

## ارزیابی تنوع ژنتیکی و گروه‌بندی ژنوتیپ‌های مختلف جو بهاره تحت شرایط تنش خشکی با

### استفاده از صفات مورفوفیزیولوژیک و نشانگرهای ISSR

امید سفالیان\*، علی اصغری، علی رسول زاده، رامین سیفی، شهرزاد جماعتی، بهنام فیروزی

گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

#### چکیده

برای ارزیابی تحمل به خشکی و بررسی میزان تنوع ژنوتیپ‌های جو از لحاظ صفات مورفوفیزیولوژیک و نشانگرهای مولکولی، آزمایشی به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد که فاکتور اصلی شامل سه سطح آبیاری (یک سوم آبیاری، دو سوم آبیاری و آبیاری کامل) و فاکتور فرعی شامل ۱۸ ژنوتیپ جو بود. تجزیه واریانس صفات تنوع قابل ملاحظه‌ای بین ژنوتیپ‌ها نشان داد. اثر متقابل ژنوتیپ در تنش نیز در صفات تعداد دانه در سنبله، پروتئین، پرولین، کارتنوئید، کلروفیل a، b و عملکرد در واحد سطح معنی‌دار بود. در تجزیه نشانگرهای ISSR با استفاده از ۹ آغازگر، ۶۱ نوار مشاهده شد که ۵۰ نوار چند شکل بودند. میانگین محتوای اطلاعات چند شکل (PIC) و شاخص نشانگر (MI) برای کلیه آغازگرها به ترتیب ۰/۴۶ و ۲/۶ به دست آمد. پرایمر شماره ۲ در این تحقیق با دارا بودن بالاترین مقدار شاخص PIC به میزان ۰/۵۷ بهترین پرایمر برای ارزیابی تنوع ژنتیکی ژنوتیپ جو مورد استفاده در این تحقیق بود. در سطح شاهد بیشترین تعداد ارتباط معنی‌داری که بین نشانگر و صفت مورفولوژیکی وجود داشت مربوط به نشانگر P5L5 و بیشترین تعداد ارتباط معنی‌داری که بین نشانگر و صفت فیزیولوژیکی وجود داشت مربوط به نشانگر P16L2 بود. در سطح تنش دو سوم نشانگرهای P5L5 و P9L5 بیشترین تعداد ارتباط معنی‌دار با صفات مورفولوژیکی و نشانگرهای P5L5 و P13L4 بیشترین تعداد ارتباط معنی‌دار با صفات فیزیولوژیکی داشتند. طبق تجزیه خوشه‌ای، در خوشه اول سه ژنوتیپ لیسوی، سهند و F-A1-2 قرار داشتند. ژنوتیپ‌های F-GRB-84-11، F-GRB-85-5، ALLIDUM48، GLORIA-BAR/COPAL//...//NORDIC... دشت و صحرا در خوشه دوم و ژنوتیپ‌های CONGONA/ CHAMICO/TOCTE//CONGONA (d) CHAMICO/TOCTE//CONGONA (a) در گروه سوم و بقیه ژنوتیپ‌ها در خوشه چهارم قرار گرفتند. در مجموع شاخص‌ها و با توجه به صفات مورد مطالعه چنین به نظر می‌رسد که از بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی ژنوتیپ‌های STIPA/PETUNIA//KOLLA/BBSC(a) و CHAMICO/TOCETE//CONGONA(a) برای مناطق آبی و رقم سهند برای مناطق دیم مناسب هستند.

**واژه‌های کلیدی:** جو، تنش خشکی، صفات مورفوفیزیولوژیک، نشانگرهای مولکولی

## مقدمه

از زمان آغاز کشاورزی، خشکی یکی از بلاهای اصلی موثر بر تولیدات گیاهی بوده که در برخی موارد باعث بروز قحطی و حتی مرگ شده است. علی‌رغم ده‌ها سال تحقیق، خشکی همچنان چالش اصلی متخصصین علوم کشاورزی است (Ceccarelli *et al*, 1998). خشکی فرآیند فیزیولوژیک-بیوشیمیایی پیچیده‌ای است که شامل درگیر شدن پروتئین‌ها، کربوهیدرات‌ها، لیپیدها، هورمون‌ها، مواد معدنی تاثیرگذار، رادیکال‌های آزاد و اسیدهای نوکلئیک می‌شود و همچنین با بسیاری از تنش‌ها از جمله تنش شوری، تنش سرما، تنش گرما و عکس‌العمل گیاه به پاتوژن‌ها در ارتباط است (Fleury *et al*, 2010). تحت شرایط تنش خشکی، گیاهان عموماً پاسخ‌های فیزیولوژیکی از قبیل بستن روزنه‌ها، کاهش یا توقف فتوسنتز، افزایش نسبت ریشه به ساقه و کاهش قسمت‌های رویشی را از خود نشان می‌دهند (Secenji *et al*, 2005). تنش خشکی بر مقدار آب برگ، فتوسنتز و کارایی مصرف آب تأثیر می‌گذارد (Egilla *et al*, 2005). اما، در صورتی که گیاه در دوره رشد زایشی با تنش خشکی مواجه شود، نسبت به دوره رشد رویشی بیشتر تحت تأثیر قرار می‌گیرد (Guo *et al*, 2007). جو (*Hordeum vulgare* L.) یک گیاه مدل برای پژوهش‌های ژنتیکی و فیزیولوژیکی بوده و سازگاری بالایی به شرایط مختلف محیطی نشان می‌دهد (Diab *et al*, 2004). این گیاه دارای مقاومت نسبی به خشکی می‌باشد (Ozturk *et al*, 2002). گزارش‌ها نشان می‌دهد که در دیم‌زارهای نیمه گرمسیری کشور، خشکی و گرمای انتهای دوره رشد سبب کاهش

طول دوره رشد و اختلال در فتوسنتز و جریان انتقال مجدد مواد فتوسنتزی و در نهایت، کاهش وزن دانه جو می‌شود (Mohammadi *et al*, 2008). رژیم‌های کاهشی آبیاری خصوصیات مختلف جو از جمله عملکرد و اجزای آن را به طور معنی‌داری نسبت به شرایط آبیاری کامل کاهش داد (Bagheri and Heidari Sharif-bad, 2007). شاخص‌های کمی تحمل به تنش خشکی مختلفی توسط محققین، معرفی و به کار گرفته شده است. هر یک از این شاخص‌ها دارای مزایا و معایبی هستند و پیشنهاد یک شاخص فیزیولوژیکی خاص به‌عنوان یک شاخص معتبر به منظور تولید مطلوب در شرایط تنش خشکی، که به نژادگران از آن به‌عنوان یک شاخص مقاومت به تنش خشکی مناسب برای داشتن عملکرد بالا استفاده کنند، مشکل می‌باشد (Blum *et al*, 1981). فرناندز (۱۹۹۲) در معرفی شاخص‌های کمی تحمل به خشکی اظهار داشت که هر چقدر عملکرد ژنوتیپ در محیط تنش خشکی (Ys) به عملکرد در شرایط عادی (Yp) نزدیک‌تر باشد، حساسیت رقم به تنش خشکی کمتر بوده و در نتیجه مقدار شاخص نسبت افت عملکرد (Yr) و به تبع آن شاخص حساسیت به تنش (SSI) آن رقم کوچک‌تر می‌شود. ژنوتیپ‌ها براساس پاسخ عملکردشان به تنش خشکی به چهار گروه تقسیم می‌شوند:

ژنوتیپ‌هایی که در هر دو شرایط تنش آبی و بدون تنش عملکرد بالایی دارند (گروه A)

ژنوتیپ‌هایی با عملکرد بالا تحت شرایط غیرتنش (گروه B)

ژنوتیپ‌هایی با عملکرد بالا تحت شرایط تنش (گروه C)

ایجاد شده به ترتیب برابر با ۶۰/۱۵ و ۵۶/۷۳ درصد بودند که نشانگر مشابهت و قدرت تشخیص بالای این دو نشانگر بود. اما با وجود این، نتایج حاکی از این بود که نشانگرهای ISSR قدرتمندتر هستند، به طوری که فقط ۱۲ آغازگر برای ایجاد داده‌های مجزا استفاده شدند، در حالی که ۵۰ آغازگر RAPD برای این منظور استفاده شد. سفالیان و همکاران (۲۰۰۸) سطح بالایی از چندشکلی را در بررسی تنوع ژنتیکی نژادهای بومی گندم شمال غرب ایران با استفاده از نشانگرهای ISSR گزارش کردند. آنها همچنین اظهار کردند که نشانگرهای ISSR می‌توانند به عنوان یکی از کارآمدترین نشانگرها برای تخمین تنوع ژنتیکی بین گونه‌ای در گندم مورد قرار بگیرند. ماتوس و هایز (۲۰۰۲) از نشانگرهای ریز ماهواره برای بررسی تنوع ژنتیکی سه گروه ژرم پلاسما جو مشکل از ۱۴۷ ژنوتیپ استفاده کردند. در این مطالعه، در مجموع ۶۳۷ آلل در ۴۲ مکان ریز ماهواره در ژنوتیپ‌های مورد مطالعه تکثیر شد. میزان اطلاعات چندشکلی برای این جایگاه‌ها از ۰/۰۸ تا ۰/۹۳ متغیر بود. تعداد آلل در هر مکان در اجداد زراعی جو ۱۰/۲، در والدین جمعیت‌های در حل تفرق ۸/۴ و در ارقام انتخابی ۵/۶ بود.

این تحقیق با اهداف ارزیابی واکنش ژنوتیپ‌های مختلف جو در مقابل تنش خشکی، مطالعه تنوع ژنتیکی آنها با استفاده از صفات مورفوفیزیولوژیک و نشانگرهای ISSR و شناسایی نشانگرهای مثبت مرتبط با صفات مورد مطالعه انجام گردیده است.

ژنوتیپ‌هایی با عملکرد ضعیف تحت هر دو شرایط تنش و غیرتنش (گروه D).

