



مجله پژوهش‌های تولید گیاهی

مجله پژوهش‌های تولید گیاهی

جلد بیستم، شماره دوم، ۱۳۹۲

<http://jopp.gau.ac.ir>

## شناسایی متحمل‌ترین ژنوتیپ‌های جو (*Hordeum vulgare* L.) نسبت به تنش غرقابی با استفاده از خصوصیات ریشه و شاخص‌های تحمل به تنش

راویه حیدری<sup>۱</sup>، \*عاطفه صبوری<sup>۲</sup>، حسین صبوری<sup>۳</sup> و حسین علی فلاحی<sup>۴</sup>

<sup>۱</sup> دانشجوی کارشناسی ارشد اصلاح نباتات دانشگاه گیلان، <sup>۲</sup> استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه گیلان، <sup>۳</sup> استادیار گروه

تولیدات گیاهی، دانشگاه گنبد، <sup>۴</sup> عضو هیات‌علمی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی گلستان

تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۱۰/۰۹؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۱۲/۱۶

### چکیده

مشکل تنش غرقابی، تقریباً یک میلیون هکتار از اراضی زیر کشت ایران را تهدید می‌کند و جو (*Hordeum vulgare* L.) به‌عنوان چهارمین غله مهم دنیا برخلاف تحمل نسبتاً مطلوب به تنش خشکی و شوری، نسبت به تنش غرقابی حساس بوده و به‌ویژه در مناطقی با بارندگی نسبتاً زیاد، شرایط غرقابی می‌تواند خسارت جدی به محصول وارد سازد. به‌طور کلی یکی از سازوکارهای مهم در شرایط تنش‌های محیطی انتخاب ارقام سازگار به تنش می‌باشد. بنابراین آزمایشی با هدف شناسایی ژنوتیپ‌های متحمل‌تر به تنش غرقابی به‌صورت اسپلینت پلات در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی اجرا گردید. در این آزمایش، تنش غرقابی به‌عنوان فاکتور اصلی در سه سطح (شاهد، ۱۰ روز و ۲۰ روز) و ۷۷ ژنوتیپ به‌عنوان فاکتور فرعی مورد بررسی قرار گرفتند. بین ژنوتیپ‌ها از لحاظ کلیه صفات ریشه و وزن خشک اندام هوایی اختلاف معنی‌داری وجود داشت. پس از انجام مقایسه میانگین کلیه صفات، با استفاده از رتبه‌بندی ژنوتیپ‌ها به روش آروناچالام و شاخص‌های تحمل YI، TOL و GMP متحمل‌ترین ژنوتیپ‌های جو از لحاظ تنش غرقابی شناسایی شدند. در مطابقت با این تجزیه‌ها، تجزیه خوشه‌ای نیز ژنوتیپ‌ها را به دو گروه اصلی تفکیک نمود که با توجه به این‌که گروه دوم از لحاظ خصوصیات مورد مطالعه بالاتر از میانگین کل بودند، بنابراین می‌توان این گروه را گروه

\*مسئول مکاتبه: [atefeh\\_sabori@yahoo.com](mailto:atefeh_sabori@yahoo.com)

متحمل‌تر معرفی نمود. نتایج کلی بررسی حاضر نشان داد ژنوتیپ‌های متحمل شناسایی شده در صورت تأیید نتایج آزمایش در سایر محیط‌ها، می‌توانند برای کشت در مناطق مستعد غرقابی در کشور معرفی گردند.

**واژه‌های کلیدی:** تجزیه خوشه‌ای، تنش غرقابی، جو، شاخص‌های تحمل

## مقدمه

غلات مهم‌ترین گیاهان غذایی کره‌زمین و تأمین‌کننده ۷۰ درصد غذای مردم کره زمین می‌باشند. به‌طورکلی بیش از سه‌چهارم انرژی و یک‌دوم پروتئین موردنیاز بشر را تأمین می‌کند. جو (*Hordeum vulgare* L.) چهارمین غله مهم دنیا و بعد از گندم، برنج و ذرت مهم‌ترین ماده غذایی است. این گیاه اگرچه تا حد زیادی به خشکی و شوری متحمل است اما نسبت به شرایط غرقابی حساس است (امام، ۲۰۰۷). مشکل تنش غرقابی گریبانگیر حدود ۱۲ درصد از اراضی قابل کشت دنیا و تقریباً یک میلیون هکتار از اراضی زیر کشت ایران است. این پدیده به‌دلیل افزایش بارندگی، بالا بودن سطح سفره آب زیرزمینی، تهیه نامناسب زمین، آبیاری بیش از حد نیاز، سیلاب، نفوذپذیری پایین خاک و شیب کم به‌وجود می‌آید. در طول دوره غرقابی، تبادل گاز بین خاک و هوا تقریباً مختل می‌شود، چون انتشار گاز در آب ده هزار مرتبه کاهش می‌یابد. در این حالت اکسیژن موجود در خاک و ریزوسفر به‌وسیله ریشه تخلیه شده و خاک دارای مشکل کاهش یا فقدان اکسیژن می‌شود (قبادی و همکاران، ۲۰۰۶). عامل اصلی تنش برای گیاه در خاک‌های غرقاب کمبود اکسیژن است (بریسون و همکاران، ۲۰۰۲؛ ملک-احمدی و همکاران، ۲۰۰۵). کاهش اکسیژن قابل دسترس در شرایط غرقابی باعث کاهش توسعه ریشه و بخش هوایی گیاه می‌گردد (بریسون و همکاران، ۲۰۰۲). در حالت غرقابی اگرچه فقط ریشه گیاهان خشکی‌زی در معرض کمبود اکسیژن محیطی قرار می‌گیرند ولی به کل اندام‌های گیاه آسیب می‌رسد. از عوارض آن می‌توان به کاهش رشد ریشه و در نهایت کاهش رشد اندام هوایی، عملکرد و اجزای عملکرد اشاره نمود (قبادی و همکاران، ۲۰۰۶). غرقابی طی کشت و جوانه‌زنی، بذر یا جوانه‌های بذری را از بین می‌برد. ریشه‌چه و ریشه‌های بذری سریعاً با ماندابی سازش نیافته و یا به امراض آسیب‌پذیرتر می‌باشند (بلغورد و همکاران، ۱۹۸۵).

دانگ و همکاران (۱۹۸۳) گزارش نمودند در صورتی‌که در شرایط غرقاب، برگ‌ها در آب غوطه‌ور نشوند و گیاه به خوبی استقرار یابد، گیاه می‌تواند تا بیش از ۱۰ روز در برابر غرقابی بدون هیچ‌گونه

کاهش عملکردی مقاومت کنند. همچنین او اظهار داشت اگر بعد از تنش ماندابی اولیه نیتروژن اضافی به گندم داده شود، بهبود شگفت‌انگیزی در گیاه دیده می‌شود. نتایج حاصل از برخی از ژنوتیپ‌های گندم با ریشه‌های نابه‌جا نشان داد که این گیاهان شروع به تشکیل سلول‌های آثرانسیم می‌کنند که با حفره‌های به هم پیوسته، قادر به حمل اکسیژن از برگ‌ها به ریشه تحت شرایط بی‌هوای جهت حفظ تنفس ریشه می‌باشد. با افزایش درجه حرارت، این فرآیند تشدید می‌شود و این یکی دیگر از مکانیزم‌های تحمل غرقابی است. آزمایش قبادی و همکاران (۲۰۰۶) نشان داد که با شروع ماندابی، رشد ریشه تقریباً متوقف شده و این عقب‌ماندگی رشد ریشه تا پایان دوره رشد جبران نگردید و هر چه مدت ماندابی بیشتر شد و یا تنش در مراحل اولیه رشد صورت گرفت، به همان اندازه شدت خسارت به ریشه بیشتر بود.

شیخ و همکاران (۲۰۰۸) برای شناسایی ارقام گندم متحمل به تنش غرقابی آزمایشی را به انجام رساندند. آن‌ها در بررسی خود در مرحله پرشدن دانه بر عملکرد و اجزای عملکرد گندم نان در استان گلستان نتیجه گرفتند که در بین ارقام مورد بررسی، گندم رقم مغان از نظر صفات عملکرد دانه، شاخص برداشت، ارتفاع گیاه، وزن سنبله، تعداد سنبلچه در سنبله و تعداد دانه در سنبله در شرایط ماندابی در سطح بالاتری نسبت به سایر ارقام قرار گرفت.

متخصصین فیزیولوژی معتقدند برای بازدهی بیشتر در اصلاح ارقام متحمل به تنش باید شاخص‌هایی را که در شناسایی پایداری عملکرد ارقام در شرایط تنش مؤثرند شناسایی نموده و آن‌ها را علاوه بر عملکرد دانه به‌عنوان معیارهای انتخاب مورد استفاده قرارداد (نورمند موبد و همکاران، ۲۰۰۱). هدف اصلی این آزمایش‌ها انتخاب ژنوتیپ‌هایی است که به هر دو شرایط فوق سازگار باشند. یکی از مهم‌ترین شاخص‌های مقاومت، شاخص حساسیت به تنش (SSI) است که توسط فیشر و مورر (۱۹۷۸) پیشنهاد شده است. هر چه مقدار این شاخص برای یک ژنوتیپ کمتر باشد، آن ژنوتیپ مقاومت بیشتری به تنش دارد. انتخاب براساس شاخص SSI باعث گزینش ژنوتیپ‌هایی با عملکرد نسبتاً پایین در شرایط عادی و عملکرد بالا در شرایط تنش می‌گردد. به‌طور کلی ارقام دارای شاخص حساسیت (SSI) بیشتر از یک، حساس قلمداد می‌شوند. روزیل و هامبلین (۱۹۸۱) شاخص تحمل (TOL) را ارائه داد. مقادیر بالای شاخص تحمل (TOL) بیانگر حساسیت بیشتر به تنش بوده و هر چه مقدار آن کمتر باشد، مطلوب‌تر است. شاخص‌های تحمل به تنش (STI) و میانگین هندسی بهره‌وری (GMP) برای شناسایی ژنوتیپ‌هایی که در هر دو شرایط عادی و تنش عملکرد مطلوبی تولید می‌کنند، پیشنهاد شدند. شاخص GMP حساسیت کمتری به اختلاف عملکرد در شرایط تنش و

بدون تنش دارد، بنابراین کمتر تحت تأثیر عملکرد نسبتاً بالا در یکی از محیط‌ها قرار می‌گیرد و معیار مناسبی برای تشخیص ارقامی با تولید مطلوب در هر دو محیط تنش و نرمال می‌باشد. فرناندز (۱۹۹۲) بر این عقیده بود که شاخص تحمل به تنش (STI) شاخص مناسبی برای انتخاب ژنوتیپ‌ها جهت دستیابی به عملکرد بالا تحت شرایط تنش می‌باشد. این شاخص ژنوتیپ‌هایی که دارای عملکرد بالا در شرایط تنش و بدون تنش هستند را از سایر گروه‌ها جدا می‌کند.

