Archive of SID

بررسی تحمل به خشکی برخی از ژنوتیپ های بزرک (*Linum usitatissimum* L.)

زهرا نعمت اللهی[1]* و قدرت الله سعیدی

دانشجوی سابق کارشناسی ارشد اصلاح نباتات دانشگاه صنعتی اصفهان؛ **zn_808@yahoo.com**

استاد گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه صنعتی اصفهان؛ **gsaeidi@cc.iut.ac.ir**

چکیده

به منظور ارزیابی تحمل به تنش کم آبی ژنوتیپ های مختلف بزرک، آزمایشی در سال۱۳۸۸ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان اجرا شد. در این آزمایش ۱۰ لاین اصلاحی به همراه پنج توده بومی این گیاه در قالب طرح بلوکهای کامل تصادفی با سه تکرار و بطور جداگانه در دو رژیم رطوبتی شامل آبیاری بر اساس ۷۰ و ۱۴۰ میلیمتر تبخیر از تشت تبخیر کلاس A مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج تجزیه واریانس نشان داد بین ژنوتیپ های مورد مطالعه تفاوت بسیار معنی داری از لحاظ شاخص های مقاومت به خشکی و عملکرد دانه وجود داشت. با بررسی شاخص های مختلف تحمل و حساسیت به تنش رطوبتی (SSI، STI، TOL، GMP، MP)، به نظر می رسد که شاخص STI مناسبترین شاخص برای شناسایی ژنوتیپ های متحمل تر بود و بر اساس این شاخص توده چهارمحال به عنوان متحمل ترین و لاین اصلاحی KO_{10} به عنوان حساس ترین ژنوتیپ تعیین شدند. عملکرد دانه توده چهارمحال در رژیم های آبیاری معمول و کم آبیاری به ترتیب برابر ۱۴۶۸ و ۱۳۳۵ کیلوگرم در هکتار و برای لاین اصلاحی KO_{10} به ترتیب برابر ۵۲۷ و۱۱۱ کیلوگرم در هکتار بود.

واژه های کلیدی: بزرک، تنش خشکی، عملکرد دانه

مقدمه

ارزش و اهمیت غذایی دانه های روغنی از نظر تامین کالری و انرژی مورد نیاز انسان و دام در بین محصولات کشاورزی از جایگاه ویژه ای برخوردار می باشد. افزایش تقاضا برای روغن های نباتی در بازار های جهانی و فشار ناشی از هزینه خرید روغن و واردات آن از جمله عواملی هستند که اهمیت توسعه کشت دانه های روغنی و گسترش برنامه های علمی- تحقیقاتی را در این زمینه بیش از پیش مشخص می سازد (احمدزاده، ۱۹۷۷).

بزرک گیاهی یکساله، علفی و با نام علمی لینوم یوزیتاتیسیموم[2] از تیره کتان (لیناسه) است (بهاترا و همکاران، ۲۰۰۶). بزرک[3] و کتان[4] دو تیپ رشدی از این گونه زراعی می باشند. بزرک به ژنوتیپ هایی از گیاه اطلاق می شود که ساقه آنها کوتاه و دارای انشعابات زیاد بوده و در نتیجه عملکرد دانه آنها زیاد می باشد و به منظور تولید روغن کشت می شوند. در مقابل کتان به ژنوتیپ هایی از این گونه اطلاق می شود که ساقه آنها بلند بوده و دارای انشعابات محدودی می باشد و لذا عمکرد دانه این ژنوتیپ‌ها کم است ولی دارای الیاف نرم، طویل و با کیفیت مناسب برای صنعت ریسندگی می باشند (بهاترا و همکاران، ۲۰۰۶). به دلیل کاربردهای متعدد بزرک از جمله اهمیت الیاف آن در صنایع کاغذ سازی و ریسندگی، مصرف روغن آن در صنایع رنگ سازی، کاربرد روغن و دانه بعنوان دارو، مصرف دانه در تغذیه طیور و اخیراً مصرف روغن ارقام خاصی از بزرک به عنوان روغن خوراکی در کشورهای مختلف و از جمله کانادا، توجه

۱- آدرس: اصفهان، خانه اصفهان، چهار راه نیروهوایی،کوی رضایی،بن بست یاس پلاک ۴۹، کدپستی: ۸۱۹۴۸۷۸۸۴۷

* دریافت: بهمن ۱۳۸۹ و پذیرش: مرداد ۱۳۹۰

2. *Linum usitassimum* L.
3. Flax Seed
4. Fiber Flax

www.SID.ir

Archive of SID

خاصی به این گیاه شده است و در حال حاضر در کانادا یکی از محصولات اصلی و تجاری است (کاسا و همکاران، ۱۹۹۹). اما همانند دیگر محصولات کشاورزی، صفات زراعی و کیفی این محصول نیز تحت تأثیر شرایط محیطی از جمله تنش ها و ژنوتیپ قرار می گیرد.

در میان تنش های مختلف که رشد، متابولیسم و عملکرد گیاهان را در محیط های طبیعی تحت تأثیر قرار می دهند، خشکی مهمترین عامل غیر زنده ای است که تولید محصولات کشاورزی را محدود می سازد (ردی و همکاران، ۲۰۰۴). نظر به اینکه هر چه اقلیم خشک تر باشد نوسانات مقدار و توزیع بارندگی آن بیشتر است و سالهای با بارندگی کافی به ندرت اتفاق می افتد، لازم است ارقامی را برای این مناطق تولید نمود که بتوانند در سالهای کم باران عملکرد مقرون به صرفه و پایداری تولید کنند (کوچکی، ۱۳۷۶). علاوه بر آن، با توجه به مصرف بسیار بالای آب در بخش کشاورزی، اگر بتوان شرایطی فراهم کرد که با استفاده صحیح از منابع آب موجود فقط چند درصد در این بخش صرفه جویی شود، اهمیت آن بسیار قابل توجه خواهد بود (طباطبایی عقدایی ۱۳۸۳).

کم آبیاری یکی از راههای به حداکثر رساندن کارایی مصرف آب و بالا بردن عملکرد به ازاء واحد آب مصرفی می باشد، که برای اغلب محصولات و در اکثر شرایط محیطی به خصوص در مواردی که محدودیت منابع آب و زمین وجود دارد، قابل اجرا است(کوچکی، ۱۳۷۶). بنابراین متخصصان اصلاح نباتات تلاش دارند ارقامی تولید کنند که هم در شرایط تنش رطوبتی و هم در شرایط مساعد رطوبتی عملکرد مطلوبی ایجاد نمایند. بدین منظور، تحقیقات متعددی برای ارزیابی عملکرد گیاهان زراعی در شرایط تنش رطوبتی انجام شده و نیز شاخص های مختلفی برای انتخاب ژنوتیپ های برتر و متحمل به تنش برای کشت در شرایط دارای تنش رطوبتی پیشنهاد شده است.