در بررسی برنامه‌های به‌نژادی به منظور گزینش مواد برتر، رقمی ایده‌آل رقمی است که دارای عملکرد بالا و پایدار باشد، به عبارت دیگر با محیط سازگاری بالایی داشته باشد. محققان مختلف، آزمایشاتی تحت هر دو شرایط انجام داده و در نهایت به این نتیجه رسیده‌اند که رقمی مطلوب و پایدار است که در هر دو شرایط تنش و بدون تنش بهترین پاسخ را بدهد.

در پروژه‌های به‌نژادی گیاهی، انتخاب صفت مطلوب مورد نظر هدف بوده است. این امر مستلزم انتظار طولانی برای ظهور صفت است، به‌ویژه اگر گیاه دگرگشن باشد و صفت مورد نظر بعد از تلاقی جنسی بروز یابد انتخاب در مراحل اولیه بسیار مهم می‌نماید. انتخاب به کمک نشانگرهای مولکولی دستاورد زیست‌شناسان مولکولی برای متخصصان به‌نژادی است. نشانگرهای مولکولی در تشخیص تنوع ژنتیکی بین و درون گونه‌ها و جمعیت‌ها نیز ابزار مفیدی به شمار می‌روند. نشانگرهای ISSR براساس آغازگرهای مکمل واحدهای تکراری جایگاه‌های ریز ماهواره هستند که برای تشخیص تنوع ژنتیکی به کار می‌روند. این آغازگرها می‌توانند در انتهای ۳ یا ۵ توسط یک تا سه باز، قلاب شوند (Liu and Wendel, 2001). از نشانگرهای ISSR برای شناسایی ژنوتیپ‌ها در گیاهان مختلف استفاده شده است. وو و همکاران (۲۰۰۴) با بررسی تنوع ژنتیکی ۱۴ جمعیت از گونه‌های وحشی برنج (*Oryza granulata*) با استفاده از ۱۲ آغازگر ISSR و ۲۶ آغازگر RAPD گزارش کردند، نوارهای چند شکل

## مواد و روش‌ها

این پژوهش در اردیبهشت ماه سال ۱۳۹۱ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه محقق اردبیلی واقع در ۲۰ کیلومتری شمال شرق اردبیل و در نزدیکی روستای بابلان اجرا گردید. مزرعه در عرض جغرافیایی ۴۸ درجه و ۳۴ دقیقه شرقی و طول جغرافیایی ۳۸ درجه و ۳۱ دقیقه شمالی قرار داشته و ارتفاع آن از سطح دریا ۱۳۵۰ متر می‌باشد. آب و هوای منطقه نیز معتدل کوهستانی می‌باشد. آزمایش به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. فاکتور اصلی سطوح مختلف آبیاری شامل شاهد (آبیاری کامل)، تنش دوسوم و یک‌سوم آبیاری و عامل فرعی شامل ۱۸ ژنوتیپ جو (جدول ۱) بود و تراکم کاشت ۳۵۰ بذر در مترمربع در نظر گرفته شد. آبیاری اول بلافاصله بعد از کاشت و آبیاری‌های بعدی با توجه به دور آبیاری محاسبه شده با نرم‌افزار CROPWAT-4 (روش پنمن - مانیتث) به وسیله پمپ آبیاری انجام شد. بدین صورت که ابتدا دبی پمپ با اندازه‌گیری حجم آب خروجی از پمپ در واحد زمان اندازه‌گیری و با در نظر گرفتن میزان آب آبیاری محاسبه شده توسط نرم‌افزار CROPWAT-4 و مساحت کرت‌ها، مدت زمان آبیاری محاسبه گردید. سپس بر اساس آن آبیاری مزرعه انجام شد. آبیاری برای شاهد و سطوح تنش تا زمان رسیدگی فیزیولوژیک و مطابق با محاسبات انجام یافته صورت گرفت. در نهایت صفات مورد مطالعه در این آزمایش شامل تعداد کل پنجه، تعداد پنجه بارور، ارتفاع بوته، ساقه دهی، رسیدگی فیزیولوژیکی، رسیدگی کامل، پرولین، میزان کلروفیل، کاروتنوئید،

عملکرد، طول سنبله، کلروفیل a، کلروفیل b، پروتئین، طول پدانکل، طول برگ پرچم، وزن سنبله، طول ریشک، تعداد دانه در سنبله، وزن هزاردانه و پنجه‌زنی اندازه‌گیری و ثبت شدند.

بعد از اندازه‌گیری میزان عملکرد در شرایط عادی و تنش، شدت تنش خشکی (SI) با استفاده از رابطه زیر محاسبه شد (Fischer and Maurer, 1978):

$$SI = 1 - \bar{Y}_s / \bar{Y}_p$$

$\bar{Y}_s$  و  $\bar{Y}_p$  به ترتیب، میانگین عملکرد کلیه ژنوتیپ‌ها در شرایط آبیاری عادی و تنش خشکی می‌باشد.

ارزیابی ژنوتیپ‌ها با استفاده از شاخص‌های زیر انجام شد:

- شاخص تحمل (TOL) (Rosielle and Hamblin, 1981)

$$TOL = Y_p - Y_s$$

- شاخص میانگین هارمونیک تولید (HARM)

$$HARM = \frac{2(Y_s)(Y_p)}{Y_s + Y_p}$$

- شاخص میانگین هندسی تولید (GMP)

$$GMP = \sqrt{(Y_s)(Y_p)}$$

- شاخص تحمل به تنش (STI) (Fernandez., 1992)

$$STI = \frac{(Y_s)(Y_p)}{(\bar{Y}_p)^2}$$

- شاخص حساسیت به تنش (SSI) (Fischer and Maurer, 1978)

$$SSI = \frac{1 - Y_s / Y_p}{SI}$$

اندازه قطعات ۱۲۵ تا ۲۱۲۲۶ جفت باز استفاده گردید. مقادیر PIC مطابق با معادله اندرسون و همکاران (1993) و MI طبق معادله پاول و همکاران (1996) محاسبه گردیدند:

$$PIC = 1 - \sum p_i^2$$

$$MI = PIC \times np_i$$

در این معادلات  $p_i$  و  $np_i$  به ترتیب عبارت از فراوانی آلل  $i$ ام و تعداد نوارهای چندشکل می‌باشند. تجزیه و تحلیل داده‌ها تجزیه آماری داده‌های مورفوفیزیولوژیک با استفاده از نرم‌افزار SPSS ver 16 انجام گرفت. در این بررسی، پس از ایجاد ماتریس صفر و یک برای نشانگرهای ISSR، از نرم‌افزار NTSYS pc برای تجزیه داده‌ها استفاده شد.

### نتایج و بحث

طبق نتایج جدول تجزیه واریانس (جدول ۳) بین سطوح مختلف تنش از نظر کلیه صفات به جز زمان ساقه‌دهی و پنجه‌زنی اختلاف معنی‌دار وجود داشت. طبق جدول مذکور بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه از نظر کلیه صفات اندازه‌گیری شده در سطح احتمال یک درصد اختلاف معنی‌دار وجود داشت (جدول ۳). اثر متقابل تنش  $\times$  ژنوتیپ در صفات تعداد پنجه بارور، ارتفاع بوته، تعداد دانه در سنبله، عملکرد دانه، درصد پروتئین، طول پدانکل، وزن سنبله، طول برگ پرچم، وزن سنبله، طول ریشک، محتوای پرولین، کارتنوئید، کلروفیل a و b معنی‌دار بدست آمد (جدول ۳). مقایسات میانگین برای صفت وزن هزار دانه (جدول ۴) نشان دادند که ژنوتیپ F-GRB-84 11 با ۶۷/۴۱ گرم بیشترین وزن هزاردانه را به خود اختصاص داده بود، ژنوتیپ PETUNIA1/

در این فرمول‌ها  $Y_P$  و  $Y_S$  به ترتیب عملکرد رقم در شرایط تنش خشکی و آبیاری کامل می‌باشد. میزان سبزی‌نگی برگ با استفاده از دستگاه کلروفیل‌متر (مدل SPAD-502) از کمپانی مینولتای ژاپن از جوان‌ترین برگ انتخاب شده و میزان رنگیزه‌های فتوسنتزی با استفاده از فرمول‌های آرنون (Arnon, 1967) اندازه‌گیری شد.

$$\text{Chlorophyll a} = (19.3 * A_{663} - 0.86 * A_{645}) / 100W$$

$$\text{Chlorophyll b} = (19.3 * A_{645} - 3.6 * A_{663}) / 100W$$

$$\text{Carotenoides} = 100(A_{470}) + 3.27(\text{mg chl. A}) - 104(\text{mg chl. B}) / 227$$

که در آن

V برابر حجم محلول صاف شده

A برابر جذب نور در طول موج‌های ۶۴۵، ۶۶۳ و ۴۷۰ نانومتر

W برابر وزن تر نمونه بر حسب گرم

در این مطالعه، استخراج پرولین به روش بیتس و همکاران (1973) صورت گرفت و برای تعیین میزان پروتئین از روش برادفورد (1976) استفاده گردید. انگشت‌نگاری ژنوتیپ‌ها با نشانگرهای ISSR پس از نمونه‌برداری از برگ‌های جوان گیاه و انتقال نمونه‌ها به آزمایشگاه، استخراج DNA ژنومی به روش CTAB طبق روش سقای معروف و همکاران (1984) انجام شد. جهت تعیین کیفیت DNA از الکتروفورز ژل آغاز ۰/۸ درصد و برای رنگ‌آمیزی ژل‌ها از اتیدیوم بروماید استفاده شد. برای تکثیر DNA ژنومی از ۳۴ آغازگر ISSR ساخت شرکت Bioneer استفاده شد. نام و توالی این آغازگرها در جدول ۲ آورده شده است. برای مشخص شدن اندازه قطعات تکثیر شده نیز از نشانگر وزن مولکولی SM0191 شرکت Fermentas با

CHINA(c) از کمترین وزن هزار دانه (۴۱/۶۷ گرم) برخوردار بود (جدول ۴).