یوسلما و اسپچاپاواگ (۱۹۸۴) شاخص پایداری عملکرد (YSI) و گاووزی و همکاران (۱۹۹۷) شاخص عملکرد (YI) را معرفی کردند. شاخص عملکرد (YI) موجب رتبه‌بندی ارقام بر حسب میزان عملکرد تولیدی آن‌ها در محیط تنش می‌گردد. شاخص پایداری عملکرد (YSI) نشان‌دهنده میزان مقاومت ژنتیکی رقم به تنش می‌باشد، در نتیجه رقمی با میزان بالای شاخص عملکرد باید عملکرد بالایی در هر دو محیط تنش و بدون تنش تولید نماید.

از آن‌جا که استان‌های خراسان، فارس و گلستان از مناطق مهم تولید این محصول می‌باشند (امام، ۲۰۰۷) و به‌علت بارندگی و شرایط غرقابی که در این استان‌ها معمول است بنابراین شناسایی ژنوتیپ‌های متحمل به غرقابی دارای اهمیت است.

باید خاطر نشان نمود با توجه به این‌که جو به شرایط غرقابی حساس است و برخی استان‌های مهم تولید کننده جو به‌علت بارندگی زیاد در معرض خطر تنش غرقابی قرار دارند بنابراین شناسایی ژنوتیپ‌های متحمل به غرقابی دارای اهمیت است. در این راستا آزمایشی به‌منظور بررسی واکنش ژنوتیپ‌های مختلف جو به تنش غرقابی در مزرعه دانشکده کشاورزی دانشگاه گیلان در سال زراعی ۱۳۹۱ مورد بررسی قرار گرفت. آزمایش به‌صورت اسپلیت‌پلات در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار و در دو شرایط تنش غرقابی (۱۰ و ۲۰ روز) و بدون تنش انجام شد.

## مواد و روش‌ها

با توجه به مساعد بودن هوا برای جوانه‌زنی و رشد رویشی گیاه جو این آزمایش در مرداد ماه سال ۱۳۹۱ در دانشکده کشاورزی دانشگاه گیلان با عرض جغرافیایی ۳۷ درجه و ۱۶ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۱ درجه و ۳ دقیقه شرقی از نصف‌النهار گرینویچ با هدف بررسی اثر مدت‌های مختلف غرقابی (صفر، ۱۰، ۲۰ روز) به‌صورت گلدانی اجرا شد. مواد گیاهی آزمایش شامل ۷۷ ژنوتیپ (جدول ۱) بود که از مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان گلستان تهیه شد. آزمایش به‌صورت آزمایش اسپلیت پلات در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با دو عامل ژنوتیپ و تنش غرقابی با سه تکرار به‌صورت گلدانی انجام شد.

جدول ۱- نام و شجره ژنوتیپ‌های جو مورد مطالعه در پژوهش حاضر.

نام یا شجره	شماره ژنوتیپ	نام یا شجره	شماره ژنوتیپ
EB-88-2	۴۰	Youssef	۱
Jonoob	۴۱	Izeh	۲
Shirin	۴۲	N B 17	۳
Torsh	۴۳	N B 5	۴
Fajre 30	۴۴	L4 Shori	۵
W-82-5	۴۵	Nimroz	۶
EBYT-W-89-2	۴۶	Kavir	۷
EBYT-W-89-9	۴۷	Prodogtive	۸
EBYT-W-89-10	۴۸	Bahman	۹
EBYT-W-89-11	۴۹	36 Motadel	۱۰
EBYT-W-89-13	۵۰	31 Motadel	۱۱
EBYT-W-89-15	۵۱	28 Garm	۱۲
EBYT-W-89-16	۵۲	24 Garm	۱۳
EBYT-W-89-17	۵۳	21 Garm	۱۴
EBYT-W-89-18	۵۴	EC-84-10	۱۵
EBYT-W-89-19	۵۵	45 Motadel	۱۶
EBYT-W-89-4	۵۶	EC-82-11	۱۷
EBYT-W-89-5	۵۷	EC-81-13	۱۸
EBYT-W-89-7	۵۸	MB-82-12	۱۹
EB-88-20	۵۹	EB-86-14	۲۰
EBYT-W-89-8	۶۰	EB-86-6	۲۱
39 Motadel	۶۱	EB-86-4	۲۲
EB-86-17	۶۲	EB-86-3	۲۳
EB-87-7	۶۳	EB-85-5	۲۴
EB-88-13	۶۴	EB-87-20	۲۵
Dasht	۶۵	EB-88-1	۲۶
Makouee	۶۶	EB-88-3	۲۷
Nosrat	۶۷	EB-88-4	۲۸
EC-83-17	۶۸	EB-88-5	۲۹
EBYT-W-79-10	۶۹	EB-88-7	۳۰
MB-83-14	۷۰	EB-88-10	۳۱
W-79-10	۷۱	EB-88-14	۳۲
EBYT-W-89-3	۷۲	EB-88-16	۳۳
EBYT-W-89-6	۷۳	EB-88-19	۳۴
EB-88-11	۷۴	Bomi	۳۵
EB-88-6	۷۵	Rihane	۳۶
EB-88-8	۷۶	Arass	۳۷
EB-88-9	۷۷	Goharjow	۳۸
		Karoon	۳۹

گلدان‌ها از جنس پلاستیک با دهانه ۱۴ سانتی‌متر و دارای زهکش مناسب انتخاب شدند. خاک گلدان‌ها، از خاک مزرعه پژوهشی دانشگاه گیلان (شن ۲۰ درصد، سیلت ۴۵ درصد و رس ۳۵ درصد) استفاده گردید (علیخانی و اصفهانی، ۲۰۱۰). در هر گلدان پنج عدد بذر کاشته شد و پس از سبز شدن و در مرحله ۳ برگی، به تعداد ۳ گیاهچه تنک شد. به منظور اعمال تیمارهای غرقابی، حوضچه‌هایی به ابعاد ۹۰ در ۲۵۰ سانتی‌متر با استفاده از دیوارهای بلوکی به ارتفاع ۶۰ سانتی‌متر و پوشش پلاستیکی ضخیم ایجاد شد و در زمان اعمال تنش، حوضچه‌ها به میزانی که سطح خاک گلدان‌ها در حالت غرقاب قرار گیرد، از آب اشباع گردید (شکل ۱).



شکل ۱- اشباع حوضچه‌ها از آب به میزانی که سطح خاک گلدان‌ها در حالت غرقاب قرار گیرد.

زمان اعمال تنش در پلات‌های مربوط به تیمار تنش ۲۰ روز غرقاب، زمانی در نظر گرفته شد که ۹۰ درصد از گلدان‌ها به مرحله ۳ برگی رسیده بودند. پس از گذشت ۱۰ روز از اعمال این سطح از تنش، پلات‌های مربوط به ۱۰ روز تنش، به مدت ۱۰ روز تحت شرایط غرقاب قرار گرفتند تا گیاهان در سطوح تنش در یک زمان از شرایط تنش خارج گردند و سن تمامی گیاهان در هنگام ارزیابی در پایان آزمایش یکسان باشد.

پس از به پایان رسیدن مدت تنش، صفات مربوط به ریشه شامل طول ریشه اصلی<sup>۱</sup> (TL) با استفاده از خطکش میلی‌متری، حجم ریشه<sup>۲</sup> (RV) با قرار دادن ریشه‌ها در یک استوانه مدرج با حجم مشخص و اختلاف حجم آب قبل و بعد از قرار دادن ریشه اندازه‌گیری شد؛ وزن تر ریشه<sup>۳</sup> (RFW) و وزن خشک ریشه<sup>۴</sup> (RDW) با استفاده از ترازو با دقت یک ده‌هزارم اندازه‌گیری شد قبل از اندازه‌گیری وزن خشک، ریشه‌ها به مدت ۴۸ ساعت در آون با دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد جهت خشک‌شدن قرار گرفتند. سطح ریشه<sup>۵</sup> (RA) با استفاده از فرمول زیر محاسبه شد (علیزاده، ۲۰۰۶):

$$RA = \pi \times \text{طول ریشه} \times \text{ریشه}^2$$

با داشتن اطلاعات وزن تر ریشه، حجم ریشه و طول ریشه می‌توان سایر صفات مثل قطر ریشه<sup>۶</sup> (RD) و چگالی سطح ریشه<sup>۷</sup> (RSD) اندازه‌گیری شد (حاج‌عباسی، ۲۰۰۱).

$$RD = \left( \frac{\text{طول ریشه} \times \pi}{\text{وزن تر ریشه} \times 4} \right)^{1/5}$$

$$RSD = \pi \times \text{قطر ریشه} \times \text{سطح ریشه}$$

به منظور محاسبه شاخص‌های تحمل و تعیین ارقام متحمل‌تر به تنش، از شاخص‌های زیر استفاده شد:

SSI: شاخص حساسیت به تنش (فیشر و مورر، ۱۹۷۸)، TOL: شاخص تحمل (روزیل و هامبلین، ۱۹۸۱)، GMP: میانگین هندسی بهره‌وری، STI: شاخص تحمل به تنش، YI: شاخص عملکرد (گاووزی و همکاران، ۱۹۹۷) و YSI: شاخص پایداری عملکرد (بوسلاما و اسچاپاواگ، ۱۹۸۴) به ترتیب از رابطه‌های زیر به دست آمدند.

1. Taproot length
2. Root volume
3. Root fresh weight
4. Root dry weight
5. Root area
6. Root diameter
7. Root surface area density

$$SSI = \frac{1 - \left(\frac{Y_S}{Y_P}\right)}{1 - \left(\frac{Y_S}{Y_{PN}}\right)}$$

$$TOL = (Y_P - Y_S) \quad GMP = \sqrt{Y_P \cdot Y_S} \quad STI = \frac{Y_P \cdot Y_S}{(Y_P)^2} \quad YI = \frac{Y_S}{Y_P} \quad YSI = \frac{Y_S}{Y_P}$$

از آنجایی که در محاسبه شاخص‌های تحمل می‌توان هر صفت مهمی را مبنای محاسبات قرار داد (فرناندز، ۱۹۹۲) بنابراین در رابطه‌های فوق حجم ریشه به‌عنوان مهم‌ترین صفت در ارزیابی خصوصیات ریشه تحت تنش غرقابی، به‌عنوان  $Y$  در نظر گرفته شد و  $Y_S$  و  $Y_P$  به‌ترتیب به معنی حجم ریشه ژنوتیپ در شرایط تنش و نرمال بود.