فرناندز (۱۹۹۲) با بررسی عملکرد در دو محیط تنش و بدون تنش، ژنوتیپ‌ها را از نظر واکنش به دو محیط در ۴ گروه A (ژنوتیپ‌هایی که در هر دو محیط تنش و بدون تنش عملکرد بالایی دارند)، گروه B (ژنوتیپ‌هایی که فقط در شرایط محیطی بدون تنش عملکرد بالایی دارند)، گروه C (ژنوتیپ‌هایی که فقط در شرایط تنش عملکرد نسبتاً بالایی دارند) و گروه D (ژنوتیپ‌هایی که در هر دو محیط تنش و بدون تنش عملکرد پایینی دارند) تقسیم بندی نمود. طبق نظر فرناندز مناسب ترین شاخص برای تحمل به تنش باید بتواند ژنوتیپ‌های گروه اول را از سایر گروه‌ها تفکیک نماید(فرناندز، ۱۹۹۲). فیشر و مورر (۱۹۷۸) شاخص حساسیت به تنش(SSI [1]) را پیشنهاد نمودند (روش محاسبه در بخش بعدی مقاله نوشته شده است). مقادیر کمتر این شاخص نشان دهنده تغییرات کم عملکرد یک ژنوتیپ در شرایط تنش و شرایط مطلوب می باشد. بنابراین هر چه مقدار شاخص حساسیت به تنش برای یک ژنوتیپ کمتر باشد آن ژنوتیپ مقاومت بیشتری به تنش دارد. با این وجود شاخص SSI قادر نیست ژنوتیپ‌های متحمل به تنش رطوبتی را از گروهی که دارای پتانسیل عملکرد پایین هستند، تفکیک نماید. به عبارت دیگر این شاخص قادر به تفکیک گروه ژنوتیپی A از گروه C نمی باشد. بنابراین انتخاب بر اساس شاخص حساسیت به تنش رطوبتی می تواند منجر به کاهش عملکرد در محیط های مساعد و بدون تنش گردد (دنسیس و همکاران، ۲۰۰۰). محدودیت استفاده از شاخص SSI همچنین توسط کلارک و همکاران (۱۹۹۲) و اشنایدر و همکاران (۱۹۹۷) نیز گزارش شده است. در سال ۱۹۸۱ روزیل و همبلین(۱۹۸۱) شاخص تحمل (TOL [2]) و شاخص میانگین تولید (MP [3]) را پیشنهاد نمودند (روش محاسبه در بخش بعدی مقاله نوشته شده است).

در ارزیابی ژنوتیپ‌ها بر اساس شاخص TOL، مقدار بالای TOL نشان دهنده حساسیت ژنوتیپ‌ها به تنش است. روزیل و همبلین(۱۹۸۱) معتقدند که انتخاب بر مبنای شاخص MP به گزینش ژنوتیپ هایی با پتانسیل عملکرد بیشتر ولی با تحمل به تنش پایین منجر می شود. سی و سه مرده و همکاران (۲۰۰۶) نیز بیان نمودند که انتخاب ژنوتیپ ها بر اساس شاخص MP زمانی سودمند است که شدت تنش و اختلاف بین عملکرد در شرایط بدون تنش و دارای تنش رطوبتی زیاد نباشد. رامیرز- والجو و کلی(۱۹۹۸) بیان داشتند که انتخاب بر اساس TOL و SSI منجر به گزینش ژنوتیپ‌های با عملکرد کمتر در شرایط بدون تنش و عملکرد نسبتاً بیشتر در شرایط تنش می شود.

با توجه به اینکه شدت تنش خشکی در سالهای مختلف متفاوت است، در سال ۱۹۹۲ فرناندز (۱۹۹۲) از میانگین هندسی تولید (GMP [4]) به عنوان شاخص استفاده نمود (روش محاسبه در بخش بعدی مقاله نوشته شده است). این شاخص حساسیت کمتری به اختلاف عملکرد در شرایط تنش و بدون تنش دارد، لذا کمتر تحت تأثیر عملکرد نسبتاً بالا در یکی از محیط ها قرار می گیرد و معیار مناسبی برای تشخیص ارقامی با تولید مطلوب در هر

1. Stress Susceptibility Index
2. Tolerance
3. Mean Productivity
4. Geometric Mean Productivity

www.SID.ir

Archive of SID

دو محیط تنش و بدون تنش می باشد. به عبارت دیگر ارقام دارای مقادیر GMP بالا ژنوتیپ‌هایی هستند که در هر دو شرایط تنش و بدون تنش عملکرد بالایی دارند. بنابراین شاخص GMP در مقایسه با شاخص MP و TOL توانایی بیشتری در تفکیک گروه ژنوتیپی A از سایر گروهها دارد و در این راستا فرناندز، شاخصSTI [1] را بر اساس GMP ارائه نمود. ارقام دارای مقادیر STI بالا نیز ژنوتیپ‌هایی هستند که در هر دو شرایط تنش و بدون تنش عملکرد بالایی دارند.

ریچارد (۱۹۹۶) معتقد است انتخاب ژنوتیپ‌ها در هر دو شرایط تنش و بدون تنش خشکی سبب تجمع آلل‌های مطلوب شده و ژنوتیپ‌های با عملکرد بیشتر گزینش می شوند و با توجه به اینکه شدت تنش(SI) در محاسبه STI منظور شده است، بنابراین شاخص STI قادر به تفکیک ژنوتیپ‌های گروه A از گروههای B وC می باشد. بنابراین این طور نتیجه گیری می شود که شاخص STI بهترین شاخص برای گزینش ژنوتیپ‌های متحمل به تنش و نیز دارای عملکرد بالا می باشد (فرناندز، ۱۹۹۲). رامیرز- والجو و کلی (۱۹۹۸) از شاخص های GMP و SSI برای شناسایی ژنوتیپ های متحمل به تنش رطوبتی در گیاه لوبیا استفاده نمودند و ضمن مشاهده تفاوت معنی دار بین ژنوتیپ ها، نتیجه گیری کردند مؤثرترین روش برای اصلاح مقاومت به خشکی در لوبیای معمولی، انتخاب بر مبنای مقادیر بالای GMP و مقادیر کم SSI می باشد. اشنایدر و همکاران (۱۹۹۷) نیز با بکارگیری شاخص های GMP و SSI برای ارزیابی ژنوتیپ های لوبیای معمولی، شاخص GMP را شاخص مناسبی برای شناسایی ژنوتیپ های متحمل به تنش معرفی کردند.

بنابراین با توجه به اینکه بخش اعظم اراضی ایران از اقلیم خشک و نیمه خشک برخوردار است و تولید گیاهان زراعی با کمبود آب مواجه می شود، پژوهش حاضر با هدف شناسایی لاین های اصلاحی مطلوب و متحمل تر به تنش کم آبی و معرفی شاخص های مناسب تر برای گزینش ژنوتیپ های برتر در گیاه بزرگ انجام شد.

