مطالعه ژنتیکی خصوصیات مرتبط با عملکرد علوفه در فامیل‌های نیمه‌خواهری علف باغ (*Dactylis glomerata*) تحت شرایط تنش خشکی

بهنام حسینی[۱] و محمدمهدی مجیدی[۲*]

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۷/۶ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۴/۲۴)

چکیده

اصلاح ژنتیکی گراس‌ها از لحاظ کمیت و کیفیت علوفه همانند سایر گیاهان نیازمند داشتن اطلاعات کافی در مورد تنوع ژنتیکی و پارامترهای ژنتیکی به‌عنوان معیاری جهت انتخاب تحت شرایط تنش می‌باشد. این پژوهش به‌منظور ارزیابی تنوع ژنتیکی و برآورد پارامترهای ژنتیکی عملکرد علوفه و ویژگی‌های مرتبط با آن در گونه علف باغ انجام شد. بدین‌منظور تعداد ۲۵ فامیل نیمه‌خواهری حاصل از پلی‌کراس ۲۵ ژنوتیپ والدی در دو محیط رطوبتی (شاهد و تنش خشکی) در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی درسال ۱۳۹۱ در مزرعه دانشگاه صنعتی اصفهان مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که از لحاظ صفات عملکرد علوفه تر در چین اول و دوم و عملکرد علوفه خشک در چین اول و دوم بین فامیل‌های مورد مطالعه اختلاف آماری معنی‌دار و تنوع ژنتیکی بالا وجود داشت. تنش خشکی باعث کاهش معنی‌دار ۵۳ درصدی عملکرد علوفه خشک، کاهش ۵۶ و ۵۹ درصدی عملکرد علوفه تر به‌ترتیب در چین اول و دوم و هم‌چنین کاهش ۴۸ درصدی تعداد ساقه در بوته شد. ضرایب تنوع ژنتیکی صفات در شرایط شاهد از ۱/۷۸ تا ۴۵/۱ و در شرایط تنش خشکی از ۱/۷۰ تا ۳۰/۴ متغیر بود که حاکی از وجود تنوع ژنتیکی گسترده در مواد ژنتیکی مورد بررسی بود. بیشترین وراثت‌پذیری خصوصی در هر دو شرایط محیطی مربوط به قطر یقه چین اول بود. در شرایط عدم تنش وراثت‌پذیری خصوصی عملکرد علوفه خشک ۵۲ درصد و در شرایط تنش خشکی ۴۴/۸ درصد برآورد گردید. نتایج نشان داد که ژنوتیپ‌های ۲، ۵، ۸، ۱۳ و ۱۵ در هر دو شرایط عدم تنش و تنش خشکی از ترکیب‌پذیری عمومی بالایی برخوردار بودند که می‌توانند در برنامه‌های اصلاحی جهت تولید واریته ترکیبی استفاده شوند.

واژه‌های کلیدی: علف باغ، وراثت‌پذیری خصوصی، ترکیب‌پذیری عمومی

۱ و ۲. به‌ترتیب دانشجوی سابق کارشناسی ارشد و دانشیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان

*. مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: majidi@cc.iut.ac.ir

مقدمه

گراس‌های علوفه‌ای از مهم‌ترین گیاهان مرتعی هستند که به لحاظ تولید علوفه به‌عنوان ماده اولیه در تأمین مواد پروتئینی و لبنی، احداث چراگاه، حفاظت و جلوگیری از فرسایش خاک اهمیت زیادی دارند (۲۰). علف باغ با نام علمی *Dactylis glomerata* یک گونه از گراس‌های تتراپلوئید علوفه‌ای چند ساله و دگرگشن است که تعداد کروموزوم پایه در آن هفت (x = ۷) می‌باشد (۳۰). این گونه از خوش‌خوراکی و ارزش غذایی بالایی برخوردار بوده است. به‌طوری‌که میزان ماده خشک قابل هضم آن ۶۱/۳ درصد و پروتئین آن در مرحله گل‌دهی ۸/۲ درصد می‌باشد (۲۷). در ایران علف باغ پراکنش وسیعی در مناطق شمال، مرکزی و استان‌های همجوار با رشته کوه‌های زاگرس دارد و از آن در مراتع و رویشگاه‌های طبیعی برای تولید علوفه استفاده می‌شود (۱۹). هم‌چنین در مقایسه با سایر گراس‌های علوفه‌ای خاص نواحی گرمسیری، به شرایط خشک و کمبود آب متحمل‌تر است (۲۸). در شرایط کم‌آبیاری به گراس‌هایی نیاز است که قادر باشند دوره‌های طولانی کمبود آب را بگذرانند، به‌طوری‌که پس از طی این دوره بتوانند به رشد خود ادامه داده و از طرفی کیفیت آنها کم نشود (۵). به همین دلیل از موضوعات مهم در برنامه‌های اصلاحی بهبود عملکرد و افزایش مقاومت ژنوتیپ‌ها به خشکی می‌باشد (۱۶).

اصلاح ژنتیکی گراس‌ها از لحاظ کمیت و کیفیت علوفه همانند سایر گیاهان نیازمند داشتن اطلاعات کافی در مورد تنوع ژنتیکی و پارامترهای ژنتیکی به‌عنوان معیاری جهت انتخاب تحت شرایط تنش می‌باشد (۳). مطالعه تنوع ژنتیکی فرآیندی است که تفاوت یا شباهت گونه‌ها، جمعیت‌ها و یا افراد را با استفاده از روش‌ها و مدل‌های آماری خاص براساس صفات مورفولوژیک، اطلاعات شجره‌ای یا خصوصیات مولکولی افراد، بیان می‌کنند (۲۱). وجود مسائلی نظیر پیچیدگی ژنتیکی، چند ساله بودن و دگرگشنی (عموماً ناشی از خودناسازگاری و نر عقیمی)، کوچک بودن اجزای گل، سختی دورگیری و پلی‌پلوئیدی در گراس‌های دگرگشن که موجب افزایش پیچیدگی ژنتیکی می‌شوند و از طرفی سهولت انجام گرده‌افشانی طبیعی توسط باد باعث می‌شود که اصلاح‌گران برای انجام مطالعات اصلاحی، افزایش تنوع ژنتیکی و ایجاد ارقام جدید به تولید جوامع پلی‌کراس روی آورند. با استفاده از این جوامع می‌توان علاوه‌بر برآورد پارامترهای ژنتیکی، والدین مناسب برای ایجاد ارقام ساختگی را انتخاب کرد (۱ و ۱۱). مطالعات در زمینه برآورد پارامترهای ژنتیکی و تنوع ژنتیکی در علف باغ بسیار محدود است و تاکنون مطالعه‌ای از طریق ایجاد جوامع پلی‌کراس (فامیل‌های نیمه‌خواهری) انجام نشده است. در برخی مطالعات وجود تنوع ژنتیکی در جمعیت‌های طبیعی علف باغ برای بیشتر صفات از جمله زمان گل‌دهی، مقاومت در برابر بیماری‌ها، زمستان‌گذرانی، ارتفاع گیاه، اندازه برگ، پر برگی، عملکرد و کیفیت علوفه مشاهده شده است (۲۷ و ۲۸). تنوع ژنتیکی، وراثت‌پذیری عمومی و روابط بین صفات زراعی در ۲۱ جمعیت از گونه علف باغ بررسی شد که در این پژوهش ضریب تنوع ژنتیکی بالا برای عملکرد علوفه مشاهده شد و قابلیت توارث‌پذیری عمومی صفات از ۴۲ تا ۷۶ درصد گزارش شده است (۲۲). در مطالعه دیگری در علف باغ (۲۳) از طریق ارزیابی‌های کلونی تنوع ژنتیکی وسیعی بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه گزارش گردید که حداقل میزان تنوع مربوط به روز تا گرده‌افشانی، ارتفاع و قطر یقه و بیشترین میزان تنوع ژنتیکی را عملکرد بذر در سال اول و پس از آن عملکرد علوفه خشک در سال دوم برخوردار بودند.

کشور ما علی‌رغم تنوع اقلیمی وسیع و وجود منابع محیطی و ذخایر گیاهی غنی هنوز در زمره کشورهای وارد کننده علوفه دامی و نیز مواد پروتئینی است. از طرفی وقوع خشکسالی‌های متناوب و تبعات ناشی از آن (نظیر فشار بر مراتع و افزایش شدت تخریب آنها) نیز بر مشکل کمبود علوفه می‌افزاید. با توجه به اینکه گیاه علف باغ در ایران از پراکنش وسیعی برخوردار بوده و از تحمل به تنش‌های زیستی و غیر زیستی دارای ژرم‌پلاسم کافی است، اصلاح این گیاه و ایجاد ارقام با تولید بالا و مقاوم به خشکی می‌تواند گامی در جهت توسعه و

احیاء بخشی از مراتع کشور باشد. از آنجا که ایجاد ارقام ساختگی پر تولید و سازگار نیازمند ارزیابی ژرم‌پلاسم، گزینش ژنوتیپ‌های برتر والدی و داشتن اطلاعات از پارامترهای ژنتیکی صفات می‌باشد، در این تحقیق تنوع ژنتیکی بین فامیل‌های نیمه‌خواهری (حاصل از پلی‌کراس نمونه‌های علف باغ داخلی و خارجی) با هدف برآورد توارث‌پذیری و تعیین ترکیب‌پذیری ژنوتیپ‌ها در راستای تولید واریته ترکیبی در مطالعات اصلاحی آتی و توسعه تنوع ژنتیکی در این گونه مورد بررسی قرار گرفتند.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در سال ۱۳۹۱ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان واقع در لورک نجف‌آباد اجرا گردید. مواد ژنتیکی مورد مطالعه تعداد ۲۵ فامیل نیمه‌خواهری (Half-sib family) علف باغ بودند که از پلی‌کراس ۲۵ ژنوتیپ والدی حاصل گزینش از درون جمعیت‌های مختلف از گونه علف باغ (*Dactylis glomerata*) بودند (جدول ۱). این ژنوتیپ‌های والدی پس از بررسی بیشتر طی ارزیابی کلونی (۲۳) در خزانه پلی‌کراس تلاقی داده شدند و سپس بذور حاصله (فامیل‌های نیمه‌خواهری) در اسفند ماه ۹۰ در مزرعه کشت شدند. این پژوهش به‌صورت دو آزمایش مجزا در دو محیط رطوبتی (عدم تنش و تنش خشکی) در دو تکرار برای هر محیط رطوبتی، در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی انجام شد. از هر جمعیت نیمه‌خواهری در هر واحد آزمایشی ۲ خط به طول ۴ مترکاشته شد که فاصله بین ردیف‌ها ۵۰ سانتی‌متر و فاصله بوته‌ها روی ردیف ۴۰ سانتی‌متر بود و در هر پلات ۲۰ بوته مورد ارزیابی قرار گرفت.