پس از جمع‌آوری اطلاعات و قبل از انجام تجزیه واریانس ابتدا مفروضات تجزیه واریانس اعم از نرمال بودن داده‌ها مورد آزمون قرار گرفت. پس از اطمینان از برقراری مفروضات برای کلیه صفات، تجزیه واریانس و سپس مقایسه میانگین‌ها انجام شد. پس از انجام مقایسه میانگین و در حقیقت مقایسه ژنوتیپ‌ها از لحاظ کلیه صفات، از روش آروناچالام<sup>۱</sup> و جمع‌بندی نتایج مقایسه میانگین استفاده شد. داده‌های جمع‌آوری شده از آزمایش با استفاده از نرم‌افزار SAS، SPSS و NTSYSpc مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. جهت گروه‌بندی ژنوتیپ‌ها از لحاظ مشابهت‌هایی که با هم دارند از تجزیه خوشه‌ای به روش Ward استفاده شد.

## نتایج و بحث

تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۲) نشان داد که اثر بلوک بین صفات مختلف معنی‌دار است که این مفید بودن بلوک‌بندی را توجیه نمود. اختلاف بین ژنوتیپ‌ها نیز برای تمامی صفات مورد مطالعه در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود که نشان‌دهنده تنوع ژنتیکی بالا در بین ژنوتیپ‌ها از نظر صفات مورد مطالعه بود. همچنین اثر متقابل تنش در ژنوتیپ برای کلیه صفات غیرمعنی‌دار شد.



جدول ۲- تجزیه واریانس صفات مورد بررسی براساس آزمایش اسپلت پلات در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی.

میانگین مربعات								منبع تغییرات	درجه آزادی
وزن خشک	چگالی سطح	قطر ریشه	سطح ریشه	وزن خشک ریشه	وزن تر ریشه	حجم ریشه	طول ریشه اصلی		
۰/۰۶۴۵ <sup>ns</sup>	۲۹۰/۳۰۲۵ <sup>ns</sup>	۰/۰۲۲۵ <sup>ns</sup>	۴۳۷۴۷۰ <sup>ns</sup>	۰/۰۲۰۶ <sup>ns</sup>	۲/۱۲۸۳ <sup>ns</sup>	۲/۱۳۷۷ <sup>ns</sup>	۲۶۲/۳۰۲ <sup>ns</sup>	۲	بلوک
۰/۰۳۴۹ <sup>ns</sup>	۱۲۵۹/۶۷۶۵ <sup>ns</sup>	۰/۱۵۷۱ <sup>ns</sup>	۱۹۹۲/۷۹۸۹ <sup>ns</sup>	۰/۰۴۲۳ <sup>ns</sup>	۹/۱۰۵۱ <sup>ns</sup>	۱۰/۳۴۰۸ <sup>ns</sup>	۸۲۱/۸۲۶۳ <sup>ns</sup>	۲	تنش غرقاب (F)
۰/۰۱۸۹ <sup>ns</sup>	۱۲۲/۳۳۳۹ <sup>ns</sup>	۰/۰۳۷۳ <sup>ns</sup>	۱۰۱/۹۴۶۹ <sup>ns</sup>	۰/۰۲۲۷ <sup>ns</sup>	۱/۱۸۵۸ <sup>ns</sup>	۰/۵۰۹۶ <sup>ns</sup>	۷۷/۶۵۲۷ <sup>ns</sup>	۴	خطای کرت اصلی
۰/۰۰۱۲ <sup>ns</sup>	۱۰/۲۴۷۳ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۳۵ <sup>ns</sup>	۱۷/۱۱۶۲ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۱۹ <sup>ns</sup>	۰/۰۹۴۰ <sup>ns</sup>	۰/۱۲۲۳ <sup>ns</sup>	۱۴/۰۹۰۵ <sup>ns</sup>	۷۶	ژنوتیپ (G)
۰/۰۰۰۸ <sup>ns</sup>	۷/۷۰۸۸ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۱۶ <sup>ns</sup>	۱۱/۷۹۲۳ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۱۳ <sup>ns</sup>	۰/۰۵۲۹ <sup>ns</sup>	۰/۰۷۴۶ <sup>ns</sup>	۱۱/۲۷۰۰ <sup>ns</sup>	۱۵۲	F*G
۰/۰۰۰۸	۶/۶۹۳۹	۰/۰۰۱۹	۱۰/۷۵۵۷	۰/۰۰۱۱	۰/۰۵۲۶	۰/۰۶۳۰	۹/۷۱۵۹	۴۵۶	خطای کرت فرعی
۳۵/۲۶۷۴	۲۷/۱۶۱۷	۲۰/۴۹۸۷	۳۷/۳۳۶۳	۴۲/۰۲۴۸	۴۱/۳۸۹۰	۵۰/۵۵۶۷	۲۲/۰۶۴۴		ضرب تغییرات (درصد)

ns, \* و \*\* به ترتیب بیانگر عدم تفاوت معنی دار و معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد می باشد.

تجزیه واریانس برای صفت طول ریشه اصلی نشان داد که اثر تنش در سطح احتمال ۱ درصد و ژنوتیپ در سطح احتمال ۵ درصد معنی دار بود. در حالی که اثر متقابل تنش در ژنوتیپ برای صفت طول ریشه معنی دار نشد. مقایسه میانگین (جدول ۳) این صفت برای ژنوتیپ‌ها در شرایط شاهد نشان داد که بیشترین طول ریشه مربوط به ژنوتیپ‌های Garm ۲۸، ۶۵، ۱۷ NB و Garm ۲۴ و در متوسط شرایط تنش مربوط به ژنوتیپ‌های Garm ۲۸، ۷۰، ۷۲ و Motadel ۳۹ می باشد. گزارش شده است که تنش غرقابی تأثیر معنی داری بر روی مجموع طول ریشه‌ها و طول ریشه اصلی داشت به طوری که با افزایش عمق این مجموع طول ریشه‌ها کاهش پیدا می کند و فعالیت ریشه در عمق‌های پایین تر خاک بسیار محدود می گردد (گنجعلی و همکاران، ۲۰۰۸).

جدول ۳- رتبه‌بندی ژنوتیپ‌ها به روش آروناچالام (آروناچالام و بندیوپادیای، ۱۹۸۴).

ژنوتیپ	شرایط نرمال	متوسط تنش	ژنوتیپ	نرمال	متوسط تنش
Youssef	۱۵	۱۶	۴۰	۱۴/۵	۱۶
Izeh	۱۴/۵	۱۵	Jonoob	۱۵/۵	۱۶
NB17	۱۶	۱۶	Shirin	۱۵	۱۶
NB5	۱۴/۵	۱۵	Torsh	۱۴/۵	۱۶
L4Shori	۱۵	۱۵/۵	Fajre30	۱۷	۱۶
Nimroz	۱۴/۵	۱۶	W825	۱۵	۱۷/۵
Kavir	۱۵/۵	۱۶	۴۶	۱۵/۵	۱۶
Prodogtive	۱۴	۱۶	۴۷	۱۵/۵	۱۷/۵
Bahman	۱۳	۱۶	۴۸	۱۳	۱۶
36Motadel	۱۵/۵	۱۶	۴۹	۱۴/۵	۱۶
31Motadel	۱۴/۵	۱۶	۵۰	۱۵/۵	۱۶
28Garm	۱۶/۵	۱۹/۵	۵۱	۱۴/۵	۱۶/۵
24Garm	۱۶	۱۶	۵۲	۱۳/۵	۱۶
21Garm	۱۴/۵	۱۵/۵	۵۳	۱۳/۵	۱۷/۵
۱۵	۱۴/۵	۱۳/۵	۵۴	۱۳/۵	۱۶
45Motadel	۱۴/۵	۱۶	۵۵	۱۳	۱۳/۵
۱۷	۱۴/۵	۱۶	۵۶	۱۴	۱۶
۱۸	۱۵	۱۶	۵۷	۱۴/۵	۱۶
۱۹	۱۵	۱۶	۵۸	۱۴/۵	۱۵/۵
۲۰	۱۵	۱۶	۵۹	۱۴/۵	۱۶
۲۱	۱۴/۵	۱۶	۶۰	۱۵	۱۴/۵
۲۲	۱۵	۱۶	39Motadel	۱۴/۵	۱۵
۲۳	۱۳/۵	۱۸	۶۲	۱۴/۵	۱۶
۲۴	۱۴/۵	۱۶	۶۳	۱۷/۵	۱۶
۲۵	۱۵	۱۵/۵	۶۴	۱۵	۱۶
۲۶	۱۳/۵	۱۶	Dasht	۱۱/۵	۱۰/۵
۲۷	۱۳	۱۶	Makouee	۱۴/۵	۱۵/۵
۲۸	۱۵	۱۵/۵	Nosrat	۱۶/۵	۱۶
۲۹	۱۵	۱۵/۵	۶۸	۱۴/۵	۱۵/۵
۳۰	۱۵	۱۶	۶۹	۱۵	۱۶
۳۱	۱۴/۵	۱۳/۵	۷۰	۱۴/۵	۱۶
۳۲	۱۴/۵	۱۵/۵	۷۱	۱۵/۵	۱۵/۵
۳۳	۱۶	۱۶/۵	۷۲	۱۴/۵	۱۶
۳۴	۱۴	۱۶	۷۳	۱۴/۵	۱۶
Bomi	۱۵	۱۶	۷۴	۱۴/۵	۱۵/۵
Rihane	۱۵	۱۶	۷۵	۱۵	۱۶
Arass	۱۶/۵	۱۶	۷۶	۱۴/۵	۱۶
Goharjow	۱۵/۵	۲۰/۵	۷۷	۱۴/۵	۱۶
Karoon	۱۴/۵	۱۶			

براساس نتایج حاصل از مقایسه میانگین صفات مختلف در شرایط شاهد و متوسط تنش.

برای صفت حجم ریشه نیز بیشترین حجم ریشه مربوط به ژنوتیپ‌های W ۸۲۵، ۷۵، نصرت و Motadel ۳۶ در شرایط شاهد و ژنوتیپ‌های ۴۹، ۲۳، گوهرجو و ۳۳ در شرایط تنش می‌باشند. در مورد وزن تر ریشه ژنوتیپ‌های ۴۹، Garm ۲۴، نصرت و W ۸۲۵ در حالت شاهد و ۴۹، ۲۳، گوهرجو و ارس در شرایط تنش بیشترین مقادیر را دارا می‌باشند. در مورد وزن خشک ریشه ژنوتیپ‌های کویر، Garm ۲۴، NB ۱۷ و بومی در شرایط شاهد و ۳۳، ۵۵، گوهرجو و ۷۳ در شرایط تنش ژنوتیپ‌های برتر بودند. ژنوتیپ‌های گوهرجو، ۲۳، ۴۹ و Garm ۲۸ در مورد سطح ریشه، ۴۹، ۵۵، W ۸۲۵ و ۲۳ در مورد قطر ریشه، Garm ۲۸، گوهرجو، ۷۰ و ۴۹ در مورد چگالی سطح ریشه در شرایط تنش و ژنوتیپ‌های ۶۵، ۳۰، ۷۵ و W ۸۲۵ از نظر سطح ریشه، نصرت، Garm ۲۴، W ۸۲۵ و ۴۶ از نظر قطر ریشه و از نظر چگالی سطح ریشه ۶۵، ۴۹، NB ۱۷ و W ۸۲۵ در شرایط شاهد بیشترین مقادیر را دارا می‌باشند. از نظر صفت وزن خشک اندام هوایی ژنوتیپ‌های ۲۷، ۷۲، یوسف و ۲۶ در شرایط شاهد و ۷۱، ۶۰، ۸۰ و ۲۷ در شرایط تنش بیشترین مقادیر را دارند.

