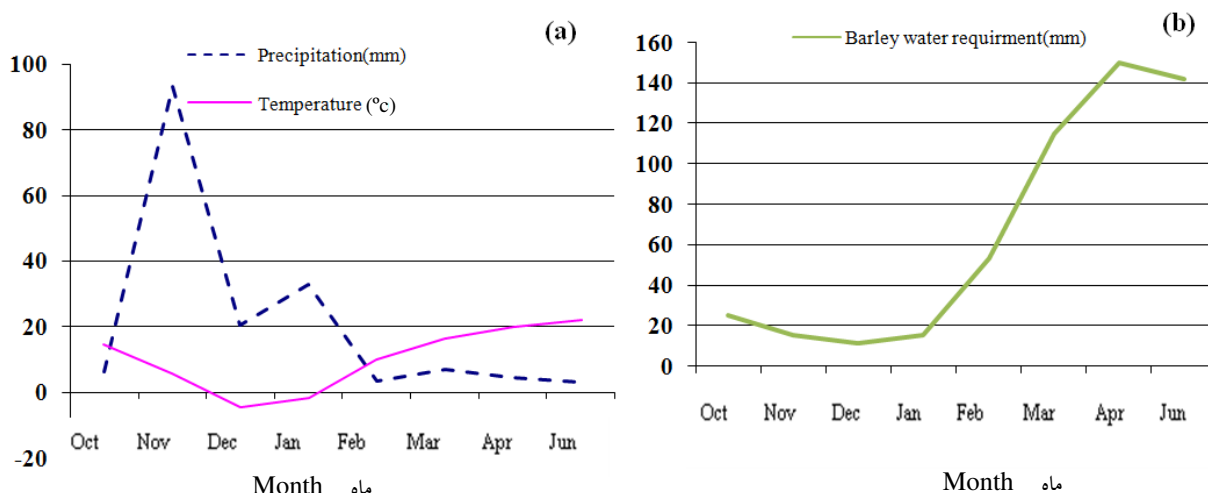
منشاء مورفوتیپ‌ها، فاصله اقلیدی بین آن‌ها

محاسبه شد و با استفاده از ماتریس فاصله،

جدول ۱- اطلاعات اقلیمی مربوط به محل جمع‌آوری ۲۷۷ مورفوتیپ جو زراعی بر اساس روش اقلیم‌بندی گوسن

Table 1. Climatic information of collecting sites of 277 morphotypes of barley based on Gousan climatic zones

Origin of collecting site and climate	محل جمع‌آوری و اقلیم آن	تعداد ژنوتیپ‌ها Number of genotypes
<b>Desert (D)</b>	<b>بیابانی</b>	<b>40</b>
Sistan and Baluchestan	سیستان و بلوچستان	19
Yazd	یزد	21
<b>Severe Semi-Desert(SSD)</b>	<b>نیمه بیابانی شدید</b>	<b>8</b>
Hormozgan	هرمزگان	8
<b>Temperate Semi-Desert(TSD)</b>	<b>نیمه بیابانی معتدل</b>	<b>192</b>
Kerman	کرمان	21
Boushehr	بوشهر	123
Isfahan	اصفهان	14
South Khorasan	خراسان جنوبی	22
Khuzestan	خوزستان	12
<b>Hot and Dry Mediterranean (HDM)</b>	<b>مدیترانه ای گرم و خشک</b>	<b>37</b>
Khorasan Razavi	خراسان رضوی	17
Fars	فارس	13
Lorestan	لرستان	3
Markazi	مرکزی	4



شکل ۱- روند تغییرات دما و بارندگی در سال زراعی ۸۷-۱۳۸۶ در کرج (a) و میزان نیاز آبی گیاه جو پاییزه در ماه های مختلف سال (b)

Fig. 1. Pattern of temperature and precipitation change in 2007-2008 cropping season in Karaj (a) and winter barley water requirement (b)

تجزیه واریانس داده‌های مربوط به ارقام شاهد، تفاوت معنی‌داری را برای بلوک‌های طرح آگمنت، نشان نداد که بیانگر عدم لزوم به انجام تصحیح داده‌ها بود (Peighambari and Alipoor, 2014). مقایسه عملکرد دانه نشان داد که میزان شاخص شدت تنش (SI) در این آزمایش ۰/۵۹ بود که نشان داد در آزمایش قطع آبیاری تنش خشکی قابل قبولی اعمال شده است. مقدار عملکرد دانه در شرایط تنش خشکی در مورفوتیپ‌های، ۷۰۲۲۷ از یزد، ۶۵۰۷/۲ از بوشهر و ۶۲۵۲/۱ از بوشهر به ترتیب با عملکرد دانه ۱۵۷/۶۵، ۱۳۷/۳۹ و ۱۲۶/۳۸ گرم در کورت بالاتر از سایر مورفوتیپ‌ها بود، در حالی که در شرایط آبیاری نرمال، مورفوتیپ‌های ۶۴۴۵ از بوشهر، ۴۸۲۲ از خراسان و ۴۶۹۳ از کرمان به ترتیب با تولید

۲۷۴/۳۱ گرم، ۲۷۲/۸۷ گرم و ۲۶۰/۲ گرم در کورت عملکرد بالاتری را تولید نمودند. مورفوتیپ ۷۰۲۲۷ (یزد) دارای بیشترین مقدار شاخص‌های GMP (۱۷۵/۳۹) و STI (۱/۵۰) بود و مورفوتیپ ۷۰۰۱۳ (کرمان) بیشترین مقدار شاخص MP (۱۷۶/۳۹) را به خود اختصاص داد. همچنین مورفوتیپ ۶۴۴۸ (بوشهر) دارای کمترین مقدار شاخص TOL (۲/۰۸) و SSI (۰/۰۳) بود که مطلوب محسوب می‌شود. در تحقیق کرمی و همکاران (Karami et al., 2006) روی ۲۶ ژنوتیپ جو نیز، مقادیر MP، GMP و STI شاخص مناسبی برای تمایز ژنوتیپ‌های پرمحصول و متحمل تر در شرایط تنش بود. در تحقیق ویسی مال امیری و همکاران (۲۰۱۰)، براساس شاخص تحمل به تنش (STI)، ژنوتیپ‌های برتر از بین مواد