محیط‌های رطوبتی شامل محیط بدون تنش رطوبتی با اعمال ضریب MAD (Management allowed depletion) برابر با ۵۰ درصد و محیط تنش رطوبتی با اعمال ضریب MAD برابر با ۹۰ درصد بودند. ضریب MAD متوسط کسری از کل آب در دسترس که می‌تواند از عمق توسعه ریشه تخلیه شود، بدون اینکه به گیاه تنشی وارد شود را نشان می‌دهد. مقدار تخلیه رطوبت از خاک براساس مقدار تبخیر – تعرق چمن با استفاده از رابطه فائو – پنمن – مانتیث (FAO PenmanMonteith equation) و ضریب گیاهی داکتیلیس طی دوره رشد محاسبه و زمان‌های آبیاری مشخص شد (۲). عمق مجاز تخلیه رطوبت از عمق توسعه ریشه (I_d) از رابطه زیر محاسبه گردید:

$$I_d = (FC - PWP) \times D \times B \times MAD \qquad (۱)$$

I_d: عمق آب مجاز برای تخلیه در تیمار مورد نظر (میلی‌متر)،

FC: رطوبت وزنی خاک در حد ظرفیت زراعی (درصد)،

PWP: رطوبت وزنی خاک در حد پژمردگی دائم (درصد)،

D: عمق فعال توسعه ریشه (میلی‌متر)،

B: چگالی ظاهری خاک در ناحیه توسعه ریشه (۱/۴ گرم بر سانتی‌متر مکعب)

MAD: ضریب مدیریت مزرعه که برای حالت بدون تنش، برابر با ۵۰ درصد و محیط تنش، برابر با ۹۰ درصد بود.

به‌منظور اندازه‌گیری صفات در هرکرت آزمایشی، ۵۰ سانتی‌متر از ابتدا و انتهای ردیف‌ها به‌عنوان حاشیه در نظر گرفته شد. عملکرد علوفه (در سه چین) به‌همراه صفات فنولوژیک مورد بررسی قرار گرفت. تجزیه آماری به‌صورت تجزیه مرکب در قالب بلوک‌های کامل تصادفی و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از روش حداقل تفاوت معنی‌دار (LSD) برای عوامل اصلی و برهمکنش معنی‌دار بین آنها انجام گرفت. به‌منظور گروه‌بندی ارقام از تجزیه خوشه‌ای به روش وارد (WARD) بر مبنای ماتریس فاصله اقلیدسی به‌عنوان معیار فاصله استفاده شد. تجزیه و تحلیل‌های آماری به کمک نرم‌افزار SAS و SPSS و ترسیم جدول‌ها به کمک نرم‌افزار Excel انجام گرفت.

قابلیت ترکیب‌پذیری عمومی هر ژنوتیپ براساس تفاوت متوسط هر فامیل از میانگین‌کل فامیل‌ها محاسبه و بهترین والدها بر این اساس شناسایی گردید. برآورد واریانس محیطی و ژنتیکی براساس امید ریاضی میانگین مربعات برآورد شد. ضریب تنوع فنوتیپی، ضریب تنوع ژنتیکی و وراثت‌پذیری

جدول ۱. مشخصات و محل جمع‌آوری ژنوتیپ‌های والدی علف باغ (*Dactylis glomerata*) مورد مطالعه

ژنوتیپ	کد توده اولیه	محل جمع‌آوری و تهیه بذر توده
۱	RCAT041111	خارجی – مجارستان
۲	۴۰۰۰/۴۴	سمنان، شاهرود ایستگاه تولید بذر
۳	۴۰۰۰/۳۱	اصفهان، نجف‌آباد مزرعه لورک
۴	RCAT041050	خارجی – مجارستان
۵	RCAT041051	خارجی – مجارستان
۶	RCAT041050	خارجی – مجارستان
۷	۴۰۰۰۲۵	اصفهان بانک بذر پژوهشکده بیوتکنولوژی کشاورزی منطقه مرکزی کشور
۸	۴۰۰۰/U-۲	شهرکرد – کوهرنک – جاده تونل دوم
۹	۴۰۰۰/۲۵	اصفهان بانک بذر پژوهشکده بیوتکنولوژی کشاورزی منطقه مرکزی کشور
۱۰	۴۰۰۰/۲۹	خارجی – هلند
۱۱	RCAT041052	خارجی – مجارستان
۱۲	۴۰۰۰/۲۶	اصفهان بانک بذر پژوهشکده بیوتکنولوژی کشاورزی منطقه مرکزی کشور
۱۳	۴۰۰۰/۳۱	اصفهان، نجف‌آباد مزرعه لورک
۱۴	۴۰۰۰/۲۴	اصفهان بانک بذر پژوهشکده بیوتکنولوژی کشاورزی منطقه مرکزی کشور
۱۵	۴۰۰۰/۴۴	سمنان– شاهرود– ایستگاه تولید بذر
۱۶	۴۰۰۰/۲۵	اصفهان بانک بذر پژوهشکده بیوتکنولوژی کشاورزی منطقه مرکزی کشور
۱۷	۴۰۰۰/۲۴	اصفهان بانک بذر پژوهشکده بیوتکنولوژی کشاورزی منطقه مرکزی کشور
۱۸	RCAT041052	خارجی – مجارستان
۱۹	۴۰۰۰/۲	اصفهان بانک بذر پژوهشکده بیوتکنولوژی کشاورزی منطقه مرکزی کشور
۲۰	۴۰۰۰/۴۴	سمنان – شاهرود – ایستگاه تولید بذر
۲۱	RCAT041122	خارجی – مجارستان
۲۲	RCAT041111	خارجی – مجارستان
۲۳	۴۰۰۰/۲	اصفهان بانک بذر پژوهشکده بیوتکنولوژی کشاورزی منطقه مرکزی کشور
۲۴	۴۰۰۰/۳۱	اصفهان، نجف‌آباد مزرعه لورک
۲۵	RCAT041111	خارجی – مجارستان

خصوصی هر صفت از روابط زیر محاسبه شد (۱۱ و ۲۴).

$$PCV = \frac{\sqrt{Vp}}{\bar{X}} \times 100 \qquad (۲)$$

$$GCV = \frac{\sqrt{Vg}}{\bar{X}} \times 100 \qquad (۳)$$

$$h_n^2 = \frac{4S_F^2}{4S_F^2 + \frac{\sigma_e^2}{r}} \qquad (۴)$$

$$\sigma_e^2 = \frac{M_2 - M_3}{n} \qquad (۵)$$

$$S_F^2 = \frac{M_1 - M_2}{rn} \qquad (۶)$$

در روابط بالا Vg واریانس ژنتیکی، Vp واریانس فنوتیپی، PCV ضریب تغییرات فنوتیپی، GCV ضریب تغییرات ژنوتیپی و $\bar{X}$

میانگین صفت، می‌باشند. هم‌چنین در فرمول‌های بالا h^2_n، M_1، M_2 و M_3 به‌ترتیب، وراثت‌پذیری خصوصی، میانگین مربعات فامیل‌ها، خطای آزمایشی و خطای نمونه‌گیری می‌باشد. r و n به‌ترتیب تعداد بلوک و تعداد بوته در فامیل و S^2_F، S^2_w و δ^2_e به‌ترتیب اجزاء واریانس بین فامیل‌ها (معادل جزء افزایشی واریانس ژنیکی)، درون فامیل‌ها (خطای نمونه‌گیری) و خطای آزمایشی می‌باشند که براساس نوین و اسلیپر (۱۹۸۳) محاسبه گردیدند (۲۴).

نتایج و بحث

تجزیه واریانس و مقایسه میانگین عملکرد و اجزای عملکرد علوفه

نتایج حاصل از تجزیه واریانس برای صفات علوفه‌ای (جدول ۲) نشان داد که تنش خشکی بر روی صفات عملکرد علوفه خشک و تر، درصد ماده خشک، ارتفاع بوته و قطر یقه به‌جز نسبت وزن برگ به ساقه تأثیر معنی‌داری داشت. هم‌چنین بین فامیل‌ها به‌جز ارتفاع بوته، درصد ماده خشک چین اول و دوم، ارتفاع رشد مجدد و نسبت وزن برگ به ساقه از نظر سایر صفات اختلاف معنی‌دار مشاهده گردید که نشان‌دهنده تنوع و گوناگونی بالا در مواد ژنتیکی مورد مطالعه است. اثر متقابل محیط رطوبتی × فامیل برای عملکرد و درصد ماده خشک چین اول، عملکرد علوفه خشک چین دوم و نسبت وزن برگ به ساقه معنی‌دار بود که نشان می‌دهد نحوه واکنش فامیل‌ها در بروز این گونه صفات در محیط‌های مختلف و چین‌های متفاوت یکسان نمی‌باشد.