جدول ۱- ژنوتیپ‌های جو مورد استفاده در ارزیابی تنش کم‌آبی

شماره رقم	نام رقم	شماره رقم	نام رقم
۱	GLORIA-BAR/COPAL//BEN.4D/3/S.P-B/4/DC-B/SEN/5/CONGONA	۱۰	F-A1-1
۲	STIPA/PETUNIA1//KOLLA/BBSC (a)	۱۱	F-A1-2
۳	CHAMICO/TOCTE//CONGONA (a)	۱۲	F-GRB-84-11
۴	PALLIDUM48//NORDIC/563-B...2/MZQ//CEL-B/5/LINO/6/CONGONA	۱۳	F-GRB-85-5
۵	CHAMICO/TOCTE//CONGONA (d)	۱۴	PETUNIA1/CHINIA(a)
۶	لیسیوی	۱۵	CONGONA/BORR
۷	صحرا	۱۶	STIPA/PETUNIA1//KOLLA/BBSC(b)
۸	سهند	۱۷	PETUNIA1/CHINA (c)
۹	دشت	۱۸	STIPA/PETUNIA1//KOLLA/BBSC (c)

جدول ۲- توالی آغازگرهای ISSR مورد استفاده در این مطالعه

شماره پرایمر	توالی آغازگر	شماره پرایمر	دمای اتصال آغازگر	شماره پرایمر	توالی آغازگر
۱	5' AGAC AGACGC 3'	۴۸	۵۰	۱۸	5' CCACCACCACCACCA 3'
۲	5' GACAGACAGACA GACA 3'	۵۲	۵۴	۱۹	5' AGAGAGAGAGAGAGAGAGT 3'
۳	5' AGAGAGAGAGAGAGAGAGC 3'	۵۴	۵۴	۲۰	5' AATAATAATDG 3'
۴	5' ACAGACAGCG 3'	-	۵۴	۲۱	5' ACTCACTCGC 3'
۵	5' AACAACAACGC 3'	۵۲	۵۱	۲۲	5' ATGATGATGATGATGATG 3'
۶	5' GATAGATATG 3'	-	۵۴	۲۳	5' GTGTGTGTGTGTGTGTGYG 3'
۷	5'GAGAGAGAGAGAGAGAT 3'	۴۸	۴۶	۲۴	5' GACAGACAGACAGACA 3'
۸	5' GACGACGACGACG 3'	۵۶	۵۱	۲۵	5' ATCATCATCCG 3'
۹	5' TCTCTCTCTCTCTCC 3'	۵۶	۴۸	۲۶	5' GATCGATCGATCGC 3'
۱۰	5' CGTCGTCGTCGT 3'	۴۶	۴۸	۲۷	5' CTCACTTCACTTCA 3'
۱۱	5' GTGGTGGTGGC 3'	۴۶	۴۸	۲۸	5' GAGGAGGAGGC3'
۱۲	5' TTGTTGTTGTTGTTGC 3'	۴۷	۴۸	۲۹	5' ACACACACACACACACYT 3'
۱۳	5' ACACACACACACACACYG 3'	۵۴	۴۸	۳۰	5' GAGAGAGAGAGAGAGAC 3'
۱۴	5' CACACACACACAGT 3'	۵۳	۴۷	۳۱	5' CACCACCACGC 3'
۱۵	5' ACGACGACGACGAAC 3'	۵۲	۴۸	۳۲	5' AGAGAGAGAGAGAGAC 3'
۱۶	5' CACACACACACAAG 3'	۵۱	۴۶	۳۳	5' AAGAAGAAGGC 3'

۷/۱۴ در سطح ۱/۳ آبیاری و در صفت عملکرد با ۷/۳۶ تن در هکتار در ژنوتیپ ۱۲ در سطح شاهد و با ۱/۱۱ تن در هکتار در ژنوتیپ ۱۸ در سطح ۱/۳ آبیاری، مشاهده گردید (جدول ۵). میربهار و همکاران (۲۰۰۹) تأثیر تنش خشکی آخر فصل را بر روی کاهش معنی‌دار تعداد دانه در هر سنبله و تعداد سنبله در هر مترمربع در گندم را در مطالعات خود گزارش کردند. ژونگ‌هو و راجرم (۱۹۹۴) بیان نمودند که عملکرد، عملکرد بیولوژیک و تعداد دانه در سنبله بیشترین حساسیت را به تنش خشکی در مقایسه با وزن هزار دانه و تعداد سنبله در مترمربع دارند.

مقایسه میانگین شاخص‌های مقاومت به خشکی (جدول ۶) برای ۱۸ ژنوتیپ جو تحت تنش خشکی نشان داد که از نظر شاخص‌های GMP و HARM ژنوتیپ ۱۷، همچنین از نظر شاخص‌های STI و TOL ژنوتیپ‌های دو و یک بهترین ژنوتیپ شناخته شد. ژنوتیپ ۱۷ در شرایط شاهد با عملکرد ۶/۷۳ تن در هکتار در رتبه چهارم و در شرایط تنش با ۳/۱۴ تن در هکتار رتبه اول را به خود اختصاص داده است. ژنوتیپ‌های یک و دو به ترتیب در شرایط شاهد با عملکرد ۳/۷۲ و ۴/۲۸ کمترین عملکرد و در شرایط تنش ۱/۹۹ و ۲/۳۹ عملکرد متوسطی داشتند. از مطالعه معیار تحمل به خشکی (TOL) و (STI) چنین برمی‌آید که معمولاً ارقامی که عملکرد بالایی داشتند، تحمل مطلوبی به تنش رطوبتی نشان ندادند. ژنوتیپ‌های ۱ و ۲ که بیشترین تحمل به خشکی (کمترین TOL و بیشترین STI) را دارند، از عملکرد مناسبی در شرایط شاهد و تنش برخوردار نیستند.

نتایج مقایسه میانگین در صفت زمان رسیدگی کامل حاکی از این امر بود که ژنوتیپ CHAMICO/TOCTE//CONGONA(a) با ۹۷/۶۶ روز بیشترین و ژنوتیپ F-GRB-84-11 با ۹۳/۳۳ روز کمترین روز تا رسیدگی کامل را داشتند (جدول ۴). با توجه به نتایج به‌دست آمده در مورد صفت کلروفیل (سبزیگی برگ) ژنوتیپ لیسوی با ۵۱/۶۱ SPAD بیشترین و ژنوتیپ F-A1-2 با ۴۶/۵۶ SPAD کمترین مقدار را به خود اختصاص دادند (جدول ۴). گوتریری و همکاران (۲۰۰۱) بیان داشتند که انتخاب ژنوتیپ متحمل به خشکی و پایدار از نظر عملکرد دانه منجر به شناسایی ژنوتیپ‌هایی با وزن هزار دانه بالا می‌شود. با توجه به نتایج حاصل از مقایسات میانگین اثر متقابل ژنوتیپ در تنش (جدول ۵) بیشترین و کمترین تعداد دانه در سنبل به ترتیب در ژنوتیپ ۱۲ با ۲۹/۴۶ عدد در سطح شاهد و در ژنوتیپ ۳ با ۱۱/۵۳ عدد در سطح تنش ۱/۳ (یک‌سوم مقدار نیاز آبی) آبیاری، در صفت درصد پروتئین کل در ژنوتیپ ۹ با ۳/۷ درصد در سطح ۱/۳ و در ژنوتیپ ۴ با ۱/۰۴ درصد در سطح شاهد گزارش شد. در صفت میزان پروتئین در ژنوتیپ ۳ با  $\mu\text{mol/gr}$  ۱/۶۲ در سطح ۱/۳ آبیاری و در ژنوتیپ ۱ با  $\mu\text{mol/gr}$  ۰/۲۷ در سطح شاهد، در صفت کلروفیل a در ژنوتیپ ۱۱ با  $\text{mgr/grf}_w$  ۵/۰۵ در سطح شاهد و در ژنوتیپ ۳ با  $\text{mgr/grf}_w$  ۱/۱۵ در سطح ۱/۳ آبیاری، در صفت کلروفیل b در ژنوتیپ ۱۵ با  $\text{mgr/grf}_w$  ۲ در سطح شاهد و در ژنوتیپ ۵ با  $\text{mgr/grf}_w$  ۰/۳۸ در سطح ۱/۳ آبیاری بدست آمد. در مورد صفت کارتنوئید در ژنوتیپ ۶ با  $\text{mgr/grf}_w$  ۱۷/۹ در سطح شاهد و در ژنوتیپ ۵ با  $\text{mgr/grf}_w$

جدول ۳- تجزیه واریانس صفات مورفوفیزیولوژیکی در ژنوتیپ‌های جو در شرایط تنش خشکی

میانگین مربعات									
عملکرد	کارتونید	کلروفیل	پرولین	رسیدگی کامل	رسیدگی فیزیولوژیکی	ساقه دهی	ارتفاع بوته	تعداد پنجه بارور	کل
۳/۰۸**	۳۷۱/۸۸**	۰/۰۱۳ <sup>n.s</sup>	۰/۰۱۳ <sup>n.s</sup>	۷/۵۰۶ <sup>n.s</sup>	۲۳/۹۳۲**	۰/۸۸۸ <sup>n.s</sup>	۱۲۵/۸۴۵**	۰/۳۹۹ <sup>n.s</sup>	۰/۱
۲۶۱/۵۶**	۴۳۴/۱۵**	۴۳۴/۱۵**	۶/۸۸**	۶/۸۸**	۱۷۸/۶۷۲**	۲/۴۶۲ <sup>n.s</sup>	۴۴۶۹/۹۲۱**	۴۷/۵۸**	۳۳/
۳/۵۶**	۸/۱۲**	۸/۱۲**	۰/۰۳۲*	۰/۰۳۲*	۳۳/۹۶۲**	۴/۱۸*	۷۳/۰۶۴**	۱/۴۴**	۰/۱
۱/۸۲**	۵/۲۸**	۲۳/۳۰۸**	۰/۱۹۷**	۱۳/۸۳۱**	۱۷/۰۰۵**	۱۱/۰۷۵**	۲۸۴/۴۵۹**	۰/۷۵۴**	۰/۹
۰/۹۹**	۷/۱۹**	۲/۵۴۷ <sup>n.s</sup>	۰/۰۵۱**	۴/۱۱۷ <sup>n.s</sup>	۳/۴۰۴ <sup>n.s</sup>	۱/۴۲ <sup>n.s</sup>	۴۲/۰۵۸**	۰/۲۸۴*	۰/۱
۰/۴۰	۰/۹۸۵	۳/۱۱۸	۰/۰۱۲	۳/۱۰۴	۳/۴۴۶	۱/۴۱	۹/۵۴۴	۰/۱۵۴	۰/
۱۷/۸۷	۷/۷۶	۳/۵۷۱	۱۳/۶۵	۱/۸۴	۲/۰۶۷	۲/۶۸۸	۴/۶۷۷	۱۳/۷۳	۱