نتایج جمع‌بندی نتایج مقایسه میانگین به روش آروناچالام نشان داد در شرایط نرمال ژنوتیپ‌های ۶۳، فجر ۳۰، Garm ۲۸، ارس و نصرت و در متوسط شرایط تنش ژنوتیپ‌های گوهرجو، ۲۳، Garm ۲۸، ۵۳، ۴۷ و W ۸۲۵ به‌ترتیب بالاترین رتبه‌ها را به خود اختصاص دادند. در متوسط شرایط تنش نیز ژنوتیپ‌های دشت، ۱۵، ۳۱ و ۵۵ کمترین رتبه‌ها را کسب کردند بنابراین از لحاظ مجموع صفات ارزیابی شده جز حساس‌ترین ژنوتیپ‌ها قلمداد می‌شوند. این ژنوتیپ‌ها می‌توانند در توسعه جمعیت‌های موردنیاز برای مکان‌یابی QTL‌های کنترل‌کننده صفات کمی مورد استفاده مستقیم قرار گیرند. همچنین انتظار می‌رود این ژنوتیپ‌ها که از لحاظ تحمل به غرقابی در دو انتهای توزیع فنوتیپی قرار دارند بتوانند در برنامه‌های مربوط به هیبریداسیون نیز مورد استفاده قرار گیرند. در این برنامه‌های اصلاحی، انتخاب والدینی که از لحاظ صفات موردنظر اختلاف زیاد و معنی‌دار داشته باشند نقش اساسی دارد. با استفاده از این ژنوتیپ‌ها می‌توان جمعیت‌های مکان‌یابی با تفرق بالا در افراد را توسعه داد که امکان مکان‌یابی QTL‌های کوچک اثر (یعنی با توجیه درصد پایینی از تنوع فنوتیپی صفت) نیز امکان‌پذیر گردد (کولارد و همکاران، ۲۰۰۵). محاسبه ضریب همبستگی اسپیرمن بین رتبه ژنوتیپ‌ها در شرایط نرمال و تحت تنش نشان داد که همبستگی معنی‌داری بین رتبه‌ها وجود ندارد (۰/۱۹). به‌عبارت دیگر از لحاظ آماری رتبه آروناچالامی که ژنوتیپ‌ها در شرایط نرمال کسب کرده بودند ارتباط معنی‌داری با رتبه کسب توسط

آن‌ها در شرایط تنش نداشت و نمی‌توان انتظار داشت ژنوتیپ‌های برتر در شرایط نرمال‌الزاماً در شرایط تنش نیز رتبه برتری را کسب کرده باشند.

آزمایشی که گنجعلی و همکاران (۲۰۰۸) بر روی صفات ریشه در دو ژنوتیپ گیاه نخود انجام دادند نشان داد که وزن خشک ریشه در هر دو ژنوتیپ نسبت به شرایط تنش کاهش پیدا کرد و این کاهش در بخش‌های پایین پروفیل خاک شدیدتر بود، از طرفی کاهش ذخایر ریشه در شرایط تنش غرقابی، زرد شدن و ریزش برگ‌ها در این شرایط، نتیجه غیرفعال شدن ریشه‌ها برای جذب آب و عناصر غذایی از خاک و انتقال آن‌ها به اندام‌های هوایی است که محل سنتز مواد فتوسنتزی موردنیاز برای فعل و انفعالات زیستی گیاه می‌باشند. بدیهی است در این شرایط گیاه دچار ضعف عمومی شده و بیوماس ریشه و اندام هوایی متعاقب آن به شدت کاهش می‌یابد.

همچنین در آزمایشی که علیخانی و اصفهانی (۲۰۱۰) بر روی تأثیر مصرف تری‌سیکلانزول بر روی گیاهچه‌های کلزا در شرایط تنش غرقابی انجام دادند نشان داده شد که کلیه صفات چگالی سطح ریشه (در سطح ۱ درصد) و طول ریشه، سطح ریشه، حجم ریشه و قطر ریشه (در سطح ۵ درصد) تفاوت معنی‌داری با یکدیگر دارند و اعمال تنش غرقابی باعث کاهش کلیه صفات ریشه در گیاهچه‌های کلزا گردید.

قبادی و همکاران (۲۰۰۶) نیز به منظور بررسی اثر مدت‌های مختلف غرقابی (۰، ۱۰، ۲۰ و ۳۰ روز) در سه مرحله رشدی زادوکس ۱۱، ۱۳ و ۳۱ بر روند رشد ریشه و عملکرد بیولوژیک و دانه، سه ژنوتیپ گندم را در رامین اهواز اجرا نمودند و نتایج حاصل نشان داد که بین ژنوتیپ‌ها، مراحل دوره غرقابی و سطوح مختلف آن، واکنش‌های متفاوتی دیده شد، به گونه‌ای که حتی دوره غرقابی ۱۰ روزه در هر مرحله از رشد که اتفاق بیافتد، گیاه به هیچ وجه نمی‌تواند خسارت وارده را جبران کند.

بر اساس آزمایش ما، ضرایب همبستگی نشان داد که صفت طول ریشه اصلی با صفات حجم ریشه، سطح ریشه، چگالی سطح ریشه و وزن خشک اندام هوایی در سطح ۱ درصد و با صفت وزن تر ریشه در سطح ۵ درصد همبستگی مثبت و معنی‌داری دارد که این همبستگی مثبت و معنی‌دار منطقی به نظر می‌رسد که بیشترین همبستگی طول ریشه با چگالی سطح ریشه (۰/۵۹۵) است (جدول ۴).

جدول ۴- ضریب همبستگی خصوصیات ژنوتیپ‌های جو در شرایط نرمال و تنش. (سطح معنی‌داری هر ضریب در پایین آن نوشته شده است).

	طول ریشه اصلی	حجم ریشه	وزن تر ریشه	وزن خشک ریشه	سطح ریشه	قطر ریشه	چگالی سطح ریشه	وزن خشک اندام هوایی
طول ریشه اصلی	۱							
حجم ریشه	۰/۳۲۷	۱						
	۰/۰۰۴							
وزن تر ریشه	۰/۲۳۱	۰/۸۵۶	۱					
	۰/۰۴۳	۰/۰۰۰						
وزن خشک ریشه	۰/۱۹۲	۰/۷۱۵	۰/۷۸۹	۱				
	۰/۰۹۵	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰					
سطح ریشه	۰/۵۷۱	۰/۸۹۷	۰/۸۴۴	۰/۶۵۰	۱			
	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰				
قطر ریشه	-۰/۱۶۷	۰/۷۳۱	۰/۸۷۴	۰/۷۲۴	۰/۶۰۵	۱		
	۰/۱۴۷	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰			
چگالی سطح ریشه	۰/۵۹۵	۰/۸۳۴	۰/۸۷۱	۰/۶۲۱	۰/۹۳۹	۰/۶۲۱	۱	
	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰		
وزن خشک اندام هوایی	۰/۴۰۳	۰/۱۲۰	۰/۱۱۴	۰/۱۵۱	۰/۲۶۳	-۰/۰۹۶	۰/۲۷۸	۱
	۰/۰۰۰	۰/۲۹۷	۰/۳۲۴	۰/۱۹۱	۰/۰۲۱	۰/۴۰۹	۰/۰۱۴	

صفت حجم ریشه با صفات وزن تر ریشه، وزن خشک ریشه، سطح ریشه، قطر ریشه و چگالی سطح ریشه در سطح ۱ درصد همبستگی مثبت و معنی‌داری را نشان داد. صفت وزن تر ریشه و وزن خشک ریشه علاوه بر همبستگی با هم با صفات سطح ریشه، قطر ریشه و چگالی سطح ریشه در سطح ۱ درصد همبستگی مثبت و معنی‌داری را نشان دادند. صفات سطح ریشه، قطر ریشه و چگالی سطح ریشه علاوه بر همبستگی با هم، با وزن خشک اندام هوایی هم همبستگی نشان دادند اما صفت قطر ریشه با وزن خشک اندام هوایی همبستگی نداشت.

کاهش ذخایر ریشه در شرایط تنش غرقابی، زرد شدن و ریزش برگ‌ها در این شرایط، نتیجه غیرفعال شدن ریشه‌ها برای جذب آب و عناصر غذایی از خاک و انتقال آن‌ها به اندام‌های هوایی است که محل سنتز مواد فتوسنتزی موردنیاز برای فعل و انفعالات زیستی گیاه می‌باشند (گنجعلی و همکاران، ۲۰۰۸). بدیهی است در این شرایط گیاه دچار ضعف عمومی شده و بیوماس ریشه و اندام هوایی متعاقب آن به شدت کاهش می‌یابد (گنجعلی و همکاران، ۲۰۰۸) بنابراین با داشتن ژنوتیپ‌هایی

که ارزش مربوط به صفات ریشه و صفت اندام هوایی در آن‌ها بالا می‌باشد می‌توان تا حدودی بر مشکلات غرقابی فائق آمد.

نتایج ضریب همبستگی شاخص‌ها (جدول ۵) نشان می‌دهد که شاخص‌های  $YI$ ،  $STI$ ،  $GMP$ ،  $YI$  و  $TOL$  دارای همبستگی مثبت و معنی‌دار با صفت حجم ریشه (که همان‌گونه که ذکر شد به خاطر اهمیت بسیار زیاد این صفت از آن به‌عنوان صفت مبنا برای محاسبه شاخص‌های تحمل استفاده شد) در شرایط نرمال هستند اما شاخص  $YSI$  با حجم ریشه در شرایط نرمال همبستگی منفی و معنی‌دار نشان داد. از طرفی شاخص‌های  $GMP$ ،  $STI$ ،  $YI$  و  $YSI$  همبستگی مثبت و معنی‌دار با حجم ریشه در شرایط تنش از خود نشان دادند اما شاخص  $YSI$  همبستگی منفی و معنی‌دار در شرایط نرمال دارد. از آنجایی‌که هدف شناسایی ژنوتیپ‌های سازگار به هر دو شرایط می‌باشد بنابراین شاخص‌هایی انتخاب می‌شوند که دارای همبستگی مثبت و معنی‌دار در هر دو شرایط باشند به‌این ترتیب از شاخص‌های  $STI$ ،  $GMP$  و  $YI$  به‌عنوان شاخص‌های برتر برای شناسایی ژنوتیپ‌های متحمل در این پژوهش استفاده می‌شود.

