مقاله پژوهشی

نشریه علمی تحقیقات ژنتیک و اصلاح گیاهان مرتعی و جنگلی ایران — شناسه دیجیتال (DOI): 10.22092/ijrfpbgr.2020.342243.1363

جلد ۲۸، شماره ۱، صفحه ۳۶-۱۷ (۱۳۹۹) — شناسه دیجیتال (DOR): 98.1000/1735-0891.1398.28.17.55.1.1576.41

بررسی تنوع ژنتیکی عملکرد علوفه و صفات مورفولوژیکی در جمعیت‌های فستوکا پابلند (*Festuca arundinacea* Schreb.)

زینب شهاب‌زاده[۱]، رضا محمدی[۲]، رضا درویش‌زاده[۳]، مراد جعفری[۴] و هادی علیپور[۵]

۱- دانش آموخته دکترای اصلاح نباتات- ژنتیک مولکولی و مهندسی ژنتیک، گروه تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه ارومیه

۲- استادیار، پژوهشکده بیوتکنولوژی کشاورزی شمال‌غرب و غرب کشور، پژوهشگاه بیوتکنولوژی کشاورزی ایران، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تبریز

۳*- **نویسنده مسئول مکاتبات**، استاد، گروه تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه ارومیه

پست الکترونیک: r.darvishzadeh@urmia.ac.ir

۴- دانشیار، گروه تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه ارومیه

۵- استادیار، گروه تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه ارومیه

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۱۲/۱۷ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۵/۶

چکیده

فستوکا پابلند ازجمله گیاهان علوفه‌ای مهم از خانواده گراس‌ها می‌باشد. فستوکا پابلند به دلیل مقاومت به شوری، خشکی، فلزات سنگین و چرای بی‌رویه و همچنین جلوگیری از فرسایش خاک می‌تواند یک گزینه مناسب برای کشت وسیع در ایران به دلیل خشکسالی‌های اخیر و کاهش سطح مراتع باشد. در این مطالعه تنوع ژنتیکی ۹۰ جمعیت فستوکا پابلند بر اساس ده صفت مورفولوژیکی و عملکردی (شامل قطر تاج پوشش، تعداد روز تا خوشه‌دهی، تعداد روز تا گرده‌افشانی، ارتفاع بوته، طول خوشه، قطر یقه، تعداد ساقه، طول برگ، عملکرد علوفه خشک و عملکرد بذر) در منطقه باسمنج تبریز از استان آذربایجان‌شرقی بین سالهای ۱۳۹۴ تا ۱۳۹۶ ارزیابی شد. نتایج مقایسه میانگین جمعیت‌ها نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار برای کلیه صفات بجز قطر تاج پوشش بود ($P<0.01$). بررسی ضرایب همبستگی نشان داد که تعداد ساقه، طول پدانکل، قطر یقه و سطح تاج‌پوشش همبستگی مثبت و معنی‌داری با وزن علوفه خشک و وزن بذر داشتند. وراثت‌پذیری کلیه صفات متوسط تا زیاد بود. بیشترین میزان وراثت پذیری به‌ترتیب مربوط به صفات عملکرد دانه، عملکرد علوفه خشک و تاریخ گلدهی بود. بر اساس نتایج تجزیه خوشه‌ای و تجزیه به مؤلفه‌های اصلی، جمعیت‌های فستوکا پابلند به دو گروه اصلی زینتی و علوفه‌ای و چهار خوشه (خوشه ۱ و ۲ شامل جمعیت‌های دیررس و زودرس علوفه‌ای و خوشه ۳ و ۴ شامل جمعیت‌های زینتی) متفاوت تقسیم‌بندی شدند. خوشه ۴ شامل جمعیت‌های زینتی با خوشه ۱ شامل جمعیت‌های علوفه‌ای دارای بیشترین فاصله ژنتیکی بودند که با تلاقی بین آنها هتروزیس بیشتری انتظار می‌رود. نتایج نشان داد جمعیت‌های مورد بررسی در این پژوهش از تنوع لازم برای انجام برنامه‌های اصلاحی فستوکا پابلند برخوردار هستند و می‌توانند در برنامه‌های اصلاحی آینده این گیاه استفاده شوند.