تجزیه واریانس داده‌های مربوط به ارقام شاهد، تفاوت معنی‌داری را برای بلوک‌های طرح آگمنت، نشان نداد که بیانگر عدم لزوم به انجام تصحیح داده‌ها بود (Peighambari and Alipoor, 2014). مقایسه عملکرد دانه نشان داد که میزان شاخص شدت تنش (SI) در این آزمایش ۰/۵۹ بود که نشان داد در آزمایش قطع آبیاری تنش خشکی قابل قبولی اعمال شده است. مقدار عملکرد دانه در شرایط تنش خشکی در مورفوتیپ‌های، ۷۰۲۲۷ از یزد، ۶۵۰۷/۲ از بوشهر و ۶۲۵۲/۱ از بوشهر به ترتیب با عملکرد دانه ۱۵۷/۶۵، ۱۳۷/۳۹ و ۱۲۶/۳۸ گرم در کورت بالاتر از سایر مورفوتیپ‌ها بود، در حالی که در شرایط آبیاری نرمال، مورفوتیپ‌های ۶۴۴۵ از بوشهر، ۴۸۲۲ از خراسان و ۴۶۹۳ از کرمان به ترتیب با تولید

بیشتر از شاخص‌های دیگر در تفکیک و تمایز ژنوتیپ‌های مورد مطالعه مؤثر بوده است. مقدار ضریب تغییرات  $Y_p$  و  $Y_s$  نزدیک به هم بود (با کمی تفاوت در جهت بیشتر برای  $Y_s$ ) که نشان می‌دهد تنش خشکی به صورت ملایمی سبب افزایش تنوع در عملکرد دانه در ژنوتیپ‌های مورد مطالعه شده است.

ژنتیکی مورد بررسی، معرفی شدند. آماره‌های توصیفی برای عملکرد و شاخص‌های تحمل به تنش مورد بررسی در جدول ۲ ارائه شده است. از بین شاخص‌های مورد مطالعه، STI دارای بزرگترین ضریب تغییرات (۵۶/۵۶ درصد) بود که نشان می‌دهد

جدول ۲- پارامترهای آمار توصیفی شاخص‌های تنش اندازه‌گیری شده در مورفوتیپ‌های جو  
Table 2. Descriptive statistics parameters for stress indices in barley morphotypes

شاخص تنش Stress index	حداقل Min.	حداکثر Max.	میانگین Mean	انحراف معیار Standard error	درصد ضریب تغییرات C.V.(%)
$Y_p$ (g/ plot)	34.13	274.31	144.5	$\pm 46.36$	32.08
$Y_s$ (g/ plot)	22.19	157.65	58.53	$\pm 21.81$	37.28
MP	30.88	176.39	101.51	$\pm 27.99$	27.57
TOL	2.08	225.88	85.99	$\pm 46.01$	53.50
SSI	0.04	1.42	0.95	$\pm 0.32$	33.25
GMP	30.70	175.39	89.95	$\pm 24.87$	27.65
STI	0.05	1.50	0.43	$\pm 0.24$	56.56

عبارت دیگر مورفوتیپ‌های مطلوب در شرایط نرمال متفاوت از مورفوتیپ‌های دارای تظاهر برتر در شرایط تنش خشکی بودند. این نتیجه همچنان نشان می‌دهد که انجام گزینش در شرایط مطلوب منجر به تمایز مورفوتیپ‌های متحمل به تنش خشکی نخواهد شد. به عبارت دیگر اعمال تنش خشکی و گزینش بر مبنای عملکرد در هر دو شرایط تنش و بدون تنش لازم بوده است. عملکرد دانه در شرایط نرمال دارای بزرگترین ضریب همبستگی ( $r=0/92^{**}$ ) با شاخص MP بود و با هیچ یک از شاخص‌های مورد بررسی همبستگی منفی نداشت. درحالی

ضرایب همبستگی بین شاخص‌های تحمل به تنش در جدول ۳ ارائه شده است. بزرگترین ضریب همبستگی ( $r=0/98^{**}$ ) بین شاخص‌های GMP و STI مشاهده شد که به دلیل اجزاء مشترک این دو شاخص است و نشان می‌دهد شاخص‌های مذکور ب‌طور تقریباً مشابهی، مورفوتیپ‌های مورد بررسی را متمایز می‌نمایند. عملکرد دانه در شرایط آبیاری نرمال ( $Y_p$ ) و تنش خشکی ( $Y_s$ ) ضریب همبستگی پائینی ( $r=0/23^{**}$ ) داشتند. براین اساس می‌توان نتیجه گرفت که اغلب مورفوتیپ‌ها، تظاهر متفاوتی در شرایط نرمال و تنش خشکی داشتند، به



جدول ۳- ضرایب همبستگی عملکرد بیولوژیکی در شرایط نرمال و تنش با شاخص های تنش با استفاده از روش پیرسون

Table 3. Correlation coefficients of biological yield in drought and normal conditions and stress indices using Pearson method

شاخص تحمل به تنش Stress index	Ys	MP	TOL	SSI	GMP	STI
Yp (g/ plot)	0.23**	0.92**	0.89**	0.55**	0.74**	0.71**
Ys (g/ plot)		0.59**	0.24**	0.60**	0.81**	0.82**
MP			0.64**	0.22**	0.94**	0.92**
TOL				0.83**	0.36**	0.33**
SSI					-0.05	-0.07
GMP						0.98**

\*\* : Significant at 1% level of probability.

\*\* : معنی دار در سطح احتمال ۱٪.