جدول ۵- ضرایب همبستگی بین شاخص‌های تحمل و حجم ریشه ژنوتیپ‌های جو در محیط بدون تنش (N) و دارای تنش (S) (سطح معنی‌داری هر ضریب در پایین آن نوشته شده است).

	$Y_S$	$Y_N$	SSI	GMP	STI	TOL	YI	YSI
$Y_N$	۱							
$Y_S$	۰/۱۹۶	۱						
	۰/۰۸۸							
SSI	-۰/۵۰۲	۰/۶۳۹	۱					
	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰						
GMP	۰/۷۰۷	۰/۸۲۲	۰/۲۱۱	۱				
	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۶۶					
STI	۰/۶۸۶	۰/۸۱۷	۰/۲۰۸	۰/۹۸۵	۱			
	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۶۹	۰/۰۰۰				
TOL	-۰/۲۹۳	۰/۸۸۰	۰/۸۶۶	۰/۴۵۹	۰/۴۶۴	۱		
	۰/۰۱۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰			
YI	۱/۰۰۰	۰/۱۹۶	-۰/۵۰۲	۰/۷۰۷	۰/۶۸۶	-۰/۲۹۴	۱	
	۰/۰۰۰	۰/۰۸۸	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۱۰		
YSI	۰/۵۰۲	-۰/۶۳۹	-۱/۰۰۰	-۰/۲۱۱**	-۰/۲۰۸	-۰/۸۶۶	۰/۵۰۲	۱
	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۶۶	۰/۰۶۹	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	

نعمت‌اللهی و سعیدی (۲۰۱۱) نیز با بررسی برخی از ژنوتیپ‌های بزرک تحت شرایط دو رژیم آبیاری بر اساس ۷۰ و ۱۴۰ میلی‌متر تبخیر از تحت تبخیر کلاس A طبق نتایج به‌دست آمده خود بیان نمودند که STI مناسب‌ترین شاخص و بعد از آن GMP نیز برای شناسایی ژنوتیپ‌های دارای تحمل و پایداری بیشتر مؤثر بودند. در این بررسی نیز STI به‌عنوان مناسب‌ترین شاخص معرفی شده و به‌خوبی توانست ژنوتیپ‌ها را از هم تفکیک نمایند.

گراوندی و همکاران (۲۰۱۰) نیز با بررسی ضریب همبستگی بین ژنوتیپ‌های برنج تحت تنش بیان داشتند که شاخص‌های GMP و STI مناسب‌ترین شاخص‌ها تحت شرایط تنش و نرمال می‌باشند.

با توجه به مقادیر عددی شاخص‌های STI، GMP و YI (جدول ۶) ژنوتیپ‌های ۳۳، ۸۲۵ W، ۷۱ و Motadel ۳۶ با داشتن بالاترین مقادیر برای این شاخص‌ها، به‌عنوان ژنوتیپ‌هایی با حجم ریشه بالا در هر دو شرایط تنش و بدون تنش شناسایی شدند و از بین این ژنوتیپ‌ها، ژنوتیپ W ۸۲۵ متحمل‌تر از همه است و همچنین ژنوتیپ دشت از نظر این سه شاخص به‌عنوان ژنوتیپ ضعیف در این دو شرایط شناسایی شد.

**گروه‌بندی ژنوتیپ‌های مورد مطالعه:** جهت تعیین رابطه‌های ژنتیکی ژنوتیپ‌های مورد مطالعه براساس صفات مورفولوژیکی از تجزیه خوشه‌ای به روش ward با استفاده از توان دوم فاصله اقلیدوسی استفاده شد.

براساس نتیجه‌های به‌دست‌آمده (شکل ۲ و ۳) ۷۷ ژنوتیپ‌های مورد مطالعه به ۲ گروه تقسیم شدند. برای مشخص نمودن میزان تأثیر هر یک از صفات مورد بررسی در تمایز کلاس ژنوتیپ‌ها، میانگین هر صفت و درصد انحراف از میانگین کل برای همان صفت، در هر یک از گروه‌ها (۲ گروه حاصل از تجزیه خوشه‌ای) محاسبه گردید. نتیجه‌های به‌دست‌آمده در جدول‌های ۷ و ۸ ارائه شده است. انحراف از میانگین کل برای هر صفت در هر یک از گروه‌ها تا حدودی می‌تواند نشانگر تنوع ژنوتیپ‌ها در این بررسی باشد. اگر میانگین یک صفت در یک گروه، از میانگین کل آن صفت بالاتر باشد، آن گروه از نظر ارزش بیشتر از متوسط ژنوتیپ‌ها خواهد بود (رشیدی و همکاران، ۲۰۰۷).

جدول ۶- سه شاخص برتر برای شناسایی ژنوتیپ‌های متحمل جو در شرایط غرقاب.

YI	STI	GMP	ژنوتیپ	YI	STI	GMP	ژنوتیپ
۱/۰۸۵۶	۰/۶۳۱۷	۰/۵۶۶۶	۴۰	۰/۸۲۸۸	۰/۴۵۷۷	۰/۴۸۲۴	Youssef
۱/۱۶۴۹	۰/۴۳۲۹	۰/۴۶۹۱	Jonoob	۰/۵۳۵۹	۰/۲۲۷۵	۰/۳۴۰۱	Izeh
۰/۹۱۵۰	۰/۶۶۰۶	۰/۵۷۹۵	Shirin	۰/۷۵۳۷	۰/۵۷۶۳	۰/۵۴۱۲	NB17
۱/۰۰۷۶	۰/۶۹۵۷	۰/۵۹۴۷	Torsh	۰/۵۱۷۹	۰/۳۰۲۵	۰/۳۹۲۱	NB5
۱/۰۸۲۶	۰/۵۳۵۸	۰/۵۲۱۹	Fajre30	۰/۸۷۴۷	۰/۶۵۰۰	۰/۵۷۴۸	L4Shori
۱/۳۶۸۶	۱/۲۵۰۱	۰/۷۹۷۲	W825	۰/۶۶۴۱	۰/۲۴۲۵	۰/۳۵۱۱	Nimroz
۰/۸۵۰۲	۰/۵۴۱۵	۰/۵۲۴۶	۴۶	۱/۱۲۸۹	۰/۷۲۶۵	۰/۶۰۷۷	Kavir
۱/۶۷۵۶	۰/۷۹۰۰	۰/۶۳۳۷	۴۷	۰/۹۱۸۴	۰/۴۲۳۴	۰/۴۶۳۹	Prodogtive
۰/۷۶۴۹	۰/۲۰۸۰	۰/۳۲۵۱	۴۸	۱/۱۶۸۴	۰/۱۹۸۶	۰/۳۱۷۷	Bahman
۱/۰۰۷۶	۰/۵۳۰۵	۰/۵۱۹۳	۴۹	۱/۲۷۵۱	۱/۰۲۹۲	۰/۷۲۳۳	36Motadel
۰/۸۷۵۵	۰/۷۰۲۹	۰/۵۹۷۷	۵۰	۱/۱۵۴۲	۰/۶۳۲۵	۰/۵۶۷۰	31Motadel
۱/۱۴۹۹	۰/۴۶۴۲	۰/۴۸۵۸	۵۱	۱/۲۷۵۶	۰/۸۸۹۸	۰/۶۷۲۵	28Garm
۰/۸۰۰۵	۰/۳۲۲۹	۰/۴۰۵۲	۵۲	۰/۹۵۴۰	۰/۷۴۱۶	۰/۶۱۴۰	24Garm
۱/۴۵۰۵	۰/۴۵۹۱	۰/۴۸۳۱	۵۳	۱/۱۷۵۷	۰/۶۷۹۳	۰/۵۸۷۶	21Garm
۰/۹۲۸۷	۰/۳۵۵۰	۰/۴۲۴۸	۵۴	۰/۴۶۴۷	۰/۱۶۹۸	۰/۲۹۳۸	۱۵
۰/۴۱۴۶	۰/۰۹۵۱	۰/۲۱۹۸	۵۵	۰/۸۷۸۹	۰/۵۰۴۰	۰/۵۰۶۲	45Motadel
۱/۰۰۰۷	۰/۴۲۵۱	۰/۴۶۴۹	۵۶	۰/۷۳۶۲	۰/۳۶۵۸	۰/۴۳۱۲	۱۷
۰/۸۸۲۴	۰/۶۱۸۴	۰/۵۶۰۷	۵۷	۱/۱۱۴۸	۰/۸۰۹۷	۰/۶۴۱۶	۱۸
۱/۳۸۹۶	۰/۷۹۰۸	۰/۶۳۴۰	۵۸	۰/۹۷۸۹	۰/۴۷۸۰	۰/۴۹۲۹	۱۹
۱/۰۰۷۶	۰/۷۹۶۶	۰/۶۳۶۳	۵۹	۱/۱۲۸۹	۰/۷۰۰۰	۰/۵۹۶۵	۲۰
۰/۵۳۹۴	۰/۲۶۳۵	۰/۳۶۶۰	۶۰	۰/۹۲۱۴	۰/۴۹۳۱	۰/۵۰۰۷	۲۱
۰/۹۴۳۳	۰/۴۰۰۷	۰/۴۵۱۳	39Motadel	۱/۱۹۳۷	۰/۳۹۳۰	۰/۴۴۷۰	۲۲
۱/۰۶۸۵	۰/۴۹۹۱	۰/۵۰۳۷	۶۲	۱/۶۳۶۶	۰/۳۸۹۱	۰/۴۴۴۸	۲۳
۰/۷۳۵۷	۰/۵۹۳۹	۰/۵۴۹۴	۶۳	۰/۵۹۶۸	۰/۲۶۳۶	۰/۳۶۶۰	۲۴
۰/۸۳۹۹	۰/۵۲۰۸	۰/۵۱۴۵	۶۴	۱/۲۲۱۵	۰/۳۹۹۴	۰/۴۵۰۶	۲۵
۰/۴۰۳۹	۰/۰۵۱۴	۰/۱۶۱۷	Dasht	۰/۹۲۱۸	۰/۲۷۰۲	۰/۳۷۰۶	۲۶
۰/۹۹۶۹	۰/۶۷۱۰	۰/۵۸۴۰	Makouee	۰/۶۸۶۰	۰/۱۸۹۵	۰/۳۱۰۴	۲۷
۱/۲۶۴۹	۱/۰۴۷۷	۰/۷۲۹۸	Nosrat	۱/۲۱۵۱	۰/۷۵۳۵	۰/۶۱۸۹	۲۸
۱/۲۹۳۶	۰/۷۴۱۸	۰/۶۱۴۱	۶۸	۱/۰۸۹۹	۰/۵۲۷۸	۰/۵۱۷۹	۲۹
۰/۹۱۸۴	۰/۵۴۶۱	۰/۵۲۶۹	۶۹	۰/۶۱۸۷	۰/۳۹۴۲	۰/۴۴۷۶	۳۰
۰/۹۳۶۰	۰/۳۳۴۲	۰/۴۱۲۲	۷۰	۰/۴۲۸۷	۰/۲۲۳۱	۰/۳۳۶۸	۳۱
۱/۳۵۴۰	۱/۰۷۲۶	۰/۷۳۸۴	۷۱	۱/۳۸۶۲	۰/۹۹۵۲	۰/۷۱۱۳	۳۲
۰/۷۵۷۶	۰/۳۸۶۲	۰/۴۴۳۰	۷۲	۱/۴۷۲۰	۱/۰۲۲۳	۰/۷۲۰۹	۳۳
۱/۱۰۰۶	۱/۰۲۸۶	۰/۷۲۳۱	۷۳	۰/۵۵۶۹	۰/۲۸۶۱	۰/۳۸۱۴	۳۴
۱/۱۵۳۸	۰/۵۶۸۷	۰/۵۳۷۷	۷۴	۱/۰۹۸۵	۰/۸۱۶۴	۰/۶۴۴۲	Bomi
۱/۲۳۹۶	۰/۷۶۳۶	۰/۶۲۳۰	۷۵	۰/۸۴۶۸	۰/۵۲۱۶	۰/۵۱۴۹	Rihane
۱/۰۴۳۶	۰/۶۲۵۰	۰/۵۶۳۷	۷۶	۱/۳۵۰۲	۰/۶۷۶۹	۰/۵۸۶۶	Arass
۱/۲۲۲۴	۰/۶۳۰۹	۰/۵۶۶۳	۷۷	۱/۶۰۴۰	۰/۷۲۲۳	۰/۶۰۶۰	Goharjow
				۰/۹۳۶۴	۰/۵۲۶۹	۰/۵۱۷۵	Karoon