معنی دار در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد



جدول ۳- تجزیه واریانس صفات مورفوفیزیولوژیک در ژنوتیپ‌های جو در شرایط تنش خشکی

میانگین مربعات

کلروفیل b	پنجه زنی	وزن هزاردانه	تعداددانه در سنبل	طول ریشک	وزن سنبله	طول برگ پرچم	طول پدانکل	پروتئین	کلروفیل a
۳۷۱/۸۸**	۴۱/۶۶**	۲۰۶/۵۰۲**	۲۳/۹۸**	۰/۰۸۵*	۰/۰۸۵*	۰/۷۷۸ <sup>n.s</sup>	۸۲/۳۸۱**	۰/۰۴ <sup>ns</sup>	۱/۶۲۷**
۴/۲۲**	۳/۶۸ <sup>n.s</sup>	۱۴۷۲/۶۹**	۹۶۳/۹۴**	۳۱/۹۵۶**	۶/۳۱۶**	۶/۳۱۶**	۶/۳۱۶**	۳۱/۴۸**	۵۷/۷۷**
۰/۳۱۱**	۱۰/۴۷**	۶۴۶/۹۶**	۸۳/۹۱**	۱/۲۰۷**	۰/۲۸۲**	۱۱/۱۶**	۵۲/۳۸۷**	۰/۶۸**	۱/۵۲**
۰/۲۳۷**	۳/۶۵۹ <sup>n.s</sup>	۷/۴۴ <sup>n.s</sup>	۴/۱۹**	۰/۹۹*	۰/۰۹۸**	۱/۹۷۶*	۱۶/۱۰۷**	۰/۱۹**	۰/۸۴**
۰/۰۱۷	۳/۴۸	۷/۴۴	۱/۵۳	۰/۵۷	۰/۰۲	۱/۰۶	۵/۱۹	۰/۴	۰/۱۶۳
۱۲/۳۷	۴/۹۱۵	۵/۱۷	۶/۴۲	۶/۰۵۳	۹/۴۷۲	۱۲/۲۹۵	۱۱/۶۵۸	۹/۶۶	۱۲/۳۱

معنی دار در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد

ژنوتیپ‌های ۹ و ۱۰ از لحاظ شاخص حساسیت به خشکی (SSI) به ترتیب رتبه‌های اول و دوم را کسب کردند. ضرایب همبستگی بین عملکرد دانه با شاخص‌ها در شرایط تنش خشکی و شاهد در (جدول ۷) نشان داده شده است. عملکرد در شرایط تنش (Y<sub>s</sub>) با شاخص‌های HARM و GMP دارای همبستگی معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد نشان داد. عملکرد دانه در شرایط بدون تنش (Y<sub>p</sub>) با شاخص‌های HARM، TOL و GMP دارای همبستگی مثبت و معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد و با شاخص STI دارای همبستگی منفی و معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد بود. بالاترین ضریب همبستگی عملکرد دانه در شرایط بدون تنش به ترتیب با شاخص‌های HARM و GMP، TOL بدست آمد ولی در شرایط تنش بالاترین ضریب همبستگی عملکرد دانه به ترتیب با HARM و GMP حاصل گردید. طبق نظر فرناندز (۱۹۹۲) شاخصی که دارای همبستگی معنی‌دار و بالا با عملکرد دانه در شرایط تنش و بدون تنش باشد، به طوری که براساس نوع همبستگی باعث افزایش عملکرد در هر دو شرایط تنش و بدون تنش گردد، به عنوان بهترین شاخص معرفی می‌شود. از مقایسه شاخص میانگین هندسی (GMP) و میانگین هارمونیک (HARM) مشخص گردید که انتخاب براساس این معیارها منجر به انتخاب ارقام با عملکرد بالا در هر شرایط تنش می‌گردد. زیرا این شاخص‌ها همبستگی مثبت و معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد با عملکرد دانه در هر دو شرایط دارند.

با مشاهده نتایج بدست آمده مشخص گردید که رتبه‌بندی ارقام برای GMP و HARM با نتایج

مقایسه میانگین صفات مطابقت بیشتری نسبت به بقیه شاخص‌ها داشته و از طرفی همبستگی مثبت و بالایی بین این دو شاخص و عملکرد دانه در سطوح شاهد و تنش نشان‌دهنده این است که دو شاخص مذکور برای ارزیابی ارقام تحت تنش خشکی نسبت به سایر شاخص‌ها بسیار مناسب‌ترند. با توجه به کارایی شاخص‌های GMP و HARM در تعیین ژنوتیپ‌های گروه A (دارای عملکرد بالا در هر دو محیط تنش و بدون تنش)، نمودار سه‌بعدی مربوط به این دو شاخص ارائه شده است (شکل ۱). در بررسی این شکل‌ها ملاحظه شد که در مورد شاخص GMP (شکل ۱ الف)، ژنوتیپ‌های ۱۷، ۴، ۱۵، ۳، ۱۴، ۱۶ و ۱۳ جزو ژنوتیپ‌هایی بودند که در گروه A (که نشان‌دهنده عملکرد بالا در هر دو محیط تنش و بدون تنش) قرار گرفته‌اند. از بین این ژنوتیپ‌ها، ژنوتیپ‌های ۱۷، ۴، ۱۵، ۳ و ۱۶ دارای مقادیر بالای GMP نیز بودند. به دلیل همبستگی بالای دو شاخص GMP و HARM و همان‌طور که انتظار می‌رفت در مورد شاخص HARM (شکل ۱ ب) نیز نتایج مشابه شاخص GMP بدست آمد.

محمدی و همکاران (۲۰۰۶) از GMP، HARM و STI در گندم نان و همچنین گل‌آبادی و همکاران (۲۰۰۶) شاخص‌های GMP، STI و MP را در گندم دوروم به عنوان بهترین شاخص‌ها جهت دستیابی به ارقام پرمحصول در شرایط تنش و غیرتنش معرفی کردند. با توجه به نتایج بدست آمده از تجزیه شاخص‌ها و تجزیه واریانس صفات رقم سهند بهترین رقم برای مناطق خشک و نیمه‌خشک شناخته شد.

جدول ۴- مقایسه میانگین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه از نظر صفات مورفوفیزیولوژیکی

ژنوتیپ	کلروفیل	تعداد کل پنجه	زمان پنجه‌زنی (روز)	زمان ساقه دهی (روز)	زمان رسیدگی فیزیولوژیکی (روز)	زمان رسیدگی کامل (روز)	وزن هزار دانه (gr)	طول سنبله (cm)
۱	۴۷/۹۴	۳/۵۱	۳۷/۴۴	۴۶/۶۶	۹۰/۱۱	۹۵/۶۶	۶۱/۶۴	۶/۵۲
۲	۴۶/۵۶	۳/۸۸	۳۶/۷۷	۴۶/۳۳	۹۱/۰۰	۹۶/۴۴	۶۴/۴۳	۷/۰۳
۳	۵۱/۴۶	۴/۴۰	۳۷/۱۱	۴۲/۶۶	۸۷/۳۳	۹۳/۳۳	۶۷/۴۱	۶/۸۲
۴	۵۰/۱۹	۴/۷۴	۳۶/۵۵	۴۴/۵۵	۸۵/۵۵	۹۴/۱۱	۶۰/۹۸	۶/۲۰
۵	۵۰/۰۱	۳/۷۵	۳۶/۴۴	۴۳/۸۸	۹۰/۲۲	۹۵/۷۷	۴۶/۷۵	۵/۴۳
۶	۴۸/۵۴	۳/۹۵	۳۸/۲۲	۴۴/۰۰	۹۱/۳۳	۹۶/۷۷	۴۷/۵۹	۶/۰۵
۷	۴۹/۶۰	۴/۴۲	۳۶/۳۳	۴۳/۴۴	۸۹/۶۶	۹۵/۳۳	۴۴/۱۳	۵/۷۰
۸	۴۸/۶۴	۳/۹۶	۳۶/۸۸	۴۳/۸۸	۹۰/۶۶	۹۶/۸۸	۴۱/۶۷	۵/۴۶
۹	۴۸/۶۷	۴/۲۳	۳۷/۴۴	۴۲/۲۲	۸۹/۳۳	۹۵/۳۳	۴۵/۹۵	۵/۷۳
۱۰	۴۹/۹۶	۳/۸۴	۳۹/۰۰	۴۴/۸۸	۸۹/۶۶	۹۵/۳۳	۴۸/۰۷	۵/۳۸
۱۱	۴۷/۲۱	۴/۱۳	۳۸/۴۴	۴۴/۲۲	۸۹/۱۱	۹۴/۶۶	۴۴/۳۹	۵/۸۷
۱۲	۴۹/۴۴	۴/۴۱	۳۷/۱۱	۴۳/۳۳	۹۱/۷۷	۹۷/۶۶	۴۴/۰۳	۵/۷۱
۱۳	۵۱/۰۱	۴/۲۴	۴۰/۰۰	۴۴/۶۶	۸۹/۰۰	۹۵/۲۲	۴۷/۸۱	۶/۰۸
۱۴	۴۶/۶۴	۳/۹۵	۳۸/۱۱	۴۳/۷۷	۹۱/۰۰	۹۶/۸۸	۴۴/۶۰	۶/۱۱
۱۵	۵۱/۶۱	۴/۴۳	۳۶/۵۵	۴۴/۳۳	۸۷/۱۱	۹۳/۸۸	۶۰/۳۰	۶/۷۱
۱۶	۵۰/۷۶	۴/۰۳	۳۸/۱۱	۴۴/۶۶	۹۱/۰۰	۹۶/۷۷	۴۸/۱۶	۵/۶۰
۱۷	۵۱/۰۸	۴/۶۷	۳۵/۷۷	۴۵/۱۱	۸۹/۱۱	۹۵/۵۵	۶۲/۳۴	۶/۴۲
۱۸	۵۰/۷۵	۴/۹۷	۳۸/۳۳	۴۵/۰۰	۹۱/۷۷	۹۷/۵۵	۴۹/۴۲	۵/۰۸
LSD %5	۱/۶۵	۰/۴۸	۱/۷۲	۱/۱۱	۱/۷۳	۱/۶۴	۲/۴۹	۰/۴۲

آغازگر PP13 تا ۱۰۰ درصد برای آغازگر PP1 و PP9 متغیر بود و میانگین درصد چندشکلی برای تمامی آغازگرهای استفاده شده برابر ۸۲/۲۹ درصد بود.