مواد و روش ها

این پژوهش در سال ۱۳۸۸ به منظور ارزیابی ژنوتیپ های بزرگ در دو رژیم رطوبتی مختلف، در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان، واقع در ۴۰ کیلومتری جنوب غربی اصفهان در منطقه لورک شهرستان نجف آباد انجام گردید. بافت خاک مزرعه لومی- رسی و از رده اریدیسول، تیپیک هاپلارجید و از سری خاک های خمینی شهر با جرم مخصوص ۱/۳۴ گرم بر سانتی متر مکعب و اسیدیته خاک برابر ۷/۵ است. ظرفیت زراعی و نقطه پژمردگی خاک به ترتیب ۲۵ و ۱۰ درصد وزنی می‌باشد. در این آزمایش ۱۵ ژنوتیپ بزرگ شامل ۹ لاین اصلاحی انتخاب شده از توده‌های بومی و رقم فلاندرز به همراه پنج توده بومی اولیه (جدول ۱) به صورت دو آزمایش جداگانه در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی با سه تکرار در دو رژیم رطوبتی مختلف شامل آبیاری بر اساس ۷۰ و ۱۴۰ میلی متر تبخیر از تشت تبخیر کلاس A مورد ارزیابی قرار گرفت.

بعد از آماده سازی زمین، به منظور تامین نیتروژن و فسفر مورد نیاز گیاه، ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار کود فسفات آمونیوم قبل از کاشت با خاک مخلوط گردید. بذور هر لاین در ۴ ردیف به طول سه متر، با تراکم کاشت حدود ۷۰۰ بذر در متر مربع، با فاصله ردیف های ۳۰ سانتیمتر، در عمق حدود ۲ سانتیمتر و به طور دستی در تاریخ ۲۴ فروردین کاشته شد. اولین آبیاری بلافاصله بعد از کاشت، آبیاری دوم سه روز بعد از کاشت به منظور سهولت در خروج گیاهچه ها و اعمال رژیم های آبیاری بعد از استقرار کامل بوته ها انجام شد. برای تامین نیتروژن مورد نیاز گیاه از کود اوره و به میزان ۵۰ کیلوگرم در هکتار بصورت سرک و قبل از گلدهی استفاده گردید.

کنترل علف های هرز در چند مرحله بصورت دستی انجام گرفت. اعمال رژیم های آبیاری زمانی که ارتفاع بوته ها به حدود ۱۰ سانتیمتر رسید (۲۹ اردیبهشت ۱۳۸۸) آغاز و با حصول رسیدگی فیزیولوژیک متوقف شد. در این مطالعه، ژنوتیپ ها در رژیم آبیاری اول ۸ دفعه و در رژیم آبیاری دوم ۵ دفعه آبیاری شدند. برای تعیین زمان آبیاری، میزان تبخیر روزانه از طریق ایستگاه هواشناسی نجف آباد تهیه شد و آبیاری در هر رژیم رطوبتی پس از رسیدن مقدار تجمعی به حد مورد نظر انجام شد. برای اعمال رژیم های آبیاری رطوبت خاک در هر مرحله با استفاده از دستگاه رطوبت سنج خاک مدل GMK 770 s [2] اندازه گیری شد. همچنین به روش وزنی، رطوبت عمق ریشه در روز قبل از آبیاری اندازه گیری شد. با استفاده از اندازه گیری رطوبت به روش وزنی و دستگاه رطوبت سنج خاک، میزان تبخیر از تشت تبخیر برحسب درصد تخلیه آب از خاک تعیین گردید. رطوبت خاک در روز قبل از آبیاری، برای رژیم آبیاری ۷۰ میلیمتر تبخیر از

1. Soil Moisture Meter/ Model 770s/ G. Won Hiteeh/ Seoul/ Korea

2. Stress Tolerance Index

www.SID.ir

Archive of SID

تشت تبخیر کلاس A به طور میانگین برابر با ۱۶ درصد و برای رژیم آبیاری ۱۴۰ میلیمتر تبخیر از تشت تبخیر کلاس A ، به طور میانگین برابر ۱۲ درصد بود، از آن جا که در این آزمایش، کل آب قابل استفاده بین دو نقطه θ_{fc} و θ_{pwp} برابر با ۱۵=۱۰- ۲۵ درصد بود، بنابراین در رطوبت جرمی قبل از آبیاری ۱۶ درصد، در واقع ۶۰ درصد (نقطه تخلیه مجاز برای گیاه بزرک) از کل آب قابل استفاده در خاک تخلیه شده و به همین ترتیب در رطوبت جرمی ۱۲ درصد، حدود ۹۰ درصد از کل آب قابل استفاده در خاک تخلیه شده است. به این ترتیب زمانی که ۷۰ میلیمتر تبخیر از تشت تبخیر صورت گرفته است، ۴۰ درصد از آب قابل استفاده گیاه در خاک موجود می باشد و آبیاری در این زمان نیاز آبی گیاه را تامین کرده و گیاه دچار تنش نمی شود.

برای تعیین عملکرد دانه در واحد سطح، با رعایت حاشیه از طرفین، بوته های دو ردیف وسط هر کرت برداشت و بعد از انجام بوجاری عملکرد دانه برای هر لاین محاسبه شد و سپس برای ارزیابی واکنش ژنوتیپ ها از لحاظ عملکرد دانه و تعیین ارقام متحمل تر به تنش رطوبتی، از شاخص های تحمل و حساسیت به تنش رطوبتی به شرح زیر استفاده شد:

(۱)شاخص تحمل (TOL) روزیل و همبلین(۱۹۸۱)

$$TOL = Y_p - Y_s$$

(۲) شاخص میانگین تولید (MP) روزیل و همبلین(۱۹۸۱)

$$MP = {(Y_p+Y_s)}/{2}$$

(۳) شاخص حساسیت به تنش(SSI) فیشر و مورر (۱۹۷۸)

$$SSI = \frac{1-\left(\frac{Y_s}{Y_p}\right)}{1-\left(\frac{\overline{Y}_s}{\overline{Y}_p}\right)}$$

(۴) میانگین هندسی عملکرد (GMP) فرناندز(۱۹۹۲)

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

(۵) شاخص تحمل به تنش (STI) فرناندز(۱۹۹۲)

$$STI = \frac{(Y_p)(Y_s)}{\left(\overline{Y}_p^2\right)}$$

در روابط فوق الذکر:

Y_S عملکرد ژنوتیپ ها در شرایط کم آبیاری (کیلوگرم در هکتار)، Y_P عملکرد ژنوتیپ ها در شرایط آبیاری معمول، $\overline{Y}_s$ میانگین عملکرد ژنوتیپ ها در شرایط کم آبیاری، $\overline{Y}_p$ میانگین عملکرد ژنوتیپ ها در شرایط آبیاری معمول می‌باشد.