مقایسه میانگین عملکرد علوفه خشک به‌عنوان یکی از مهم‌ترین صفات موردنظر در اصلاح گیاهان علوفه‌ای در فامیل‌های علف باغ، در چین‌های مختلف و شرایط تنش و عدم تنش خشکی در جدول ۳ آمده است. نتایج مقایسه میانگین نشان داد که عملکرد علوفه در هر چین در شرایط تنش خشکی کاهش یافته است، به‌طوری‌که میانگین عملکرد در گذر از شرایط عدم تنش به شرایط تنش خشکی در چین اول از ۱۰۷۱ گرم در بوته به ۴۹۸ گرم در بوته، در چین دوم از ۳۲۵ گرم در بوته به ۱۵۲ گرم در بوته و در چین سوم از ۲۱۰ گرم در بوته به ۸۵/۴ گرم در بوته کاهش یافت. نتایج هم‌چنین نشان داد که در شرایط عدم تنش به‌ترتیب در چین اول فامیل‌های ۸، ۱۳، ۷، ۱۱ و ۵ و در چین دوم فامیل‌های ۱۵، ۱۳، ۲۴، ۸ و ۵ و در چین سوم فامیل‌های ۱۰، ۱۴، ۱۸، ۱۲، ۷ و ۵ بیشترین عملکرد علوفه خشک را داشتند و فامیل‌های ۳، ۱۲، ۱۸، ۹ و ۲۵ در چین اول و فامیل‌های ۱۷، ۳، ۱۹ و ۱۸ در چین دوم و فامیل‌های ۱۳ و ۴ در چین سوم کمترین عملکرد علوفه خشک را در شرایط عدم تنش به خود اختصاص دادند. در گذر از چین اول به چین دوم کاهش ۶۹ درصدی و از چین دوم به چین سوم کاهش ۳۵ درصدی در تولید علوفه خشک در شرایط عدم تنش مشاهده شد. در شرایط تنش خشکی بیشترین عملکرد علوفه را به‌ترتیب فامیل‌های ۷، ۲۴، ۱ و ۴ در چین اول و فامیل‌های ۲، ۱۳، ۹ و ۶ در چین دوم و فامیل‌های ۱۰، ۱۴، ۱۸، ۲۱، ۷ و ۵ در چین سوم نشان دادند. هم‌چنین کمترین عملکرد را فامیل‌های ۱۱، ۹ و ۳ در چین اول و فامیل‌های ۱۱، ۲۰ و ۱۶ در چین دوم و فامیل‌های ۱۳ و ۴ در چین سوم دارا بودند.

در بررسی تأثیر تنش خشکی بر روی ژنوتیپ‌های فسکیوی بلند طی دو سال گزارش شد که تنش خشکی در هر دو سال باعث کاهش عملکرد ماده خشک شده است (۱۰). در این مطالعه عملکرد علوفه خشک از چین اول تا چین سوم روند کاهشی داشت. رشد مجدد پس از برداشت وابسته به ذخایر نیتروژن و کربوهیدارت غیر ساختمانی ریشه و طوقه می‌باشد، به‌طوری‌که تسریع در برداشت یک چین منجر به تثبیت این ذخایر برای چین بعد و افزایش عملکرد چین‌های بعدی می‌گردد. اصولاً عملکرد گیاهان علوفه‌ای در مناطق معتدل در چین‌های متوالی در طول فصل رشد همراه با گرم شدن هوا، به‌ویژه در شرایط کشت آبی کاهش می‌یابد. این کاهش به‌دلیل افزایش تنفس گیاه، ذخایر هیدروکربن‌های غیر ساختمانی در ریشه و طوقه، کاهش طول دوره رشد مجدد و

جدول ۲. میانگین مربعات صفات مربوط به عملکرد و اجزای عملکرد علوفه در تجزیه مرکب دو محیط رطوبتی(عدم تنش و تنش خشکی) در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی برای فامیل‌های نیمه‌خواهری علف باغ در سال ۱۳۹۱

منابع	درجه آزادی	میانگین مربعات								
		ارتفاع بوته	عملکرد علوفه تر چین اول	عملکرد علوفه خشک چین اول	درصد ماده خشک چین اول	قطر یقه	ارتفاع رشد مجدد	عملکرد علوفه تر چین دوم	عملکرد علوفه خشک چین دوم	درصد ماده خشک چین دوم	نسبت وزن برگ به ساقه
محیط رطوبتی	۱	۵۳۰۳/۳*	۵۱۶۰۸۹۴۹/۴*	۲۴۳۰۹۷۳۵/۸*	۹۸۵۷/۴*	۱۵۴/۱**	۲۳۱۳/۲**	۵۴۰۴۲۴۸۷/۷**	۱۴۷۱۵۹۱/۱**	۳۸۷۶/۱**	۱۵/۸ns
تکرار (محیط رطوبتی)	۲	۱۱۰/۵	۳۰۵۸۱۷۷/۱	۴۰۹۵۵۴/۲	۴۰۶/۲	۰/۱۳	۵/۶	۴۵۵۱/۲	۱۶۳/۳	۳۳/۲	۹۸۰/۹
فامیل	۲۴	۶۷/۵ns	۱۸۱۵۸۱۹/۲**	۷۱۶۴۹۲/۴**	۱۵۴/۹ns	۰/۹۲**	۱۲/۱ns	۵۲۱۲۸/۶*	۱۳۸۸۸/۸*	۳۴/۱ns	۲۰۴/۹ns
محیط رطوبتی × فامیل	۲۴	۵۵/۵ns	۹۶۹۹۶۵/۸ns	۴۹۹۱۳۵/۸**	۱۲۹/۷*	۰/۱۵ns	۱۱/۳ns	۴۱۱۳۹/۵ns	۱۰۴۰۱/۶*	۲۶/۱ns	۱۳۳/۸*
خطا	۴۸	۶۰/۱	۶۴۰۴۰۵/۴	۱۹۳۰۴۲/۲	۷۸/۰۳	۰/۱۲	۲۱/۴	۲۷۶۷۲/۲	۵۴۴۳/۱	۲۵/۹	۱۰۷/۳
ضریب تغییرات(٪)		۱۰/۳	۴۳/۹	۵۳/۲	۲۲/۲	۱/۵	۲۳/۶	۲۸/۳	۳۰/۲	۱۳/۳	۴۰/۲

ns * و ** به‌ترتیب عدم معنی‌داری، معنی‌داری در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

جدول ۳. مقایسه میانگین عملکرد علوفه خشک در شرایط عدم تنش و تنش خشکی در فامیل‌های نیمه‌خواهری علف باغ در سال ۱۳۹۱ براساس آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار (LSD)

ژنوتیپ	عملکرد علوفه خشک (گرم در بوته)					
	چین اول		چین دوم		چین سوم	
	عدم تنش	تنش	عدم تنش	تنش	عدم تنش	تنش
۱	۹۶۳/۴	۵۵۹/۷	۳۱۶	۱۱۴/۶	۱۷۸/۲	۱۳۲/۲
۲	۱۵۵۸/۹	۴۸۲/۵	۴۲۵/۲	۲۱۲/۵	۱۶۲/۲	۴۳
۳	۲۰۴/۱	۱۹۰/۵	۱۸۴/۳	۱۰۰/۷	۱۵۱/۲	۳۳
۴	۱۱۶۰/۴	۵۳۵/۹	۳۶۷/۲	۸۲/۹	۱۱۹/۲	۹۰/۲
۵	۲۲۲۷	۴۳۸/۷	۴۴۸	۱۶۸/۷	۲۲۶/۱	۶۵/۵
۶	۱۴۰۸/۱	۲۸۶/۴	۳۹۰	۱۹۰/۱	۱۷۲/۵	۷۸
۷	۲۲۸۳/۳	۶۶۳/۵	۳۶۵	۱۰۴/۹	۲۴۰/۶	۵۶/۹
۸	۲۷۶۱/۳	۳۳۷/۳	۴۴۹/۵	۸۹/۶	۱۷۹/۵	۱۰۱
۹	۶۴۶/۲	۱۵۹/۳	۳۶۱	۱۹۲/۵	۱۹۱	۳۲/۶
۱۰	۱۸۴۰/۵	۳۲۶/۲	۴۴۳/۴	۹۰/۹	۳۴۵/۱	۱۶۵
۱۱	۲۲۵۶/۶	۱۴۹/۸	۳۵۶/۴	۳۱/۲	۱۹۸/۸	۴۸
۱۲	۴۹۷/۱	۲۳۶/۸	۳۹۱/۵	۵۳/۹	۲۴۲/۲	۹۳/۷
۱۳	۲۶۴۴/۳	۳۸۸/۸	۴۷۰/۵	۱۹۹/۸	۱۰۰/۲	۷۲/۹
۱۴	۱۴۸۹/۲	۲۲۵/۹	۳۹۴/۵	۵۰/۶	۳۰۴/۷	۴۱/۹
۱۵	۱۷۶۹/۱	۳۳۲/۵	۵۰۴/۸	۱۵۶/۵	۲۱۷/۲	۲۳۷/۷
۱۶	۱۳۴۸/۵	۲۸۸/۳	۴۰۷/۵	۶۴/۷	۲۱۵/۴	۳۹/۴
۱۷	۷۹۸	۳۱۰/۲	۱۷۵	۱۱۱/۲	۱۷۷/۹	۱۰۰/۶
۱۸	۶۲۳/۴	۳۱۹/۶	۲۹۰/۵	۱۷۴/۹	۲۶۲/۶	۸۳/۱
۱۹	۷۳۷/۲	۲۸۴/۴	۲۶۴	۱۸۳/۵	۲۲۷/۱	۱۸۲/۷
۲۰	۱۱۸۸	۲۰۵/۷	۴۲۷/۵	۵۲/۸	۲۱۰/۹	۶۶/۲
۲۱	۳۶۶/۷	۲۸۵/۷	۳۱۵/۵	۱۲۳/۹	۲۵۴/۷	۸۵
۲۲	۱۵۹۱	۳۳۹/۷	۴۱۰	۱۵۱/۹	۲۱۹/۵	۹۲/۳
۲۳	۷۶۲	۲۵۶/۶	۳۰۹	۱۲۱/۷	۱۷۴	۸۷/۹
۲۴	۱۰۱۱/۳	۵۸۹/۵	۴۶۵	۱۱۱/۸	۲۳۴/۹	۳۷/۳
۲۵	۶۵۷/۹	۲۰۵/۹	۲۴۴	۱۵۵/۹	۲۶۸/۱	۷۰/۲
میانگین	۱۰۷۱/۶۳	۴۹۸/۵۴	۳۲۵/۴۴	۱۵۲/۸	۲۱۰/۹	۸۵/۴
LSD (5٪)	۱۲۵۴/۱	۲۶۷/۸۲	۱۶۷/۳۲	۱۳۵/۵۵	۱۰/۰۵	۱۹/۷۶

کاهش تثبیت ازت است (۱۲).