واژه‌های کلیدی: فستوکا پابلند، تنوع ژنتیکی، وراثت‌پذیری، نشانگر فنوتیپی.

مقدمه

جنس فستوکا یکی از بزرگترین جنس تیره گرامینه

(Poaceae) می‌باشد که در سطح گسترده در مناطق معتدل و کوهستانی می‌روید. فستوکا پابلند (*Festuca arundinacea*) یک گیاه دگربارور و آلوهگزاپلوئید (2n=6x=42) است که در مناطق سردسیر دنیا به صورت گیاه علوفه‌ای استفاده می‌شود و از نظر اقتصادی مهم می‌باشد (Fu *et al.*, 2016). این گیاه دارای خصوصیات مثبتی مانند عملکرد علوفه بالا، فصل طولانی چرا، تولید بذر نسبتاً خوب، سازگاری با دامنه وسیعی از شرایط خاک، مقاومت خوب به سرما و حفاظت از خاک است. گیاه به علت داشتن ریشه‌های فیبری، ضخیم و محکم، عمیق و گسترده باعث کاهش فرسایش خاک می‌شود (Sleper & West, 1996). فستوکا پابلند به صورت وسیع در آمریکا کشت می‌شود اما کشت این گیاه با وجود پراکنش گسترده در ایران و قابلیت بالا برای تولید علوفه، به صورت زراعی و مرتعی متداول نیست و در ایران فستوکا پابلند به‌طور طبیعی در مراتع شمالی، مرکزی و غربی رشد می‌کند (Mirjani *et al.*, 2003).

در فستوکا پابلند نیز همانند سایر گیاهان زراعی، تولید ارقام دارای عملکرد و کیفیت مطلوب و مقاوم به تنش‌های زیستی و غیرزیستی از مهمترین اهداف به‌نژادی محسوب می‌شود (Sleper & West, 1996). طی دهه‌های گذشته روش‌های متداول به‌نژادی بیشترین نقش را در بهبود ژنتیکی گراس‌های علوفه‌ای و زینتی در راستای افزایش تولید و کاربرد آنها داشته است (Mirzaie-Nodoushan & Nadarkhani, 2000). بااین‌حال در گیاه فستوکا پابلند به دلیل خودناسازگاری، دگرگشنی، چندساله بودن، گرده افشانی با باد، کوچک بودن گل‌ها برای اخته کردن و پلی‌پلوئیدی بودن کارایی روش‌های اصلاحی در مقایسه با سایر گیاهان علوفه‌ای و زراعی کمتر است (Hand *et al.*, 2012; Salehi *et al.*, 2014).

منابع ژنتیکی به‌عنوان ارزشمندترین ذخایر و منابع هر کشور محسوب می‌شوند و متخصصان به‌نژادی از آن به‌عنوان منبع ماده ژنتیکی برای ایجاد ارقام جدید استفاده می‌کنند. موفقیت هر برنامه اصلاحی بر میزان گستره تنوع ژنتیکی استوار است (Wang-Zhen *et al.*, 2006; Mirzaie-Nodoushan, 2002). یکی از محدودیت‌های اصلی به‌نژادی فستوکا پابلند محدود بودن تنوع ژنتیکی است، به‌طوری‌که در برخی کشورها تنوع کافی برای برخی صفات کمّی و کیفی یافت نمی‌شود (Ha, 2000). این در حالی است که در کشور ما تنوع بین و درون گونه‌ای خوبی در گیاهان علوفه‌ای به‌ویژه گراس‌ها وجود دارد و از این لحاظ بسیار کم نظیر است (Majidi, 2010a).