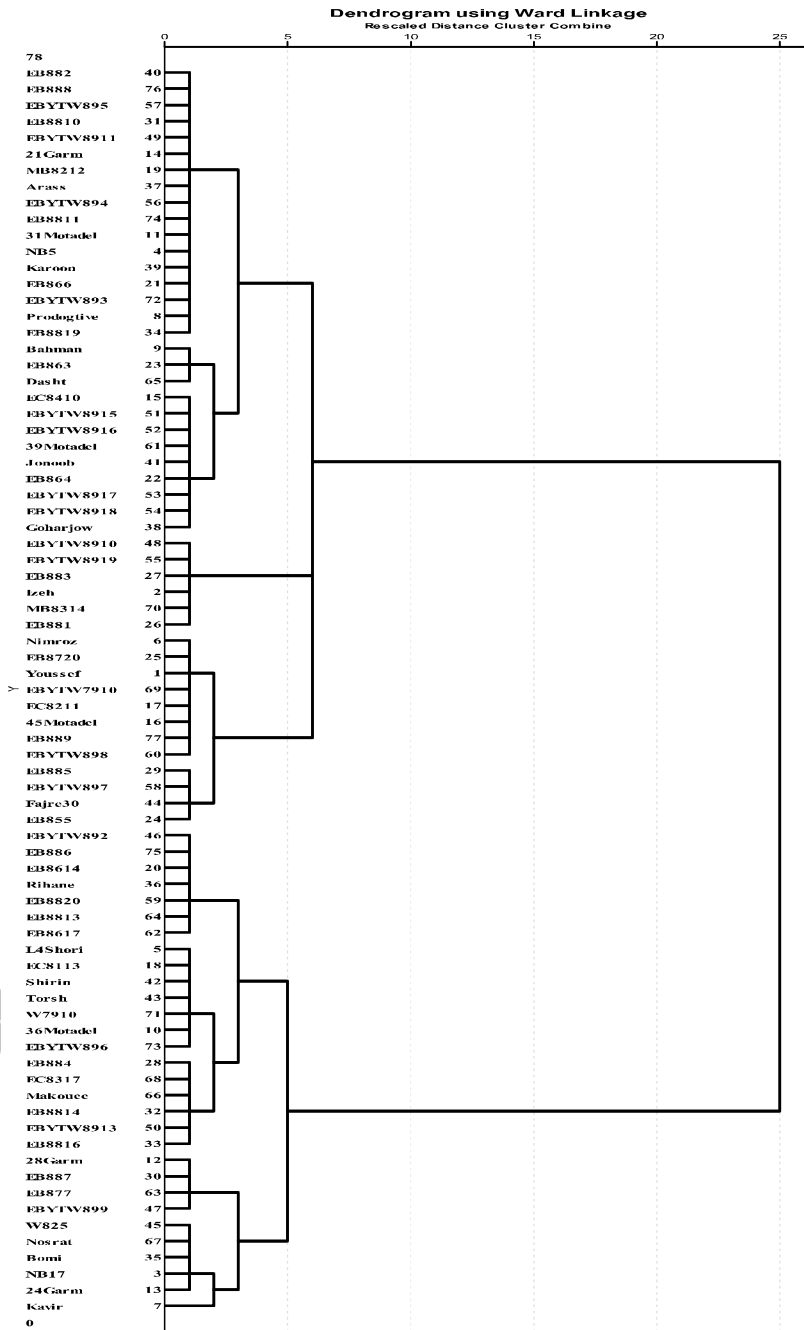
جدول ۷- تعداد گروه‌ها و اعضای هر گروه همراه با میانگین و درصد انحراف از میانگین کل برای صفات مورد مطالعه در شرایط شاهد.

گروه	ژنوتیپ <sup>۱</sup>	طول ریشه اصلی	حجم ریشه	وزن تر ریشه	وزن خشک ریشه	سطح ریشه	قطر ریشه	چگالی سطح ریشه	وزن خشک اندام هوایی	صفت
۱	۱، ۲، ۳، ۴، ۵، ۶، ۷، ۸، ۹، ۱۱، ۱۴	۱۴/۴۵۲	۰/۶۳۸۰	۰/۶۸۰۸	۰/۰۸۳۴	۱۰/۴۶۳۱	۰/۲۳۵۹	۱۰/۶۳۳۷	۰/۰۹۰۵	میانگین
	۱۵، ۱۶، ۱۷، ۱۹، ۲۰، ۲۱	۳۶، ۳۴، ۳۲، ۳۱، ۲۹، ۲۸	۰/۷۰۷۰	۰/۷۸۰۸	۰/۰۸۳۴	۱۰/۴۶۳۱	۰/۲۳۵۹	۱۰/۶۳۳۷	۰/۰۹۰۵	انحراف از میانگین
	۲۲، ۲۳، ۲۴، ۲۵، ۲۶، ۲۷	۰/۷۰۷۰	۰/۷۸۰۸	۰/۰۸۳۴	۱۰/۴۶۳۱	۰/۲۳۵۹	۱۰/۶۳۳۷	۰/۰۹۰۵	۰/۰۹۰۵	میانگین کل گروه‌ها
۲	۳، ۴، ۵، ۶، ۷، ۸، ۹، ۱۰، ۱۱، ۱۲، ۱۳، ۱۴	۱/۹۳	۰/۲۶	۰/۲۵	۰/۰۲	۳/۳۹	۰/۰۲	۳/۰۰۳	۰/۰۱	میانگین
	۱۵، ۱۶، ۱۷، ۱۸، ۱۹، ۲۰، ۲۱، ۲۲، ۲۳، ۲۴، ۲۵	۱/۹۳	۰/۲۶	۰/۲۵	۰/۰۲	۳/۳۹	۰/۰۲	۳/۰۰۳	۰/۰۱	انحراف از میانگین
	۲۶، ۲۷، ۲۸، ۲۹، ۳۰، ۳۱، ۳۲، ۳۳، ۳۴، ۳۵	۱/۹۳	۰/۲۶	۰/۲۵	۰/۰۲	۳/۳۹	۰/۰۲	۳/۰۰۳	۰/۰۱	میانگین کل گروه‌ها

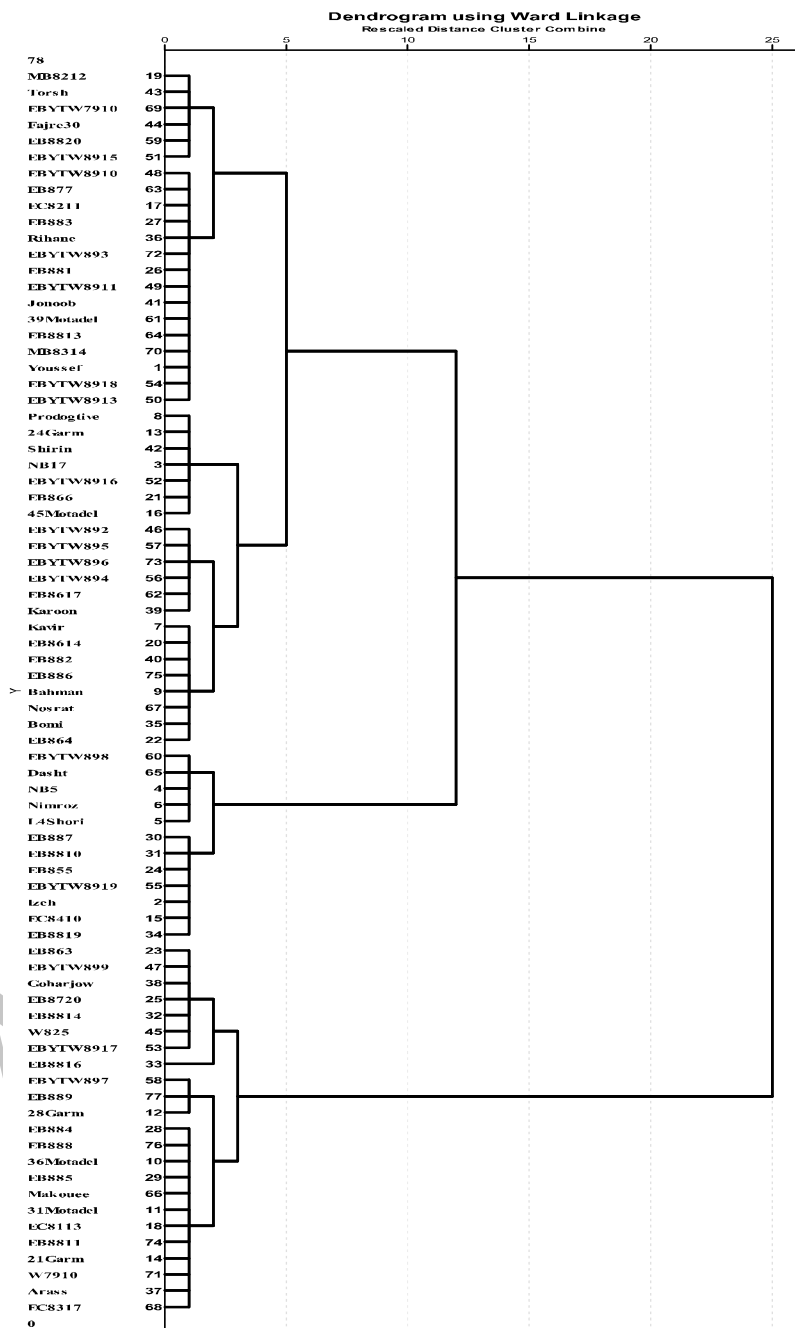
جدول ۸- تعداد گروه‌ها و اعضای هر گروه همراه با میانگین و درصد انحراف از میانگین کل برای صفات مورد مطالعه در متوسط شرایط تنش.