به منظور برآورد میزان تنوعی که این نشانگرها قادر به بروز آن بوده و همچنین مقایسه با مطالعات قبلی، مقادیر  $PIC^1$  و  $MI^2$  محاسبه گردیدند.

تعداد ۹ آغازگر از ۳۴ آغازگر ارزیابی شده با الگوی نواربندی مناسب برای بررسی ژنوتیپ‌های جو مورد استفاده قرار گرفتند (جدول ۷). این آغازگرها در مجموع ۶۱ نوار با میانگین ۶/۷۸ نوار به ازای هر آغازگر تولید کردند. که در این بین ۱۱ نوار مونومورف و ۵۰ نوار چند شکل با میانگین ۵/۵۶ نوار چند شکل به ازای هر آغازگر بودند. تعداد نوار به ازای هر آغازگر از ۵ نوار برای آغازگرهای PP2، PP9، PP16 و PP7، تا ۱۰ نوار برای آغازگر PP1 متغیر بود. درصد چندشکلی از ۶۲/۵ درصد برای

1-Polymorphic Information Index  
2-Marker Index

جدول ۵- مقایسه میانگین اثر متقابل ژنوتیپ و تنش صفات اندازه گیری شده در ژنوتیپ‌های جو

کاروتنوئید (mgr/grfw)			کلروفیل b (mgr/grfw)			مقدار پروکلین (mol/gr μ)			درصد پروتئین کل			تعداد دانه در سنبله		
شاهد	تنش دو سوم	تنش یک سوم	شاهد	تنش دو سوم	تنش یک سوم	شاهد	تنش دو سوم	تنش یک سوم	شاهد	تنش دو سوم	تنش یک سوم	شاهد	تنش دو سوم	تنش یک سوم
۷/۵۷	۶/۹	۶/۶۶	۱/۳۸	۱/۱۹	۰/۸۵	۰/۲۷	۰/۵۲	۱/۰۸	۱/۷۲	۲/۲۴	۲/۹۸	۱۸/۱۳	۱۵/۷۶	۱۱/۱۳
۸/۱۳	۸/۱	۸/۰۳	۱/۱۹	۰/۹۵	۰/۹۲	۰/۴۲	۰/۶۸	۱/۲۶	۱/۵۴	۲/۰۴	۳/۱۴	۱۷/۹۵	۱۵/۸۵	۱۱/۱۳
۷/۳۳	۷	۶/۹	۱/۱۴	۰/۷	۰/۶۴	۰/۴۶	۰/۷۲	۱/۶۲	۱/۵	۲/۱۱	۲/۵۲	۱۸/۰۶	۱۵/۰۴	۱۱/۱۳
۸/۸۳	۷/۰۶	۶/۹	۱/۲	۱/۱۴	۰/۳۹	۰/۶۱	۰/۹۲	۱/۲۷	۱/۰۴	۱/۲۹	۲/۷۶	۱۸/۰۷	۱۵/۷۳	۱۱/۱۳
۱۱	۸/۵۶	۸/۰۶	۱/۴۷	۰/۹۵	۰/۳۸	۰/۳۲	۰/۴۱	۰/۹۷	۱/۲	۱/۸۲	۳/۱۶	۲۶/۵۵	۲۱/۰۶	۱۱/۱۳
۹/۳۶	۸/۹۳	۸/۹۳	۱/۹۳	۱/۷۷	۱/۱	۰/۵۳	۰/۶۴	۰/۹۷	۱/۴۵	۱/۸۵	۲/۴۹	۲۶/۵۸	۲۱/۲۱	۱۱/۱۳
۱۱/۱۳	۹/۱۶	۷/۹۶	۱/۲	۱/۱۲	۰/۴۵	۰/۴۲	۰/۸۶	۱/۶	۱/۰۹	۱/۶۹	۲/۶	۲۲/۹۵	۱۷/۱۶	۱۵/۱۳
۹/۰۶	۸/۸	۷/۸۳	۱/۴	۱/۱۸	۱/۰۲	۰/۵۴	۱/۰۸	۱/۲۷	۱/۶۲	۲/۲۲	۳/۰۴	۲۶/۵	۲۲/۸	۱۶/۱۳
۱۱/۰۳	۱۰/۳۶	۹/۷۶	۱/۳۳	۱/۲۵	۰/۸۴	۰/۵	۰/۷۳	۱/۲	۱/۱۹	۱/۸۳	۳/۷	۲۶/۶	۲۱/۶	۱۱/۱۳
۹/۰۳	۷/۷۳	۶/۸۳	۱/۵۳	۱/۲۱	۰/۸۴	۰/۶۱	۱/۰۱	۱/۲۷	۱/۹۶	۲/۶۲	۳/۳۷	۲۰/۰۶	۱۷/۳۵	۱۲/۱۳
۱۰/۸۳	۹/۵۶	۷/۸	۱/۳۹	۱	۰/۶۵	۰/۳۲	۰/۶۴	۱/۰۷	۱/۱۹	۱/۷۶	۲/۳۱	۲۷/۷۲	۱۹/۳۳	۱۶/۱۳
۱۰/۴۶	۹/۳۳	۶/۸	۱/۲۲	۱/۰۸	۰/۲۶	۰/۴۱	۰/۶۶	۰/۸۸	۱/۱۳	۱/۷۴	۲/۶۶	۲۹/۴۶	۲۱/۱۴	۱۱/۱۳
۱۰/۴۳	۱۰	۹/۰۴	۱/۱۵	۱/۰۳	۰/۶۷	۰/۵۴	۰/۷	۱/۲۲	۱/۲۹	۱/۹۸	۳/۲۲	۲۷/۴۴	۲۱/۶۹	۱۶/۱۳
۹/۱	۸/۶۶	۸/۴۳	۱/۱۸	۰/۷	۰/۶۸	۰/۶	۱/۱	۱/۵۷	۱/۳۲	۱/۸۷	۳/۳۲	۲۷/۳۳	۲۳/۸۶	۱۷/۱۳
۷/۲	۶/۶	۷/۰۶	۲	۱/۱۷	۰/۵	۰/۴۳	۰/۷	۰/۸۱	۱/۶۵	۲/۳۷	۳/۰۴	۱۸/۹۷	۱۶/۶	۱۱/۱۳
۱۰/۹۶	۱۰/۷۶	۹	۱/۲۵	۰/۷۶	۰/۵۷	۰/۵۹	۰/۸۳	۱/۲۲	۱/۴۵	۱/۸۶	۳/۲۹	۲۶/۶۲	۲۱/۲۶	۱۱/۱۳
۹/۲	۷/۷۳	۶/۸	۱/۵۳	۰/۶۶	۰/۶۵	۰/۵۲	۰/۶۷	۰/۹۹	۱/۰۹	۱/۳	۲/۱۹	۱۸/۲۸	۱۶/۲	۱۲/۱۳
۹/۷۶	۹	۶/۶۶	۱/۶۴	۱	۰/۶۵	۰/۶۳	۰/۸۳	۱/۲۲	۱/۶۷	۲/۱۵	۲/۴۲	۲۱/۴۸	۱۸/۴۶	۱۱/۱۳
	۴/۶۳			۰/۲۲			۰/۱۸			۰/۳۲			۲/۲۶	

ل ۵- مقایسه میانگین اثر متقابل ژنوتیپ و تنش صفات اندازه گیری شده در ژنوتیپ های جو