متحمل به خشکی در گیاه جو شناخته شد. نتایج تجزیه همبستگی روی دوازده ژنوتیپ اصلاح شده جو (Vaezi and Ahmadikhah, 2010) نشان داد که عملکرد در شرایط آبی با عملکرد در شرایط دیم، همبستگی داشت که بیانگر مفید بودن انجام گزینش برای عملکرد در شرایط مساعد (YP) و تأثیر مثبت آن بر عملکرد در شرایط تنش (YS) بود و از این نظر با نتایج تحقیق حاضر مغایرت دارد. نتایج تحقیق آن ها همچنین نشان داد که شاخص های MP، STI، GMP و HAR در هر دو شرایط آبی و دیم با عملکرد همبستگی معنی داری داشتند و استفاده از چهار شاخص مذکور می تواند برای ارزیابی تحمل خشکی مفیدتر باشد.

نتایج تجزیه به مؤلفه های اصلی نشان داد که دو مؤلفه اول ۹۸/۱ درصد از کل تغییرات را توجیه کردند (جدول ۴). در مؤلفه اصلی اول شاخص های MP، GMP، STI، YS و Yp

که عملکرد دانه در شرایط تنش خشکی دارای بزرگترین ضریب همبستگی ( $r=0.82^{**}$ ) با شاخص STI بود و با شاخص های TOL و SSI همبستگی منفی داشت. در این حالت، شاخصی که ب طور مشترک با عملکرد دانه در هر دو شرایط نرمال و تنش خشکی دارای همبستگی بالایی باشد، به عنوان شاخص مناسب انتخاب می شود (Fernandez, 1992). براین اساس می توان گفت شاخص های GMP و STI برای تمایز مورفوتیپ های متحمل به خشکی در این تحقیق نسبت به سایر شاخص ها مناسب تر بودند. تحقیقاتی قبلی (Dolatpanah et al., 2013؛ Karami et al., 2006؛ Abiri et al., 2012) نیز نشان داده است که MP، GMP و STI، مناسب ترین شاخص ها برای غربال کردن ژنوتیپ های جو می باشند و در برخی مطالعات دیگر (Shahmoradi and Zahravi, 2014؛ Wayssi Mallamiri et al., 2010)، شاخص STI بهترین شاخص برای گزینش ژنوتیپ های

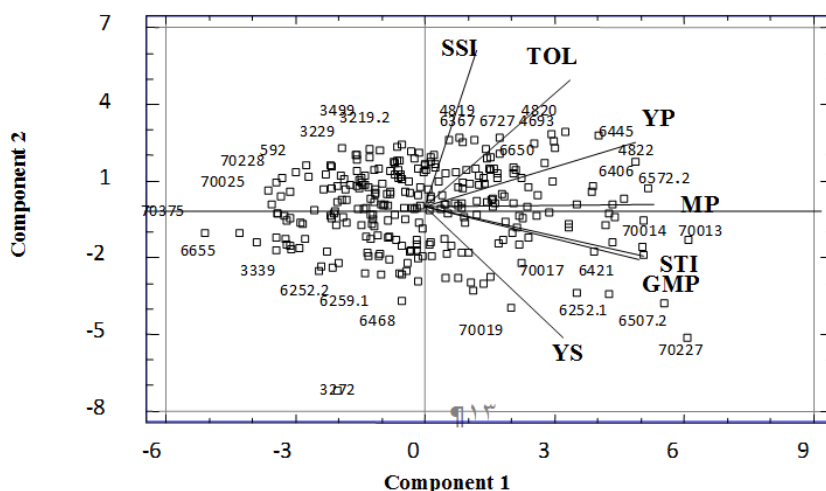
جدول ۴- مقادیر ویژه، واریانس تجمعی و ضرایب شاخص‌های تنش در مورفوتیپ‌های جو در شرایط تنش خشکی

Table 4. Eigen values, cumulative variance and coefficients of stress indices in barley morphotypes under drought condition

Stress index	Yp	Ys	MP	TOL	SSI	GMP	STI	Eigen values	Cumulative variance (%)
PC 1	0.99	0.95	0.93	0.92	0.63	0.60	0.23	4.4	62.97
PC 2	0.01	-0.30	-0.33	0.29	0.77	-0.80	0.94	2.5	98.10

گرفتند که نشان‌دهنده مناسب بودن آن‌ها برای گزینش مورفوتیپ‌های متحمل به تنش خشکی است و با نتایج تجزیه همبستگی در تطابق می‌باشد (شکل ۲). بردارهای STI، GMP، Yp، Ys و MP در جهت مثبت از محور مؤلفه اول قرار داشتند که نشان می‌دهد مقدار عددی بزرگتر در مؤلفه اول، مورفوتیپ‌های متحمل‌تر را متمایز می‌کند. همچنین بردارهای STI، GMP و Ys در جهت منفی از مؤلفه دوم قرار گرفتند، در حالی که بردارهای TOL و SSI در جهت مثبت از مؤلفه دوم و با نزدیک‌ترین فاصله با آن بودند. بنابراین مقادیر مثبت در مؤلفه دوم، مورفوتیپ‌های دارای حساسیت بیشتر را متمایز می‌نماید. در تحقیق عبیری و همکاران (Abiri et al., 2012) نیز تجزیه به مؤلفه‌های اصلی، ژنوتیپ‌های با پتانسیل تولید بالا و حساسیت پایین به خشکی را در مجاورت بردارهای مربوط به شاخص‌های میانگین بهره‌وری (MP)، میانگین بهره‌وری هندسی (GMP) و شاخص تحمل تنش (STI) قرار داد. مورفوتیپ‌های مورد مطالعه در گروه‌های چهارگانه براساس تقسیم‌بندی فرناندز (Fernandez, 1992) متمایز شدند. تعداد