تجزیه و تفسیر دقیق تنوع ژنتیکی یکی از اهداف مهم اصلاحی در جهت طبقه‌بندی و توصیف دقیق نمونه‌هاست. این امر اصلاحگران را در شناسایی مجموعه‌ها و زیرمجموعه‌هایی که برای برنامه‌های به‌نژادی آینده نیاز دارد، یاری می‌نماید (Mohammadi & Prasanna, 2003). خصوصیات مورفولوژیکی ازجمله اولین نشانگرهای ژنتیکی مورد استفاده در ارزیابی تنوع بین و میان جمعیت‌ها به‌شمار می‌آیند که امروزه نیز اهمیت خود را حفظ کرده‌اند. این نشانگرها عمدتاً متناظر با صفاتی هستند که به‌صورت عینی قابل مشاهده و رتبه‌بندی هستند. نشانگرهای مورفولوژیکی پیامد جهش‌های قابل رؤیت در فنوتیپ صفات هستند. این صفات اگر از توارث بالایی برخوردار باشند به دلیل عدم نیاز به روش‌ها و تکنیک‌های پیشرفته (مانند تکنیک‌های بیوشیمیایی و مولکولی) برای بررسی آنها، می‌توانند یکی از گزینه‌های مناسب در مطالعات تنوع ژنتیکی به‌شمار آیند. صفات مورفولوژیکی همچنین قابلیت ارزیابی در مراحل مختلف نموی گیاهان زراعی را دارند ولی عیب عمده آنها عدم پوشش کل ژنوم گیاهی مورد مطالعه است. Jafari و Rezaeifard (۲۰۱۰) بیست ژنوتیپ فستوکا پابلند را از نظر خصوصیات رشدی و عملکردی مورد بررسی قرار دادند. نتایج آنان نشان داد که تفاوت معنی‌داری از نظر عملکرد ماده خشک، تعداد ساقه و پروتئین خام بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه وجود دارد. ژنوتیپ‌های با کد ۱۲۶۹، ۱۷۶۸، ۱۰۶۱ با متوسط عملکرد ۴۳۹۸ تا ۴۹۷۹ کیلوگرم در هکتار، بیشترین میزان تولید ماده خشک را داشتند (Jafari and Rezaeifard,

2010). Ebrahimyan و همکاران (۲۰۱۲) تنوع ژنتیکی و قرابت بین ۵۰ ژنوتیپ فستوکا پابلند را بررسی کردند. نتایج آزمایش آنان نشان داد که تفاوت بین ژنوتیپ‌ها برای عملکرد و صفات مورفولوژیکی معنی‌دار بود که بیانگر تنوع ژنتیکی بالا از نظر صفات مورد بررسی می‌باشد. برآورد ضرایب تنوع ژنتیکی نشان داد که عملکرد علوفه تر و خشک در برداشت اول از بیشترین میزان تنوع برخوردار بودند. کمترین میزان تنوع ژنتیکی مربوط به تعداد روز تا گرده‌افشانی و ارتفاع بوته بود. صفات روز تا گرده‌افشانی و قطر یقه نیز از تنوع بالایی برخوردار بودند. Majidi (۲۰۱۰b) تنوع آگرومورفولوژیکی در ۴۶ جمعیت داخلی و خارجی فستوکا پابلند را بررسی کرد. نتایج ایشان نشان داد که از لحاظ کلیه صفات بین توده‌ها و ارقام تفاوت معنی‌داری وجود دارد و ضرایب تنوع ژنتیکی حکایت از بالا بودن تنوع ژنتیکی در ژرم‌پلاسم مورد مطالعه داشت.

کاهش بارندگی و خشکسالی سال‌های اخیر در ایران سبب افزایش شوری و فرسایش شدید خاک شده است. از سوی دیگر مراتع طبیعی ایران به دلیل کمبود بارندگی و چرای بی‌رویه دام‌ها رو به نابودی هستند. این امر باعث شده است تا اهمیت اصلاح فستوکا پابلند به دلیل مقاومت عالی در برابر خشکی، شوری و چرای دام و از سوی دیگر جلوگیری از فرسایش خاک بیش از پیش مطرح شود. این پژوهش به‌منظور بررسی تنوع ژرم‌پلاسم فستوکا پابلند در دسترس در ایران با استفاده از صفات مورفولوژیک به دلیل پیدا نمودن والدین مناسب برای تولید ارقام با عملکرد علوفه و بذر بالا طراحی و اجرا شده است.

