Archive of SID

دو فصلنامهٔ علمی-پژوهشی تحقیقات ژنتیک و اصلاح گیاهان مرتعی و جنگلی ایران
جلد ۱۹، شمارهٔ ۱، صفحهٔ ۱۱۸-۱۰۱ (۱۳۹۰)

ارزيابي شاخص‌هاي تحمل به تنش خشكي در ژنوتيپ‌هاي فسكيوي‌بلند

مریم ابراهیمیان[۱]، محمدمهدی مجیدی*[۲]، آقافخر میرلوحی[۳] و مهدی قیصری[٤]

۱- کارشناس ارشد، اصلاح نباتات، دانشگاه صنعتی اصفهان

۲*- نویسنده مسئول مکاتبات، استادیار، اصلاح نباتات، دانشگاه صنعتی اصفهان

پست الکترونیک: mahdimajidi@yahoo.com

۳- استاد، اصلاح نباتات، دانشگاه صنعتی اصفهان

٤- استادیار، دانشگاه صنعتی اصفهان

تاریخ دریافت: ۱۳۸۹/۰۵/۱۱ تاریخ پذیرش: ۱۳۸۹/۱۲/۱۵

چکیده

به منظور بررسی شاخص‌های تحمل به تنش خشکی و شناسایی ژنوتیپ‌های متحمل به آن، ۷۵ ژنوتیپ فسکیوی بلند (*Festuca arundinace*) (شامل ۲۵ ژنوتیپ گروه والدین، ۵۰ ژنوتیپ حاصل از تلاقی پلی‌کراس در دو گروه ۲۵ تایی زودرس و دیررس) در دو آزمایش با دو سطح آب کاربردی شامل ۵۰ و ۱۰۰ درصد تخلیه رطوبت قابل استفاده خاک از عمق توسعه ریشه به صورت اسپلیت پلات در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار مورد ارزیابی قرار گرفتند. شاخص‌های کمی تحمل، شامل میانگین عملکرد، میانگین هندسی عملکرد، شاخص تحمل به تنش، شاخص حساسیت به تنش و شاخص تحمل محاسبه شدند. نتایج تجزیه واریانس حاکی از وجود تنوع ژنتیکی قابل ملاحظه بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی در هر گروه آزمایشی بودند. تحلیل همبستگی بین عملکرد در شرایط تنش و عدم تنش با شاخص‌های مذکور نشان داد که شاخص‌های میانگین عملکرد، میانگین هندسی عملکرد و شاخص تحمل به تنش به علت دارا بودن بیشترین ضریب همبستگی با عملکرد، مناسبترین شاخص‌ها برای تعیین ژنوتیپ‌های متحمل به شرایط کم آبیاری می‌باشند. نمودار چند متغیره بای‌پلات روی تمام شاخص‌ها و نمودار سه‌بعدی روی مهمترین شاخص‌ها (میانگین هندسی عملکرد و شاخص تحمل به تنش)، ژنوتیپ‌های یکسانی را به‌عنوان متحمل‌ترین ژنوتیپ‌ها در شرایط کم آبیاری معرفی نمود. در مجموع ژنوتیپ‌های شماره ۱۵ و ۲۱ در گروه والدین، ژنوتیپ‌های ۱۰ و ۲۳ در گروه زودرس و ژنوتیپ‌های ۳، ۵ و ۱۳ در گروه دیررس برای محیط‌های دارای تنش خشکی معرفی شدند. برای گروه بندی ژنوتیپ‌ها براساس سه شاخص میانگین عملکرد، میانگین هندسی عملکرد و شاخص تحمل به تنش از تجزیه خوشه‌ای استفاده شد که تأییدی بر نتایج حاصل از نمودار بای‌پلات و نمودار سه‌بعدی در شناسایی ژنوتیپ‌های متحمل بود.

واژه‌های کلیدی: فسکیوی بلند، تنش خشکی، شاخص تحمل، عملکرد علوفه.

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

کشور ایران جزو مناطق خشک و نیمه‌خشک در جهان محسوب می‌شود. بنابراین ایجاد ارقام متحمل به خشکی، یکی از اهداف مهم برنامه‌های اصلاح نباتات علوفه‌ای در ایران به‌شمار می‌رود. در بین گیاهان علوفه‌ای گراس‌ها به علت عملکرد مناسب و تحمل بالا به بسیاری از شرایط نامناسب محیطی نظیر خشکی و شوری نقش ویژه‌ای دارند (Dane *et al*., 2006). در شرایط کم آبیاری به گراس‌هایی نیاز است که قادر باشند دوره‌های طولانی کمبود آب را بگذرانند، بطوری که پس از آن بتوانند رشد خود را از سر بگیرند و از طرفی کیفیت آنها کم نشود (Dane *et al*., 2006). فسکیوی بلند (*Festuca arundinace*) ازجمله گراس‌های مهم مرتعی و علوفه‌ای می‌باشد که به شرایط آب و هوایی ایران سازگاری دارد (Majidi *et al*., 2009). با این حال کشت زراعی آن در کشور ما هنوز رایج نشده است و اطلاعات اندکی در زمینه میزان تحمل به خشکی ژنوتیپ‌های فسکیوی بلند و تأثیر تنش بر خصوصیات زراعی و مورفولوژیک ژنوتیپ‌های ایرانی وجود دارد. در یک مطالعه نشان داده شد که تنش خشکی بر روی رشد و عملکرد فسکیوی بلند تأثیر گذاشته و باعث تجزیه آنتی‌اکسیدان‌ها، افزایش برخی پراکسیدان‌های چربی و در نهایت باعث کاهش کیفیت علوفه، محتوی آب برگ و محتوی کلروفیل می‌شود (Jiang & Hung, 2001). در مطالعه Gazanchian و همکاران (۲۰۰۶) بیان گردید که بسیاری از گراس‌های علوفه‌ای و مرتعی ایران ازجمله فسکیوی بلند از مقاومت بالا در برابر تنش خشکی برخوردارند. بنابراین به نظر می‌رسد که این گیاهان می‌توانند منابع ژنتیکی مناسبی جهت اصلاح و توسعه گراس‌های تحت شرایط خشکی را فراهم آورند.

اصلاح برای تحمل به تنش خشکی همواره با مشکلات خاص خود مواجه بوده است که از بزرگترین آنها پیچیدگی صفت تحمل به تنش خشکی و عدم وجود معیارها و روش‌های مؤثر برای گزینش ژنوتیپ‌های متحمل می‌باشد. در این خصوص Hall (۱۹۹۳) اندازه‌گیری مقاومت به خشکی را با مقایسه ارتباط عملکرد یک ژنوتیپ در شرایط مساعد با عملکرد همان ژنوتیپ در شرایط خشکی تعریف کرد. همینطور Blum (۱۹۸۸) اظهار داشت که حساسیت به خشکی بهتر است به‌عنوان تابعی از کاهش در عملکرد تحت تنش خشکی اندازه‌گیری شود. تعدادی از محققان اعتقاد به انتخاب تحت شرایط مساعد را دارند (Betran *et al*., 2003; Richards, 1996; Van Ginkel *et al*., 1998) و عده‌ای نیز انتخاب تحت شرایط تنش را پیشنهاد کرده‌اند (Byrne *et al*., 1995; Gavuzzi *et al*., 1997). در حالی که تعداد زیادی از محققان راه میانه را در پیش گرفته‌اند و اعتقاد به انتخاب تحت هر دو شرایط تنش و غیر تنش را دارند (Clarke *et al*., 1992; Fernandez, 1992; Fischer & Mourer, 1978). این انتخاب به وسیله تعدادی شاخص انتخاب، که براساس یک سری روابط ریاضی بین شرایط تنش و عدم تنش برقرار می‌گردد، صورت می‌گیرد. برای بازدهی بیشتر در اصلاح ارقام متحمل به خشکی باید شاخص‌هایی را که در شناسایی پایداری عملکرد ارقام در شرایط تنش مؤثرند شناسایی نموده و آنها را علاوه بر عملکرد به‌عنوان معیارهای انتخاب مورد استفاده قرارداد. به

www.SID.ir

Archive of SID

طور کلی ارقامی که برای عملکرد بالا در شرایط عادی (بدون تنش) انتخاب شده‌اند ممکن است در شرایط تنش عملکرد مناسبی نداشته باشند، در حقیقت یک رقم متحمل به تنش را باید در شرایط تنش ارزیابی و بعد انتخاب نمود (Farayedi, 2004).

شاخص‌های متعددی برای انتخاب ژنوتیپ‌ها بر مبنای وضعیت عملکرد آنها در محیط‌های دارای تنش و بدون تنش پیشنهاد شده است که بر مبنای آنها ژنوتیپ‌های دارای وضعیت یکنواخت در شرایط بدون تنش و تنش شناسایی می‌شوند. حساسیت به خشکی یک ژنوتیپ معمولا براساس میزان کاهش عملکرد در شرایط تنش خشکی برآورد می‌شود (Blum, 1988). بر همین اساس فیشر و مورر شاخص حساسیت به تنش (SSI = Stress Susceptiblity Index) را پیشنهاد کردند و نشان دادند که این شاخص مستقل از قابلیت عملکرد نیست (Fischer & Mourer, 1978). چندی بعد شاخص تحمل (TOL = Tolerance Index) به صورت اختلاف عملکرد محیط تنش و بدون تنش و شاخص دیگری به نام میانگین حسابی عملکرد (Mean MP = Productivity) در دو محیط تنش و عدم تنش توسط Rosielle و Hamblin (۱۹۸۱) پیشنهاد گردید. براساس این شاخص‌ها ارقامی که در شرایط با رطوبت مناسب و نیز در شرایط کم آبیاری عملکرد با ثبات‌تری داشته باشند و یا به عبارت دیگر تفاوت عملکرد آنها در هر دو شرایط حداقل باشد، تحمل نسبی بیشتری به خشکی خواهند داشت. Fernandez (۱۹۹۲) با بررسی عملکرد در دو محیط تنش و بدون تنش ارقام لوبیا را از نظر واکنش به دو محیط، به ٤ گروه تقسیم کرد: ژنوتیپ‌های دارای عملکرد بالا در هر دو محیط تنش و عدم تنش (گروه A)، ژنوتیپ‌های دارای عملکرد بالا در محیط عدم تنش (گروه B)، ژنوتیپ‌های دارای عملکرد بالا در محیط تنش (گروه C) و ژنوتیپ‌های دارای عملکرد پایین در هر دو محیط تنش و عدم تنش (گروه D). وی برای شناسایی ژنوتیپ‌های گروه A شاخص تحمل به تنش (STI = Stress Tolerance Index) را ارائه نمود، و نیز جهت تعیین میزان حساسیت ژنوتیپ‌ها از میانگین هندسی (GMP = Geometric Mean Productivity) در دو محیط استفاده کرد.