نتایج مقایسه میانگین صفات فنولوژیک و مورفولوژیک روز تا خوشه‌دهی، روز تا گرده‌افشانی، ارتفاع بوته و تعداد ساقه بارور (نتایج نشان داده نشده) نشان داد که تنش خشکی باعث کاهش معنی‌دار این صفات گردید. به‌طوری‌که از حالت عدم تنش به تنش خشکی برای صفات روز تا خوشه‌دهی از ۴۴/۲ به ۳۲/۸ روز، روز تا گرده‌افشانی از ۶۳/۸ به ۵۲/۲ روز، ارتفاع بوته از ۸۲/۶ به ۶۸/۱ سانتی‌متر و تعداد ساقه بارور از۱۲۲ به ۶۳/۰۱ عدد کاهش نشان داد.

مقایسه میانگین و آمار توصیفی

نتایج دامنه تغییرات، میانگین و درصد کاهش برای صفات مورفولوژیک، زراعی، علوفه‌ای بر روی ۲۵ فامیل نیمه‌خواهری علف باغ در جدول ۴ نشان داد که تنش خشکی باعث کاهش مقادیر اکثر صفات مورد بررسی شد. میانگین عملکرد علوفه خشک در برداشت اول در حالت عدم تنش خشکی ۱۰۷۱ گرم در بوته و در حالت تنش خشکی ۴۹۸ گرم در بوته برآورد گردید که کاهش حدود ۵۳ درصدی در اثر تنش خشکی را نشان می‌دهد. در چین دوم، عملکرد علوفه خشک در حالت عدم تنش خشکی ۳۲۵ گرم در بوته بود که با کاهش حدود ۵۳ درصدی در حالت اعمال تنش خشکی به ۱۵۲ گرم در بوته رسید. به‌طورکلی، بیشترین و کمترین کاهش در اثر تنش خشکی در صفات مربوط به عملکرد علوفه تر چین دوم و نسبت وزن برگ به ساقه بود. دامنه تغییرات برای اکثر صفات طیف وسیعی را نشان داد که بیانگر وجود تنوع بالا بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی می‌باشد.

در مطالعه دیگری در بررسی جمعیت‌های طبیعی علف باغ دامنه تغییرات برای صفات روز تا خوشه‌دهی، روز تا گرده‌افشانی، ارتفاع، طول برگ پرچم و عملکرد علوفه خشک وسیع گزارش شد (۲۲). در بررسی فامیل‌های نیمه‌خواهری فسکیوی بلند دامنه تغییرات برای صفات عملکرد علوفه خشک از ۱۱ تا ۴۰۷ گرم در بوته در سال اول و ۲۴ تا ۷۸۰ گرم در بوته گزارش گردید (۱). ارتفاع بوته در زمان رسیدگی گیاه به‌عنوان یک عامل در واکنش گیاه نسبت به تنش خشکی در نظر گرفته می‌شود، به‌طوری‌که کاهش ارتفاع بوته در شرایط تنش خشکی احتمالاً می‌تواند به‌علت کاهش دوره رشد رویشی و فرار از خشکی و تکمیل سریع مرحله زایشی باشد (۱۳).

میانگین صفات طول برگ پرچم، عرض برگ پرچم و درصد ماده خشک چین اول و دوم (جدول ۴) در اثر تنش خشکی افزایش یافت به‌طوری‌که مقدار میانگین این صفات در شرایط عدم تنش به‌ترتیب ۱۲/۸ سانتی‌متر، ۶/۴۶ میلی‌متر، ۴۲/۱ و ۳۹/۶ درصد و در شرایط تنش خشکی به‌ترتیب ۱۵/۲ سانتی‌متر، ۹/۰۷ میلی‌متر، ۴۵/۲ و ۴۳/۰۳ درصد بود. لنبانی و ارزانی (۱۷) در گندم و نوروزی (۲۵) در فسکیوی بلند شاهد افزایش صفات طول برگ پرچم، عرض برگ پرچم، طول خوشه و درصد ماده خشک در گذر از شرایط مطلوب رطوبتی به شرایط تنش خشکی بودند که با نتایج به‌دست آمده از این پژوهش مطابقت دارند. به‌نظر می‌رسد که تنش در مراحل ابتدایی باعث افزایش سطح برگ شود که گیاه بتواند مواد فتوسنتزی بیشتری تولید کند و سریع‌تر دوران تکاملی خود را به پایان رساند، امّا با افزایش شدّت تنش گیاه سطح برگ خود را تعدیل می‌کند (۱۷). ژیانگ (۱۴) در آزمایش برروی تورفوگراس و ابراهیمیان و همکاران (۹) بر روی فسکیوی بلند مشاهده کردند که در مراحل اولیه تنش آبی محتوای کلروفیل افزایش می‌یابد، ولی، تنش‌های شدید طولانی مدّت باعث کاهش محتوای کلروفیل می‌شود. گیاه در مراحل ابتدایی تنش سعی در تکمیل چرخه حیاتی خود دارد، بدین‌ترتیب با افزایش مقدار کلروفیل سعی در تولید ماده فتوسنتزی بیشتر و تسریع در دوران پُر شدن دانه دارد. بنابراین قبل از ورود گیاه به مرحله زایشی، تنش ملایم خشکی باعث افزایش این صفات و در نتیجه عملکرد گیاه می‌شود (۱۴). می‌توان گفت با توجه به مقاوم بودن گیاه علف باغ به تنش خشکی متوسط و از آنجایی که صفات طول و عرض برگ پرچم در ابتدای ورود گیاه به

جدول ۴. دامنه تغییرات و میانگین فامیل‌های نیمه‌خواهری علف باغ برای صفات اندازه‌گیری شده در شرایط عدم تنش و تنش خشکی در سال ۱۳۹۱

صفت	میانگین		عدم تنش		تنش خشکی		
	عدم تنش	تنش	حداقل	حداکثر	حداقل	حداکثر	درصد کاهش
روز تا خوشه‌دهی	۴۴/۲۵	۳۲/۸۵	۳۷/۶۳	۴۷/۴۷	۲۶/۱۱	۴۱/۹۳	۲۵/۸**
روز تا گرده‌افشانی	۶۳/۸۵	۵۲/۲۸	۵۵/۱۷	۷۲/۶۵	۴۳/۸۴	۵۹/۵۷	۱۸/۱۲**
طول برگ پرچم (cm)	۱۲/۸۱	۱۵/۲۹	۸/۸۲	۱۶/۶۳	۱۰/۹۲	۲۱/۲۰	-۱۹/۳۵*
عرض برگ پرچم (mm)	۶/۴۶	۹/۰۷	۵/۵۳	۷/۳۰	۸/۳۰	۹/۷۲	-۴۰/۴***
تعداد ساقه در بوته	۱۲۲/۰۷	۶۳/۰۱	۶۶/۳۳	۱۶۳/۶۷	۲۸/۸۳	۱۲۳/۵۰	۴۸/۴*
ارتفاع بوته چین اول (cm)	۸۲/۰۹	۶۸/۱۳	۶۸/۸۰	۹۶/۷۰	۶۱/۹۵	۷۵/۲۳	۱۷*
عملکرد علوفه تر چین اول (g)	۲۵۳۸/۸	۱۱۰۲/۰۱	۴۴۱/۵	۴۹۲۶/۲۵	۶۲۱	۱۷۵۸	۵۶/۶*
عملکرد علوفه خشک چین اول (g)	۱۰۷۱/۶۳	۴۹۸/۵۴	۲۰۴/۱۳	۲۷۶۱/۳	۱۴۹/۸۳	۶۶۳/۵۱	۵۳/۴۸*
درصد ماده خشک چین اول (٪)	۴۲/۱۸	۴۵/۲۳	۳۱/۶۳	۵۵/۰۲	۲۸/۶۰	۵۶/۱۶	-۷/۲۳*
قطر یقه چین اول (cm)	۲۳/۷	۲۱/۲۹	۲۲/۸۴	۲۴/۸۴	۲۰/۱۴	۲۲/۳۹	۱۰/۴۳***
ارتفاع چین دوم(cm)	۲۴/۳۹	۱۴/۷۷	۱۹/۰۴	۳۰/۸۷	۱۳/۱۸	۱۵/۸۷	۳۹/۴۴***
عملکرد علوفه تر چین دوم (g)	۸۲۰/۵۴	۳۵۵/۰۶	۴۰۳	۱۰۴۵/۷۵	۱۴۵	۵۹۶/۶	۵۹/۷۳***
عملکرد علوفه خشک چین دوم (g)	۳۲۵/۴۴	۱۵۲/۸	۱۷۵	۵۰۴	۳۱/۲۱	۲۱۲/۰۲	۵۳/۰۴***
در صد ماده خشک چین دوم (٪)	۳۹/۶۶	۴۳/۰۳	۴۳/۲۲	۴۰/۶۶	۲۲/۳۸	۴۲/۶۰	-۷/۸۳***
قطر یقه چین دوم (cm)	۲۴/۱۰	۲۲/۳۲	۲۳/۱۷	۲۵/۱۷	۲۱/۱۷	۲۳/۴۲	۷/۴***
نسبت وزن برگ به ساقه (g)	۲۶/۱۲	۲۵/۳۳	۱۰/۴۲	۵۰	۱۰/۵۶	۴۲/۷۹	۳/۰۲ns

ns، *، ** و ***: به‌ترتیب غیر معنی‌دار، معنی‌دار در سطوح احتمال ۵، ۱ و ۰/۱ درصد می‌باشد.