گروه	ژنوتیپ	طول ریشه اصلی	حجم ریشه	وزن تر ریشه	وزن خشک ریشه	سطح ریشه	قطر ریشه	چگالی سطح ریشه	وزن خشک اندام هوایی	صفت
۱	۱، ۲، ۳، ۴، ۵، ۶، ۷، ۸، ۹	۱۳/۳۲۹۹	۰/۳۳۹۰	۰/۴۰۸۸	۰/۰۶۷۶	۶/۷۹۶۱	۰/۱۹۲۴	۷/۹۹۸۴	۰/۰۷۱۰	میانگین
	۱۰، ۱۱، ۱۲، ۱۳، ۱۴، ۱۵، ۱۶، ۱۷، ۱۹، ۲۰	۳۹، ۳۶، ۳۵، ۳۴، ۳۱، ۳۰	۰/۳۳۹۰	۰/۴۰۸۸	۰/۰۶۷۶	۶/۷۹۶۱	۰/۱۹۲۴	۷/۹۹۸۴	۰/۰۷۱۰	انحراف از میانگین
	۲۱، ۲۲، ۲۳، ۲۴، ۲۵، ۲۶، ۲۷	۱۳/۳۲۹۹	۰/۳۳۹۰	۰/۴۰۸۸	۰/۰۶۷۶	۶/۷۹۶۱	۰/۱۹۲۴	۷/۹۹۸۴	۰/۰۷۱۰	میانگین کل گروه‌ها
۲	۱۰، ۱۱، ۱۲، ۱۳، ۱۴، ۱۵، ۱۶، ۱۷، ۱۸	۱۴/۵۳۳۵	۰/۵۰۵۷	۰/۵۶۲۴	۰/۰۹۲۴	۹/۰۳۱۶	۰/۲۱۸۸	۹/۸۳۰۸	۰/۰۷۹۳	میانگین
	۱۹، ۲۰، ۲۱، ۲۲، ۲۳، ۲۴، ۲۵	۱۴/۵۳۳۵	۰/۵۰۵۷	۰/۵۶۲۴	۰/۰۹۲۴	۹/۰۳۱۶	۰/۲۱۸۸	۹/۸۳۰۸	۰/۰۷۹۳	انحراف از میانگین
	۲۶، ۲۷، ۲۸، ۲۹، ۳۰، ۳۱، ۳۲، ۳۳، ۳۴	۱۴/۵۳۳۵	۰/۵۰۵۷	۰/۵۶۲۴	۰/۰۹۲۴	۹/۰۳۱۶	۰/۲۱۸۸	۹/۸۳۰۸	۰/۰۷۹۳	میانگین کل گروه‌ها

※ نام یا شجره ژنوتیپ‌ها در جدول ۱ ارائه شده است.



شکل ۲- دندروگرام حاصل از تجزیه خوشه‌ای به روش ward در شرایط شاهد.



شکل ۳- دندروگرام حاصل از تجزیه خوشه‌ای به روش ward در شرایط متوسط تنش.

در شرایط شاهد ژنوتیپ‌های گروه اول از نظر هیچ‌کدام از صفات مورد مطالعه دارای ارزش بالاتر از میانگین کل نبودند و از لحاظ تمامی صفات ارزش پایین‌تر از میانگین کل را دارا بودند (جدول‌های ۶ و ۷). اما ژنوتیپ‌های گروه دوم از لحاظ تمامی صفات ارزش بالاتر از میانگین کل از خود نشان دادند. بنابراین با توجه به نتایج تجزیه خوشه‌ای در شرایط شاهد می‌توان ژنوتیپ‌ها را به دو گروه کلی ۱- ژنوتیپ‌های با ارزش پایین‌تر از میانگین گروه‌ها و ۲- ژنوتیپ‌هایی با ارزش بالاتر از میانگین گروه‌ها تقسیم کرد.

در متوسط شرایط تنش هم ژنوتیپ‌های گروه اول از لحاظ هیچ‌کدام از صفات مورد مطالعه دارای ارزش بالاتر از میانگین کل نبودند اما گروه دوم از لحاظ تمامی صفات ارزش بالاتری از خود نشان دادند. بنابراین با توجه به نتایج تجزیه خوشه‌ای در متوسط شرایط تنش می‌توان ژنوتیپ‌ها را به دو گروه کلی ۱- ژنوتیپ‌های با ارزش پایین‌تر از میانگین گروه‌ها و ۲- ژنوتیپ‌هایی با ارزش بالاتر از میانگین گروه‌ها تقسیم کرد. در نتیجه ژنوتیپ‌های گروه دوم از لحاظ تمامی صفات مورد مطالعه بیشترین اختلاف را داشته و به‌عنوان ژنوتیپ‌های متحمل در شرایط تنش انتخاب می‌شوند. این گروه شامل ژنوتیپ‌های ۳۶ Motadel، ۳۱ Motadel، ۲۸ Garm، ۲۱ Garm، ۱۸، ۲۳، ۲۵، ۲۸، ۲۹، ۳۲، ۳۳، ارس، گوهرجو، w ۸۲۵، ۴۷، ۵۳، ۵۸، ماکوئی، ۶۸، ۷۱، ۷۴، ۷۶، ۷۷ بودند.

با توجه به نتیجه‌های به‌دست‌آمده از تجزیه خوشه‌ای ژنوتیپ‌های گروه دوم در هر دو شرایط شاهد و متوسط شرایط تنش ژنوتیپ‌های متحمل به تنش با عملکرد بالا در هر دو شرایط هستند و چند ژنوتیپ متحمل شناسایی شده بر اساس سه شاخص برتر مقاومت به تنش (STI، GMP و YI) یعنی ژنوتیپ‌های w ۸۲۵، ۳۳، ۷۱ و ۳۶ Motadel هم در گروه دوم تجزیه خوشه‌ای قرار دارند بنابراین می‌توان گفت که نتایج به‌دست‌آمده از تجزیه خوشه‌ای و شاخص‌های مقاومت به تنش با هم مطابقت دارند.

**تجزیه به مؤلفه‌های اصلی:** نظر به بررسی ضرایب همبستگی شاخص‌های مقاومت به تنش و به‌دست آمدن همبستگی بالا بین این شاخص‌ها گروه‌بندی ژنوتیپ‌ها بر اساس شاخص‌های تحمل به تنش از تجزیه به مؤلفه‌های اصلی انجام شد. تجزیه به مؤلفه‌های اصلی بر روی شاخص‌ها نشان داد که حدود ۹۷ درصد از تغییرات کل توسط دو مؤلفه اصلی اول توجیه می‌شود (جدول ۹). مؤلفه اصلی اول ۵۴ درصد از تغییرات را توجیه می‌کند که دارای ضرایب مثبت و بالا در شاخص‌های SSI و TOL و دارای ضرایب منفی در شاخص‌های YI و YSI می‌باشد. اما مؤلفه دوم که ۴۲ درصد از تغییرات را

توجیه می‌کند، دارای ضرایب مثبت و بالا در شاخص‌های  $GMP$ ،  $STI$  و  $YSI$  می‌باشد و این سه همان شاخص‌های برتر شناسایی شده هستند. بنابراین به نظر می‌رسد که این مؤلفه معادله‌ای است که این شاخص‌های مهم را در بر می‌گیرد و هر معادله جنبه‌ای از اطلاعات مرتبط با شاخص‌ها را نشان می‌دهد (جدول ۱۰). بنابراین انتظار می‌رود بای‌پلات مربوط به ژنوتیپ‌ها بتواند به خوبی ژنوتیپ‌های متحمل و حساس را تفکیک نماید.

جدول ۹- مؤلفه‌های اصلی، مقادیر ویژه، میزان واریانس توجیه‌شده توسط آن‌ها برای شاخص‌های مقاومت به تنش.

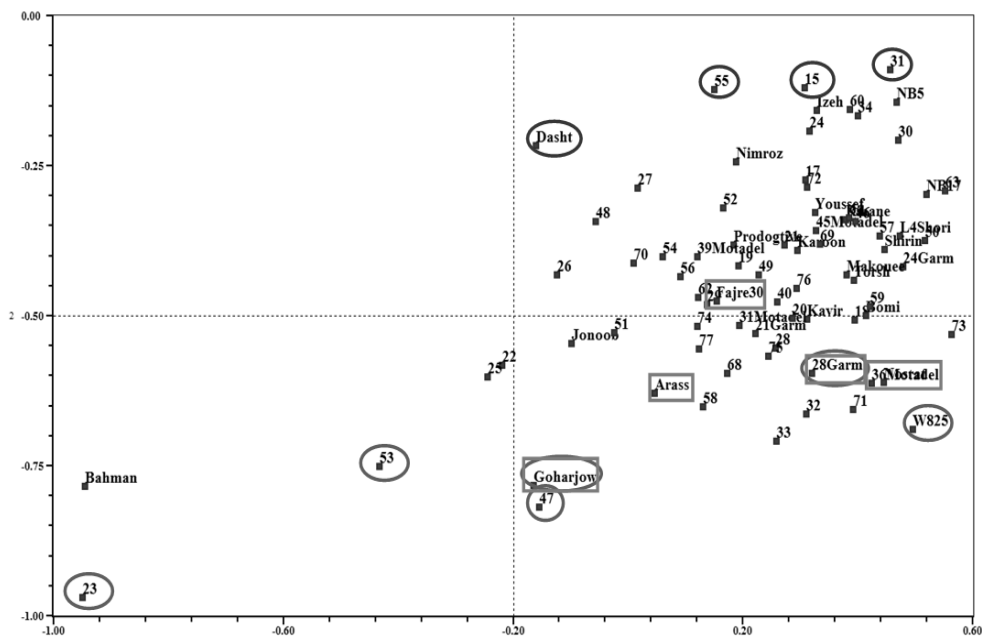
مؤلفه	مقدار ویژه	واریانس توجیه شده (درصد)	واریانس جمعی
۱	۳/۲۵۵	۵۴/۲۴۳	۵۴/۲۴۳
۲	۲/۵۸۰	۴۲/۹۹۶	۹۷/۲۳۹

جدول ۱۰- بردارهای ویژه مؤلفه‌های اصلی برای شاخص‌های مورد مطالعه روی ژنوتیپ‌ها.