با توجه به این که تا کنون مطالعه جامعی در زمینه تحمل به خشکی فسکیوی بلند در ایران صورت انجام نشده است، این پژوهش با هدف ارزیابی میزان تنوع برای تحمل به تنش خشکی و ارزیابی شاخص‌های تحمل به خشکی در ژنوتیپ‌های فسکیوی بلند به منظور شناسایی متحمل‌ترین آنها برای تدوین برنامه‌های اصلاحی آینده طراحی گردید.

مواد و روشها

این آزمایش در سال ۱۳۸۷ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه صنعتی اصفهان واقع در لورک نجف‌آباد انجام شد. مواد ژنتیکی مورد مطالعه تعداد ۷۵ ژنوتیپ فسکیوی بلند بود، بطوری که در این پژوهش ۲۵ ژنوتیپ والدی (که قبلا از درون توده‌های متنوع داخلی گزینش شده بودند) به همراه ۵۰ ژنوتیپ از نتاج گزینش یافته حاصل از آزاد گرده‌افشانی والدین (دو گروه ۲۵ تایی زودرس و دیررس)، در دو محیط رطوبتی (عدم تنش و تنش خشکی) ارزیابی شدند. محیط‌های رطوبتی مورد استفاده شامل محیط بدون تنش رطوبتی با اعمال ضریب (MAD = Management

www.SID.ir

Archive of SID

Allowed Depletion) (متوسط کسری از کل آب در دسترس که می‌تواند از عمق توسعه ریشه تخلیه شود بدون اینکه به گیاه تنشی وارد شود) برابر با ۵۰ درصد (*et al.*, Allen 1998) و محیط تنش رطوبتی با اعمال ضریب MAD برابر با ۱۰۰ درصد بود. مقدار تخلیه رطوبت از خاک براساس مقدار تبخیر- تعرق چمن با استفاده از رابطه فائو-پنمن- مانتیس (Allen *et al.*, 1998) و ضریب گیاهی فسکیوی بلند طی دوره رشد محاسبه شد (*et al.*, 1998 Allen). زمان آبیاری تیمارهای مختلف تنش آبی متفاوت بودند اما مقدار آبی که به تیمارهای مختلف در یک دور آبیاری داده می‌شد یکسان بود و از رابطه زیر محاسبه می‌گردید.

$$I_d = (FC-PWP)\times D\times ۰/۵۵$$

I_d: آب سهل الوصول (سانتیمتر)

FC: رطوبت حجمی خاک در حد ظرفیت زراعی (درصد)

PWP: رطوبت حجمی خاک در حد پژمردگی دائم (درصد)

D: عمق فعال توسعه ریشه (برای فسکیوی بلند ٦۰ سانتیمتر گزارش شده است) (Allen *et al.*, 1998)

عمق آبیاری اول در زمان شروع تنش از رابطه زیر محاسبه گردید، که در آن Θ رطوبت خاک در زمان شروع تنش می‌باشد.

$$D_I = [FC_{(۰-۲۰)} - \Theta_{(۰-۲۰)}]\times ۲۰ + [FC_{(۲۰-٤۰)} - \Theta_{(-٤۰ ۲۰)}]\times ۲۰ + [FC_{(٤۰-٦۰)} - \Theta_{(٤۰-٦۰)}]\times ۲۰$$

D_I : عمق آبیاری اول (سانتی‌متر)

FC : رطوبت حجمی خاک درحد ظرفیت زراعی (درصد)

Θ : رطوبت حجمی خاک قبل از آبیاری (درصد)

زمان (دور) آبیاری براساس مقدار MAD تعیین شد. به‌عنوان مثال، برای تیمار بدون تنش رطوبتی مقدار MAD برابر ۵۰ درصد بود، یعنی زمانی که ۵۰ درصد آب قابل دسترس خاک در عمق توسعه ریشه تخلیه شد، آبیاری انجام گردید. ۵۰ درصد آب قابل دسترس خاک از رابطه زیر محاسبه شد.

$$RAW_{./۵۰} = (FC-PWP)\times D\times ۰/۵۰$$

بنابراین پس از هر آبیاری مقدار تجمعی ET محاسبه گردید و زمانی که مقدار تبخیر و تعرق تجمعی به RAW۰/۵۰ رسید آبیاری تیمار بدون تنش رطوبتی، انجام شد. مقدار آب آبیاری برابر با I_d و بازدهی آبیاری ۷۵ درصد بود. بنابراین عمق آب آبیاری برابر با I_{dg} اعمال گردید.

$$I_{dg} = I_d/۰/۷۵$$

به منظور کنترل معادله فائو-پنمن- مانتیس برای تعیین زمان آبیاری، طی دوره رشد بطور تصادفی هر سه یا چهار روز یک بار رطوبت خاک از اعماق ۰-۲۰، ۲۰-٤۰ و ٤۰-٦۰ سانتی‌متری اندازه‌گیری شد. پس از تشخیص زمان آبیاری با استفاده از معادله مذکور و نمونه‌های رطوبت خاک، برای تعیین مقدار دقیق آب آبیاری قبل از آبیاری از اعماق ۰-۲۰، ۲۰-٤۰ و ٤۰-٦۰ سانتی‌متری نمونه خاک تهیه گردید. عمق آب آبیاری بگونه‌ای محاسبه شد تا رطوبت خاک در عمق توسعه ریشه را به حد رطوبت ظرفیت مزرعه برساند. برای اندازه‌گیری میزان آب ورودی به کرت‌ها از تانکر مدرج استفاده گردید. اطلاعات مربوط به برخی ویژگی‌های فیزیکی خاک مزرعه محل آزمایش مطابق جدول ۱ می‌باشد.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۱- اطلاعات خاکشناسی مزرعه تحقیقاتی دانشگاه صنعتی اصفهان واقع در لورک نجف‌آباد

عمق خاک	دانسیته ظاهری	درصد مواد آلی	درصد رس	درصد شن	درصد سیلت
۰-۲۰	۱/۳۹	۰/۷۵	۲۹	۳٤	۳۷
۲۰-٤۰	۱/۵۰	۱/۰۹	۲۹	۳۱	٤۰
٤۰-٦۰	۱/۵۵	۰/۱۷	۲۸	۳۸	٤٤
٦۰-۸۰	۱/۵٤	۰/۳۳	۳۳	۲۸	۳۹
۸۰-۱۰۰	۱/۵٦	۰/۱۸	۳۱	۲۷	٤۲

آزمایش بصورت تجزیه مرکب دو محیط (عادی و تنش خشکی) انجام شد که در هر محیط طرح آماری بصورت اسپلیت پلات بر پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. بطوری که گروه‌ها (والدین، نتاج زودرس و نتاج دیررس) به‌عنوان فاکتور اصلی و ژنوتیپ‌های داخل هر گروه به‌عنوان فاکتور فرعی در نظر گرفته شدند. تجزیه واریانس کلی نشان داد که بین دو سطح تنش تفاوت معنی‌داری وجود دارد، بنابراین بررسی شاخص‌ها به تفکیک هر سطح تنش نیز انجام شد. همچنین با توجه به تفاوت معنی‌دار بین گروه‌ها و از آنجایی که هدف نهایی این آزمون انتخاب ژنوتیپ مناسب در هر گروه است، گروه‌ها به صورت جداگانه نیز تجزیه واریانس شدند.

کلن‌ها در اسفند ماه ۱۳۸۷ از خزانه پایه جدا و به مزرعه اصلی منتقل شدند. به منظور تکمیل استقرار، کلن‌ها در هر دو محیط به مدت یک ماه بصورت یکسان آبیاری شدند و آنگاه تیمارهای تنش اعمال گردید. برداشت علوفه طی دو مرحله (برداشت اول در تیرماه و برداشت دوم در مهرماه) طی سال ۱۳۸۸ انجام گردید، سپس علوفه برداشت شده به مدت ٤۸ ساعت در آون در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد، خشک گردید. از عملکرد خشک سالانه در شرایط بدون تنش (Yp) و تنش (Ys) به منظور محاسبه شاخص‌های تحمل به خشکی مطابق روابط زیر استفاده شد.

$$TOL = Y_p - Y_s \quad \text{(Rosielle \& Hamblin, 1981)}$$

$$MP = (Y_p + Y_s)/2 \quad \text{(Rosielle \& Hamblin, 1981)}$$

$$GMP = \sqrt{Y_p \times Y_s} \quad \text{(Fernandez, 1992)}$$

$$STI = (Y_p/\bar{Y}_p)(Y_s/\bar{Y}_s)(\bar{Y}_s/\bar{Y}_p) = (Y_pY_s)/(\bar{Y}_p^2) \quad \text{(Fernandez, 1992)}$$

$$SSI = (1 - (Y_s/Y_p))/SI \qquad SI = 1 - (\bar{Y}_s/\bar{Y}_p) \quad \text{(Fischer \& Mourer, 1978)}$$

www.SID.ir

Archive of SID

تجزیه واریانس به تفکیک هر یک از گروه‌های والدین، زودرس و دیررس بصورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی برای عملکرد در شرایط تنش و عدم تنش رطوبتی انجام شد. سپس مقایسه میانگین عملکرد در شرایط تنش و عدم تنش به روش دانکن صورت گرفت. همچنین همبستگی رتبه بین شاخص‌های مختلف و همچنین عملکرد در شرایط تنش و بدون تنش محاسبه و براساس تحلیل همبستگی‌ها، مناسب‌ترین شاخص‌ها تعیین گردید. بطوری که شاخص مناسب شاخصی است که در هر دو شرایط تنش و بدون تنش همبستگی نسبتاً بالایی با عملکرد داشته باشد (Jafaria *et al.*, 2009). پس از شناسایی بهترین شاخص‌ها، برای تعیین ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی با عملکرد بالا در هر دو محیط برای هر یک از گروه‌ها (والدین، نتاج زودرس و دیررس) نمودار سه‌بعدی توسط نرم‌افزار Sigma Plot ترسیم شد. از آنجایی که در یک نمودار سه‌بعدی فقط روابط بین سه متغیر را می‌توان مطالعه کرد، برای مطالعه همزمان بیش از سه متغیر، نمایش ترسیمی بای‌پلات براساس دو مؤلفه اول با استفاده از نرم‌افزار StatGraphics انجام گردید. همچنین به منظور گروه‌بندی ژنوتیپ‌های مورد بررسی از نظر تحمل به خشکی از تجزیه خوشه‌ای به روش UPGMA براساس فاصله اقلیدسی (به کمک نرم‌افزار SPSS) استفاده گردید.