ارتفاع بوته (cm)			وزن سنبله (gr)			طول برگ پرچم (cm)			طول ریشک (cm)		
شاهد	تنش دوسوم	تنش یک سوم	شاهد	تنش دوسوم	تنش یک سوم	شاهد	تنش دوسوم	تنش یک سوم	شاهد	تنش دوسوم	تنش یک سوم
۸۱/۴	۷۴/۳۶	۶۱/۲۳	۱/۴۴	۱/۳۹	۰/۹۵	۷/۵۷	۶/۹	۶/۶۶	۱۱/۳	۱۱/۳۳	۰/۸۵
۸۲/۰۶	۷۶/۶۶	۶۳	۱/۵۵	۱/۴	۱/۰۹	۸/۱۳	۸/۱	۸/۰۳	۱۲/۴۳	۱۲/۹	۰/۹۲
۸۵/۱	۸۷/۷۶	۶۱/۴	۱/۴۱	۱/۳۲	۰/۸۷	۷/۳۳	۷	۶/۹	۱۲/۲	۱۲/۲۶	۰/۶۴
۸۰	۷۴/۷۳	۶۱/۶۶	۱/۲۷	۱/۲۶	۰/۹۴	۸/۸۳	۷/۰۶	۶/۹	۱۱/۵	۱۲/۴	۰/۳۹
۷۳/۳۳	۵۸	۵۳/۷۶	۱/۵۹	۱/۴۴	۱/۲۱	۱۱	۸/۵۶	۸/۰۶	۱۱/۴۶	۱۱/۵۳	۰/۳۸
۸۱/۳۳	۶۵/۴۳	۵۷/۳	۲/۲۱	۱/۶	۱/۳	۹/۳۶	۸/۹۳	۸/۹۳	۱۱/۱۶	۱۲/۴۶	۱/۱
۷۳/۵	۵۷/۳۶	۵۵/۴	۱/۷۸	۱/۲۱	۱/۱۵	۱۱/۱۳	۹/۱۶	۷/۹۶	۱۰/۹۶	۱۱/۱۶	۰/۴۵
۶۶/۵۳	۶۳/۶۶	۵۵/۹۳	۱/۷۲	۱/۴	۰/۹۱	۹/۰۶	۸/۸	۷/۸۳	۱۰/۵۳	۱۱/۴۶	۱/۰۲
۶۵/۷۳	۵۸/۷۳	۵۰/۳	۱/۹۹	۱/۴۸	۱/۲۱	۱۱/۰۳	۱۰/۳۶	۹/۷۶	۱۱/۴۳	۱۲/۴۶	۰/۸۴
۶۷/۶۶	۶۵/۴۳	۵۷/۰۶	۱/۵۵	۱/۵۲	۱/۰۲	۹/۰۳	۷/۷۳	۶/۸۳	۱۰/۶۳	۱۲/۲۶	۰/۸۴
۷۱/۲	۵۸/۹۶	۵۵/۸۳	۲/۱۹	۱/۳۸	۱/۲	۱۰/۸۳	۹/۵۶	۷/۸	۱۱/۶	۱۲/۶۶	۰/۶۵
۷۱/۹۳	۵۸/۱۲	۵۲/۷	۲/۱	۱/۵۶	۱/۱۷	۱۰/۴۶	۹/۳۳	۶/۸	۱۰/۵	۱۲/۸۶	۰/۲۶
۶۹/۸۶	۶۲	۵۴/۵۳	۲/۳۵	۱/۲۴	۱/۱۴	۱۰/۴۳	۱۰	۹/۰۴	۱۱/۸	۱۲/۲۶	۰/۶۷
۶۸/۷۳	۶۵/۸۶	۵۹/۳۳	۱/۸۴	۱/۵۵	۱/۰۸	۹/۱	۸/۶۶	۸/۴۳	۱۱/۶۳	۱۲/۲۶	۰/۶۸
۸۳/۷۳	۷۵/۷۳	۵۷/۷۳	۱/۴۲	۱/۰۵	۰/۹۶	۷/۲	۶/۶	۷/۰۶	۱۱/۰۳	۱۲/۱۳	۰/۵
۷۴/۴۶	۵۹/۳۳	۵۲/۵۳	۲/۱۶	۱/۴۵	۱/۲۳	۱۰/۹۶	۱۰/۷۶	۹	۱۱/۶۳	۱۲/۲۶	۰/۵۷
۹۳/۷۳	۷۰	۶۱/۹۳	۱/۴۸	۱/۲	۱/۰۵	۹/۲	۷/۷۳	۶/۸	۱۱/۵	۱۱/۸۶	۰/۶۵
۷۲/۲۳	۶۵/۸۶	۵۳/۶۶	۱/۶۱	۱/۴۹	۱/۰۵	۹/۷۶	۹	۶/۶۶	۱۰/۳۳	۱۳/۱۶	۰/۶۵
۶/۰۶			۱/۲۱			۱/۷۱			۱/۲۵		

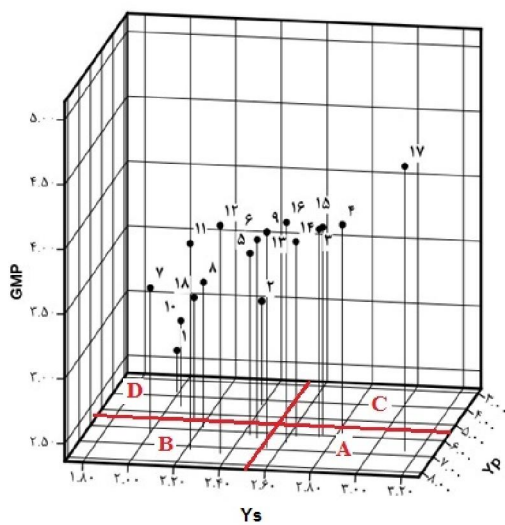
جدول ۶- مقادیر شاخص‌های مقاومت به خشکی در ژنوتیپ‌های جو

ژنوتیپ	Yp	Ys	TOL		STI		SSI		HARM		GMP	
			رتبه	مقدار	رتبه	مقدار	رتبه	مقدار	رتبه	مقدار	رتبه	مقدار
۱	۳/۷۲	۱/۹۹	۱	۱/۷۳	۲	۰/۵۳	۱۵	۰/۹۷	۱۸	۲/۵۳	۱۸	۲/۶۸
۲	۴/۲۸	۲/۳۹	۲	۱/۸۹	۱	۰/۵۶	۱۲	۰/۹۷	۱۴	۳/۰۰	۱۶	۳/۱۶
۳	۶/۰۶	۲/۷۳	۷	۳/۳۲	۶	۰/۴۶	۱۸	۰/۹۵	۵	۳/۶۰	۷	۳/۹۶
۴	۵/۸۰	۲/۸۲	۴	۲/۹۸	۳	۰/۵۰	۱۴	۰/۹۷	۲	۳/۶۸	۶	۳/۹۷
۵	۶/۱۳	۲/۴۳	۱۱	۳/۸۴	۹	۰/۳۹	۱۰	۰/۹۸	۱۱	۳/۳۵	۱۲	۳/۷۶
۶	۶/۳۱	۲/۴۷	۱۲	۳/۸۴	۱۱	۰/۳۹	۱۷	۰/۹۶	۹	۳/۴۷	۱۰	۳/۸۹
۷	۶/۳۰	۲/۰۰	۱۵	۴/۲۹	۱۷	۰/۳۱	۸	۰/۹۹	۱۵	۲/۹۶	۱۴	۳/۴۸
۸	۵/۸۱	۲/۲۱	۱۰	۳/۵۹	۱۳	۰/۳۸	۴	۰/۹۸	۱۳	۳/۰۷	۱۳	۳/۴۸
۹	۶/۸۷	۲/۵۴	۱۶	۴/۳۳	۱۵	۰/۳۶	۳	۰/۹۹	۸	۳/۴۹	۴	۴/۰۲
۱۰	۴/۵۹	۲/۰۵	۳	۲/۵۳	۷	۰/۴۵	۱	۱/۰۱	۱۷	۲/۷۵	۱۷	۳/۰۲
۱۱	۷/۲۰	۲/۲۲	۱۷	۴/۹۷	۱۸	۰/۳۰	۷	۰/۹۹	۱۲	۳/۳۳	۹	۳/۹۵
۱۲	۷/۳۶	۲/۳۶	۱۸	۴/۹۹	۱۶	۰/۳۲	۶	۰/۹۹	۷	۳/۵۲	۲	۴/۱۲
۱۳	۶/۶۶	۲/۵۳	۱۴	۴/۱۳	۱۴	۰/۳۸	۹	۰/۹۸	۶	۳/۵۲	۵	۴/۰۰
۱۴	۶/۰۹	۲/۶۳	۸	۳/۴۵	۸	۰/۴۳	۱۱	۰/۹۸	۹	۳/۴۷	۱۱	۳/۸۶
۱۵	۵/۹۳	۲/۷۴	۵	۳/۱۸	۴	۰/۴۶	۱۳	۰/۹۷	۳	۳/۶۴	۸	۳/۹۶
۱۶	۶/۵۲	۲/۶۱	۱۳	۳/۹۰	۱۲	۰/۳۹	۱۶	۰/۹۷	۴	۳/۶۳	۳	۴/۰۶
۱۷	۶/۷۳	۳/۱۴	۹	۳/۵۹	۵	۰/۴۶	۵	۰/۹۹	۱	۴/۲۳	۱	۴/۵۶
۱۸	۵/۴۳	۲/۱۵	۶	۳/۲۸	۶	۰/۳۹	۱۰	۱/۰۰	۲	۳/۹۳	۱۵	۳/۳۱
LSD/۵		۰/۶۳	-	۰/۹۶	-	۰/۱۳	-	۰/۱۸	-	۰/۶۵	-	۰/۵۶

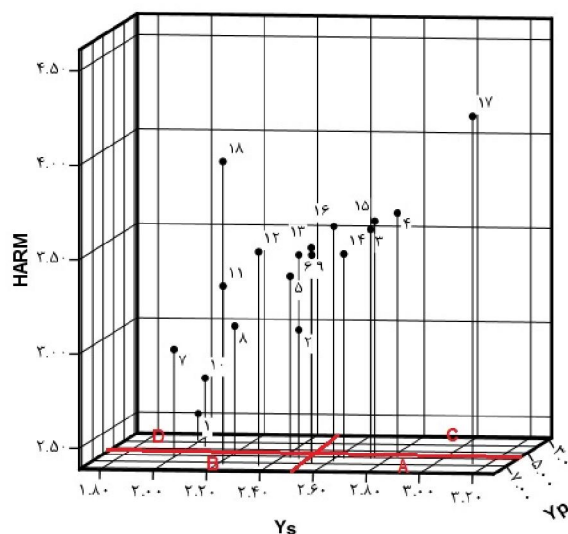
جدول ۷- ضرایب همبستگی بین شاخص‌های مقاومت به خشکی و عملکرد تحت تنش

	Yp	Ys	TOL	STI	SSI	HARM	GMP
Yp	۱						
Ys	۰/۴۰	۱					
TOL	۰/۹۴**	۰/۰۹	۱				
STI	-۰/۷۶**	۰/۲۶	-۰/۹۲**	۱			
SSI	۰/۱۴	۰/۲۷	۰/۲۵	-۰/۳۶	۱		
HARM	۰/۷۰**	۰/۹۲**	۰/۴۴	-۰/۰۹	-۰/۱۵	۱	
GMP	۰/۸۶**	۰/۸۰**	۰/۶۶**	۰-/۳۵	-۰/۰۵	۰/۹۶**	۱

\* و \*\* به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد



الف



ب

شکل ۱- نمودار سه بعدی جهت تعیین ارقام مقاوم به خشکی براساس

الف) شاخص GMP (ب) شاخص HARM

زیاد و وجود آلل یا آلل‌های نادر در یک جایگاه نشانگری بوده و بیانگر قدرت تفکیک یا جداسازی و تمایز بالای آن نشانگر می‌باشد (Ribeiro-Carvalho *et al*, 2004). همچنین شاخص نشانگری (MI) که به عنوان یک معیار کارا در تعیین چندشکلی استفاده می‌گردد، که مقدار آن در این آزمایش از ۱/۵ برای آغازگر ۱۹ تا ۴/۵۶ برای آغازگر ۲ متغیر بود.