برای تعیین بهترین شاخص ها از همبستگی بین عملکرد دانه در آبیاری معمول و کم آبیاری با شاخص های تحمل به تنش استفاده شد و شاخص هایی که همبستگی بالا و معنی داری با عملکرد دانه در هر دو شرایط داشتند به عنوان بهترین شاخص ها معرفی شدند. تفکیک دقیق تر ژنوتیپ ها بر اساس نمودار سه بعدی x، y، z صورت گرفت که بدین منظور از نرم افزار آماری Sigma Plot استفاده شد. همچنین به منظور تعیین مولفه های اصلی برای ژنوتیپ ها، شاخص های مختلف به صورت یک ماتریس۷ × ۱۵ (۱۵ ژنوتیپ و ۷ شاخص) و با استفاده از دستور Proc PRINCCOMP در نرم افزار آماری SAS مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. سپس با رسم بای پلات دو مولفه اول، ارتباط بین شاخص ها وسهم هر شاخص در مولفه ها مورد بررسی قرار گرفت و بر این اساس مولفه ها نام گذاری گردیدند.

نتایج و بحث

شاخص های مختلف تحمل و حساسیت به تنش رطوبتی بر اساس عملکرد ژنوتیپ ها در دو شرایط رطوبتی معمول و کم آبیاری و بر اساس شدت تنش (SI) برابر ۰/۶۱ محاسبه گردید و سپس مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت. نتایج نشان داد که بین ژنوتیپ ها از لحاظ کلیه شاخص های SSI، TOL، MP، GMP و STI و عملکرد دانه در هر دو شرایط رطوبتی تفاوت معنی داری در سطح احتمال ۱٪ وجود داشت (جدول۲). مقایسه میانگین شاخص ها (جدول ۲) نیز نشان داد که بر اساس شاخص SSI، توده چهارمحال با کمترین مقدار SSI کمترین حساسیت را نسبت به تنش کم آبی نشان داد و به عنوان ژنوتیپ متحمل تر معرفی شد. همچنین بر مبنای این شاخص ژنوتیپ SE۱۳ با بیشترین مقدار SSI به عنوان حساس ترین ژنوتیپ شناسایی گردید.

از لحاظ شاخص تحمل (TOL) نیز توده چهار محال با کمترین مقدار کاهش عملکرد دانه (۹٪) در شرایط کم آبیاری نسبت به شرایط رطوبتی معمول به عنوان متحمل ترین ژنوتیپ مشخص گردید. همچنین بر اساس این شاخص، ژنوتیپ های $SE_{۱۳}$، $KH_{۱۲}$ و توده های کردستان و سمیرم کمترین تحمل را نسبت به شرایط کم آبیاری نشان دادند. انتخاب بر اساس شاخص تحمل اغلب موجب گزینش ژنوتیپ هایی می شود که در شرایط رطوبتی معمول دارای عملکرد نسبتاً پایینی هستند. به عبارت دیگر شاخص مذکور قادر به تفکیک ژنوتیپ های متحمل به تنش رطوبتی از ژنوتیپ هایی که پتانسیل عملکرد کمتر دارند، نمی باشد. بنابراین انتخاب بر اساس شاخص تحمل زمانی ارزشمند است که محیط مورد نظر دارای شرایط

www.SID.ir

Archive of SID

تنش رطوبتی باشد. با توجه به شاخص میانگین تولید (MP) در دو شرایط رطوبتی ، ژنوتیپ SH_{10} و توده چهار محال به ترتیب با میانگین ۱۴۱۹/۹ و ۱۴۰۱/۵ کیلوگرم در هکتار و بدون تفاوت معنی دار با یکدیگر بیشترین و ژنوتیپ KO_{10} با میانگین ۳۱۹/۲ کیلوگرم در هکتار کمترین مقدار این شاخص را به خود اختصاص دادند. با توجه به ماهیت شاخص MP، انتخاب بر مبنای آن منجر به افزایش عملکرد در هر دو شرایط محیطی می گردد، به جز در مواردی که همبستگی بین عملکرد دانه در محیط بدون تنش و محیط دارای تنش رطوبتی بسیار منفی باشد (سی و سه مرده و همکاران، ۲۰۰۶) که در چنین شرایطی انتخاب بر مبنای شاخص MP به گزینش ژنوتیپ های با پتانسیل عملکرد بیشتر ولی تحمل به تنش کمتر منجر خواهد شد.

نتایج مقایسه میانگین شاخص های GMP و STI نشان داد که توده چهار محال دارای بیشترین مقدار شاخص تحمل به تنش (STI) بود. لازم به ذکر است که این ژنوتیپ دارای بیشترین میانگین عملکرد دانه در شرایط کم آبیاری (۱۳۳۵/۴ کیلوگرم در هکتار) و میانگین عملکرد نسبتا بالا در شرایط رطوبتی معمول (۱۴۶۷/۷ کیلوگرم در هکتار) بود. همچنین بیشترین مقدار شاخص میانگین تولید (MP) و نیز بیشترین میانگین هندسی عملکرد (GMP) متعلق به این ژنوتیپ بود. ژنوتیپ SH_{10} و توده شهرضا نیز از نظر شاخص تحمل به تنش(STI) و میانگین هندسی عملکرد (GMP) به توده چهار محال بسیار نزدیک بودند و از لحاظ این دو شاخص بین این سه ژنوتیپ تفاوت معنی داری مشاهده نشد. از طرف دیگر ژنوتیپ KO_{10} با کمترین میزان شاخص تحمل به تنش (STI)، کمترین میانگین عملکرد دانه در شرایط رطوبتی معمول (۵۲۷/۲ کیلوگرم در هکتار) و در شرایط کم آبیاری (۱۱۱/۳ کیلوگرم در هکتار) را به خود اختصاص داد. همچنین ژنوتیپ مذکور دارای کمترین مقدار شاخص میانگین تولید (MP) و نیز کمترین میانگین هندسی عملکرد (GMP) می باشد.

طبق نظر فرناندز (۱۹۹۲) بر مبنای شاخص STI ژنوتیپ هایی که در هر دو محیط تنش و بدون تنش رطوبتی دارای عملکرد بالایی هستند (گروه A) گزینش می شوند. در این مطالعه نیز شاخص STI بخوبی توانست ژنوتیپ هایی که در هر دو شرایط رطوبتی عملکرد نسبتا بالایی داشتند را شناسایی نماید. کمترین مقدار این شاخص نیز توانست ژنوتیپ دارای کمترین عملکرد دانه در هر دو شرایط رطوبتی را شناسایی کند (جدول ۲). فرشادفر و شوتکا (۲۰۰۳) نیز شاخص STI را به عنوان مطلوب ترین شاخص مقاومت به تنش رطوبتی در ارزیابی مقاومت به خشکی لاین های جانشینی گندم معرفی کرده اند. صبا و همکاران (۲۰۰۱) نیز با بررسی مشخصات ژنتیکی شاخص‌های مقاومت به خشکی در گندم پاییزه اعلام داشتند که وراثت پذیری خصوصی برای شاخص های SSI و TOL پایین و برای شاخص های MP، GMP و STI متوسط بود. سی و سه مرده و همکاران (۲۰۰۶) نیز در بررسی ارقام دیم گندم اعلام نمودند که شاخص SSI مناسب ترین شاخص برای گزینش ارقام مقاوم به خشکی در شرایط تنش شدید و شاخص های MP، GMP و STI مناسب برای شرایط تنش ملایم کم آبی می باشند. در مطالعه حاضر شاخص های MP و GMP نیز در شناسایی ژنوتیپ های دارای تحمل و پایداری بیشتر، موثر بودند ولی شاخص های SSI و TOL نتوانستند به خوبی ژنوتیپ‌ها را از هم تفکیک نمایند.