نتایج

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اختلاف بسیار معنی-داری ($P < 0.001$) بین ژنوتیپ‌ها از نظر عملکرد در شرایط تنش و عدم تنش، در هر سه گروه (والدین، نتاج زودرس و دیررس) وجود داشت که بیانگر وجود تنوع ژنتیکی و امکان گزینش برای تحمل به خشکی است (جدول ۲). مقایسه میانگین ژنوتیپ‌ها در گروه والدین (جدول ۳) نشان داد که در هر دو شرایط تنش و عدم تنش به‌ترتیب بیشترین عملکرد متعلق به ژنوتیپ شماره ۲۱ (Ys=۱۲۱/٤۳) و ژنوتیپ شماره ۱۵ (Yp=۲۳۹/۲۱) و کمترین عملکرد در هر دو شرایط مربوط به ژنوتیپ شماره ۳ (Yp=۱۱/۳۸ و Ys=۸/۷٤) بود. با توجه به این که ژنوتیپ‌های ۲۱ و ۱۵ براساس شاخص میانگین عملکرد (MP)، شاخص میانگین هندسی (GMP)، شاخص تحمل به تنش (STI) و عملکرد در شرایط تنش و عدم تنش (Yp و Ys) از سایر ژنوتیپ‌ها برتر بودند، می‌توان آنها را در گروه والدین به‌عنوان مناسبترین ژنوتیپ‌ها برای استفاده در برنامه‌های تلاقی و یا کشت در مناطق با آبیاری محدود معرفی کرد. مقایسه میانگین ژنوتیپ‌ها در گروه زودرس (جدول ۳) نشان داد که بیشترین عملکرد در شرایط عدم تنش مربوط به ژنوتیپ ۱۰ (Yp=۲۹٦/۲۳) و در شرایط تنش مربوط به ژنوتیپ‌های ۳ (Ys=۱۱٤/۲۳) و ۱۰ (Ys=۱۱۳/۱۸) می‌باشد؛ و کمترین عملکرد در هر دو شرایط تنش و عدم تنش مربوط به ژنوتیپ شماره ۸ (Yp=۳۹/٦۷ و Ys=۲۳/۳۸) بود. از نظر سه شاخص MP، GMP و STI نیز بیشترین مقدار مربوط به ژنوتیپ ۱۰ و کمترین مقدار مربوط به ژنوتیپ ۸ بود. بنابراین ژنوتیپ ۱۰ در گروه زودرس را نیز می‌توان به‌عنوان مناسبترین ژنوتیپ برای کشت در مناطق با آبیاری محدود در نظر گرفت. مقایسه میانگین ژنوتیپ‌ها در گروه دیررس (جدول ۳)

www.SID.ir

Archive of SID

نشان داد که در هر دو شرایط تنش و عدم تنش بیشترین عملکرد مربوط به ژنوتیپ ۳ (Yp=۳۸۲/۹۲ و Ys=۱۰۷/۹۲) و کمترین عملکرد در شرایط عدم تنش مربوط به ژنوتیپ ۱۲ (Yp=۷۵/۷۹) و در شرایط تنش مربوط به ژنوتیپ ۸ (Ys=۹/۰٤) می‌باشد. از نظر کلیه شاخص‌های تحمل به خشکی بجز شاخص SSI بیشترین مقدار مربوط به ژنوتیپ ۳ بود، در حالی که بیشترین مقدار SSI در ژنوتیپ ۸ مشاهده شد.

نتایج همبستگی بین شاخص‌های مقاومت به خشکی در دو شرایط محیطی تنش و عدم تنش در ژنوتیپ‌های فسکیوی بلند در جدول ٤ نشان داده شده است. با توجه به ضرایب همبستگی بین شاخص‌ها در هر سه گروه، همبستگی بسیار معنی‌داری بین شاخص‌های GMP، STI و عملکرد در شرایط تنش و عدم تنش در سطح احتمال ۱ درصد مشاهده شد، بنابراین می‌توان این دو شاخص را به‌عنوان بهترین شاخص برای تخمین پایداری و عملکرد و در نهایت دستیابی به ژنوتیپ‌هایی با عملکرد بالا در هر دو محیط، مورد استفاده قرار داد.

جدول۲- میانگین مربعات حاصل از تجزیه واریانس عملکرد در شرایط تنش وعدم تنش در سه گروه والدین و نتاج زودرس و دیررس ژنوتیپ‌های فسکیوی بلند

منابع تغییر	درجه آزادی	گروه والدین		گروه زودرس		گروه دیررس	
		Yp	Ys	Yp	Ys	Yp	Ys
تکرار	۲	٦۱۰۱/٤*	۱۰۹/٥ ^{ns}	۱۳۷٦۹/۰**	۲۲۹۸/۲**	٤۲۷۷/۹ ^{ns}	۲٤۲/۹ ^{ns}
ژنوتیپ	۲٤	۷۷۸۸/٦**	۱٦۸۸/٥**	۹٥٤۱/۸**	۱۳۱۳/۰**	۳۳۹۲/۲**	۱۳۲٥/۷**
اشتباه	٤۸	۱٤٦۰/۷	۳۳۷/۷	۱۹۳٦/۰	۲۷۳/۳	۱۳۲٥/٥	۲۳٥/۰

ns، * و ** به‌ترتیب عدم معنی‌داری، معنی‌داری در سطح احتمال ٥ درصد ومعنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد

Yp = عملکرد در شرایط عدم تنش(گرم)، Ys= عملکرد در شرایط تنش(گرم)

نتایج بررسی نمودار سه‌بعدی (شکل ۱) براساس Yp، Ys و STI در ژنوتیپ‌های گروه والدین نشان داد که ژنوتیپ‌های ۱، ٥، ٦، ۱٥، ۱۸، ۲۱ و ۲۳ در ناحیه A قرار گرفتند، یعنی دارای تحمل به خشکی و عملکرد بالا در هر دو شرایط تنش و عدم تنش می‌باشند. ژنوتیپ‌های۲، ٤، ۷، ۹، ۱۷، ۲۰ و ۲۲ که در ناحیه B قرارگرفتند، در شرایط عدم تنش دارای عملکرد قابل قبول و در شرایط تنش دارای عملکرد نسبتاً پایین می‌باشند. ژنوتیپ ۲٥ در ناحیه C قرار گرفت، به عبارت دیگر این ژنوتیپ دارای عملکرد بالا فقط در شرایط تنش می‌باشد. ژنوتیپ ۱۲ روی مرز ناحیه A و C و ژنوتیپ ۱۹ روی مرز ناحیه B و D قرار داشتند. سایر ژنوتیپ‌ها در ناحیه D (ژنوتیپ‌های دارای عملکرد پایین در هر دو شرایط تنش و عدم تنش) متمرکز شدند.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۳-مقایسه میانگین شاخص‌های مقاومت به خشکی و عملکرد علوفه در شرایط عادی و تنش خشکی در سه گروه از ژنوتیپ‌های فسکیوی بلند