دارای بزرگترین ضرایب بودند. لذا مقادیر عددی بزرگ‌تر از نظر این مؤلفه اصلی مورفوتیپ‌های دارای عملکرد دانه بالاتر شرایط نرمال و در عین حال، متحمل به تنش خشکی را متمایز می‌کند. مورفوتیپ‌های ۷۰۰۱۳ (کرمان)، ۷۰۲۲۷ (یزد)، ۶۵۰۷/۲ (بوشهر)، ۶۵۷۲/۲ (خراسان)، ۶۶۵۲/۲ (خوزستان)، ۷۰۰۱۴ (کرمان)، ۶۴۲۱ (خراسان) و ۴۸۲۲ (خراسان) دارای بیشترین مقدار عددی برای مؤلفه اول بودند. در مؤلفه دوم شاخص‌های SSI و TOL دارای بزرگترین ضریب مثبت و Ys دارای بزرگترین ضریب منفی بود. لذا مؤلفه دوم بیانگر حساسیت به تنش خشکی است و مقادیر عددی کوچک‌تر در این مؤلفه، مورفوتیپ‌های دارای حساسیت کمتر را نشان می‌دهد. مورفوتیپ‌های ۳۲۷۲ (یزد)، ۷۰۲۲۷ (یزد)، ۷۰۰۱۹ (سیستان و بلوچستان)، ۶۵۰۷/۲ (بوشهر)، ۶۴۶۸ (بوشهر)، ۶۲۵۲/۱ (بوشهر)، ۷۰۰۱۷ (سیستان و بلوچستان) و ۷۰۰۲۰ (سیستان و بلوچستان) دارای کمترین مقدار از نظر این مؤلفه بودند. در نمودار بای‌پلات دو مؤلفه اصلی اول، بردارهای مربوط به شاخص‌های STI و GMP مابین دو بردار Yp و Ys و با اندکی تمایل به سمت بردار Ys قرار



شکل ۲- پراکنش مورفوتیپ‌های بومی جو زراعی در نمودار بای پلات مؤلفه‌های اصلی مبتنی بر شاخص‌های تحمل به تنش در ارزیابی برای تحمل به خشکی (STI: شاخص تحمل تنش؛ GMP: میانگین هندسی عملکرد؛ YS: عملکرد در تنش؛ YP: عملکرد پتانسیل؛ TOL: تحمل؛ SSI: حساسیت به تنش)  
 Fig. 2. Distribution of barley morphotypes on principal components bi-plot for stress indices in drought stress condition (STI: stress tolerance index; GMP: geometric mean productivity; YS: stress yield; YP: potential yield; TOL: tolerance; SSI: stress susceptibility index)

عددی بزرگ‌تر براساس مؤلفه اصلی اول، در این گروه قرار گرفتند. به علاوه، از بین مورفوتیپ‌های برتر براساس مؤلفه اصلی دوم، مورفوتیپ‌های ۷۰۲۲۷، ۶۵۰۷/۲، ۶۲۵۲/۱ و ۷۰۱۷ در این گروه واقع شدند. لذا نتایج دو روش تجزیه با یکدیگر در تطابق است. در ارزیابی واکنش ژنوتیپ‌های جو زراعی بومی ایران در برابر تنش خشکی و بررسی صفات مرتبط با تحمل تنش (Shahmoradi and Zahravi, 2014)، با توجه به شاخص STI، مورفوتیپ‌های ۶۷۱۱، ۶۶۵۲/۲ و ۶۴۳۶ به ترتیب پرمحصول‌ترین مورفوتیپ‌ها در وضعیت نرمال و تنش خشکی شناسایی

۵۹ مورفوتیپ در گروه A قرار گرفتند (جدول ۵). این گروه مربوط به مورفوتیپ‌های دارای عملکرد دانه بیشتر در هر دو شرایط نرمال و تنش خشکی بود و طبق تعریف فرناندز به عنوان مورفوتیپ مطلوب به شمار می‌روند. از بین مورفوتیپ‌های این گروه، ۷۰۲۲۷ (یزد)، ۶۵۰۷/۲ (بوشهر)، ۷۰۱۳ (کرمان)، ۶۶۵۲/۲ (خوزستان)، ۶۴۲۱ (خراسان)، ۶۲۵۲/۱ (بوشهر)، ۷۰۱۴ (کرمان)، ۶۴۳۶ (بوشهر) و ۷۰۱۷ (سیستان و بلوچستان) دارای بزرگ‌ترین مقدار شاخص STI بودند و لذا به عنوان مورفوتیپ‌های برتر در این تحقیق شناسایی شدند. همچنین تمام مورفوتیپ‌های دارای مقدار

جدول ۵- اطلاعات مربوط به محل جمع‌آوری ۵۹ مورفوتیپ جو زراعی قرار گرفته در گروه A  
Table 5. Collecting sites information for 59 morphotypes of barley in group A

شماره	استان	شهر	شماره	استان	شهر
No.	KC/TN*	Province	No.	KC/TN*	Province
1	070001	Kerman	31	6252.1	Boushehr
2	070012	Kerman	32	6371	Boushehr
3	070013	Kerman	33	6373	Boushehr
4	070014	Kerman	34	6378.2	Boushehr
5	070015	Kerman	35	6395	Khuzestan
6	070017	Sistan B	36	6396	Khuzestan
7	070018	Sistan B	37	6406	Khuzestan
8	070027	Sistan B	38	6421	Khorasan
9	070030	Markazi	39	6435	Boushehr
10	070150	Markazi	40	6436	Boushehr
11	070226	Yazd	41	6440	Boushehr
12	070227	Yazd	42	6443	Boushehr
13	070229	Isfahan	43	6455	Boushehr
14	070230	Isfahan	44	6484.2	Boushehr
15	070360	Sistan B	45	6495.2	Boushehr
16	070371	Yazd	46	6498	Boushehr
17	070503	Kerman	47	6499	Boushehr
18	3217	Khorasan	48	6500	Boushehr
19	3272	Yazd	49	6502	Boushehr
20	3405.1	Fars	50	6504	Boushehr
21	3405.2	Fars	51	6505	Boushehr
22	3476	Kerman	52	6506	Boushehr
23	3493	Khorasan	53	6507.2	Boushehr
24	4822	Khorasan	54	6511	Boushehr
25	6104	Yazd	55	6572.2	Khorasan
26	6107	Isfahan	56	6573	Khorasan
27	6235	Boushehr	57	6652.2	Khuzestan
28	6236	Boushehr	58	6661	Khorasan
29	6239	Boushehr	59	6711	Markazi
30	6244	Boushehr			Qum

KC: Karaj code ,TN: Temporary number in National Plant Gene Bank of Iran\*

۴۸۱۱ (خراسان) و ۶۲۳۰/۲ (بوشهر) دارای بیشترین عملکرد دانه برای شرایط نرمال در این گروه بودند، لذا این مورفوتیپ‌ها با پتانسیل عملکرد بالا، فقط برای کشت در شرایط آبی مطلوب، مناسب هستند. تعداد ۵۸ مورفوتیپ در گروه C قرار گرفتند. این گروه به مورفوتیپ‌هایی اختصاص داشت که در شرایط آبیاری نرمال عملکرد مطلوبی داشتند و فقط به شرایط تنش خشکی سازگاری داشتند.