با توجه به اینکه بهترین شاخص برای غربال کردن ژنوتیپ های متحمل تر به تنش رطوبتی شاخصی است که همبستگی بالایی با عملکرد دانه در هر دو شرایط رطوبتی داشته باشد (صادق زاده اهاری، ۲۰۰۶)، بنابراین با ارزیابی میزان همبستگی بین شاخص های تحمل به تنش کم آبی و عملکرد دانه در هر دو شرایط محیطی، شناسایی مناسب ترین شاخص امکان پذیر می باشد (سی و سه مرده و همکاران، ۲۰۰۶).

ضرایب همبستگی (جدول۳) نشان داد که سه شاخص تحمل به تنش (STI)، میانگین هندسی عملکرد (GMP) و میانگین تولید (MP) دارای همبستگی مثبت و معنی دار با عملکرد دانه در هر دو شرایط رطوبتی معمول و کم آبیاری بودند. مقدار عددی همبستگی ها برای شاخص های STI و GMP کاملا یکسان بود، زیرا فرناندز شاخص STI را بر اساس شاخص GMP بنا گذاشت. همبستگی رتبه بین شاخص SSI و عملکرد دانه در شرایط رطوبتی معمول معنی دار نبود ولی همبستگی بالا و مثبتی بین شاخص SSI و عملکرد دانه در شرایط کم آبیاری مشاهده شد(جدول۳) که نشان می دهد انتخاب برای مقادیر کمتر SSI منجر به افزایش عملکرد دانه در شرایط کم آبیاری می گردد. فیشر و مورر(۱۹۷۸) نیز بیان کردند که انتخاب بر اساس شاخص SSI باعث افزایش عملکرد دانه در شرایط دارای تنش رطوبتی می شود. بین شاخص TOL و عملکرد دانه در شرایط رطوبتی معمول همبستگی منفی و معنی داری مشاهده شد که بیانگر این است که انتخاب بر اساس شاخصTOL موجب گزینش ژنوتیپ‌هایی با پتانسیل عملکرد کمتر در شرایط بدون تنش رطوبتی می گردد.

همبستگی رتبه ژنوتیپ ها بین شاخص SSI و TOL مثبت و معنی دار بود. این موضوع مؤید این است که هر دو شاخص SSI و TOL باعث گزینش ژنوتیپ های با

www.SID.ir

Archive of SID

پتانسیل عملکرد کمتر در شرایط رطوبتی معمول می گردند. نتایج حاصل از بررسی همبستگی بین شاخص های مختلف با عملکرد دانه در دو شرایط رطوبتی نیز نشان داد که شاخص های MP، GMP و STI در شناسایی ژنوتیپ هایی که در هر دو شرایط رطوبتی توانایی تولید عملکرد بیشتری دارند، موفق بوده اند. ولی با توجه به اینکه شاخص تحمل به تنش (STI) قادر است ژنوتیپ های گروه A را از گروههای C و B تفکیک نماید بنابراین نتیجه گیری می شود که شاخص STI بهترین شاخص برای گزینش ژنوتیپ های متحمل به تنش رطوبتی و نیز دارای عملکرد دانه بیشتر می باشد.

در همین رابطه، به منظور بررسی دقیق تر پایداری عملکرد ژنوتیپ ها و همچنین دستیابی به ژنوتیپ های با عملکرد دانه بیشتر در هر دو شرایط رطوبتی، از نمودار پراکنش سه بعدی (شکل۱) استفاده گردید، که در آن عملکرد دانه در شرایط رطوبتی معمول روی محور Y ها، عملکرد دانه در شرایط کم آبیاری روی محور X ها و شاخص برتر این مطالعه یعنی STI بر روی محور Z ها نمایش داده شد. برای نشان دادن روابط بین این سه متغیر و تفکیک ژنوتیپ های گروه A از سایر گروه ها (B، C وD) و همچنین تشخیص سودمندی شاخص مورد نظر به عنوان معیاری برای انتخاب ژنوتیپ های پر محصول و متحمل تر به تنش رطوبتی، سطح X-Y بوسیله خطوط متقاطع به چهار گروه A، B، C و D تقسیم گردید.

در بررسی این نمودار (شکل۱) مشاهده شد که توده های چهار محال و شهرضا و ژنوتیپ SH_{10} در گروه A قرار گرفتند و همچنین ژنوتیپ های مذکور دارای شاخص تحمل به تنش بالایی نیز می باشندکه بیانگر سودمندی این شاخص در تفکیک ژنوتیپ های گروه A از دیگر گروه ها است. بنابراین ژنوتیپ های مذکور به عنوان ژنوتیپ های متحمل تر و با عملکرد بیشتر در هر دو شرایط رطوبتی معرفی می شوند.

برای مطالعه روابط سه متغیر (به عنوان مثال YP، YS و STI) می توان از نمودار سه بعدی استفاده نمود ولی در صورتیکه بررسی روابط بیش از سه متغیر به صورت هم زمان مدنظر باشد، ترسیم گرافیکی بای پلات سودمند می باشد. لذا تجزیه بای پلات گابریل ابزار مفیدی به منظور بررسی هم زمان کلیه شاخص های تحمل به تنش رطوبتی و عملکرد دانه در شرایط رطوبتی معمول و کم آبیاری و همچنین بررسی دقیق تر تحمل به تنش رطوبتی ژنوتیپ ها می باشد (گابریل، ۱۹۷۱). بدین منظور ماتریسی که ردیف های آن از ۱۵ ژنوتیپ بزرک و ستون های آن از شاخص‌های محاسبه شده تشکیل شده بود، از طریق تجزیه به مولفه های اصلی به ۶ مولفه تقسیم شد ولی در مجموع دو مولفه اول ۹۸/۸ درصد از تغییرات مربوط به شاخص ها را توجیه نمودند(جدول۴). سپس با توجه به مستقل بودن مولفه ها و اهمیت دو مولفه اول در تبیین تغییرات کل داده ها، بای پلات مربوطه بر اساس این دو مولفه ترسیم گردید(شکل ۲). در فضای بای پلات حاصله ژنوتیپ ها نیز بر اساس دو مولفه مذکور و توسط نقاطی مشخص شدند. استفاده از تکنیک تجزیه به مولفه های اصلی و ترسیم بای پلات در گیاهان دیگر از جمله گلرنگ (ارسلان ۲۰۰۷ ، اشکانی و همکاران ۲۰۰۷)، نخود (فرشادفر و همکاران، ۲۰۰۱) و گندم (گلابادی و همکاران، ۲۰۰۶) نیز به منظور گروه بندی ژنوتیپ های تحت شرایط تنش رطوبتی گزارش شده است.