ژنوتیپ	گروه والدین							گروه زودرس							گروه دیررس						
	Yp	Ys	TOL	MP	GMP	SSI	STI	Yp	Ys	TOL	MP	GMP	SSI	STI	Yp	Ys	TOL	MP	GMP	SSI	STI
۱	۱۵۶/۶۷$^{a-g}$	۸۴/۲۱$^{a-d}$	۱۱۱/۷۲	۱۱۸/۳۵	۱۱۰/۹۳	۰/۸٤	۰/۷۱	۱۵٦/٦٦$^{c-h}$	٤٦/۲۹$^{c-f}$	۱٤۸/۷٤	۱۰۱/٤۷	۷۹/۸۲	۱/۲۱	/۱۵	۹۹/۲۵^{de}	۳۱/۸۹$^{e-h}$	٤۲/٤٦	٦۹/٤۹	٦۲/۸۰	۰/۸٦	۰/۱۲
۲	۱۳۱/۹۵$^{c-g}$	٦۲/۹۷$^{c-g}$	۱۳٤/۹٤	۱۳۰/٤٤	۹۰/٦۸	۱/۲۷	۰/۷٤	۸۱/٦۵^{ij}	۳۷/۹۸$^{c-f}$	۳۱/۸۷	٤۹/۸۸	۸۱/۳۱	۰/۹۰	۰/۰۹	۱۹٤/۸۵^{b}	۸۰/۹۵$^{a-c}$	۱۱۱/٦۲	۱۱۹/٤۹	۱۱۰/۹۸	۰/۸۳	۰/٤۰
۳	۱۱/۳۸^{i}	۸/۷٤^{h}	۱/۷۰	۹/۵۹	۹/۵۵	۰/۳۳	۰/۰۲	۲٤۰/۱٦$^{a-c}$	۱٤٤/۲۳^{a}	۲۱۰/۲۵	۱٦۵/۲٦	۱٤۲/۱۲	۱/۱۳	۰/٤۷	۳۸۲/۹۲^{a}	۱۰۷/۹۲^{a}	۲٦۹/٦٦	۲۳۷/۲	۱۸٤/۸۸	۱/۱۸	۰/۸۷
٤	۱٤٤/٤۱$^{b-g}$	۳۸/۸۷$^{e-h}$	۱۲۸/۷۷	۹۱/٦٤	۷۳/٤	۱/۲۹	۰/۳۱	۱٤٦/۸۳$^{d-i}$	۳۹/۹٤$^{c-f}$	۱۳۸/۰٦	۹۳/۳۹	۵۲/۵۳	۱/۱۰	۰/۱۱	۱۲۰/۸۲$^{b-e}$	۲۰/۵۳^{gh}	۹۹/۲۱	۷۱/۲۲	۵۰/۸٦	۱/۲۰	۰/۱۲
۵	۱۹۵/٦۹$^{a-d}$	۱۰٤/۳۳$^{a-c}$	۱۲۵/۲٤	۱۱۷/۲۲	۷٤/۲۹	۱/۱۳	۰/۳۲	۱٦۹/۷۷$^{c-g}$	٦۵/٦۷$^{b-d}$	۱۳۷/۱۰	۱۱۷/۷۲	۱۰۳/۲۸	۱/۱۰	۰/۵٤	۱۸٦/۸۲^{bc}	۱۰۸/۸۱^{a}	۱۱۸/٤۷	۱۳۷/۷۸	۱۲٦/۹۸	۰/٦۹	۰/۸۳
٦	۱۵۸/۰۲$^{a-f}$	۷۹/۳۷$^{a-f}$	۹۲/٤٦	۱۲۵/٦۰	۱۱٦/۷۸	۰/۹۸	۰/۷۹	۲٦۰/۰۵^{ab}	٤۳/۰۳c-f	۱۸۳/٤۷	۱۳۵/٦۹	۱٦۸/۷۷	۱/۱۲	۰/٦٤	۱۳٦/۲$^{b-e}$	۳۲/۹۱$^{d-h}$	۱۲۵/۷	۷۵/۲٦	٦٤/۵	۱/۱٤	۰/۲۵
۷	۱٤٤/۰۷$^{b-g}$	٤۹/۱۱$^{d-h}$	۱۱۱/٤۹	۹۰/۰٤	۹۱/۲٦	۱/۲۹	۰/۳۱	۱۸۳/٤٤$^{b-g}$	۵۱/۵۸$^{c-f}$	۱۳۱/۸۷	۱۱۷/۵۱	۹۵/۲٦	۱/۰٦	۰/۳٦	۱۲۱/۰۹$^{b-e}$	۳۹/۹۷$^{d-h}$	۷۵/۹۳	۷۰/۷۱	٦۳/۵۲	۰/۹۳	۰/۱۳
۸	۱۱۵/۵٦$^{d-g}$	٦۵/۰۰$^{b-g}$	٦۲/۳۲	۹٦/۱٦	۹۰/۹۷	۰/۸۹	۰/٤۸	۳۹/٦۷^{j}	۲۳/۳۸^{f}	۲٦/۳۱	۳۱/۵۳	۳۰/۱٦	۰/۸٤	۰/۰۳	۱٤۳/٤٤$^{b-e}$	۹/۰٤^{h}	۱۲۳/۹۷	۷۱/۰۳	۳٤/٦۷	۱/٤٤	۰/۰٤
۹	۱٦۵/۱٦$^{a-e}$	٦٦/۱۰$^{b-g}$	۱۳۹/۰۳	۱۲۳/۵۳	۱۰۸/۲۵	۱/۱۲	۰/٦۸	۱۷۳/۳۰$^{b-g}$	۵۵/٦۵$^{c-f}$	۱۱۷/٦۵	۱۱٤/٤۸	۹۵/۸۵	۰/۹۹	۰/۳۵	۱۳۰/۷۳$^{b-e}$	۲۰/۱٦^{gh}	۹٤/۸	۷٦/٦۳	٤۷/۱۸	۱/۲۷	۰/۱۱
۱۰	۷۱/۲۵$^{f-i}$	۳۲/۸۱^{gh}	۳۸/٤۳	۵۲/۰۳	٤۷/۷۵	۰/۸۰	۰/۱۳	۲۹٦/۲۳^{a}	۱۱۳/۱۸^{a}	۱۸۳/۰۵	۲۰٤/۷۱	۲۱۲/۰٦	۰/۹۷	۰/۹۹	۱۲۱/۰۹$^{b-e}$	۱۹/۸۱^{gh}	۷٤/۲۸	۸۳/۹٤	۷۵/۲۸	۰/۹۵	۰/۲۷
۱۱	۱۰۰/٤٤$^{c-h}$	٤۳/۵۸$^{d-h}$	۵٦/۸۵	۷۲/۰۱	٦٦/۰۹	۰/۹۷	۰/۲۵	۱۵٦/۹۵$^{c-h}$	٤۰/۲۹$^{c-f}$	۱٤۱/۷	۱۱۰/۲۷	۹۲/۵	۱/۱۷	۰/۳٤	۱۵۹/۵$^{b-e}$	٦٦/۹٦$^{b-e}$	۱٦۰/۳۸	۱۰۲/۹۳	۱۳۳/۰۰	۱/۱٦	۰/۷٤
۱۲	۱۲۵/۳$^{c-g}$	۷۱/۵۹$^{b-g}$	۱۲۰/۷۹	٦۸/۸۷	٦۵/۱۸	۱/۲۱	۰/۲٤	۱۲٦/۷۳$^{f-i}$	٤۵/۸۹$^{c-f}$	۱۰٤/٤۳	۸٦/۳۱	۷٤/۱۷	۰/۹۳	۰/۲۱	۷۵/۷۹^{e}	۲۹/٤۳$^{f-h}$	٦۰/۸۳	٤۸/۸۸	٤٦/۰٦	۰/۱۵	۰/۱٤
۱۳	۱۸/۳۵^{hi}	۹/۳۹^{h}	۱۵/۵۲	۱۷/۱۵	۱۵/۳۰	۱/۱۳	۰/۰۱	۱۳۰/۲٤$^{e-i}$	۲۸/۲۵^{ef}	۱۰۱/۹۹	۷۹/۲۵	٦۰/۰۵	۱/۱۹	۰/۱٤	۱۸٤/۲٦$^{b-d}$	۸۸/۹۱^{ab}	۱۳۲/۹۲	۱۱۷/۸	۹۷/۱٤	۱/۱۰	۰/۷۳
۱٤	۹۲/۳۵$^{e-i}$	۱۸/۹٦^{h}	٤۱/۳۷	۳۹/٦٤	۱۵/۳۰	۱/۳۹	۰/۰۱	۱۲۳/۵۱$^{f-j}$	۳۳/۳۷$^{d-f}$	۹٦/۲۹	۷۵/۳۷	۵۷/۸۱	۱/۲۱	۰/۱۸	۸۸/۲۱^{e}	٤٤/۲۲$^{d-h}$	۳٤/٦	۸۳/٦	۸۱/۷۹	۰/۵۳	۰/۳۲
۱۵	۲۳۹/۲۱^{a}	۱۰۷/۰۵^{ab}	۱۳۲/۱٦	۱۷۳/۱۳	۱۵۸/۲۵	۱/۱۵	۰/۹۹	۷۵/٤٤$^{h-j}$	۳۲/۰۸$^{d-f}$	٤۳/۳٦	۵۳/۷٦	۵۳/٤	۰/۹۹	۰/۰۹	۱۰۵/۲۹$^{c-e}$	۳۲/۷٦$^{d-h}$	٤۵/۵۳	٦۹/۰۲	۵٦/۹۱	۱/۱۷	۰/۱۵۹۳
۱٦	۱۲۱/۵٤$^{d-g}$	۵۹/٦۸$^{d-g}$	۹۰/۸۸	۷٤/۷	۷٤/٤۰	۱/۲۲	۰/۲۳	۱۹۵/٤۷$^{b-f}$	۵۱/۷۳$^{c-f}$	۱۳۵/۵۹	۱۰۳/۳۳	۱۰۸/۱۱	۰/۹۸	۰/٤۵	۱۳٦/۲۵$^{b-e}$	٤۹/۱۹$^{c-g}$	۱۵۰/۷۲	۱۰۹/۳۹	۸۹/۸۸	۱/۲۰	۰/۲۹۹۹
۱۷	۲۱۲/۱٦$^{a-c}$	۵۸/۹$^{d-g}$	۱٤۹/٦٦	۱۳۳/۷۳	۱۱۰/٦۷	۱/۳۱	۰/۷۳	۱۳۱/۳۲$^{e-i}$	٤٤/٦۷$^{c-f}$	۵٤/ ۷۳	۸۸/۰۰	۸۹/۲۲	۰/۹۹	۰/۳۱	۹۹/۵٦^{de}	۳۷/۷$^{d-h}$	٦۱/۸٦	٦۸/٦۳	٦۰/۵۵	۰/۹۳	۰/۱۷۸٤
۱۸	۱۵۲/۹۱$^{b-g}$	٦٦/٦٦$^{b-g}$	۸٦/۸۰	۱۳۷/٤۳	۱۳۰/٤۰	۰/۸۲	۰/۵۷	۱۰۱/۱۸$^{g-j}$	٤۵/٤۹$^{c-f}$	۵۵/٦۹	۷۳/۳٤	٦۷/۱۳	۰/۸٤	۰/۱۸	۱۳۰/۳٦$^{b-e}$	٤۷/۷۷$^{c-g}$	۱۰۵/۱۸	۸٤/۳۷	٦۹/۲٦	۱/۰۹	۰/۲٤۲٦
۱۹	۱۲۵/۸۱$^{c-g}$	۳٤/۰٦^{gh}	۹٤/۳۰	٦٤/۹٦	۵۲/۹۸	۰/۹۸	۰/۲۱	۱۷۲/٦۱$^{b-g}$	٤۷/٦۲$^{c-f}$	۱۲٤/۹۹	۱۱۰/۱۱	۹۰/۳۲	۱/۱۱	۰/۳۲	۱۵۹/۷۹$^{b-e}$	٤۲/۳۹$^{d-h}$	۹۵/۷	۱۰۱/۰۹	۸۱/٤٤	۱/۱۲	۰/۳۲۲۳
۲۰	۱۳۸/٦۲$^{b-g}$	٦۰/۰۳$^{d-g}$	۸٦/۳٤	۸۸/۷۸	۸۱/۸۷	۱/۱٤	۰/۳۱	۱٤۰/۰۱$^{e-i}$	٦۵/۳۲$^{b-d}$	۹۷/۰۱	۱۰۲/٦٦	۹٤/۲۷	۰/۹٦	۰/۳٦	۱۳۳/۰٦$^{b-e}$	٦۱/۱۳$^{b-f}$	۷۱٤/۹۳	۹۷/۱	۸۹/۰٤	۰/۸٦	۰/٤۱۲۱
۲۱	۲۲۳/٤۵^{ab}	۱۲۱/٤۳^{a}	۱٤٦/۲۲	۱۷۲/٤٤	۱٦۲/۷٤	۰/۹۸	۰/۸۹	۷۵/۹۵$^{h-j}$	۵۹/۷$^{b-e}$	۳۵/۲۲	۱۱۳/۳۳	۱۰۳/۲٤	۰/٦۷	۰/۳۱	۱٤۹/٤۹$^{b-e}$	٦۱/۸۷$^{b-f}$	۹٤/٦۹	۱۰۹/۲۲	۹۸/۳٦	۰/۹٤	۰/٤۸۵
۲۲	۱۲۰/۱۳$^{d-g}$	٤۲/۹٤$^{d-h}$	۱۳۳/۷۲	۱۰۷/۷۷	۸٤/۰۸	۱/٤۰	۰/٤۲	۱۹۷/٦۷$^{b-f}$	۵۹/۸۷$^{b-e}$	۸۸/۳۷	۱۲۸/۷۷	۱۰۷/۰۸	۱/۰۲	۰/٤٦	۱۲۰/۳۸$^{b-e}$	۳۵/٦۸$^{d-h}$	٦۳/۰۵	۷۸/۰۳	٦٤/۸	۱/۰٦	۰/۲۱
۲۳	۱۵۱/۷۸$^{b-g}$	۷۱/۲۸$^{b-g}$	۸٤/۷۹	۹٤/۲	۷۳/۷۹	۱/۰۰	۰/٦۰	۲۳۱/۰٤$^{a-d}$	۸۸/۷۳^{ab}	۱۳۹/۷۵	۱۳۷/۸۲	۱۲۷/۰۹	۰/۹۳	۰/۸۲	۱٤٤/٦٤$^{b-e}$	۵۷/۳۱$^{b-f}$	۷۱/٤۰	۱۰۰/۹۸	۹۰/۵٦	۰/۸٤	۰/٤۰
۲٤	٦۹/۲٦$^{g-i}$	۳٦/۰٤$^{f-h}$	٦۲/٦۳	۵۹/۹٤	۵۳/۰۵	۰/۷۰	۰/۱٦	۲۱۸/۰۷$^{a-e}$	۵۱/۲۷$^{c-f}$	۱٦٦/۸	۱۳٤/٦۷	۱۰۵/۲۲	۱/۱۸	۰/۳۲	۱۴۷/۳۹$^{b-e}$	٦۷/۹۷$^{b-d}$	۱۵/٦	۱۲۳/۳۷	۱۱۸/۳۹	۰/۲۱	۰/٤۳
۲۵	۷۹/۷۳$^{f-i}$	۸۲/۷۸$^{a-e}$	۵۳/۷۱	۷۲/٦۷	۷۰/۲۸	۰/٦۷	۰/۲۰	۱۵۸/٤۲$^{c-h}$	۷۲/۱۳^{bc}	۷۵/۸٦	۱۲۰/٤۹	۱۱٤/۲٦	۰/۷٤	۰/٦۲	۱۵۵/۸۲$^{b-e}$	۳۸/٦۵$^{d-h}$	۸٤/۵۵	۷٦/۸۷	٦٦/٦۸	۰/۰۳	۰/۲۲

میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک در هر ستون اختلاف معنی‌داری به روش دانکن و در سطح احتمال ۵ درصد ندارند.

Yp= عملکرد در شرایط عدم تنش(گرم)، **Ys**= عملکرد در شرایط تنش (گرم)، **TOL**= شاخص تحمل به تنش، **MP**= میانگین عملکرد، **GMP**= میانگین هندسی عملکرد، **SSI**= شاخص حساسیت به تنش، **STI**= شاخص تحمل

www.SID.ir

Archive of SID

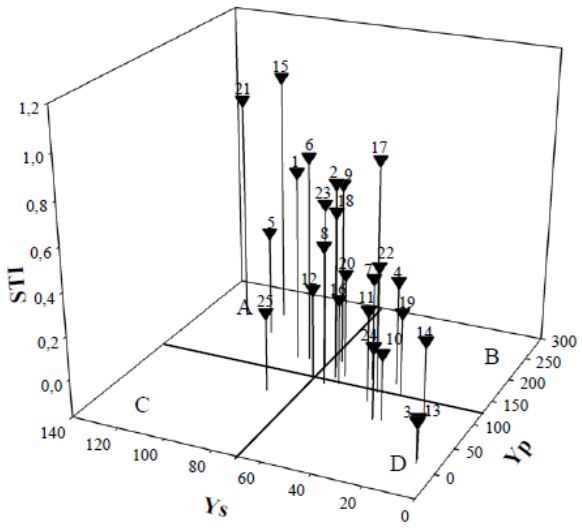
جدول ٤- همبستگی رتبه‌ای بین شاخص‌های مقاومت به خشکی در دو شرایط محیطی تنش و عدم تنش در ژنوتیپ‌های فسکیوی بلند+

	Yp	Ys	TOL	MP	GMP	SSI	STI
Yp	۱	۰/۷۲**	۰/۷۹**	۰/۸۷**	۰/۸۲**	۰/۳۰ ^{ns}	۰/۸۷**
Ys	۰/۷۰**	۱	۰/٤۹*	۰/۷٤**	۰/۷۹**	-۰/۰۹ ^{ns}	۰/۷۹**
TOL	۰/٦۸**	۰/۳۲ ^{ns}	۱	۰/۷۷**	۰/٦۸**	۰/٥٤**	۰/۷٦**
MP	۰/۸۱**	۰/۸٤**	۰/٤۷*	۱	۰/۹٤**	۰/۲۱ ^{ns}	۰/۹٦**
GMP	۰/۷۲**	۰/۹۲**	۰/۳۳ ^{ns}	۰/۹۳**	۱	۰/۱٥ ^{ns}	۰/۹۱**
SSI	۰/۱٥ ^{ns}	-۰/۳۱ ^{ns}	۰/٦۰**	-۰/۸۰ ^{ns}	-۰/۲۷ ^{ns}	۱	۰/۲۳ ^{ns}
STI	۰/٦۹**	۰/۸۹**	۰/۳۳ ^{ns}	۰/۸۸**	۰/۹٦**	-۰/۲٦ ^{ns}	۱

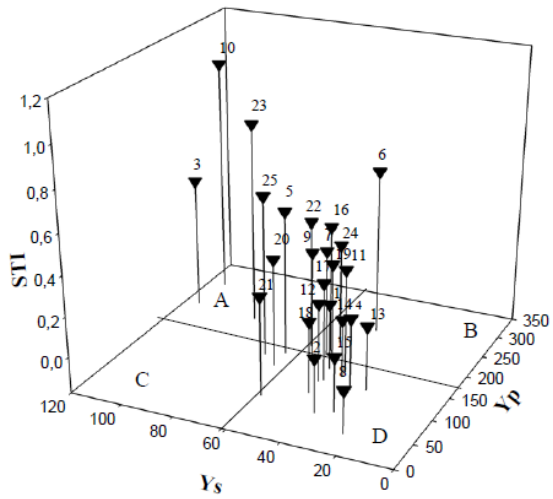
ns، * و ** به‌ترتیب عدم معنی‌داری و معنی‌داری در سطح احتمال ٥ و ۱ درصد

+ اعداد بالا و پایین جدول به‌ترتیب مربوط به گروه‌های والدین و دیررس می‌باشند. به دلیل تشابه زیاد از ذکر همبستگی‌های گروه زودرس خودداری شده است.