مرحله زایشی بررسی می‌شوند و تا این مرحله گیاه در معرض تنش خشکی شدید و طولانی مدت قرار نگرفته است سطح برگ خود را جهت سرعت بخشیدن برای تکمیل دوره رشدی خود و افزایش میزان فتوسنتز افزایش می‌دهد.

ضریب تغییرات فنوتیپی، ژنوتیپی و وراثت‌پذیری

نتایج ضرایب تنوع فنوتیپی و تنوع ژنتیکی در جدول ۵ آمده است. ضریب تنوع فنوتیپی و ژنتیکی برای صفات عرض برگ پرچم، عملکرد علوفه تر چین اول، عملکرد علوفه خشک چین اول، ارتفاع چین دوم، نسبت وزن برگ به ساقه، طول خوشه در شرایط تنش کمتر از شرایط عدم تنش بود، ولی برای سایر صفات تنش خشکی باعث افزایش ضریب تنوع فنوتیپی و ژنتیکی گردید. در بین صفات مورد بررسی بیشترین مقدار ضریب تنوع فنوتیپی در شرایط عدم تنش مربوط به صفت عملکرد علوفه خشک چین اول (۵۵ درصد) و در شرایط تنش خشکی مربوط به صفات عملکرد علوفه خشک چین دوم (۴۳ درصد) و کمترین آن در هر دو شرایط محیطی مربوط به صفت قطر یقه چین اول با مقدار ۲ درصد بود. به‌طورکلی، اکثر صفات از تنوع فنوتیپی و ژنتیکی بالایی برخوردار بودند. این تنوع کارایی بالای روش‌های اصلاحی را در بهبود این صفات و صفات مرتبط با آنها نوید می‌دهد. ضرایب تنوع فنوتیپی برای کلیه صفات از ضرایب تنوع ژنتیکی بزرگ‌تر بودند (جدول ۵). در مورد برخی صفات به‌ویژه صفات فنولوژیک (روز تا خوشه‌دهی و گرده‌افشانی)، طول و عرض برگ پرچم، قطر یقه

جدول ۵. ضریب تغییرات فنوتیپی، ژنتیکی و وراثت‌پذیری صفات فنولوژیک و علوفه‌ای در شرایط عدم تنش و تنش خشکی در فامیل‌های نیمه‌خواهری علف باغ

صفت	ضریب تنوع فنوتیپی (٪)		ضریب تنوع ژنتیکی (٪)		وراثت‌پذیری خصوصی (٪)	
	عدم تنش	تنش	عدم تنش	تنش	عدم تنش	تنش
روز تا خوشه‌دهی	۵/۳۲	۱۰/۸۰	۳/۶۰	۹/۴۵	۳۱/۹	۶۳/۲
روز تا گرده افشانی	۶/۶۰	۷/۹۲	۵/۵۰	۳/۹۳	۵۳/۲۳	۲۶/۵۸
طول برگ پرچم (cm)	۱۵/۶۴	۱۵/۹۵	۷/۹۰	۱۲/۴۶	۱۸/۵۶	۴۱/۲۰
عرض برگ پرچم (mm)	۶/۸۰	۴/۸۰	۵/۷۰	۴/۲۰	۴۶/۳	۵۲/۵۰
تعداد ساقه در بوته	۲۳/۰۷	۳۴/۶۰	۱۰/۰۶	۱۵/۸۴	۴۱/۰۱	۳۳/۴۵
ارتفاع بوته چین اول (cm)	۸/۰۴	۲۶/۱۳	۳/۸۰	۵/۱۲	۴۳/۳	۲۲/۲۶
عملکرد علوفه تر چین اول (g)	۴۴/۹۰	۷۲/۲۲	۳۳/۴۲	۱۶/۳۵	۴۴/۳۶	۳۵
عملکرد علوفه خشک چین اول (g)	۵۵/۵۴	۴۰/۹۰	۴۵/۱۰	۳۰/۴۵	۵۲/۰۲	۴۴/۸۰
درصد ماده خشک چین اول (٪)	۱۸/۳۸	۲۳/۴۲	۹/۴۶	۱۹/۰۱	۳۳	۴۲/۸۰
قطر یقه چین اول (cm)	۲/۰۳	۲/۲۵	۱/۷۸	۲/۷۰	۶۴/۲۳	۶۷/۰۵
ارتفاع چین دوم (cm)	۲۰/۹۰	۵/۰۲	۴/۴۹	۱/۷۰	۳۱/۰۹	۲۴/۲۳
عملکرد علوفه تر چین دوم (g)	۲۱/۸۲	۳۳/۹۰	۱۴/۷۰	۱۸/۷۵	۲۷/۵۰	۱۸/۲۱
عملکرد علوفه خشک چین دوم (g)	۲۳/۷۹	۴۳/۴۰	۱۷/۸۸	۲۱/۳۳	۴۹	۳۰/۳۲
در صد ماده خشک چین دوم (٪)	۶/۳۰	۱۴/۷۶	۳/۸۶	۳/۴۸	۴۲	۳۸/۸۰
قطر یقه چین دوم (cm)	۲/۰۵	۳/۴۰	۱/۸۰	۲/۲۰	۵۲/۳۶	۴۷
نسبت وزن برگ به ساقه (g)	۳۹/۹۳	۳۰/۷۲	۲۴/۳۶	۱۸/۲۰	۲۴/۲۳	۲۱/۲

چین اول و دوم و ارتفاع چین اول و دوم در هر دو شرایط محیطی تفاوت ناچیزی بین ضریب تنوع فنوتیپی و ضریب تنوع ژنتیکی دیده شد که نشان‌دهنده اثرات کم محیط در برآورد این پارامترها می‌باشد. اختلاف ناچیز این دو ضریب در مطالعات دیگر (۸ و ۱۸) گزارش شده است. امینی و همکاران (۱) در بررسی فامیل‌های نیمه‌خواهری فسکیو بلند طی دو سال بیشترین ضریب تنوع ژنتیکی و واریانس ژنتیکی را در هر دو سال به‌ترتیب برای صفات ارتفاع بوته، عملکرد بذر و قطر یقه و کمترین ضریب تنوع ژنتیکی و واریانس ژنتیکی را در هر دو سال برای روز تا گل‌دهی و عرض برگ پرچم گزارش کردند. ابراهیمیان و همکاران (۹) بیان کردند که تنش خشکی ملایم سبب کاهش در ضریب تنوع ژنتیکی برای بیشتر صفات مورد مطالعه شد که این ممکن است نشان دهد که واریانس ژنتیکی و ضریب انتخاب به شدت تنش وابسته باشند.

نتایج وراثت پذیری خصوصی برآورد شده در جدول ۵ نشان داد که بیشترین وراثت‌پذیری خصوصی در حالت عدم تنش مربوط به قطر یقه چین اول (۶۴/۲۳ درصد) و کمترین میزان مربوط به طول برگ پرچم (۱۸/۵۶درصد) بود، این در حالی است که در حالت تنش، بیشترین وراثت‌پذیری خصوصی مربوط به قطر یقه چین اول (۶۷/۰۵ درصد) و کمترین میزان آن مربوط به عملکرد علوفه تر چین دوم (۱۸/۲۱ درصد) بود. در شرایط عدم تنش وراثت‌پذیری خصوصی عملکرد علوفه خشک ۵۲/۰۲ درصد و در شرایط تنش خشکی ۴۴/۸ درصد بود. به‌طورکلی صفات عرض برگ پرچم، عملکرد علوفه خشک چین اول، قطر یقه چین اول و دوم در هر دو شرایط محیطی وراثت‌پذیری بالاتر از ۴۰ درصد را نشان دادند. برای صفات با

وراثت‌پذیری خصوصی بالا واریانس افزایشی نقش مهمی در کنترل آنها داشته و اصلاح این صفات از طریق گزیش میسر می‌باشد. بلوم (۴) اعتقاد دارد که واریانس ژنتیکی و وراثت‌پذیری برای عملکرد در شرایط نرمال و تنش محیطی متفاوت است و نسبت پیشرفت ژنتیکی به‌وسیله انتخاب در این دو شرایط محیطی برابر نیست به‌طوری‌که علت کاهش وراثت‌پذیری تحت شرایط تنش که موجب کاهش در عملکرد می‌شود را به واریانس ژنتیکی پایین و هم به واریانس محیطی بالا برای عملکرد در محیط انتخاب نسبت داده شده است. میزان وراثت‌پذیری دیدگاه مناسبی در تعیین روش مطلوب جهت اصلاح یک صفت در برنامه‌های اصلاحی و هم‌چنین شاخصی از نحوه تأثیر روش‌های انتخاب برای آن صفت می‌باشد (۴ و ۱۱). امینی و همکاران (۱) در بررسی فامیل‌های نیمه‌خواهری فسکیو بلند وراثت‌پذیری خصوصی صفات روز تا گل‌دهی، طول خوشه، طول و عرض برگ پرچم را به‌ترتیب ۱۷/۳۵، ۴۵/۳۶، ۱۹/۸۳، ۲۷/۶۶ درصد و برای صفات تعداد ساقه بارور، ارتفاع، عملکرد بذر و درصد ماده خشک وراثت‌پذیری خصوصی را به‌ترتیب ۴۶/۴، ۴۳/۸، ۴۹/۴ و ۴۰/۸ درصد گزارش کردند. مجیدی و همکاران (۱۸) در بررسی فامیل‌های نیمه‌خواهری فسکیوی بلند در طی دو سال وراثت‌پذیری خصوصی را برای صفات روز تا گرده‌افشانی ۸۰/۵ درصد در سال اول و ۷۹/۶ درصد در سال دوم، ارتفاع ۵۲/۵ درصد در سال اول و ۴۹/۴ درصد در سال دوم و برای تعداد ساقه بارور ۴۸/۵ درصد در سال اول و ۴۳/۹ درصد در سال دوم گزارش کردند.