سهم مؤلفه اول در تبیین تغییرات کل شاخص ها برابر ۶۱/۲ درصد بود (جدول ۴). این مولفه با عملکرد در هر دو شرایط رطوبتی و همچنین شاخص های MP، GMP و STI همبستگی مثبت و با شاخص های TOL و SSI همبستگی منفی نشان داد، لذا مولفه اول به عنوان مولفه پتانسیل عملکرد و تحمل به تنش رطوبتی معرفی گردید. به عبارت دیگر این مولفه قادر به شناسایی ژنوتیپ‌های با پتانسیل عملکرد بالا می باشد و لذا مقادیر بیشتر مؤلفه اول مطلوب تر است. مؤلفه دوم ۳۷/۶ درصد از تغییرات کل شاخص ها را توجیه نمود (جدول ۴) و در این مؤلفه شاخص های SSI و TOL نقش بیشتری داشتند. بنابراین مولفه مذکور را می توان مؤلفه حساسیت به تنش نامید.

با عنایت به زوایای خطوط شاخص ها (شکل۲) در نمایش گرافیکی بای پلات، ملاحظه می شود که شاخص‌های STI، MP و GMP با عملکرد دانه در هر دو شرایط رطوبتی معمول و کم آبیاری همبستگی مثبت نشان دادند و بین دو شاخص STI و GMP نیز همبستگی مثبت و بسیار معنی داری وجود داشت.

بنابراین به کمک بای پلات گابریل نیز شاخص های STI، GMP و MP به عنوان بهترین شاخص ها معرفی شدند. همچنین با توجه به رابطه مولفه ها و شاخص های مورد بررسی ژنوتیپ هایی که در ناحیه پایین سمت راست بای پلات قرار گرفته اند به عنوان ژنوتیپ های پایدارتر و متحمل تر به تنش رطوبتی و ژنوتیپ هایی که در ناحیه بالا سمت چپ قرار گرفته اند به عنوان ژنوتیپ های حساس تر در شرایط کم آبیاری مشخص شدند. بنابراین توده های چهارمحال و شهرضا و ژنوتیپ SH_{10} در مجاورت بردار بهترین شاخص(STI) و در ناحیه مربوط به ژنوتیپ های دارای تحمل به تنش رطوبتی بیشتر و حساسیت کمتر به تنش کم آبی قرار گرفته اند(شکل ۲). در ناحیه سمت چپ

www.SID.ir

Archive of SID

و پایین، ژنوتیپ های $KO_{۱۲}$، $KO_{۱۰}$ و رقم فلاندرز و توده خراسان قرار گرفته اند که این ژنوتیپ ها به عنوان ژنوتیپ های دارای پتانسیل عملکرد کمتر و همچنین حساسیت کمتر نسبت به تنش رطوبتی محسوب می شوند. ژنوتیپ های $SE_{۱۳}$، $KH_{۱۲}$ و توده سمیرم که در ناحیه بالا و سمت چپ بای پلات قرار گرفته اند پتانسیل عملکرد کمی داشتند و حساسیت بیشتری به تنش نشان داده اند.

نتیجه گیری

بطور کلی نتایج این پژوهش نشان داد که ژنوتیپ های مورد بررسی از لحاظ عملکرد دانه در شرایط رطوبتی معمول و کم آبیاری و همچنین از لحاظ تحمل به تنش رطوبتی دارای تفاوت معنی داری بودند و از این تنوع می توان برای تولید ارقام اصلاح شده مناسب برای هر دو محیط دارای تنش و بدون تنش استفاده نمود. همچنین به نظر می رسد شاخص STI مناسبترین شاخص برای ارزیابی تحمل به تنش رطوبتی در ژنوتیپ های مورد بررسی می باشد، لذا ژنوتیپ $SH_{۱۰}$ و توده های چهارمحال و شهرضا به عنوان ژنوتیپ های متحمل تر و ژنوتیپ $KO_{۱۰}$ به عنوان ژنوتیپ حساس تر معرفی می شوند

.

جدول ۱- اسامی و منشاء ژنوتیپ های بزرک مورد بررسی

شماره ژنوتیپ	نام ژنوتیپ	منشا (از توده)
۱	$KO_{۱۲}$	کردستان
۲	$KH_{۲۵}$	خراسان
۳	توده سمیرم	سمیرم
۴	$KH_{۱۲}$	خراسان
۵	فلاندرز	کانادا
۶	$SH_{۱۰}$	شهرضا
۷	$KO_{۱۰}$	کردستان
۸	توده کردستان	کردستان
۹	توده چهارمحال	چهارمحال
۱۰	$CH_{۱۴}$	چهارمحال
۱۱	$SE_{۱۳}$	سمیرم
۱۲	$KH_{۲۲}$	خراسان
۱۳	$KO_{۱۱}$	کردستان
۱۴	توده خراسان	خراسان
۱۵	توده شهرضا	شهرضا

جدول۲- مقایسه میانگین مقادیر شاخص های تحمل و حساسیت به تنش رطوبتی و عملکرد ژنوتیپ ها (کیلو گرم در هکتار) در شرایط رطوبتی معمول و کم آبیاری همراه با رتبه ژنوتیپ ها (اعداد داخل پرانتز).