Yp= عملکرد در شرایط عدم تنش (گرم)، **Ys**= عملکرد در شرایط تنش(گرم)، **TOL**= شاخص تحمل به تنش، **MP**= میانگین عملکرد، **GMP**= میانگین هندسی عملکرد، **SSI**= شاخص حساسیت به تنش، **STI**= شاخص تحمل



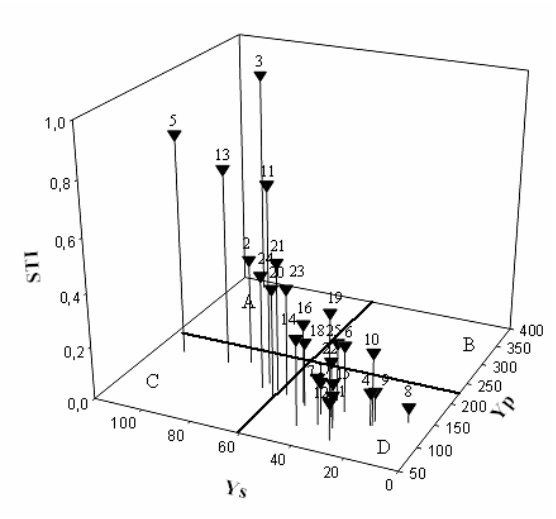
شکل ۱- نمودار سه‌بعدی براساس شاخص STI و عملکرد علوفه خشک (گرم) در هر دو محیط رطوبتی در ژنوتیپ‌های فسکیوی بلند گروه والدین



شکل ۲- نمودار سه‌بعدی براساس شاخص STI و عملکرد علوفه خشک (گرم) در هر دو محیط رطوبتی در ژنوتیپ‌های فسکیوی بلند، گروه زودرس

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۳- نمودار سه‌بعدی براساس شاخص STI و عملکرد علوفه خشک (گرم) در هر دو محیط رطوبتی در ژنوتیپ‌های فسکیوی بلند، گروه دیررس

نتایج بررسی نمودار سه‌بعدی در مورد ژنوتیپ‌های گروه زودرس (شکل۲) نشان داد که ژنوتیپ‌های ۳، ۱۰ و ۲۳ در ناحیه A قرار گرفتند که ۱۲ درصد ژنوتیپ‌ها را شامل می‌شوند. ژنوتیپ‌های ٦، ۷، ۹، ١٦، ۱۹، ۲۲ و ٢٤ در ناحیه B و ژنوتیپ‌های ۵، ۲۰ و ۲۵ در ناحیه C و سایر ژنوتیپ‌ها در ناحیه D قرار گرفتند. در گروه دیررس (شکل ۳) ژنوتیپ ۳ در ناحیه A، ژنوتیپ ۲۰ در ناحیه مرزی C و D، ژنوتیپ‌های ۲، ۵، ۱۱، ۱۳، ۲۱ و ٢٤ در ناحیه C و سایر ژنوتیپ‌ها در ناحیه D قرار گرفتند. نتایج حاصله از نمودارهای سه‌بعدی Yp، Ys و GMP بسیار مشابه نتایج حاصل از نمودارهای سه‌بعدی Yp، Ys و STI بود که از تکرار آن خودداری شد. این تشابه بسیار زیاد با توجه به همبستگی بسیار بالای شاخص STI و شاخص GMP دور از انتظار نبود. به منظور مطالعه همزمان روابط بین تمام شاخص‌ها و عملکرد در دو شرایط تنش و عدم تنش در هر گروه، ترسیم بای‌پلات (Biplot) براساس دو مؤلفه اصلی صورت گرفت. در هر سه گروه بیش از ۹۰ درصد تنوع داده‌ها به وسیله دو مؤلفه اول توجیه شد (جدول ۵). در این بررسی اولین مؤلفه اصلی همبستگی مثبت و بالایی را با عملکرد در شرایط عدم تنش (Yp) و تنش (Ys) و نیز شاخص‌های MP، GMP و STI در هر سه گروه والدین، زودرس و دیررس داشت. بنابراین مؤلفه اول را می‌توان مؤلفه پتانسیل عملکرد نامید. در مؤلفه دوم شاخص‌های TOLو SSI بار بیشتری داشتند، بنابراین این مؤلفه را می‌توان مؤلفه حساسیت نامید. از نظر مؤلفه اول، همان‌طور که در نمودار شکل ٤ مشاهده می‌گردد ژنوتیپ ۲۱ و ۱۵ در

www.SID.ir

Archive of SID

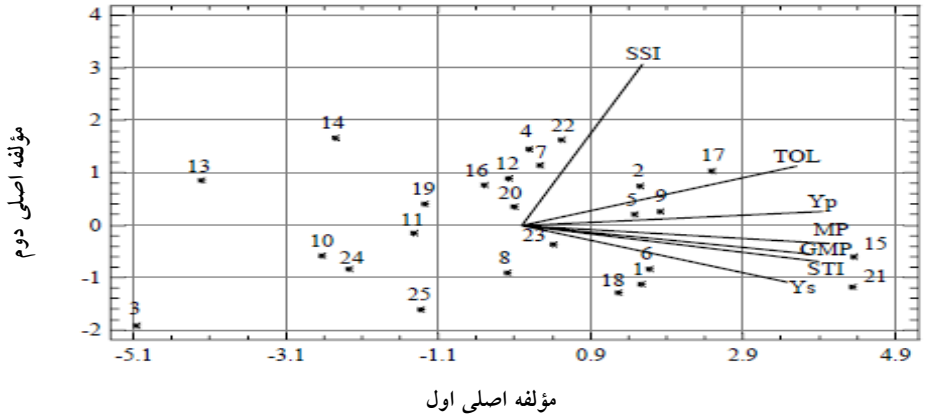
گروه والدین دارای بالاترین مقادیر مؤلفه اول بودند که قبلا نیز (جدول ۲) بیشترین مقادیر Yp، Ys، MP، GMP و STI را به خود اختصاص دادند. در مقابل، ژنوتیپ‌های ۳ و ۱۳ دارای کمترین مؤلفه اول بودند که در جدول ۲ پایین‌ترین مقادیر Yp، Ys، MP، GMP و STI را به خود اختصاص دادند. نمودار بای‌پلات در گروه زودرس ژنوتیپ‌های فسکیوی بلند (شکل ۵) نشان داد که ژنوتیپ‌های ۳ و ۱۰ دارای بیشترین و ژنوتیپ‌های ۲، ۸ و ۱۵ دارای کمترین مقدار مؤلفه اول می‌باشند. در گروه دیررس (شکل ٦) مشاهده شد که ژنوتیپ ۳ دارای بیشترین و ژنوتیپ ۱۲ دارای کمترین مقدار مؤلفه اول بودند. از نظر مؤلفه دوم، با توجه به نمودار شکل ٤ می‌توان اظهار نمود که در گروه والدین ژنوتیپ ۲۱ دارای کمترین و ژنوتیپ ١٤ دارای بیشترین مقدار مؤلفه دوم می‌باشند. در گروه زودرس ژنوتیپ‌های ۲۱ و ۱ در گروه دیررس ژنوتیپ‌های ٢٤ و ۸ به‌ترتیب دارای کمترین و بیشترین مقدار مؤلفه دوم بودند. در مجموع به نظر می‌رسد برای محیط‌های دارای تنش خشکی ژنوتیپ‌های ۱۵ و ۲۱ از گروه والدین، ۱۰ و ۲۳ از گروه زودرس، ۳، ۵ و ۱۳ از گروه دیررس که بیشترین مقادیر مؤلفه اول و تا حدودی کمترین مقادیر مؤلفه دوم را به خود اختصاص داده‌اند مناسبتر می‌باشند.

جدول ۵- مقادیر ویژه، سهم تجمعی و بردارهای ویژه شاخص‌های تحمل به خشکی در سه گروه از ژنوتیپ‌های فسکیوی بلند

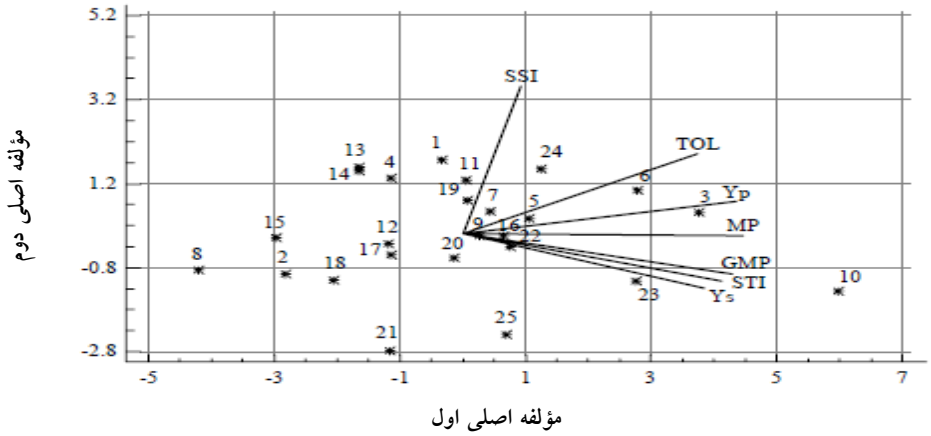
شاخص تحمل به	گروه والدین		گروه زودرس		گروه دیررس	
خشکی	مؤلفه اول	مؤلفه دوم	مؤلفه اول	مؤلفه دوم	مؤلفه اول	مؤلفه دوم
Yp	۰/٤۲	۰/۰۷	۰/٤۳	۰/۱۷	۰/٤۲	۰/۱۹
Ys	۰/۳۷	-۰/۳۰	۰/۳۸	-۰/۲۸	۰/٤۰	-۰/۲۷
TOL	۰/۳۸	۰/۳۲	۰/۳۷	۰/٤۲	۰/۳٤	۰/٤۵
MP	۰/٤۳	-۰/۱۰	۰/٤۸	-۰/۰۱	۰/٤٤	-۰/۰۰
GMP	۰/٤۱	-۰/۱۹	۰/٤۲	-۰/۲۱	۰/٤۳	-۰/۱۹
SSI	۰/۱۷	۰/۸٦	۰/۰۹	۰/۷۸	۰/۰۳	۰/۷۸
STI	۰/٤۰	-۰/۱٦	۰/٤۰	-۰/۲۵	۰/٤۱	-۰/۱۷
مقادیر ویژه	۵/۳	۱/۳	۵/۰	۱/۵	٤/۹	۱/۵
سهم تجمعی	۰/۷۵	۰/۹۱	۰/۷۱	۰/۹۳	۰/۷۰	۰/۹۲

www.SID.ir

Archive of SID



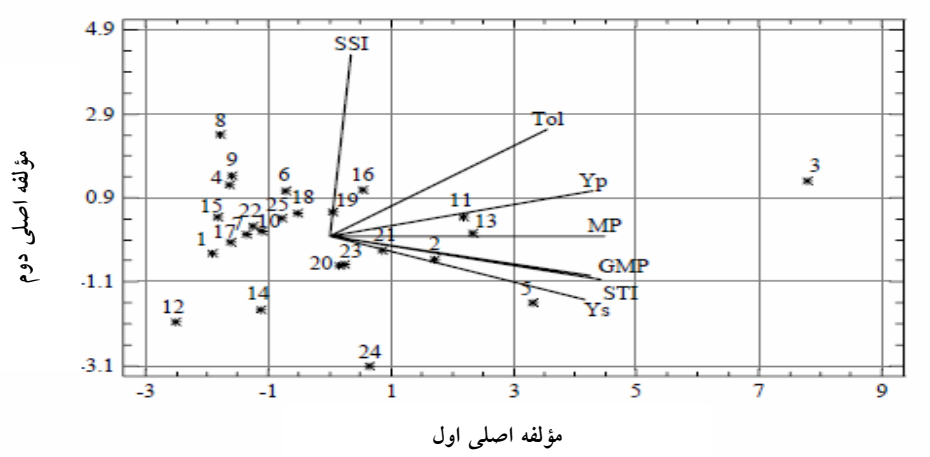
شکل ٤- نمودار بای‌پلات براساس مؤلفه‌های اصلی اول و دوم در هفت شاخص تحمل برای ژنوتیپ‌های فسکیوی بلند در گروه والدین