در این تحقیق برای گروه‌بندی ژنوتیپ‌ها از روش دورترین همسایه و ضریب تشابه ژاکارد استفاده گردید و مناسب‌ترین گروه‌بندی را نشان داد (شکل ۲). مناسب بودن روش تجزیه خوشه‌ای با توجه به معنی‌دار بودن ضریب همبستگی کوفنتیک (۰/۶۴) در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد. در خوشه اول ۳ ژنوتیپ سه‌سهند، لیسوی و F-A2-1 قرار دارند. ژنوتیپ‌های F-GRB-84، F-GRB-85، GLORIA-BAR/ COPAL، PALLIDUM48...

در مطالعه‌ای که توسط چاندرا و همکاران (۲۰۱۰) روی گندم نان انجام گرفت مقدار PIC از ۰ تا ۰/۵ و میانگین آن ۰/۳۲ و در تحقیقات مارتوس و همکاران (۲۰۰۵) از ۰/۲۳ تا ۰/۴۱ و میانگین ۰/۳۴ متغیر بود.

میزان اطلاعات چندشکلی (PIC) برای آغازگر مورد استفاده در تجزیه ISSR بین ۰/۳ در آغازگر PP19 تا ۰/۵۷ در آغازگر PP2 متفاوت بود (جدول ۸). می‌توان گفت که سه نشانگر ۲، ۷ و ۱۶ قدرت تمایز بالاتری را در این گروه از ژنوتیپ‌ها داشتند. مقدار PIC نشان‌دهنده کارایی آغازگرها در تمایز ژنوتیپ‌های مورد استفاده در این تحقیق بود که می‌توان آنها را جهت مطالعات مشابه پیشنهاد نمود. میزان اطلاعات چندشکل، از جمله پارامترهای مهم به منظور مقایسه نشانگرها از لحاظ قدرت تمایز آنها می‌باشد. مقدار بالای این معیار دلالت بر چندشکلی

BORR در گروه سوم و بقیه ژنوتیپ‌ها در خوشه چهارم قرار گرفتند (شکل ۲).

صحرا و دشت در خوشه دوم و ژنوتیپ‌های CHAMICO/TOCTE...(a) و CONGONA/ CHAMICO/TOCTE...(d)

جدول ۸- معیارهای مختلف چندشکلی حاصل از نشانگرهای ISSR در ژنوتیپ‌های جو مورد مطالعه

درصد چندشکلی	تعداد نوارهای چند شکل	تعداد کل نوارها	MI	PIC	شماره آغازگر	توالی آغازگر
۱۰۰	۹	۹	۳/۸۷	۰/۴۳	۱	5' AGAC AGACGC 3'
۸۰	۸	۱۰	۴/۵۶	۰/۵۷	۲	5' GACAGACAGACA GACA 3'
۸۳/۳۳	۵	۶	۲/۳۵	۰/۴۷	۵	5' AACACAACGC 3'
۸۰	۴	۵	۲/۱۶	۰/۵۴	۷	5'GAGAGAGAGAGAGAT 3'
۱۰۰	۵	۵	۲/۶۰	۰/۵۲	۹	5' TCTCTCTCTCTCTCC 3'
۶۲/۵۰	۵	۸	۱/۸۰	۰/۳۶	۱۳	5' ACACACACACACACYG 3'
۸۰	۴	۵	۲/۱۶	۰/۵۴	۱۶	5' CACACACACAAG 3'
۸۳/۳۳	۵	۶	۱/۵۰	۰/۳۰	۱۹	5' AGAGAGAGAGAGAGAGT 3'
۷۱/۴۳	۵	۷	۲/۴۰	۰/۴۸	۳۲	5' AGAGAGAGAGAGAGAC 3'
۸۲/۲۹	۵/۵۶	۶/۷۸	۲/۶۰	۰/۴۶	میانگین	

تغییرات توسط نشانگرهای مثبت شناسایی شده، توجه گردید. در سطح شاهد بیشترین تعداد ارتباط معنی‌داری که بین نشانگر و صفت مورفولوژیکی وجود داشت مربوط به نشانگر P5L5 و بیشترین تعداد ارتباط معنی‌داری که بین نشانگر و صفت فیزیولوژیکی وجود داشت مربوط به نشانگر P16L2 بود. نشانگر P5L5 با صفات طول برگ پرچم، زمان رسیدگی فیزیولوژیکی، زمان رسیدگی کامل، تعداد دانه در سنبل و وزن هزار دانه و نشانگر P16L2 برای صفات کلروفیل a، کلروفیل b و کارتنوئید به طور مشترک رابطه معنی‌دار نشان دادند. در سطح تنش دو سوم در مجموع ۳۰ نشانگر مثبت برای صفات مورفولوژیکی و ۱۶ نشانگر مثبت برای صفات

به‌منظور بررسی وجود ارتباط بین داده‌های مولکولی و هر یک از صفات کمی مورد اندازه‌گیری تجزیه رگرسیون گام به گام برای سه سطح تنش به‌طور جداگانه انجام شد. براساس نتایج تجزیه رگرسیون در سطح شاهد در مجموع ۲۳ نشانگر مثبت برای صفات مورفولوژیکی و ۱۷ نشانگر مثبت برای صفات فیزیولوژیکی شناسایی شد. مقادیر ضرایب تبیین تصحیح شده نشان داد که در سطح شاهد برای صفات تعداد پنجه بارور، طول برگ پرچم، طول ریشک، زمان رسیدگی کامل، تعداد دانه در سنبل و عملکرد در واحد سطح در صفات مورفولوژیکی و برای صفات کلروفیل a، کلروفیل b، کارتنوئید و پرولین در صفات فیزیولوژیکی بیش از ۶۰ درصد



مدیریت منابع ژرم پلاسم را فراهم می کند ( Roldan- Ruiz et al, 2001).

### نتیجه گیری

ژنوتیپ‌های مورد مطالعه از نظر کلیه صفات مورد بررسی اختلاف معنی‌دار با یکدیگر داشتند که نشان‌دهنده وجود تنوع ژنتیکی قابل توجهی در بین ارقام مورد مطالعه در این تحقق بود. از میان شاخص‌های مقاومت به خشکی، GMP و HARM به عنوان بهترین شاخص انتخاب شدند که رقم سهند را به عنوان مقاومت‌ترین رقم به خشکی معرفی کردند. بیشترین تعداد نوار چندشکل در بین آغازگرهای مورد استفاده متعلق به آغازگر PP2 با شش نوار چندشکل و کمترین آن متعلق به آغازگرهای PP7 و PP13 با چهار نوار چندشکل بود. میزان اطلاعات چندشکلی (PIC) برای آغازگرهای مورد استفاده بین ۰/۳ (آغازگر PP19) تا ۰/۵۷ (آغازگر PP2) متغیر بود. میانگین MI برای کلیه آغازگرها ۲/۶۰ به دست آمد. در سطح شاهد بیشترین تعداد ارتباط معنی‌داری که بین نشانگر و صفت مورفولوژیکی وجود داشت مربوط به نشانگر P5L5 و بیشترین تعداد ارتباط معنی‌داری که بین نشانگر و صفت فیزیولوژیکی وجود داشت مربوط به نشانگر P16L2 بود. در سطح تنش دوسوم نشانگرهای P5L5 و P9L5 بیشترین تعداد ارتباط معنی‌دار با صفات مورفولوژیکی و نشانگرهای P5L5 و P13L4 بیشترین تعداد ارتباط معنی‌دار با صفات فیزیولوژیکی داشتند.

فیزیولوژیکی شناسایی شد. در این سطح تنش برای صفات ارتفاع بوته، تعداد پنجه بارور، طول پدانکل، طول سنبله، تعداد دانه در سنبل، زمان پنجه‌زنی، زمان رسیدگی فیزیولوژیکی، زمان رسیدگی کامل، وزن هزاردانه و عملکرد در صفات مورفولوژیکی و صفات کلروفیل، کلروفیل a، کارتنوئید و پروتئین در صفات فیزیولوژیکی بیش از ۶۰ درصد تغییرات توسط نشانگرهای شناسایی شده توجیه گردید که نشانگرهای P5L5 و P9L5 بیشترین تعداد ارتباط معنی‌دار با صفات مورفولوژیکی و نشانگرهای P5L5 و P13L4 بیشترین تعداد ارتباط معنی‌دار با صفات فیزیولوژیکی داشتند. در مجموع ۳۳ نشانگر مثبت برای صفات مورفولوژیکی و ۱۶ نشانگر مثبت برای صفات فیزیولوژیکی در سطح تنش یک سوم آبیاری شناسایی شد. همچنین، ضریب تبیین تصحیح شده در این سطح تنش برای صفات مورفولوژیکی ارتفاع بوته، تعداد کل پنجه، تعداد پنجه بارور، طول برگ پرچم، طول پدانکل، طول سنبله، تعداد دانه در سنبل، زمان رسیدگی فیزیولوژیکی، زمان رسیدگی کامل و عملکرد و برای صفات فیزیولوژیکی کلروفیل b و پروتئین بیش از ۶۰ درصد بدست آمد. نشانگر P7L1 برای صفات مورفولوژیکی تعداد پنجه بارور، تعداد دانه در سنبل، ارتفاع بوته، طول سنبله، زمان ساقه‌دهی و وزن هزاردانه و نشانگر P19L2 با صفات کلروفیل و پروتئین و نشانگرهای P2L8 و P32L2 با صفات کلروفیل b و پروتئین به‌طور مشترک ارتباط معنی‌دار داشتند. آگاهی از روابط ژنتیکی رقم‌ها اطلاعات ارزشمندی برای جهت‌دهی به برنامه‌های به نژادی و