قابلیت ترکیب‌پذیری عمومی عملکرد علوفه خشک و درصد ماده خشک

قابلیت ترکیب‌پذیری عمومی عملکرد علوفه خشک و درصد ماده خشک (جدول ۶) نشان داد که در شرایط عدم تنش خشکی برای عملکرد علوفه خشک در چین اول ژنوتیپ‌های ۲، ۵، ۶، ۷، ۸، ۱۰، ۱۱، ۱۳، ۱۴، ۱۵، ۱۶و ۲۲ ترکیب‌پذیری مثبت و ژنوتیپ ۸ بیشترین مقدار (۱۴۳۹/۶۸) و در شرایط تنش خشکی ژنوتیپ‌های ۱، ۲، ۴، ۵، ۷، ۸، ۱۳، ۲۲ و ۲۴ مثبت و ژنوتیپ ۷ (۳۲۷/۹۷) بیشترین مقدار را داشت. در چین دوم در شرایط عدم تنش ژنوتیپ‌های ۲، ۵، ۸، ۱۰، ۱۳، ۱۵، ۲۰ و ۲۴ ترکیب‌پذیری بالایی داشتند و در شرایط تنش خشکی ژنوتیپ‌های ۲،۵، ۶، ۹، ۱۳، ۱۵ و ۱۹ ترکیب‌پذیری بالا نشان دادند. به‌طورکلی براساس نتایج ژنوتیپ‌های ۲، ۵، ۸، ۱۳ و ۱۵ ترکیب‌پذیری خوبی را برای استفاده از آنها در برنامه‌های اصلاحی جهت تولید واریته ترکیبی برای اصلاح عملکرد علوفه نشان دادند. براساس صفت روز تا خوشه‌دهی ژنوتیپ‌های ۲، ۳، ۵، ۱۳ و ۲۴ در شرایط عدم تنش و تنش خشکی ترکیب‌پذیری مثبت داشتند. بیشترین و کمترین ترکیب‌پذیری برای صفات ارتفاع بوته در شرایط عدم تنش بین ۱۴/۰۱ تا ۱۳/۸۹- و در شرایط تنش خشکی بین ۵/۹۵ تا ۶/۱۸- گزارش کرد.

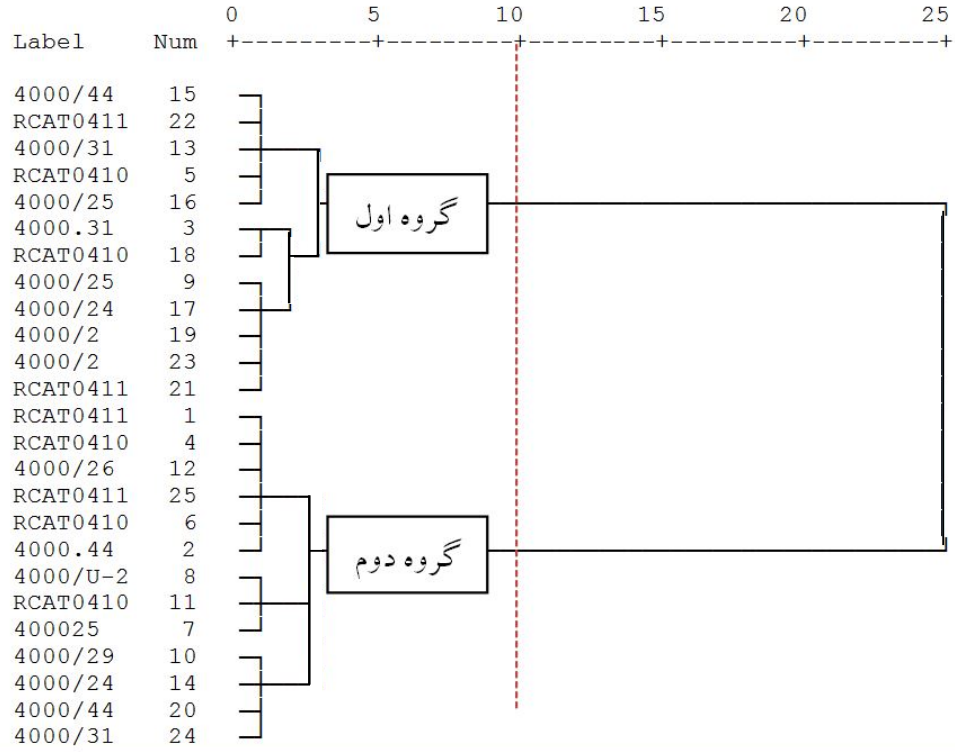
قابلیت ترکیب‌پذیری عمومی، متوسط توانایی یک والد در ترکیب با سایر والدین بوده و با عمل افزایشی ژن‌ها در ارتباط است و به‌همین دلیل یکی از مهم‌ترین شاخص‌های انتخاب والدین جهت ایجاد واریته‌های ترکیبی می‌باشد به‌طوری‌که ژنوتیپ‌هایی که قابلیت ترکیب‌پذیری عمومی بالاتری دارند، برای ایجاد واریته‌های ترکیبی مناسب هستند (۱۱). دی‌آرجو و همکاران (۶) با مقایسه روش‌های متفاوت آزمون نتاج در بروموگراس نتیجه گرفت که آزمون نتاج پلی‌کراس برای شناسایی والدین وقتی تفاوت در ترکیب‌پذیری عمومی زیاد باشد مناسب و بهتر است. مجیدی و همکاران (۱۸) در بررسی ۲۵ ژنوتیپ فستوکا بیشترین و کمترین ترکیب‌پذیری را برای صفات روز تا گرده‌افشانی بین ۵/۷ تا ۴/۵۱-، برای ارتفاع بین ۷/۷۷ تا ۶/۸۳-، برای عملکرد ماده خشک بین ۸۲ تا ۱۱۳/۱- و برای درصد ماده خشک از ۱/۱۶ تا ۱/۱۸- متغیرگزارش کردند.

ولی‌زاده و همکاران (۳۱) با تشکیل خزانه پلی‌کراس و آزمون نتاج توده‌های گیاه یونجه در دو ایستگاه تحقیقاتی اردبیل

جدول ۶. قابلیت ترکیب‌پذیری عمومی ژنوتیپ‌های علف باغ در شرایط عدم تنش و تنش خشکی براساس ارزیابی در سال ۱۳۹۱ براساس آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار (LSD)