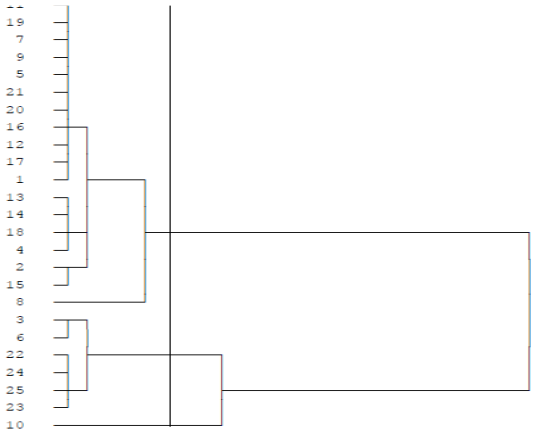
شکل ٥- نمودار بای‌پلات براساس مؤلفه‌های اصلی اول و دوم در هفت شاخص تحمل برای ژنوتیپ‌های فسکیوی بلند در گروه زودرس

www.SID.ir

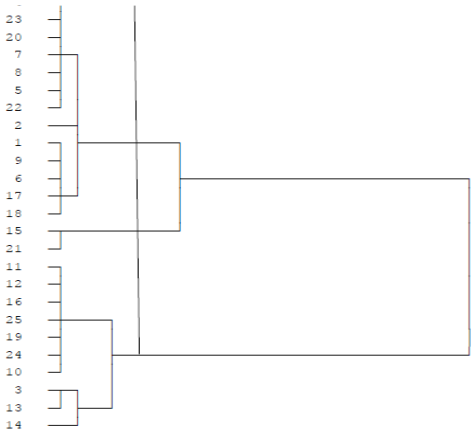
Archive of SID



شکل ٦- نمودار بای‌پلات براساس مؤلفه‌های اصلی اول و دوم در هفت شاخص تحمل برای ژنوتیپ‌های فسکیوی بلند در گروه دیررس



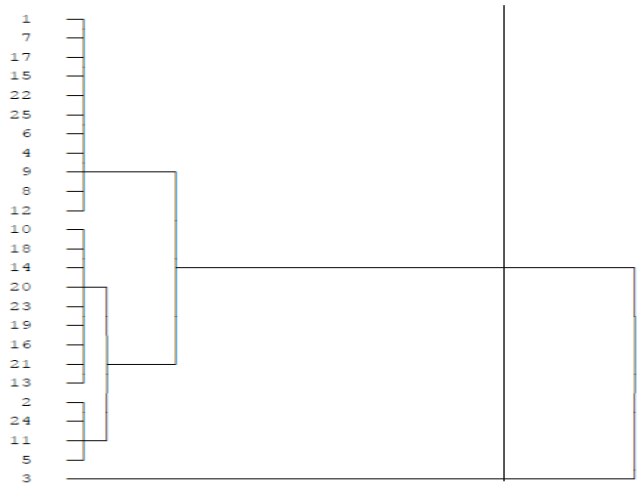
شکل ۷- نمودار خوشه‌ای به روش UPGMA برای گروه والدین



شکل ۸- نمودار خوشه‌ای به روش UPGMA برای گروه زودرس

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۹- نمودار خوشه‌ای به روش UPGMA برای گروه دیررس

به منظور گروه‌بندی ژنوتیپ‌ها در هر سه گروه بر مبنای شاخص‌های MP، GMP و STI از تجزیه خوشه‌ای و روش UPMGA استفاده شد. نمودار درختی (Dendrogram) مربوط به گروه والدین، گروه زودرس و گروه دیررس به‌ترتیب در شکل‌های ۷، ۸ و ۹ نشان داد که در گروه والدین ژنوتیپ‌های ۲۱ و ۱۵، در گروه زودرس ژنوتیپ ۱۰ و در گروه دیررس ژنوتیپ ۳ با توجه به این که دارای بالاترین مقادیر برای شاخص‌های MP، GMP و STI بودند در یک گروه به‌عنوان گروه متحمل به خشکی قرار گرفتند. بنابراین می‌توان اظهار داشت، نتایج به دست آمده از نمودار درختی تأییدی بر نتایج حاصل از نمودار سه‌بعدی و نمودار بای‌پلات است.

بحث

اصلاح برای تحمل به تنش خشکی به منظور ایجاد ارقام مقاوم برای کشت در مناطق کم آب همواره با مشکلات خاص خود مواجه بوده است که از بزرگترین آنها عدم وجود معیارها و روش‌های مؤثر برای گزینش ژنوتیپ‌های متحمل می‌باشد. بر این اساس برخی محققان (Hall, 1993; Blum, 1988) اندازه‌گیری مقاومت به خشکی را با مقایسه ارتباط عملکرد یک ژنوتیپ در شرایط مساعد با عملکرد همان ژنوتیپ در شرایط خشکی تعریف کردند، بطوری که حساسیت به خشکی به‌عنوان تابعی از کاهش در عملکرد تحت تنش خشکی اندازه‌گیری شود. بر این اساس چند شاخص تحمل به تنش خشکی تعریف گردید که در این

www.SID.ir

Archive of SID

پژوهش نیز تعدادی از آنها مورد استفاده قرار گرفتند. در این مطالعه همبستگی رتبه بین شاخص‌ها در هر سه گروه حاکی از همبستگی بسیار معنی‌داری بین شاخص‌های GMP، STI و عملکرد در شرایط تنش و عدم تنش بود؛ بنابراین می‌توان این دو شاخص را به‌عنوان بهترین شاخص برای تخمین پایداری و عملکرد و در نهایت دستیابی به ژنوتیپ‌هایی با عملکرد بالا در هر دو محیط، مورد استفاده قرار داد. نتایج این پژوهش از نظر گزینش شاخص‌های STI و GMP با یافته‌های فرناندز (Fernandez, 1992) مطابقت دارد. عزیزی و همکاران نیز نتیجه گرفتند که دو شاخص مذکور بیشترین همبستگی را با عملکرد دارد (Azizi Chakherchaman, 2009). به طور کلی انتظار می‌رود ژنوتیپ‌های دارای مقادیر بالا برای شاخص‌های GMP و STI دارای تحمل زیادی نسبت به خشکی باشند و هر چه مقدار شاخص‌های SSI و TOL بیشتر باشد نشان‌دهنده تحمل کمتر در ژنوتیپ مربوطه می‌باشد. با این حال تنها پایین بودن مقادیر شاخص‌های SSI و TOL برای یک ژنوتیپ به منزله مناسب بودن آن جهت کشت در شرایط تنش نیست، زیرا ممکن است ژنوتیپ‌هایی یافت شوند که دارای حساسیت پایین به خشکی باشند ولی دارای عملکرد پایین در هر دو شرایط نیز باشند (Kell & Ramirez, ۱۹۹۸). در این آزمایش نیز مشاهده شد که ژنوتیپ ۸ از گروه زودرس دارای کمترین مقدار TOL بود، در حالی که کمترین عملکرد در شرایط تنش و عدم تنش را داشت. از طرف دیگر ممکن است ژنوتیپ‌هایی دارای حساسیت بالا به خشکی باشند، ولی به علت برتری زیاد عملکرد آنها در شرایط عدم تنش با وجود افت عملکرد زیاد نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها، همچنان در شرایط تنش دارای بیشترین عملکرد باشند. چنانکه در این آزمایش ژنوتیپ شماره ۱۰ در گروه زودرس و ژنوتیپ ۳ در گروه دیررس با وجود مقدار زیاد شاخص تحمل (TOL) به‌عنوان مناسبترین ژنوتیپ از نظر شاخص‌های تحمل به خشکی و عملکرد در شرایط تنش و عدم تنش بودند.

مقایسه میانگین‌ها نیز نشان داد که می‌توان در هر گروه متفاوت از نظر زمان گلدهی نسبت به انتخاب ژنوتیپ‌های مناسب برای استفاده در برنامه‌های اصلاحی و ایجاد واریته ترکیبی متحمل به تنش اقدام نمود. با وجود این، بررسی تکمیلی در این زمینه به‌ویژه مطالعه ترکیب‌پذیری عمومی تحمل به خشکی ژنوتیپ‌ها می‌تواند اطلاعات کاملتری فراهم نماید. نتایج حاصل از بررسی نمودار سه‌بعدی حاکی از آن بود که بخش قابل توجهی از ژنوتیپ‌ها در هر یک از سه گروه مورد مطالعه در ناحیه A قرار گرفتند به‌عنوان مثال در گروه والدین حدود ۲۸ درصد از ژنوتیپ‌ها در این ناحیه بودند. لذا این ژنوتیپ‌ها ضمن داشتن عملکرد بالا در شرایط عدم تنش دارای عملکرد نسبتاً خوب و قابل قبولی در شرایط تنش می‌باشند، از این رو ژنوتیپ‌های مورد بحث برای اصلاح و ایجاد ارقام متحمل و دارای تولید بالا در شرایط خشکی مناسب هستند.