## منابع

- محمدی عبدالله، مجیدی اسلام، بی‌همتا محمدرضا، حیدری شریف آباد حسین. ۱۳۸۵. ارزیابی تنش خشکی بر روی خصوصیات زراعی و مورفولوژیکی در تعدادی از ارقام گندم. مجله پژوهش و سازندگی ۷۳: ۱۸۴-۱۹۲
- Anderson JA, Churchill JE., Autrique SD, Tanksley S, Sorrells ME. 1993. Optimizing parental selection for geneticlinkagemaps. *Journal of Genetics* 36: 181-188
- Arnon AN. 1967. Method of extraction of chlorophyll in the plants. *Agronomy journal* 23: 112-121
- Bagheri A, HeidariSharifAbad H. 2007. Effect of drought and salt stresses on yield, yield components, and ion content of hull-less barley (*HordeumsativumL.*). *Journal of New Agricultural Science* 3: 3-8
- Bates LS, Waldren RP, Teare ID. 1973. Rapid determination of free prolin for water-stress studies. *Plant and Soil* 39: 205-207
- Blum A, Gozlan G, Mayer J. 1981. The manifestation of dehydration avoidance in wheat breeding germplasm. *Crop Science* 21: 495-499
- Bradford MM. 1976. A rapid and sensitive for the quantization of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *The Annual Review of Biochemistry* 72: 248-254
- Ceccarelli S, Grando S, Impiglia A. 1998. Choice of selection strategy in breeding barley for stress environments. *Euphytica* 103: 307-318
- Chandra D, Sharma R, Rani S, Singh DK, Sharma R, Sharma SK. 2010. Genetic variability for quantitative traits in wheat. *Plant Archives* 10: 871-874
- Diab AA, Teulat-Merah B, This D, Ozturk NZ., Benschel D, Sorrells ME. 2004. Identification of drought-inducible genes and differentially expressed sequence tags in barley. *Theoretical and Applied Genetics* 109:1417-25
- Egilla JN, Davies JFT, Boutton TW. 2005. Drought stress influences leaf water content, photosynthesis, and water-use efficiency of *Hibiscus rosasinensis* at three potassium concentrations. *Photosynthetica* 43: 135-140
- Fernandez GCJ. 1992. Effective selection criteria for assessing plant stress tolerance. *Proceeding of the international symposium on adaptation of vegetables and other food crop in temperature and water stress. Taiwan P: 257-270*
- Fischer RA, Maurer R. 1978. Drought resistance in spring wheat cultivars. I. Grain yield responses. *Australian Journal of Agricultural Research* 29: 897-912
- Fleury D, Jefferies S, Kuchel H, Langridge P. 2010. Genetic and genomic tools to improve drought tolerance in wheat. *Journal of Experimental Botany* 61: 3211-3222
- Golabadi M, Arzani A, MirmohammadiMaibody SAM. 2006. Assesment of drought tolerance in segregating populations in durum wheat. *African Journal of Agricultural Research* 1: 162-171
- Guo PG, Baum M, Li RH, Grando S, Varshney RK, Valkoun J, Ceccarelli S, Graner A. 2007. Differentially expressed genes between two barley cultivars contrasting in drought tolerance. *Molecular Plant Breeding* 5: 181-183
- Guttrieri MJ, Stark JC, Brien KO, Souza E. 2001. Relative sensitivity of spring wheat grain yield, quality parameters to moisture deficit. *Crop Science* 41: 327-335

- Liu B, Wendel JF. 2001. Inter- simple sequence repeat (ISSR) polymorphisms as a genetic marker system in cotton. *Molecular Ecology Notes* 1: 205-208
- Martosa V, Royob C, Rharrabtia Y, Garcidel Moral LF. 2005. Using AFLPs to determine phylogenetic relationships and genetic erosion in durum wheat cultivars released in Italy and Spain throughout the 20th century. *Field Crop Research* 91: 107-116
- Matus I, Hayes PM. 2002. Genetic diversity in three groups of barley germplasm assessed by simple sequence repeats. *Genome* 45: 1095-1106
- Mc Michel BL, Hanny BW. 1977. Endogenous levels of abscisic acid in water stress cotton leaves. *Agronomy Journal* 69: 979-982
- Mirbahar AA, Markhand GS, Mahar AR, Abro SA., Kanhar NA. 2009. Effect of water stress on yield and yield components wheat (*Triticum aestivum* L.) varieties. *Pakistan Journal of Botany* 41: 1303-1310
- Mohammadi M, Talei A, Zeinali H, Naghavi MR, Baum M. 2008. Mapping some QTLs controlling drought tolerance in a doubled haploid population. *Seedling and Seed* 24: 1-15
- Nagaoka T, Ogihara Y. 1997. Applicability of inter-simple sequence repeat polymorphism in wheat for use as DNA markers in comparison to RFLP and RAPD markers. *Theoretical and Applied Genetics* 94: 597-602
- Ozturk ZN, Talame V, Deyholos M, Michalowski CB, Galbraith DW, Gozukirmizi N, Tuberosa R, Bohnert HJ. 2002. Monitoring large-scale changes in transcript abundance in drought- and salt-stressed barley. *Plant Molecular Biology* 48: 551-73
- Powell W, Morgante M, Andre C, Hanafey M, Vogel J, Tingey S, Rafalsky A. 1996. The comparison of RFLP, RAPD, AFLP and SSR (microsatellite) markers for germplasm analysis. *Molecular Breeding* 2: 225-238
- Ribeiro-Carvalho C, Guedes-Pinto H, Iregas G. 2004. High levels of genetic diversity throughout the range of the Portuguese wheat landrace Barbela. *Annual Botany* 94: 699-705
- Roldan-Ruiz I, Van Eeuwijk FA, Gilliland TJ, Dubreuil P, Dillmann J, Lalemand M, De Loose M, Baril CP. 2001. A comparative study of molecular and morphological methods of describing relationships between perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.) varieties. *Theoretical and Applied Genetics* 103: 1138-1150
- Rosielle AA, Hamblin J. 1981. Theoretical aspect of selection for yield in stress and non-stress environment. *Crop Science* 21: 943-946
- Russell JR, Fuller JD, Macaulay M, Hatz BG, Jahoor A, Powell W, Waugh R. 1997. Direct comparison of levels of genetic variation among barley accessions detected by RFLPs, AFLPs, SSRs, and RAPDs. *Theoretical and Applied Genetics* 95: 714-722
- Saghai-Marouf MA, Soliman K, Jorgensen RA, Allard RW. 1984. Ribosomal DNA spacer-length polymorphisms in barley: Mendelian inheritance, chromosomal location, and population dynamics. *Proceedings of the National Academy of Science* 81: 8014-8018
- Secenji M, Lendvai A, Hajosne Z, Dudits JD, Gyorgyey H. 2005. Experimental system for studying long- term drought stress adaptation of wheat cultivars. *Proceedings of the 8<sup>th</sup> Hungarian congress on plant physiology and the 6th Hungarian conference on photosynthesis.*
- Sofalian O, Chaparzadeh N, Javanmard A, Hejazi MS. 2008. Study the genetic diversity of wheat landraces from northwest of Iran based on ISSR molecular markers. *International Journal of Agriculture and Biology* 10: 465-468

- Terzopoulos PJ, Bebeli PJ. 2008. Genetic diversity analysis of Mediterranean faba bean (*Vicia faba* L.) with ISSR markers. *Field Crops Research* 108: 39-44
- Wu CJ, Cheng ZQ, Huang XQ, Yin SH, Cao KM, Sun CR. 2004. Genetic diversity among and within population of *Oryza granulata* from Yunnan of China revealed by RAPD and ISSR markers. Implications for the endangered species. *Plant Science* 167: 35-42
- Zhong-hu II, Rajaram S. 1994. Differential response of bread wheat characters to high temperature. *Euphytica* 72: 197-203

## Evaluation of genetic variation and drought stress tolerance in barley genotypes about some morph-physiological traits and ISSR markers

O. Sofalian\*, A. Asghari, A. Rasoolzadeh, R. Seyfi, S. Jamaeti, B. Firoozi

*Department of Agronomy and Plant Breeding, University of Mohagheg Ardabili, Ardabil, Iran*

### Abstract

In order to evaluate drought tolerance and genetic variation in barley genotypes based on morpho-physiological traits and molecular markers, an experiment carried out in split plot based on randomized complete block design (RCBD) in three replications. Main factor was the different levels of irrigation included continuous irrigation as control, 2/3 and 1/3 continuous irrigation and secondary factor included 18 barley genotypes. Analysis of variance showed considerable variation among genotypes for the measured traits. Also, the Genotype×Stress interaction had significant effect on grain number per spike, protein content, proline content, carotenoid content, chlorophyll a, b and yield. In ISSR markers analysis 9 primers used that were totally produced 61 bands, where 50 bands were polymorphic. The mean PIC and MI indices were obtained for all primers were 0.46 and 2.6, respectively. High value of these indices showed high performance of certain primers for synchronized analysis of more bands. At current study, primer 2 with PIC index of 0.57 was the best primer for evaluation of genetic variation among the studied barley genotypes. At well watered level (control), the highest significant correlations found between markers and morphological traits related to P<sub>5</sub>L<sub>5</sub> and the highest correlation among markers and physiological traits were related to P<sub>16</sub>L<sub>2</sub> markers. At 2/3 well watered condition the highest significant correlations between markers and morphological were related to P<sub>5</sub>L<sub>5</sub> and P<sub>9</sub>L<sub>5</sub>, and also among marker and physiological traits belonged to P<sub>13</sub>L<sub>4</sub> and P<sub>5</sub>L<sub>5</sub> markers. According to cluster analysis, the genotypes were classified into four clusters. The first clusters included three genotypes Licivi, Sahand and FA1-2. Also, the genotypes F-GRB-84-11, F-GRB-85-5, PALLIDUM48//NORDIC..., GLORIA-BAR/COPAL//..., Dasht and Sahra were located in second cluster and third cluster containing genotypes CHAMICO/TOCTE//CONGONA (a), CHAMICO/TOCTE//CONGONA(d) CONGONA/BORR and the other genotypes were located in the fourth cluster. Overall of indices and studied traits, it seems that among the studied genotypes the genotypes STIPA/PETUNIA//KOLLA/BBSC (a) and CHAMICO/TOCETE//CONGONA (a) for irrigated areas and the Sahand genotype for rainfed areas are suitable genotypes.

**Keywords:** Drought, Variation, Molecular marker

---

\* Corresponding author: [sofalian@gmail.com](mailto:sofalian@gmail.com) Received: 2015/07/26 Accepted: 2015/11/29