شاخص	$SSI$	$GMP$	$STI$	$TOL$	$YI$	$YSI$
مؤلفه اول	۰/۹۲۳	۰/۵۴۳	۰/۵۴۴	۰/۹۵۸	-۰/۲۰۰	-۰/۹۲۳
مؤلفه دوم	-۰/۳۴۸	۰/۸۳۸	۰/۸۳۰	-۰/۰۷۴	۰/۹۷۰	۰/۳۴۸

شکل ۴ نمودار دو بعدی مربوط به ژنوتیپ‌ها با استفاده از دو مؤلفه اول و دوم تجزیه به مؤلفه‌های اصلی بر روی شاخص‌های مقاومت به تنش را نشان می‌دهد. همان‌گونه که ملاحظه می‌شود ژنوتیپ‌های ۳۱، ۱۵، ۵۵ و دشت که مطابق تجزیه آروناچالام جز ژنوتیپ‌های حساس طبقه‌بندی شدند در گوشه سمت راست و بالای نمودار قرار گرفتند. این بخش از بای پلات ژنوتیپ‌هایی را شامل می‌شود که از لحاظ مؤلفه اول و دوم مقادیر بالاتری را به خود اختصاص دادند. در مقابل ژنوتیپ‌های متحمل از لحاظ مؤلفه اول مقادیر بالاتر اما از لحاظ مؤلفه دوم مقادیر کمتری داشتند. شاخص‌ترین ژنوتیپ‌های این دسته شامل ژنوتیپ‌های ۲۳، ۵۳، ۴۷، گوهرجو،  $Garm$  ۲۸، ۸۲۵ بودند. بنابراین شاخص‌های مهم موجود در مؤلفه دوم در تعیین گروه‌بندی ژنوتیپ‌ها نقش تعیین کننده‌ای داشتند. شاخص‌های برتر  $GMP$  و  $STI$  در این مؤلفه ضرایب مثبت و بالا داشتند که می‌تواند شاهدی بر این ادعا باشد. ژنوتیپ‌هایی مانند  $Motadel$  ۳۶، ارس، گوهر جو و فجر ۳۰ در هر دو شرایط شاهد و

تنش غرقابی توانستند نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها بالاترین رتبه‌ها را به خود اختصاص دهند. این ژنوتیپ‌ها در شکل ۴ با کادر مستطیل نشان داده شده‌اند.



شکل ۴- نمودار دو بعدی ژنوتیپ‌ها با استفاده دو مؤلفه اول و دوم تجزیه به مؤلفه‌های اصلی بر روی شاخص‌های مقاومت به تنش

در پژوهش حاضر تعدادی از ژنوتیپ‌ها به‌عنوان ژنوتیپ‌های متحمل‌تر به تنش غرقابی شناسایی شدند، در صورتی‌که بتوان با انجام آزمایش در چند سال و چند مکان و در شرایط مزرعه‌ای برتر بودن این ژنوتیپ‌ها را تأیید نمود می‌توان این ژنوتیپ‌ها را به مناطق مستعد غرقابی معرفی نمود و همچنین از جمعیت‌های به‌دست‌آمده از تلاقی حساس‌ترین و متحمل‌ترین ژنوتیپ‌ها در جهت مکان‌یابی ژن‌های کنترل‌کننده صفات مرتبط با تحمل گیاه نسبت به تنش غرقابی استفاده نمود.

منابع

1. Alikhani Fard, H. and Esfahani, M. 2010. The effect of application of Tricyclazole on water logging damage alleviation in canola seedling. E.J. Crop Prod. 3: 1.73-88.
2. Alizadeh, A. 2006. Soil, water-plant relationship. Astane of Ghodse of Razavi Publication. 472p.
3. Arunachalam, V. and Bandyopadhyay, A. 1984. A method to make decisions jointly on a number of dependent characters. Indian J. Genet. 44: 419-424
4. Belford, R.K, R.Q. Cannell and R.J. Thomson. 1985. Effect of single and multiple waterlogging on the growth and yield of winter wheat on a clay soil. J. Sci. Food & Agric. 36: 142-156.
5. Bouslama, M. and Schapaugh, W.T. 1984. Stress tolerance in soybean. Part 1: evaluation of three screening techniques for heat and drought tolerance. Crop Sci. 24: 933-937.
6. Brisson, N., Rebiere, B., Zimmer, D. and Renalt, D. 2002. Response of the root system of winter wheat crop to water logging. Plant and Soil. 243: 43-55.
7. Collard, B.C.Y., Jahufer, M.Z.Z., Brouwer, J.B., Pang, E.C.K. 2005. An introduction to markers, quantitative trait loci (QTL) mapping and marker-assisted selection for crop improvement: the basic concepts. Euphytica. 142: 169-196.
8. Dong, J.G., Z.W., Yu and S.W., Yu. 1983. Effect of increased ethylene production during different periods on the resistance of wheat plants to waterlogging. Acta Phytophysiolgia Sinica 9: 383-389.
9. Emam, Y. 2007. Cereal production. Shiraz Univ. Press, third Edition. 190p.
10. Fernandez, R.J. and Reynolds, J.F. 2000. Potential growth and drought tolerance of eight desert grasses. J. Ecologia., 123: 90-98.
11. Fischer, R.A. and Maurer, R. 1978. Drought resistance in spring wheat cultivars. I. Grain yield response. Aust. J. Agric. Res. 29: 897-912.
12. Gavuzzi, P., Rizza, F., Palumbo, M., Campaline, R.G., Ricciardi, G.L. and Borghi, B. 1997. Evaluation of field and laboratory predictors of drought and heat tolerance in winter cereals. Can. J. Plant Sci. 77: 523-531.
13. Ganjeali, A., Palta, J. and Turner, N.C. 2008. Effects of water logging on root and shoot growth of chickpea genotypes (*Cicer drietinum* L.). Gorgan, J. Agri. Sci. & Natur. Resour. 15(3): 78-89.
14. Ghobadi, M.E., Nadian, H., Bakhshandeh, A., Fathi, Gh., Gharineh, M.H. and Ghobadi, M. 2006. Study of root growth, biological yield and grain yield of wheat genotypes under waterlogging stress during different growth stages. Seed & Plant Improv. J. 22: 4. 513-527.

15. Gravandy, M., Farshadfar, E. and Kahrizi, D. 2010. Evaluation of drought tolerance in bread wheat advanced genotypes in field and laboratory conditions. *Seed & Plant Improv. J.* 26: 2. 233-252.
16. Hajabbasi, M.A. 2001. Tillage effects on soil compactness and wheat root morphology. *J. Agric. Sci. Tech.* 3: 67-77.
17. Malekhamadi, F., Kalantari, Kh.M. and Torkzadeh, M. 2005. The effect of flooding stress on induction of oxidative stress and concentration of mineral element in pepper (*Caosicum annum*) plants. *Iranian J. Biol.* 18: 2. 110-119.
18. Musgrave, M.E. 1994. Waterlogging effects on yield and photosynthesis in eight winter wheat cultivars. *Crop Sci* 34(5): 1314-1318.
19. Nematollahi, Z. and Saidi, Gh. 2011. Evaluation of drought tolerance of flax (*Linum usitatissimum* L.) genotypes. *J. Water Res. in Agric.* 25: 1. 57-65.
20. Nourmand-Moay'yed, F., Rostami, M.A. and Ghonadha, M.R. 2002. Evaluation of drought stress indices at bread wheat. *J. Iran Agric Sci.* 22: 4. 795-805.
21. Rashidi, V., Majidi, I., Mohamadi, S.A. and Moghadam Vahed, M. 2007. Determine of gentic relationship in durum wheat lines by cluster analysis and identity of morphological main characters in each gropes. *J. Agri. Sci.* 13: 2. 441-450.
22. Rosielle, A.A. and Hamblin, J. 1981. Theoretical aspect of selection for yield in stress and non- stress environment. *Corp. Sci.* 21: 943-946.
23. Sheikh, F., Kalateh Arabi, M., Soghi, H., Taghi Bazi, M. and Abroudi, M. 2008. The effect of water logging stress at filling stage on yield and yield components of wheat (*Triticum aistivum*). *Gorgan, J. Agri. Sci. & Natur. Resour.*, 1: 1. 38-53.





Gorgan University of Agricultural  
Sciences and Natural Resources

*J. of Plant Production*, Vol. 20 (2), 2013

<http://jopp.gau.ac.ir>

## Identification of most tolerant of barley (*Hordeum vulgare* L.) to flooding stress using root trait and tolerance index

R. Heydari<sup>1</sup>, \*A. Sabouri<sup>2</sup>, H. Sabouri<sup>3</sup> and H.A. Fallahi<sup>4</sup>

<sup>1</sup>M.Sc student, Dept. of Plant Breeding, University of Guilan, <sup>2</sup>Assistant Prof., Dept. of Agronomy and Plant Breeding, University of Guilan, Rasht, <sup>3</sup>Assistant Prof., Dept. of Plant Production, University of Gonbad, Golestan, <sup>4</sup>Agriculture Research Center of Golestan-Agric. Res. Station of Gonbad, Golestan, Iran

Received: 2012-12-29; Accepted: 2013-02-04

### Abstract

Flooding stress problem threatens about a million hectares of Iran fields and barley (*Hordeum vulgare* L.) as the world's fourth most important cereal, despite of relatively desired tolerance to salinity and drought stress but specially in prone provinces of rain the flooding damage can be serious. Therefore an experiment was designed according to split-plot form with using a randomized complete blocks design in order to identify of more tolerant genotypes to flooding stress. Flooding stress was the main factor with three levels (Control, 10 and 20 days of stress) and 77 barley genotypes were the subplot. There were significant differences between genotypes for all traits in terms of root and shoot dryweight. After compare of means for all trait most tolerant barley genotypes were identified using the ranking of genotypes based on the results of the method of Arunachalam and tolerance index of TOL, YI and GMP. In agreement with these analysis, Cluster analysis of genotypes divided genotypes into two main groups too, that considering to second group for studied traits were higher than total mean therefore can introduce this group as more tolerant group. The overall results revealed identified tolerant genotypes if be confirmed at other environments can be introduced for cultivation in prone areas to water logging stress of country.

**Keywords:** Cluster analysis; Flooding stress; Barley; Tolerant indices

---

\*Corresponding Author: Email: [atefeh\\_sabori@gau.ac.ir](mailto:atefeh_sabori@gau.ac.ir)