شدند. همان‌طور که در جدول ۵ مشاهده می‌شود، این مورفوتیپ‌ها در این تحقیق نیز در میان مورفوتیپ‌های متحمل قرار داشتند. گروه B شامل مورفوتیپ‌های دارای عملکرد دانه بالا در شرایط نرمال و عملکرد دانه پائین در شرایط تنش خشکی بود. تعداد ۶۶ مورفوتیپ به همراه ارقام شاهد ریحان و نصرت در این گروه قرار گرفتند. مورفوتیپ‌های ۶۴۴۵ (بوشهر)، ۴۶۹۳ (کرمان)، ۴۸۲۰ (خراسان)،

مورفوتیپ‌های ۷۰۰۱۹ (سیستان و بلوچستان)، ۳۲۷۲ (یزد)، ۷۰۰۲۰ (سیستان و بلوچستان)، ۶۷۸۵ (کرمان)، ۶۲۳۴ (بوشهر) و ۶۴۶۹ (بوشهر) دارای بیشترین عملکرد دانه برای شرایط تنش خشکی در گروه C بودند. از بین مورفوتیپ‌های برتر از نظر مؤلفه اصلی دوم، مورفوتیپ‌های ۳۲۷۲، ۷۰۰۱۹، ۶۴۶۸ و ۷۰۰۲۰ به این گروه تعلق داشتند. گروه D مشتمل بر مورفوتیپ‌های با عملکرد دانه پائین، در هر دو شرایط آبیاری نرمال و تنش خشکی بود. تعداد ۹۴ مورفوتیپ به همراه رقم شاهد ماکوئی در این گروه قرار گرفتند و لذا فاقد پتانسیل عملکرد بالا و همچنین فاقد تحمل به تنش خشکی بودند.

مورفوتیپ‌های مورد بررسی با استفاده از تجزیه خوشه‌ای در هفت خوشه واقع شدند (جدول ۶). خوشه اول، مشتمل بر ۳۲ مورفوتیپ به همراه رقم نصرت، دارای بیشترین مقدار متوسط شاخص MP بود. در خوشه دوم (مشتمل بر ۷۰ مورفوتیپ به همراه رقم ریحان)، مقادیر عملکرد دانه در دو شرایط نرمال و تنش و شاخصهای تحمل به تنش، در حد متوسط بود. خوشه سوم تعداد ۲۱ مورفوتیپ را در بر می‌گرفت و دارای بزرگترین مقدار متوسط برای Yp، TOL و SSI بود. خوشه چهارم تعداد ۳۴ مورفوتیپ را شامل می‌شد و دارای کمترین مقدار متوسط Yp، MP، TOL، GMP و STI بود. این نتایج نشان می‌دهد که مورفوتیپ‌های این خوشه نسبت به خشکی حساس هستند و پائین بودن متوسط TOL در این خوشه ناشی از

تحمل بیشتر نیست بلکه به این دلیل است که پتانسیل عملکرد بالایی نداشته‌اند و لذا تفاوت عملکرد دانه آنها در شرایط نرمال و تنش کوچک شده است. خوشه پنجم تعداد ۱۷ مورفوتیپ را شامل می‌شد و دارای بیشترین مقدار متوسط Ys، GMP و STI بود و لذا به عنوان متحمل‌ترین خوشه قابل شناسایی است. خوشه ششم با تعداد ۳۹ مورفوتیپ دارای کمترین مقدار متوسط SSI و خوشه هفتم با تعداد ۶۴ مورفوتیپ دارای کمترین مقدار متوسط Ys بود و رقم شاهد ماکوئی در این خوشه قرار گرفت. خوشه ششم و هفتم دارای کمترین فاصله و خوشه سوم و چهارم دارای بیشترین فاصله از یکدیگر بودند (جدول ۷). همچنین خوشه سوم بیشترین فاصله را از خوشه‌های دیگر داشت و بدین لحاظ از آنها متمایز بود. از بین ۵۹ مورفوتیپ در گروه A مربوط به تقسیم‌بندی فرناندز (Fernandez, 1992)، تعداد ۲۷ مورفوتیپ در خوشه اول، ۱۸ مورفوتیپ در خوشه دوم و سه مورفوتیپ در خوشه سوم و ۱۱ مورفوتیپ در خوشه پنجم قرار گرفتند، بنابراین انجام تجزیه خوشه‌ای، تفکیک و تمایز بیشتری در داخل گروه‌های تشکیل شده مبتنی بر تقسیم‌بندی فرناندز (Fernandez, 1992) را میسر ساخته است. تجزیه خوشه‌ای ۱۹ اکوتیپ جو وحشی *Hordeum spontaneum* به همراه رقم جو زراعی نصرت در شرایط تنش خشکی، (Shahmoradi et al., 2014)، اکوتیپ‌های

جدول ۶- گروه‌های تفکیک یافته در تجزیه خوشه‌ای به روش K means در ارزیابی ژرم پلاسم بومی جو زراعی در شرایط خشکی

Table 6. Differentiated groups based on K- means cluster analysis, in barley gemplasm assessed for drought tolerance

Stress index	Cluster						
	1	2	3	4	5	6	7
Yp(g/ plot)	206.91	76.7	141.81	130.31	1.07	125.32	0.78
Ys(g/ plot)	160.54	50.09	105.32	110.45	1.17	88.95	0.39
MP	226.74	47.89	137.31	178.85	1.34	103.71	0.54
TOL	73.88	46.16	60.02	27.72	0.62	57.85	0.17
SSI	161.82	103.5	132.66	58.31	0.61	128.89	0.83
GMP	113.69	79.43	96.56	34.25	0.48	94.53	0.44
STI	118.74	44.3	81.52	74.44	1.06	71.93	0.26
Number of genotypes	32	70	21	34	17	39	64