ژنوتیپ	SSI	TOL	MP	GMP	STI	YS	YP
$KO_{۱۲}$	(۵) ^{ef}۰/۶۰	۲۰۴/۵^{de}(۳)	۴۸۱/۱۸ ^{gh}(۱۳)	۴۶۶/۸۹ $^{f-g}$(۱۳)	۰/۱۲ ^{hi}(۱۳)	۳۷۸/۹۱ ^{de}(۷)	۵۸۳/۴ ^{h}(۱۴)
$KH_{۲۵}$	۱/۳۷^{ab} (۱۲)	۱۱۸۳/۱^{b}(۱۱)	۸۰۸/۸۸ ^{f}(۱۱)	۵۴۶/۲۷ ^{ef}(۱۱)	۰/۱۶ $^{e-i}$(۱۱)	۲۱۷/۳۴ $^{e-g}$(۱۳)	۱۴۰۰/۴ ^{ef}(۹)
توده سمیرم	۱/۴۱^{ab} (۱۴)	۱۵۸۷/۱^{a}(۱۲)	۱۰۲۹/۵۴ ^{de}(۷)	۶۵۳/۸۸ ^{de}(۹)	۰/۲۳ $^{d-g}$(۹)	۲۳۶/۰ $^{d-g}$(۱۱)	۱۸۲۳/۱ ^{bc}(۴)
$KH_{۱۲}$	۱/۴۰^{ab} (۱۳)	۱۷۷۷/۹^{a}(۱۴)	۱۱۷۳/۲۲ $^{b-d}$(۵)	۷۵۱/۶۳ ^{cd}(۷)	۰/۳۲ $^{c-d}$(۷)	۲۸۴/۲۸ $^{d-f}$(۱۰)	۲۰۶۲/۲ ^{a}(۲)
فلاندرز	۰/۸۲^{de} (۷)	۳۶۵/۴ ^{cd}(۴)	۵۳۹/۶۹ ^{g}(۱۲)	۵۰۳/۸۳ $^{e-g}$(۱۲)	۰/۱۴ $^{f-i}$(۱۲)	۳۵۷/۰ ^{de}(۹)	۷۲۲/۴ ^{gh}(۱۲)
$SH_{۱۰}$	۰/۵۴^{fg} (۴)	۵۷۰/۸ ^{c}(۹)	۱۴۱۹/۹۳ ^{a}(۲)	۱۳۸۸/۹۶ ^{a}(۲)	۱/۰۶ ^{a}(۲)	۱۱۳۴/۵۴ ^{b}(۲)	۱۷۰۵/۳ ^{cd}(۵)
$KO_{۱۰}$	۱/۲۹^{ab} (۱۰)	۴۱۵/۹ ^{cd}(۶)	۳۱۹/۲۵ ^{h}(۱۵)	۲۴۰/۲۶ ^{h}(۱۵)	۰/۰۳ ^{i}(۱۵)	۱۱۱/۳۱ ^{g}(۱۵)	۵۲۷/۲ ^{h}(۱۵)
توده کردستان	۱/۳۳^{ab} (۱۱)	۱۷۱۰/۵ ^{a}(۱۳)	۱۲۳۵/۱۰ ^{cb}(۴)	۸۸۹/۲۳ ^{bc}(۵)	۰/۴۵ ^{bc}(۵)	۳۷۹/۸۶ ^{d}(۶)	۲۰۹۰/۳ ^{a}(۱)
توده چهارمحال	۰/۱۴^{h} (۱)	۱۳۲/۳ ^{e}(۱)	۱۴۰۱/۵۴ ^{a}(۱)	۱۳۹۹/۴۶ ^{a}(۱)	۱/۰۸ ^{a}(۱)	۱۳۳۵/۳۸ ^{a}(۱)	۱۴۶۷/۷ ^{ef}(۷)
$CH_{۱۴}$	۰/۶۳^{ef}(۶)	۴۸۷/۶ ^{c}(۸)	۱۰۱۴/۵۷ ^{de}(۸)	۹۸۴/۸۳ ^{b}(۴)	۰/۵۳ ^{b}(۴)	۷۷۰/۷۵ ^{c}(۴)	۱۲۵۸/۴ ^{f}(۱۰)
$SE_{۱۳}$	۱/۴۷^{a}(۱۵)	۱۸۰۱/۹ ^{a}(۱۵)	۱۰۸۵/۰۳ ^{cd}(۶)	۶۰۱/۰۹ $^{d-f}$(۱۰)	۰/۱۹ $^{e-h}$(۱۰)	۱۸۴/۰۹ ^{fg}(۱۴)	۱۹۸۶/۰ ^{ab}(۳)
$KH_{۲۲}$	۱/۲۱^{bc}(۹)	۱۰۷۴/۹ ^{b}(۱۰)	۹۱۰/۲۸ ^{ef}(۹)	۷۳۴/۶۳ ^{cd}(۸)	۰/۲۹ $^{c-f}$(۸)	۳۷۲/۸۳ ^{de}(۸)	۱۴۴۷/۷ ^{ef}(۸)
$KO_{۱۱}$	۰/۳۴^{gh}(۲)	۲۰۰/۸^{de} (۲)	۸۴۴/۱۸^{f}(۱۰)	۸۳۶/۳۶ ^{bc}(۶)	۰/۳۸ $^{b-d}$(۶)	۷۴۳/۸۰ ^{c}(۵)	۹۴۴/۶ ^{g}(۱۱)
توده خراسان	۰/۹۹^{cd}(۸)	۳۹۹/۸ ^{cd}(۵)	۴۲۰/۰۴ ^{gh}(۱۴)	۳۶۲/۷۶ ^{gh}(۱۴)	۰/۰۷ ^{hi}(۱۴)	۲۲۰/۱۲ $^{d-g}$(۱۲)	۶۲۰/۰ ^{h}(۱۳)
توده شهرضا	۰/۴۸^{fg}(۳)	۴۶۳/۹ ^{c}(۷)	۱۳۲۵/۷۶ ^{ab}(۳)	۱۳۰۲/۸۳ ^{a}(۳)	۰/۹۴ ^{a}(۳)	۱۰۹۳/۸۱ ^{b}(۳)	۱۵۵۷/۷ ^{de}(۶)
میانگین مربعات	۰/۶۱۳**	۱۱۸۷۲۵۰/۱۴**	۳۱۰۳۰۰/۷۲**	۳۹۲۱۴۴/۴۸**	۰/۳۷۳**	۴۶۵۰۱۹/۶۳**	۹۰۹۲۰۶/۸۹**
LSD(٪۵)	۰/۲۵	۲۳۰/۶۶	۱۶۵/۶۱	۱۶۶/۴	۰/۱۶	۱۶۱/۹۲	۲۳۵/۰۲

در هر ستون میانگین هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند، با استفاده از آزمون LSD و در سطح احتمال ۵٪ تفاوت معنی داری ندارند.

www.SID.ir

Archive of SID

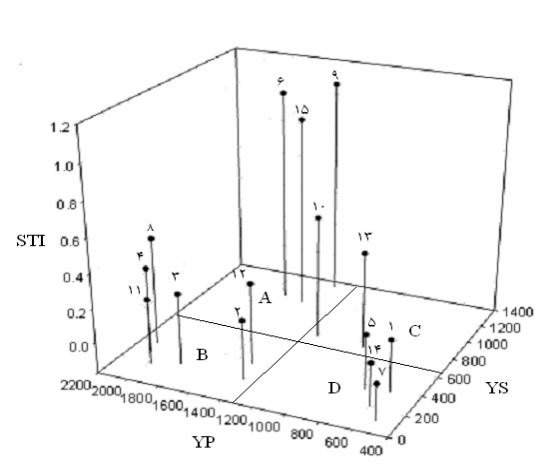
جدول ۳ - ضرایب همبستگی رتبه بین شاخص های تحمل و حساسیت به تنش رطوبتی و عملکرد دانه در شرایط رطوبتی معمول و کم آبیاری

شاخص ها	SSI	TOL	MP	GMP	STI	YS	YP
SSI	۱						
TOL	۰/۸۳**	۱					
MP	۰/۱۵ ns	−۰/۳۲ ns	۱				
GMP	۰/۴۶ ns	−۰/۰۲ ns	۰/۸۹**	۱			
STI	۰/۴۶ ns	−۰/۰۲ ns	۰/۸۹**	۱/۰۰**	۱		
YS	۰/۸۰**	۰/۴۰ ns	۰/۶۳*	۰/۸۵**	۰/۸۵**	۱	
YP	−۰/۳۸ ns	−۰/۷۳**	۰/۸۲**	۰/۵۷*	۰/۵۷*	۰/۱۷ ns	۱

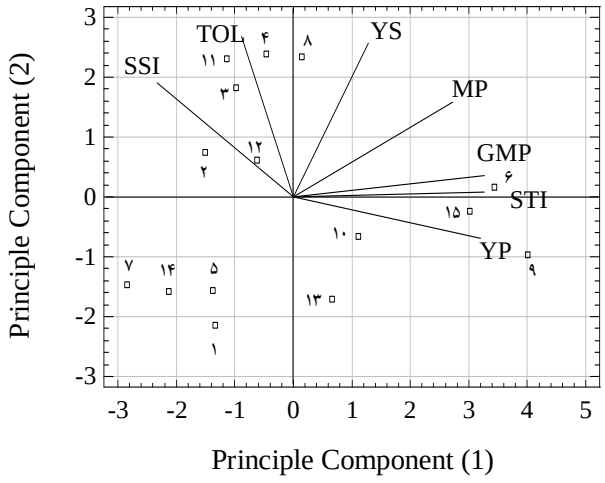
ns ، *و **، به ترتیب غیر معنی دار و معنی دار در سطوح احتمال ۵٪ . ۱٪.