ژنوتیپ	عملکرد علوفه خشک (گرم در بوته)				روز تا خوشه‌دهی		ارتفاع بوته		تعداد ساقه	
	چین اول		چین دوم							
	عدم تنش	تنش	عدم تنش	تنش	عدم تنش	تنش	عدم تنش	تنش	عدم تنش	تنش
۱	-۳۵۸/۲۲	۲۲۴/۱۶	-۴۹/۴۴	-۸/۲۱	-۱/۱۷	۰/۲۷	۱/۳۶	۰/۷۴	۳۳/۴۳	-۰/۳۴
۲	۲۳۷/۲۳	۱۳۶/۹۱	۵۹/۵۶	۸۹/۲۱	۱/۵۸	۲/۸۱	-۱/۴۱	۲/۸۲	۲۴/۱۰	۱۸/۸۲
۳	-۱۱۱۷/۵۰	-۱۴۵/۰۴	-۱۸۱/۴۴	-۲۲/۸۰	۲/۹۶	۳/۰۲	-۱۳/۸۹	۲/۳۰	-۵۵/۷۴	-۳/۰۱
۴	-۱۶۱/۲۰	۲۰۰/۳۶	-۱۵/۴۴	-۳۹/۹۷	۰/۴۵	-۰/۱۶	-۴/۹۲	-۳/۰۰	-۱۳/۰۷	۲۹/۸۲
۵	۹۰۵/۳۸	۱۰۳/۱۴	۸۲/۵۶	۴۵/۸۳	۳/۲۲	۲/۰۷	۲/۹۹	۰/۵۰	۱۳/۴۳	-۱/۱۸
۶	۸۶/۴۸	-۴۹/۰۹	۲۴/۵۶	۶۷/۲۵	۲/۰۸	-۲/۳۹	۰/۴۸	۵/۹۲	۱۷/۶۰	-۴/۸۴
۷	۹۶۱/۷۲	۳۲۷/۹۷	-۰/۴۴	-۱۷/۹۴	-۰/۰۴	-۱/۶۶	۴/۱۳	-۳/۷۳	۱۲/۴۳	۳۰/۳۲
۸	۱۴۳۹/۶۸	۱/۸۰	۸۴/۰۶	-۵۳/۲۲	۲/۰۵	-۶/۷۴	۱۴/۰۱	-۵/۶۶	۲۰/۶۰	-۲۲/۸۴
۹	-۶۵۷/۴۱	-۱۷۶/۲۱	-۱۴/۴۴	۶۹/۷۱	-۰/۹۲	-۲/۵۴	-۳/۸۲	-۵/۲۰	-۲۲/۵۷	-۸/۸۴
۱۰	۶۱۸/۹۰	-۱۹/۳۰	۷۷/۵۶	-۳۱/۹۷	-۰/۷۲	۰/۳۹	۴/۶۴	-۴/۰۶	۸/۷۶	-۴/۰۱
۱۱	۱۰۳۴/۹۴	-۱۸۵/۷۱	-۹/۴۴	-۹۱/۶۰	۱/۹۲	۰/۲۶	۷/۴۶	-۵/۰۵	۳۲/۱۰	-۳۴/۱۸
۱۲	-۸۲۴/۵۰	-۹۸/۷۸	۱۶/۰۶	-۶۸/۸۹	-۰/۵۶	-۲/۴۶	-۰/۰۶	-۰/۳۳	۱۷/۴۳	-۱۴/۸۴
۱۳	۱۳۶۹/۶۶	۵۳/۲۸	۱۰۵/۰۶	۷۷/۰۰	۲/۹۴	۹/۰۸	۰/۹۳	-۰/۳۶	-۲۱/۷۴	۰/۹۹
۱۴	۱۶۷/۶۱	-۱۰۹/۶۸	۲۹/۰۶	-۷۲/۱۸	-۰/۶۶	-۱/۵۳	-۲/۵۴	-۶/۰۵	۳/۴۳	-۲۵/۶۸
۱۵	۴۴۷/۵۰	-۳/۰۲	۱۳۸/۵۶	۳۳/۶۵	-/۰۵	-۰/۹۹	۹/۴۶	۳/۳۹	-۲۸/۰۷	۱۰/۲۴
۱۶	۲۶/۸۹	-۴۷/۲۰	۴۲/۰۶	-۵۸/۰۷	-۰/۰۶	-۲/۶۹	۸/۸۴	۰/۱۴	-۵/۵۷	۲/۷۴
۱۷	-۵۲۳/۶۳	-۲۵/۳۰	-۱۹۰/۴۴	-۱۱/۶۲	-۴/۳۱	-۱/۴۱	-۸/۷۹	-۳/۲۸	۲۲/۶۰	۶۰/۴۹
۱۸	-۶۹۸/۲۳	-۱۵/۹۵	-۷۴/۹۴	۵۲/۱۲	-۶/۶۳	-۴/۴۹	-۱/۷۶	۷/۱۰	-۴۰/۴۰	-۲۵/۰۱
۱۹	-۵۸۴/۴۲	-۵۱/۱۹	-۱۰۱/۴۴	۶۰/۶۵	۱/۴۱	۰/۷۷	-۲/۵۹	۳/۲۲	۱/۴۳	-۳/۳۴
۲۰	-۱۳۳/۶۰	-۱۲۹/۸۷	۶۲/۰۶	-۷۰/۰۲	۲/۳۱	۸/۷۲	-۰/۴۲	-۰/۲۶	۴۱/۶۰	-۱۴/۸۴
۲۱	-۹۵۴/۹۶	-۴۹/۸۳	-۴۹/۹۴	۱/۰۷	-۳/۲۲	-۳/۶۹	-۹/۴۶	۳/۶۵	-۹/۰۷	۳۶/۸۲
۲۲	۲۶۹/۳۹	۴/۱۴	۴۴/۵۶	۲۹/۰۸	۰/۸۲	-۰/۰۱	-۴/۲۷	۲/۳۵	-۱/۹۰	-۴/۶۸
۲۳	-۵۵۹/۶۰	-۶۹/۹۵	-۵۶/۴۴	-۱/۰۹	-۰/۳۲	-۰/۵۷	۱۰/۰۸	۵/۰۷	-۳۷/۵۷	-۲۲/۵۱
۲۴	-۳۱۰/۳۵	۲۵۳/۹۴	۹۹/۵۶	-۱۱/۰۳	۱/۸۴	۲/۷۱	-۴/۴۲	۵/۹۵	۲۳/۲۶	۵/۸۲
۲۵	-۶۶۳/۷۰	-۱۲۹/۶۸	-۱۲۱/۴۴	۳۳/۱۰	-۱/۷۸	۱/۲۸	-۵/۹۲	-۶/۱۸	-۳۶/۵۷	-۵/۸۴
LSD (5٪)	۶۲۷/۰۷	۱۳۳/۹۱	۸۳/۶	۶۷/۷۷	۵/۱۱	۵/۰۳	۱۷/۰۳	۱۴/۸۶	۵۶/۵	۵۵/۶

و تبریز، توانستند ۱۲ توده برتر را به‌عنوان والدین برتر برای تولید واریته سنتتیک معرفی نمایند. هالوئر و همکاران (۱۱) با به‌کاربردن روش اصلاحی پلی‌کراس توانستند دو واریته پوساونیا و میرنا را معرفی کنند. داکیک (۷) در یک آزمایش چهار ساله با استفاده از آزمون پلی‌کراس، به‌منظور بررسی تنوع ژنتیکی و محاسبه قابلیت ترکیب‌پذیری عمومی ۱۷ ژنوتیپ



شکل ۱. گروه‌بندی فامیل‌های علف باغ مورد بررسی براساس کلیه صفات (مورفولوژیک و علوفه‌ای) در شرایط عدم تنش خشکی به روش Ward

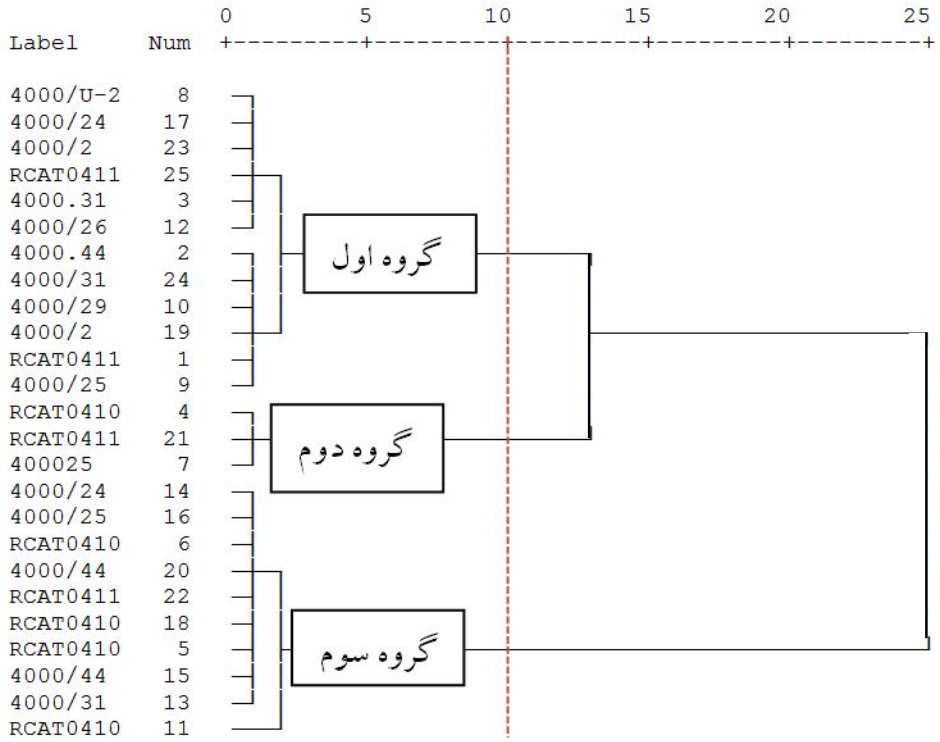
یونجه از لحاظ عملکرد دانه و پایداری عملکرد علوفه اعلام نمود که پنج ژنوتیپ از نظر صفات مورد مطالعه دارای بالاترین قابلیت ترکیب‌پذیری عمومی بودند.

تجزیه خوشه‌ای

نتایج گروه‌بندی فامیل‌های مورد بررسی براساس شرایط عدم تنش و تنش خشکی به‌ترتیب در شکل‌های ۱ و ۲ نشان داده شده است. با توجه به شکل ۱ در شرایط عدم تنش در محل فاصله اقلیدسی ۱۰ فامیل‌ها به دو گروه تقسیم‌بندی شده‌اند، گروه اول شامل ۱۲ فامیل بود که از لحاظ صفات مورفولوژیک برتری داشتند و دارای عملکرد علوفه پایین بودند و گروه دوم شامل ۱۳ فامیل بود که عملکرد علوفه بالاتری نسبت به فامیل‌های گروه اول بودند. در شرایط تنش خشکی در همین فاصله (فاصله اقلیدسی ۱۰) فامیل‌ها به سه گروه مجزا تقسیم شدند. گروه اول شامل ۱۲ فامیل بود، گروه دوم شامل ۳ فامیل این فامیل‌ها از نظر تولید علوفه متوسط بودند و گروه سوم شامل ۱۰ فامیل بود که از نظر عملکرد علوفه نسبت به سایر فامیل‌ها برتری داشتند.

تفکیک بهتر فامیل‌ها در شرایط تنش را می‌توان به کاهش و نزدیک‌تر شدن مقادیر صفات مورد مطالعه برای فامیل‌های موجود در گونه‌ها نسبت داد. برای تلاقی بین و درون گونه‌ای می‌توان از نتایج تجزیه‌ای خوشه‌ای موجود استفاده کرد. تلاقی بین ژنوتیپ‌های دارای حداکثر فاصله ژنتیکی به‌عنوان والد مناسب می‌تواند باعث بهبود ژنتیکی تحمل به تنش قابل توصیه باشد (۴).