جدول ۷- فاصله اقلیدسی گروه‌های تفکیک یافته در تجزیه خوشه‌ای به روش K means در ارزیابی ژرم پلاسم بومی جو زراعی در شرایط خشکی

Table 7. Euclidean distance of groups based on K- means cluster analysis, in barley germplasm assessed for drought tolerance

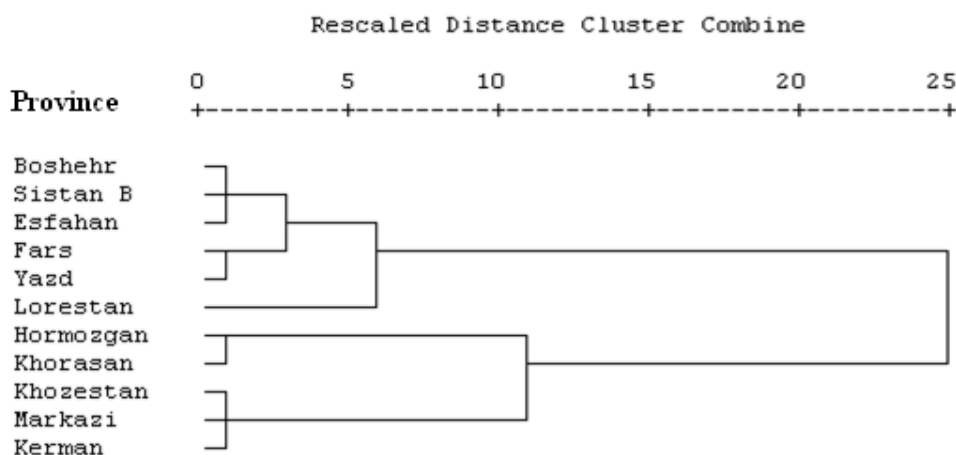
Cluster	2	3	4	5	6	7
1	76.84	63.84	200.94	89.54	144.57	135.72
2		103.53	131.87	88.97	94.71	62.72
3			233.00	149.98	190.86	163.41
4				149.27	73.59	69.71
5					77.19	107.15
6						60.1

مورفوتیپ‌های مورد بررسی را در دو گروه از یک‌دیگر متمایز کرد (شکل ۳) به طوری که استان‌های بوشهر، سیستان و بلوچستان، اصفهان، فارس و یزد در یک گروه و استان‌های هرمزگان، خراسان، خوزستان، مرکزی و کرمان در گروه دیگر واقع شدند. به منظور ارائه تصویر بهتری از روابط بین منشاء مورفوتیپ‌های مورد مطالعه از روش مقیاس‌بندی چندبعدی استفاده شد (شکل ۴). همانطور که در نمودار بای‌پلات مشخص است، استان‌های لرستان، فارس، هرمزگان، خوزستان و مرکزی در اطراف نمودار و دورتر از سایر استان‌ها واقع شدند.

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. به منظور بررسی روابط بین منشاء مورفوتیپ‌های مورد بررسی، فاصله اقلیدسی بین آن‌ها محاسبه شد (جدول ۸). نتایج نشان داد که مورفوتیپ‌های سیستان و بلوچستان و بوشهر دارای کمترین (۶/۹۲) و مورفوتیپ‌های خوزستان و لرستان دارای بیشترین فاصله ژنتیکی (۷۹/۳۳) بودند. تجزیه خوشه‌ای، منشاء

جدول ۸- فاصله اقلیدسی بین منشاء مورفوتیپ‌های بومی جو زراعی در ارزیابی برای تحمل به خشکی  
Table 8. Euclidean distance of origin provinces, in barley morphotypes assessed for drought tolerance

Origin province	Isfahan	Fars	Hormozgan	Kerman	Khorasan	Khozestan	Lorestan	Markazi	Yazd	Sistan and Baluchestan
Boushehr	7.71	25.37	35.45	22.72	19.84	39.09	40.81	35.82	13.85	6.92
Isfahan		24.50	28.63	23.74	12.42	39.77	43.30	38.62	16.94	10.64
Fars			46.65	47.55	30.97	63.87	22.39	61.15	14.08	18.94
Hormozgan				32.68	16.77	40.47	68.58	46.79	44.60	39.08
Kerman					16.68	16.39	63.20	15.88	36.5	29.64
Khorasan						40.25	52.31	42.52	27.84	22.51
Khuzestan							79.33	11.27	52.82	46.00
Lorestan								73.99	27.04	34.05
Markazi									48.69	42.42
Yazd										7.02

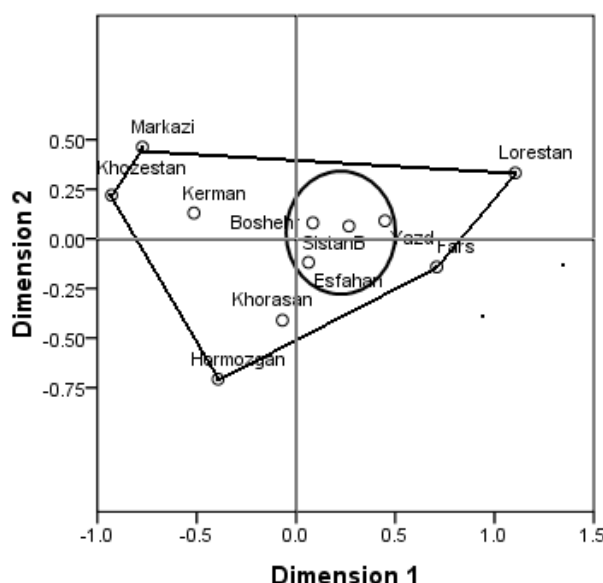


شکل ۳- دندروگرام تجزیه خوشه‌ای منشأ مورفوتیپ‌های بومی جو زراعی بر اساس تحمل به خشکی آنها