جدول۴- نتایج تجزیه به مولفه های اصلی بر اساس شاخص های تحمل و حساسیت به تنش رطوبتی

مؤلفه ها	واریانس توجیه شده	واریانس تجمعی	SSI	TOL	MP	GMP	STI	YP	YS
مولفه اول	۶۱/۲۳	۶۱/۲۳	−۰/۳۴	−۰/۱۲	۰/۳۹	۰/۴۷	۰/۴۷	۰/۲۸	۰/۴۶
مولفه دوم	۳۷/۵۷	۹۸/۸۱	۰/۴۱	۰/۵۹	۰/۲۴	۰/۰۷	۰/۰۱	۰/۳۰	−۰/۱۵



شکل ۱- پراکنش ژنوتیپ ها بر اساس عملکرد در شرایط رطوبتی معمول (YP) و در شرایط کم آبیاری (YS) و شاخص (STI).



شکل ۲- ترسیم بای پلات پراکنش ژنوتیپ ها، ۵ شاخص تحمل و حساسیت به تنش و عملکرد دانه در شرایط رطوبتی معمول و کم آبیاری بر اساس مؤلفه اول

www.SID.ir

Archive of SID

فهرست منابع

۱. طباطبائی عقدائی، ر. ۱۳۸۳. واکنش های گیاهان در برابر کمبود آب و افزایش مقاومت به خشکی، خشکی و خشکسالی کشاورزی، ۱۱: ۴۷-۵۳.

۲. کوچکی، ع. ۱۳۷۶. به زراعی و به نژادی در زراعت دیم (ترجمه)، انتشارات دانشگاه مشهد.

3. Ahmadzade, A. 1977. Definition of the best drought tolerant in corn selective lines. *J. Agr. Sci*. 69: 210-224.
4. Arsalan, B. 2007. Assessing heritability and variance components of yield and some agronomic traits of different safflower cultivars under stress and non-stress irrigation regimes. *Asia. J. Plant. Sci*. 6: 554-557.
5. Ashkani, J., Paknia, H. and Ghotbi, V. 2007. Genetic evaluation of physiological traits for screening of suitable spring safflower genotype under stress and non-stress irrigation regimes. *Pak. J. Biol. Sci*. 10: 2320-2326.
6. Bhateria, S., Sood, S. P. and Pathania, A., 2006. Genetic analysis of quantitative traits across environment in linseed *(Linum usitatissimum* L.). *Euphytica* 150: 185-194.
7. Casa, R., Russell, G. Locascio, B. and Rossini, F. 1999. Environmental effects on linseed (*Linum usitatissimum* L.) yield and growth of flax at different stand densities. *Eurp. J. Agron*. 11: 267-278.
8. Clark, J. M., Depauw, R. M. and Ownley-Smith, T. F. 1992. Evaluation of methods for quantification of drought tolerance in wheat. *Crop Sci*. 32: 723-728.
9. Dencic. S., Kastori, R. Kobiljski, B. and Duggan, B. 2000. Evaluation of grain yield and its components in wheat cultivars and landraces under near optimal and drought conditions. *Euphytica* 113: 43-52.
10. Farshadfar, E. and Shutka, J. 2003. Multivariate analysis of drought tolerance in wheat substitution lines. *Cereal Res. Commun*. 31: 33-40.
11. Farshadfar, E., Zamani, A. Matlabi, M. R. and Emam-jome, E. E. 2001. Selection for drought resistance chikpea lines. *J. Agr. Sci*. 32: 65-77.
12. Fernandez, G. C. J. 1992. Effective selection criteria for assessing plant stress tolerance. p. 257-270. In: C. G. Kuo (ed.), Adaptation of Food Crops to Temperature and Water Stress. AVRDC, Shanhua, Taiwan.
13. Fisher, R. A. and Maurer, R. 1978. Drought resistance in spring wheat cultivars, I: grain yield responses. *Aust. J. Agr. Res*. 29: 897-912.
14. Gabriel, K. R., 1971. The biplot graphical display of matrices with applications to principal component analysis. *Biometrika* 58: 453-467.
15. Golabadi, M., Arzani, A. and Mirmohammadi Maibody, S. M. 2006. Assessment of drought tolerance in segregation population in drum wheat. *Afr. J. Agric. Res*. 1: 162-171.
16. Haile, F. J. 2000. Drought stress and yield loss. p. 117-134. In: R. K. O. Peterson and L. G. Higley (eds.), Abiotic stress and yield loss. CRC Press, FL, Boca Raton.
17. Ramirez-Vallejo, P. and Kelly, J. D. 1998. Traits related to drought resistance in common bean. *Euphytica* 99: 127-136.
18. Reddy, A. R., Chaitanya, K.V. and Vivekanandan, M. 2004. Drought induced responses of photosynthesis and antioxidant metabolism in higher plants. *J. Plant Physiol*. 161: 1189-1202.
19. Richarde, R. A. 1996. Defining selection criteria to improve yield under drought. *Plant Growth Regul*. 20: 157-166.
20. Rosielle, A. A. and Hamblin, J. 1981. Theoretical aspects of selection for yield in stress and non-stress environments. *Crop Sci*. 21: 943-946.
21. Saba, J., Moghaddam, M. Ghassemi, M. and Nishabouri, M. R. 2001. Genetic properties of drought resistance indices. *J. Agric. Sci. Technol*. (JAST). 3: 43-49.
22. Sadeghzadeh-Ahari, D. 2006. Evaluation for tolerance to drought stress in dry land - promising drum wheat genotype. *Crop Sci*. 8: 30-45.
23. Schnider, K. A., Rosales-Serna, R., Ibarra- Perez, F., Cazares-Enriques, B., Ramirez-Vallejo, P. and Kelly, J. D. 1997. Improving common bean performance under drought stress. *Crop Sci*. 37: 43-50.
24. Sio-Semardeh, A., Ahmadi, A. Poostini, K. and Mohammadi, V. 2006. Evaluation of drought resistance indices under various environmental conditions. *Field Crops Res*. 98: 222-229.

www.SID.ir