یکی از روش‌های پیشرفته آماری که از طریق آن می‌توان به طور همزمان به مطالعه تعداد زیادی متغیر پیوسته پرداخت روش تجزیه به مؤلفه‌های اصلی می‌باشد. این روش تنوع موجود در تعداد زیادی متغیر اولیه را در تعداد کمی مؤلفه خلاصه می‌کند، به طوری‌که ترسیم گرافیکی آنها اطلاعات ارزنده‌ای در مورد مشاهدات و ارتباط آنها با متغیرهای اولیه در اختیار قرار می‌دهد (Johnson &

www.SID.ir

Archive of SID

Wichern, 2007). در این مطالعه در هر سه گروه بیش از ۹۰ درصد تنوع داده‌ها به وسیله دو مؤلفه اول توجیه شد(جدول ۵) که نشان می‌دهد این روش بطور کامل قابلیت خلاصه کردن ابعاد داده‌های مربوط به شاخص‌های تحمل در این مطالعه را داراست. در این بررسی اولین مؤلفه اصلی همبستگی مثبت و بالایی را با عملکرد در شرایط عدم تنش (Yp) و تنش (Ys) و نیز شاخص‌های MP، GMP و STI در هر سه گروه والدین، زودرس و دیررس داشت. بنابراین مؤلفه اول را می‌توان مؤلفه پتانسیل عملکرد نامید، به طوری‌که انتخاب براساس این مؤلفه، ژنوتیپ‌هایی را گزینش می‌کند که عملکرد بالایی در هر دو محیط تنش و عدم تنش دارند. در مؤلفه دوم شاخص‌های TOL و SSI بار بیشتری داشتند. بنابراین این مؤلفه را می‌توان مؤلفه حساسیت نامید. انتخاب براساس این مؤلفه موجب گزینش ژنوتیپ‌هایی با تحمل پایین و حساسیت به خشکی بالا می‌گردد (Thomas, *et al*., 1996). در این خصوص Kaya و همکاران (۲۰۰۲) توانستند نشان دهند ژنوتیپ‌هایی که مؤلفه اول بیشتر و مؤلفه دوم کمتری دارند از نمره عملکرد بالا و ژنوتیپ‌هایی که مؤلفه اول کمتر و مؤلفه دوم بیشتری دارند از نمره عملکرد پایینی برخوردار می‌باشند.

به طور کلی نتایج این تحقیق نشان داد که ژنوتیپ‌های موجود در گروه‌های مختلف از نظر عملکرد در دو شرایط تنش و عدم تنش و نیز شاخص‌های تحمل به خشکی دارای تنوع بودند بنابراین ارزیابی آنها براساس این شاخص‌ها، به‌ویژه شاخص‌های MP، GMP و STI که همبستگی مثبت و معنی‌داری با یکدیگر و با عملکرد در شرایط تنش و عدم تنش داشتند، می‌تواند منجر به یافتن ژنوتیپ‌هایی با عملکرد مناسب در هر دو شرایط شود و راه را برای تولید واریته ساختگی سازگار برای مناطق با آبیاری محدود هموارتر نماید. نتایج حاصل از ترسیم نمودار سه‌بعدی و گروه‌بندی ژنوتیپ‌ها نشان داد که امکان شناسایی ژنوتیپ‌های دور در مواد ژنتیکی مورد مطالعه و ایجاد جوامع در حال تفرق به منظور نقشه‌یابی و پیشبرد مطالعات اصلاحی تکمیلی وجود دارد.

منابع مورد استفاده

- Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D. and Smith, M., 1998. Crop Evapotranspiration-Guidelines for Computing Crop Water Requirements. Irrigation and Drainage Paper 56, Rome, Italy, 300 pp.
- Azizi Chakherchaman, S.H., Mostafaei, H., Imanparast, L. and Eivazian, M.R., 2009. Evaluation of drought tolerance in lentil advanced genotypes in Ardabil region. Journal of Food Agriculture and Environ, 7: 283–288.
- Betran, F.J., Beck, D., Banziger, M. and Edmeades, G.O., 2003. Genetic analysis of inbred and hybrid grain yield under stress and nonstress environments in tropical maize. Crop Science, 43: 807–817.
- Blum, A., 1988. Plant Breeding for Stress Environments. CRC press, Boca Raton, *FL*. pp 38-78
- Byrne, P.F., Bolanos, J., Edmeades, G.O. and Eaton, D.L., 1995. Gains from selection under drought versus multilocation testing in related tropical maize populations. Crop Science, 35: 63–69.
- Ceccarelli, S., 1987. Yield potential and drought tolerance of segregating populations of barley in contrasting environments. Euphytica, 40: 197–205.
- Clarke, J.M., De Pauw, R.M. and Townley-Smith, T.M., 1992. Evaluation of methods for quantification of drought tolerance in wheat. Crop Science, 32: 728–732.
- Dane, J.H., Walker, R.H., Kamwe, L.B. and Belcher, J. L., 2006. Tall fescue and hybrid bluegrass response to soil water metric head limits. Agriculture and Water Management, 86: 177-186.
- Farayedi, Y., 2004. Study of drought stress in Kabouli chickpea genotypes. Journal of Agriculture Science, 6: 27-38

www.SID.ir

Archive of SID

– Fernandez, G.C.J., 1992. Effective selection criteria for assessing plant stress tolerance. In: Kuo,C.C. (Ed), Proc. Of an International Symposium on Adaptation of Food Crops to Temperature and Water Stress. *AVRDC*, Shanhua, Taiwan. 257-270.

– Fischer, R.A. and Mourer, R., 1978. Drought resistance in spring wheat cultivar, I: Grain yield responses. Australian Journal of Agriculture Research, 29: 897-912.

– Gazanchian, A., Khosh Kholgh Sima, N.A., Malboobi, M.A., and Majidi Heravan, E., 2006. Relationships between emergence and soil water content for perennial cool-season grasses native to Iran. Crop Science, 46:544-553

– 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. Canadian Journal of Plant Science, 77: 523–531.

– Hall, A.E., 1993. Is dehydration tolerance relevant to genotypic differences in leaf senescence and crop adaptation to dry environments? Plant Responses to cellular dehydration during environmental stress. pp.1-10. Blum, A., 1988. Plant breeding for Stress environments CRC Press, Florida. 212.

– Jafaria, A., Paknejada, F. and, Jami AL-Ahmadi, M., 2009. Evaluation of selection indices for drought tolerance of corn (*Zea mays* L.) hybrids. Plant Production, 3: 1735-8043

– Johnson, R.A. and Wichern, D.W., 2007. Applied multivariate statistical analysis. Prentice Hall Inter. Inc. New Jersey, USA.

– Jiang, Y. and Hung, B., 2001. Drought and heat stress injury to two cool-season turfgrasses in relation to antioxidant metabolism and lipid peroxidation. Crop Science, 41: 436-442

– Kaya, Y., Palta, C. and Taner, S., 2002. Additive main effects and multiplicative interactions analysis of yield performances in bread wheat genotypes across environments. Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 26: 275-279

– Majidi, M.M., Mirlohi, A. and Amini, F., 2009. Genetic variation, heritability and correlations of agro-morphological traits in tall fescue (*Festuca arundinacea* Schreb.). Euphytica, 167: 323-331.

– Ramirez, V.P. and Kelly, J.D., 1998. Traits related to drought resistance in common bean. Euphytica, 99: 127-136

– Richards, R.A., 1996. Defining selection criteria to improve yield under drought. *Plant Growth Reguationl*, 20: 157–166.

– Rosielle, A.A. and Hamblin, J., 1981. Theoretical aspects of selection for yield in stress and non-stress environments. Crop Science, 21: 943-946

– Thomas, H., Dalton, S.J., Evans, C., Chorlton, K.H. and Thomas, I.D., 1996. Evaluating drought resistance in germplasm of meadow fescue. Euphytica, 92: 401-411.

– Van Ginkel, M., Calhoun, D.S., Gebeyehu, G., Miranda, A., Tian-you, C., Pargas Lara, R., Trethowan, R.M., Sayre, K., Crossa, L. and Rajaram, S., 1998. Plant traits related to yield of wheat in early, late, or continuous drought conditions. Euphytica, 100: 109–121.

www.SID.ir

Archive of SID

Assessment of drought tolerance indices in tall fescue genotypes (*Festuca arundinasea* Schreb.)

M. Ebrahimiyan[1], M.M. Majidi[*2], A. Mirlohi[3] and M. Gheysari[4]

1- M.Sc., Plant breeding, Isfahan University of Technology, Isfahan, I.R.Iran
2*- Corresponding author, Assis. Prof., Isfahan University of Technology, Isfahan, I.R.Iran
E-mail: mahdimajidi@yahoo.com
3- Prof., Isfahan University of Technology, Isfahan, I.R.Iran
4- Assis. Prof., Isfahan University of Technology, Isfahan, I.R.Iran

Received: 02.08.2009 Accepted: 05.03.2011

Abstract

In order to study drought tolerance indices and to identify drought tolerant genotypes, 75 genotype of tall fescue (*Festuca arundinace*) (25 early maturity, 25 late maturity and 25 parental genotypes) were evaluated under moisture stress and non-stress field environments using a randomized complete block design for each environment in the research farm of Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran. Five drought tolerance indices including mean productivity (MP), geometric mean productivity (GMP), stress tolerance index (STI), stress susceptibility index (SSI), and tolerance index (TOL) were calculated. Analysis of variance for each maturity group showed that there was a significant genetic variation among genotypes for all criteria. Correlation analysis showed that MP, GMP and STI had significant and positive correlation coefficient with yield under both stress and non stress conditions, suggesting that these indices are more efficient in determining drought tolerant genotypes. Based on multivariate biplot on all indices and triple plot on the two most important indices (STI and GMP) similar genotypes were indentified as the most tolerant genotypes in low irrigation condition. These were genotypes number 21 and 23 in parental group, numbers 10 and 23 in early maturing group and 3, 5 and 13 in late maturing group. Classification of genotypes using cluster analysis based on the three indices of MP, GMP and STI confirmed the results of biplot and triple plot for identifying tolerant genotypes.

Key words: Tall fescue, Drought tolerance, Drought index, Forage yield.

www.SID.ir