هدف متخصصین اصلاح نباتات از دسته‌بندی ژنوتیپ‌های مختلف، پی‌بردن به فاصله ژنتیکی بین آنها و استفاده از تنوع ژنتیکی موجود در آنها در برنامه‌های اصلاحی می‌باشد (۱۵). طبقه‌بندی فامیل‌ها براساس خصوصیات بررسی شده توانست فامیل‌های علف باغ از مناطق مختلف ایران و کشورهای



شکل ۲. گروه‌بندی فامیل‌های علف باغ مورد بررسی براساس کلیه صفات (مورفولوژیک، علوفه‌ای) در شرایط تنش خشکی به روش Ward

خارجی را از هم تفکیک کند، با این وجود برای برخی از نمونه‌ها تطابقی بین منشاء جغرافیایی و گروهی که در آن قرار گرفته‌اند وجود نداشت، به‌طوری‌که در شرایط عدم تنش از ۱۲ فامیل در خوشه اول چهار فامیل از مجارستان در کنار فامیل‌های علف باغ از ایران قرار گرفته‌اند و در گروه دوم فامیل‌های ایرانی ۸ از شهرکرد، ۲ و ۲۰ از سمنان و ۷، ۱۲ و ۱۴ از اصفهان در کنار فامیل‌های علف باغ خارجی قرار گرفتند. هم‌چنین فامیل ۸ از شهرکرد در کنار فامیل‌های ۲ و ۲۰ از سمنان در یک خوشه قرار گرفت که این نتایج فرضیه وجود جد مشترک بین فامیل‌های این دو منطقه را تقویت می‌کند. فرضیاتی در مورد عدم تطابق منشاء جغرافیایی با طبقه‌بندی ارقام مطرح شده‌اند. رولدان ریوز و همکاران (۲۶) نامتجانسی و تنوع ژنتیکی زیاد در نمونه‌های مورد بررسی را از جمله عوامل این عدم تطابق در گیاهان دگرگشن می‌دانند. در برخی موارد کافی نبودن تعداد نمونه مانع از انعکاس تفاوت‌هایی که در اثر سازگاری‌های منطقه‌ای در ارقام حادث شده است، می‌گردد. هم‌چنین پدیده جریان ژنی یا مهاجرت نیز موجب کسب آلل‌های یکسان در جوامع مختلف شده و در نهایت با ایجاد خزانه ژنی مشترک اختلافات میان جوامع دور را کاهش داده و حتی گاهی جوامع دور را به یک جامعه تبدیل می‌کند و اینکه بعضی صفات با داشتن ارزش افزایشی ممکن است در مکان‌های خاصی با شرایط اکولوژیکی مشابه تجمع پیدا کرده باشند (۱۱ و ۲۹). در مجموع نتایج این پژوهش نشان داد که تنوع ژنتیکی کافی بین فامیل‌های مورد بررسی به‌ویژه برای صفات عملکرد علوفه و اجزای آن وجود داشت. هم‌چنین نظر به توارث‌پذیری نسبتاً بالا برای این صفات، امکان بهبود آنها از طریق برنامه‌های اصلاحی فراهم می‌باشد. با تعیین ترکیب‌پذیری برای صفات مهم می‌توان والدین اولیه مناسب برای ایجاد واریته‌های ساختگی به‌ویژه

ارقام متحمل به خشکی در طرح‌های ژنتیکی بعدی را معرفی و انتخاب کرد. به‌طوری‌که در این پژوهش ژنوتیپ‌های ۲، ۵، ۸، ۱۳ و ۱۵ ترکیب‌پذیری خوبی را برای استفاده از آنها در برنامه‌های اصلاحی جهت تولید واریته ترکیبی برای اصلاح عملکرد علوفه نشان دادند.

منابع مورد استفاده

1. Amini, F., M. M. Majidi and A. Mirlohi. 2013. Genetic and genotype × environment interaction analysis for agronomical and some morphological traits in half-sib families of tall fescue (*Lolium arundinacea* Schreb.). *Crop Science* 53: 411- 421.
2. Allen, R. G., L. S. Pereira, D. Raes and M. Smith. 1998. Crop Evapotranspiration-Guidelines for Computing Crop Water Requirements. Irrigation and Drainage. FAO.
3. Babai, K., M. Amini, A. Modares and R. Jabari. 2009. Effects of water stress on morphological characteristics, proline and thymol in thyme (*Thymus vulgaris* L.). *Medicinal and Aromatic Plants Research of Iran* 29: 239-251. (In Farsi).
4. Blum, A. 2011. Plant Breeding for Water-Limited Environments. Springer. New York.
5. Dane, J. H., R. H. Walker, L. B. Kamwe and J. L. Belcher. 2006. Tall fescue and hybrid bluegrass response to soil water motric head limits. *Agricultural Water Management* 86: 177-186.
6. De Araujo, M. R. A. 2001. Variation and Heritability in Meadow Bromegrass. University of Saskatchewan, Saskatoon.
7. Dukic, D. 2000. Genetic variability in seed yield in lucerne. *Savremena Poljoprivreda* 40: 69-73.
8. Estilai, A., B. Ehdaie, H. H. Naqvi, D. A. Dierig, D. T. Ray and A. E. Thampson. 1992. Coorelation and path analysis of agronomic traits in Guayle. *Crop Science* 32: 953-957.
9. Ebrahimiyan, M., M. M. Majidi, A. Mirlohi and A. Noroozi. 2013. Physiological traits related to drought tolerance in tall fescue. *Euphytica* 190: 401- 414.
10. Ebrahimiyan, M., M. M. Majidi, A. Mirlohi and M. Gheysari. 2012. Drought-tolerance indices in a tall fescue population and its polycross progenies. *Crop and Pasture Science* 63: 360-369.
11. Halluer, A. R., J. C. Marcelo and J. B. Miranda. 2010. Quantitative Genetic in Maize Breeding. Iowa State University Press, Ames Iowa.
12. Howards, S. R., J. A. Morgan and J. D Honson. 1999. Carbon and nitrogen reserve remobilization following defoliation, Nitrogen and elevated CO_2 effects. *Crop Science* 39: 1749-1756.
13. Innes, P., J. Hoogendoorn and R. D. Blackwell. 1985. Effects of difference in date of early emergence and height on yield of winter wheat. *Journal of Agricultural Science* 105: 543-549.
14. Jinang, Y. and N. Huany. 2001. Drought and heat stress injury to two cool-season turfgrasses in relation to antioxidant metabolism and lipid preoxidation. *Crop Science* 41: 436-442.
15. Johnson, R. A. and D. W. Wichern. 2007. Applied Multivariate Statistical Analysis. (4th Ed.), Prentice Hall International, INC. New Jersey.
16. Kirigwi, F. M., M. Van Ginkel, R. Trethowan, R. G. Seaes, S. Rajaram and G. M. Paulsen. 2004. Evaluation of selection strategies for wheat adaptation across water regimes. *Euphytica* 135: 361–371.
17. Lonbani, M and A. Arzani. 2011. Morpho-physiological traits associated with terminal drought-stress tolerance in triticale and wheat. *Journal of Agronomy Research* 9: 315–329.
18. Majidi, M. M., A. Mirlohi and F. Amini. 2009. Genetic variation, heritability and correlations of agro-morphological traits in tall fescue (*Festuca arundinacea Schreb*.). *Euphytica* 167: 323-331.
19. Mobin, P. 1977. Flora of Iranian Herb. Tehran University Press. Tehran. (In Farsi).
20. Moghadam, M. R. 1998. Pasture and Range Management. Tehran University Press. Tehran. (In Farsi).
21. Mohammadi, S. A. and B. M. Prasanna. 2003. Analysis of genetic diversity in crop plants-salient statistical tools and considerations. *Crop Science* 43: 1235-1248.
22. Mohammadi, R., M. Khayam-Nekouei, M. M. Majidi and R. Mirlohi. 2008. Capacity of species and genetic diversity in genotypes of forage grass garden (*Dactylis glomerata*). *Iranian Journal of Crop Production* 3: 139-158.
23. Mohammadi, R. M., R. Mirlohi and K. H. Razmjo. 2010. Evaluation of diversity in orachard grasses various populations. *Iranian Journal of Rangelands and Forests Plant Breeding and Genetic Research* 160: 14-26. (In Farsi).
24. Nguyen, H. T. and D. A. Sleper. 1983. Theory and application of half-sib matting in forage grass breeding.

Theoretical and Applied Genetics 64: 187-196.
25. Norozi, A. 2011. Study of Genetic Variation and Effect of Drought Stress on Yield and its Components in Tall Fescue (*Festuca arundinacea*) Genotypes. MSc Thesis, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran.
26. Roland-Ruiz, I., J. Dendauw, E. Van-Bockstaele, A. Depicker and M. DE-Loose. 2000. AFLP markers reveal high polymorphic rates in ryegrasses (*Lolium spp*). *Molecular Breeding* 6: 125- 134.
27. Sanderson, M. A., R. H. Skinner and G. F. Elwinger .2002. Seedling development and field performance of prairiegrass, grazing bromegrass, and orchadgrass. *Crop Science* 42: 224-230.
28. Santen, E. V. and D. A. Sleper. 1996. Orchardgrass. pp. 503-534. *In:* L. E. Moser and D. R. Buxton (Ed). Cool-Season Forage Grasses. American Society of Agronomy. Madison, USA.
29. Spangnoletti-Zeuli, P. L. and C. O. Qualset. 1987. Geographical diversity for quantitative spike characters in world collection of durum wheat. *Crop Science* 27: 235-241.
30. Trollh, J. 1930. The importance of bluh and befruchtung verhsltnisse on grass for their breeding salt-tolerant. *Breeder* 2: 330-336.
31. Valizadeh, M., M. Moghaddam, P. Talebi Chaichi, M. Kazemi, H. Monirifar and H. Hassan Panah. 2002. Breeding and introducing suitable alfalfa ecotypes in Azarbaijan region. Final Report of Research Project, University of Tabriz, Iran. (In Farsi).