Fig. 3. Cluster analysis dendrogram of morphotypes origins based on their drought stress tolerance

وجود منابع غنی تحمل به تنش خشکی در ژرم پلاسم بومی جو بود به طوری که تعداد ۱۳۹ مورفوتیپ از ۲۷۷ مورفوتیپ مورد بررسی (حدود ۴۸ درصد)، در شرایط تنش خشکی عملکرد دانه بالاتری نسبت به رقم شاهد برتر (نصرت) داشتند. به عبارت دیگر حدود نیمی از

همچنین بوشهر و اصفهان در نزدیکی مرکز نمودار قرار داشتند. نکته جالب توجه در این نمودار، قرار گرفتن استان‌های یزد، سیستان و بلوچستان و اصفهان در مجاورت یکدیگر بود که با نزدیکی جغرافیایی آنها در تطابق است. نتایج این تحقیق در مجموع نشان‌دهنده



شکل ۴- پراکنش منشاء مورفوتیپ‌های بومی جو زراعی بر اساس مقیاس‌بندی چندبعدي بر اساس تحمل به خشکی آنها

Fig. 4. Distribution of barley genotypes origin based on multidimensional scaling of drought stress tolerance

ایجاد اشتباه در نتایج شود، عدم اعمال تنش به اندازه کافی است. شاخص شدت تنش (SI) و میزان بارندگی در تنش خشکی می‌تواند به عنوان شاهدی برای کنترل این موضوع باشد. در این تحقیق میزان شدت تنش ۰/۵۹ برآورد شد که تنش شدیدی محسوب می‌شود، بدین دلیل که این میزان از شدت تنش نشان می‌دهد که عملکرد دانه مورفوتیپ‌ها در شرایط تنش خشکی به طور متوسط به اندازه بیش از نصف، در مقایسه با شرایط نرمال، کاهش یافته است. البته باید توجه داشت که در محاسبه شدت تنش، وجود تعداد زیادی از مورفوتیپ‌های حساس در مجموعه مواد ژنتیکی مورد ارزیابی، ممکن است برآورد میزان شدت تنش را اریب

ژرم‌پلاسم با منشاء اقلیم گرم و خشک، دارای پتانسیل تحمل به شرایط خشکی بودند. این نتایج در تطابق با تحقیقات چکارلی و همکاران (Ceccarelli *et al.*, 1998) است که نشان دادند استفاده از ژرم‌پلاسم بومی، مؤثرترین روش بهبود عملکرد جو برای کشت در مناطق خشک است. همچنین نتایج این تحقیق نظرات هارلن (Harlan, 1976) و گراندو و چکارلی (Grando and Ceccarelli, 1995) مبنی بر این که در نواحی با شرایط سخت محیطی، ایجاد ارقام سازگار باید از طریق ارزیابی مورفوتیپ‌های محلی صورت انجام شود را تأیید می‌کند. یکی از مواردی که ممکن است در آزمایش‌های ارزیابی برای تحمل تنش باعث



نماید و آن را بیش از مقدار واقعی نشان دهد. این مورد را نیز می‌توان با انجام مقایسه عملکرد دانه ارقام شاهد در دو شرایط نرمال و تنش کنترل کرد. در این تحقیق، عملکرد دانه رقم شاهد برتر نصرت در شرایط تنش خشکی به میزان ۷۲ درصد کاهش یافته بود (۵۴/۰۷ گرم در پلات در شرایط تنش خشکی در مقایسه با ۱۹۴/۵۸ گرم در پلات در شرایط نرمال)، که حتی بیش از میزان متوسط شدت تنش برآورد شده است. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که شدت تنش اعمال شده در این تحقیق کافی بوده و نتایج به دست آمده قابل اطمینان هستند. نکته دیگر که در اغلب تحقیقات مربوط به شاخص‌های تحمل به تنش مورد توجه قرار نمی‌گیرد میزان تنوع شاخص‌های ارزیابی شده در جمعیت مورد مطالعه است. بدیهی است که هرچه میزان تنوع یک شاخص در یک جامعه بیشتر باشد، آن شاخص در تفکیک و تمایز افراد آن جامعه مؤثرتر خواهد بود. البته ضریب همبستگی شاخص‌ها با عملکرد دانه در شرایط تنش و بدون تنش که برای انتخاب شاخص برتر مد نظر قرار می‌گیرد، به طور غیر مستقیم این موضوع را لحاظ می‌کند، ولی برای این که بتوان تصویر واضح‌تری از توانایی ایجاد تمایز بین مورفوتیپ‌ها، توسط شاخص‌های مورد ارزیابی به دست آورد، بهتر است از آماره‌های پراکنندگی استفاده کرد. این آماره‌ها به ما کمک خواهند کرد که در صورت وجود چند شاخص با همبستگی بالا با عملکرد دانه در

شرایط نرمال و تنش، یکی از آن‌ها را بر اساس میزان تنوع بیشتر، انتخاب کرد. در این تحقیق از آماره ضریب تغییرات (CV) استفاده شد و بر مبنای آن شاخص STI دارای بیشترین میزان تنوع بود. از آن‌جا که این آماره (CV) فارغ از واحد اندازه‌گیری می‌باشد، معمولاً در ارزیابی تنوع، نسبت به سایر آماره‌های پراکنندگی (مانند انحراف معیار) ترجیح داده می‌شود، زیرا می‌توان میزان تنوع صفاتی را که از نظر واحد اندازه‌گیری متفاوت هستند را توسط آن مورد مقایسه قرار داد. از آن‌جا که شاخص‌های تحمل، همگی بر مبنای یک صفت (عملکرد دانه) محاسبه می‌شوند، همگی دارای یک واحد اندازه‌گیری (و یا بدون واحد اندازه‌گیری) هستند. لذا چنین ارجحیتی در این مورد وجود ندارد.

مورفوتیپ‌های مورد بررسی در این تحقیق شامل مورفوتیپ‌های بومی اقلیم گرم و خشک کشور بودند، اغلب آن‌ها تحمل بالایی نسبت به تنش خشکی نشان دادند، ولی در مجموع نتایج تحقیق نشان‌دهنده وجود تنوع بالا در تحمل نسبت به تنش خشکی در میان ژرم پلاسم جو بومی مناطق گرم و خشک ایران بود. پیشنهاد می‌شود از مورفوتیپ‌های برتر شناسایی شده در این تحقیق به عنوان والدین تلاقی، در برنامه‌های به‌نژادی جو استفاده شود. همچنین این مورفوتیپ‌ها را می‌توان در مطالعات ژنتیکی و فیزیولوژیکی مربوط به نحوه توارث و سازوکار تحمل به تنش خشکی مورد بررسی

قرار داد.

بخش تحقیقات ژنتیک و ذخایر توارثی  
مؤسسه در انجام این پروژه، به ویژه  
آقای محمد آقا علیخانی تشکر و قدردانی شود.

سپاسگزاری

از مساعدت کلیه مسئولین و همکاران

## References

- Abiri, R., Zebarjadi, A., Ghobadi, M., Kafashi, A. K., and Atabaki, N. 2012.** Determination of advanced drought tolerant and breeder lines in *Hordeum vulgare* L. under Kermanshsh conditions. Iranian Journal of Field Crop Sciences 43(1): 175-188 (in Persian).
- Anonymous 2012-2013.** Agricultural Statistics. Ministry of Jihad-e-Agriculture, Tehran, Iran (in Persian).
- Belaid, A., and Morris, M.L. 1991.** Wheat and Barley Production in Rainfed Marginal Environments of West Asia and North Africa. Problems and Prospects. CIMMYT Economics Working Paper, 91/02, Mexico, D. F., Mexico.
- Bothmer, R., von Jacobsen, N., Baden, C., Jorgensen, R. B., and Linde-Laursen, I. 1995.** An ecogeographical study of the genus *Hordeum*. Systematic and Ecogeographic Studies on Crop Genepools, 2nd ed. IPGRI, Rome, Italy. 129 pp.
- Ceccarelli, S., Grando, S., and Impiglia, A. 1998.** Choice of selection strategy in breeding barley for stress environments. Euphytica 103: 307-318.
- Dolatpanah, T., Roustaii, M., Ahakpaz, F., and Mohebalipour, N. 2013.** Effect of drought stress on grain yield and yield components of winter and facultative barley genotypes in Maragheh region. Seed and Plant Improvement Journal 29-1 (2): 257-275 (in Persian).
- El Madidi, S., Diani, Z., and Aameur, F. B. 2005.** Variation of agro-morphological characters in Moroccan barley landraces under near optimal and drought conditions. Genetic Resources and Crop Evolution 52: 831-838.
- Fernandez, G. C. 1992.** Effective selection criteria for assessing stress tolerance. pp. 257-270. In: Kuo, C. G. (ed.), Proceedings of the International Symposium on Adaptation of Vegetables and other Food Crops in Temperature and Water Stress. AVRDC Publication, Tainan, Taiwan.

- Fischer, R. A., and Maurer, R. 1978.** Drought resistance in spring wheat cultivars. I. Grain yield response. Australian Journal of Agricultural Research 29: 897-912.
- Grando, S., and Ceccarelli, S. 1995.** Seminal root morphology and coleoptile length in wild (*Hordeum vulgare* ssp. *spontaneum*) and cultivated (*Hordeum vulgare* ssp. *vulgare*) barley. Euphytica 86(1): 73–80.
- Harlan, J. R. 1976.** Genetic resources of wild relatives of crops. Crop Science 16: 329–333.
- 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: 371-380 (in Persian).
- Kristin, A. S., Serna, R. A., Perez, F. I., Enriquez, B. C., Gallegos, J. A. A., Vallejo., P. R., Wassimi, N., and Kelley, J. D. 1997.** Improving common bean performance under drought stress. Crop Science 27: 43-50.
- Li, C., Zhang, G., and Lance, R. 2007.** Recent advances in breeding barley for drought and saline stress tolerance. pp. 603-626. In: Jenks, M. A., Hasegawa, P. M., and Mohan Jain, S. (eds.), Advances in Molecular Breeding Toward Drought and Salt Tolerant Crops. Springer, The Netherlands.
- Peighambari A., and Alipoor, H. 2014.** Complementary Experimental Designs. Tehran University Publications, Tehran, Iran. 410 pp. (in Persian).
- Rosielle, A. A., and Hamblin, J. 1981.** Theoretical aspects of selection for yield in stress and non - stress environments. Crop Science 21: 943 - 946.
- Sabeti, H. A. 1969.** Evaluation of Bioclimates of Iran. Tehran University Publications, Tehran, Iran (in Persian).
- Shahmoradi, Sh., Chaichi, M. R., Mozafari, J., Mazaheri D., and Sharifzadeh, F. 2015.** Evaluation of some drought adaptation traits in *Hordeum spontaneum* L. ecotypes from different climatic conditions of Iran. Seed and Plant Improvement Journal 31-1: 1-24 (in Persian).
- Shahmoradi, Sh., Shafaoddin, S., and Yousefi, A. 2011.** Phenotypic diversity in barley ecotypes of arid- zone of Iran. Seed and Plant Improvement Journal 27-1 (4): 495-515 (in Persian).

- Shahmoradi, Sh., and Zahravi, M. 2014.** Identification of traits related to drought tolerance in barley (*Hordeum vulgare* L.) genotypes originated from arid climates of Iran. *Journal of Crop Improvement* 16 (1): 23-41(in Persian).
- Soleimani, A., Valizadeh, M., Darvishzadeh, R., Hatami Maleki, H., Aharizad, S., and Poor Yamchi, H. 2012.** Screening of drought tolerant cultivars in spring barley. *Pajouhesh & Sazandegi* 104: 18-25 (in Persian).
- Vaezi, B., and Ahmadikhah, A. 2010.** Evaluation of drought tolerance of twelve improved barley genotypes in dry and warm condition. *Journal of Plant Production* 17(1): 23-44 (in Persian).
- Wayssi Mallamiri, I., Haghparast, R., 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 (1): 43-60 (in Persian).