مواد و روش‌ها

تعداد ۹۰ ژنوتیپ فستوکا پابلند در گلدان‌های پنج کیلویی حاوی رس، ماسه بادی و کود حیوانی (به نسبت ۱:۱:۱) در گلخانه پژوهشکده بیوتکنولوژی شمال و شمال‌غرب کشور (تبریز) کشت شدند (جدول ۱). گیاهان شش ماه در گلخانه با دمای ۲۵°C، به مدت ۱۴ ساعت نور و ۱۰ ساعت تاریکی و رطوبت ۲۵ درصد نگهداری و در طول این مدت هر هفته یک بار سرزنی شدند تا اینکه بوته‌ها تعداد پنجه کافی (در حدود ۱۰ پنجه) برای کشت در مزرعه تولید نمایند. مزرعه آزمایشی در منطقه باسمنج تبریز با آب و هوای سرد و کوهستانی و بافت خاک شنی-رسی بود. زمین پس از انجام شخم، تسطیح و کوددهی برای کشت گیاهان آماده شد. کود ازته به میزان ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار (به صورت سرک در ۴ مرحله اول: کشت، پنجه‌دهی، رشد ساقه و خوشه‌دهی) و P_2O_5 (کود فسفاته) به میزان ۵۰ کیلوگرم در هکتار، شش ماه قبل از کاشت به وسیله دیسک به خاک اضافه گردید. گیاهان در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در بهار کشت گردیدند. در هر ردیف گیاهان با فاصله ۳۰ سانتیمتر از هم کشت شدند. فاصله بین ردیف‌ها ۴۰ سانتی‌متر و فاصله تکرارها (بلوک‌ها) از هم یک متر در نظر گرفته شد. ابعاد هر کرت زراعی ۱۲۰ سانتی‌متر (۳ خط با فاصله ۴۰ سانتی‌متر) در ۹ متر (۳۰ گیاه با فاصله ۳۰ سانتی‌متر) با تعداد ۹۰ بوته بود. آبیاری به صورت قطره‌ای انجام شد. در دو هفته اول آبیاری هر دو روز یکبار و بعد از آن با توجه به شرایط آب و هوایی هفته‌ای یکبار تا دو هفته یکبار انجام شد. کوددهی در سال دوم اوایل فصل بهار و قبل از شروع فصل رشد، با ۹۰ کیلوگرم در هکتار کود ازته و ۳۵ کیلوگرم در هکتار کود فسفاته انجام شد. پس از ظهور اولین خوشه‌ها در گیاهان یادداشت‌برداری از صفات مورفولوژیکی شامل قطر تاج‌پوشش (سانتی‌متر)، تعداد روز تا خوشه‌دهی، تعداد روز تا گرده‌افشانی، ارتفاع بوته (سانتی‌متر)، طول خوشه (سانتی‌متر)، قطر یقه پس از برداشت (سانتی‌متر)، تعداد ساقه در واحد سطح، طول برگ (سانتی‌متر)، عملکرد علوفه خشک (گرم در بوته) و عملکرد بذر (گرم در بوته) انجام گردید (Barker *et al.*, 2003).

جدول ۱- لیست و خصوصیات جمعیت‌های فستوکا پابلند (*Festuca arundinacea*) مورد بررسی

شماره	کد جمعیت	خصوصیت	منشأ	شماره	کد جمعیت	خصوصیت	منشأ
۱	6000/68-1	دیررس/علوفه‌ای	اصفهان	۴۶	6000/39-3	زودرس/علوفه‌ای	کاشان-اصفهان

شماره	کد جمعیت	خصوصیت	منشأ
۲	4000/247-1	دیررس/علوفه‌ای	اصفهان
۳	6000/9-1	دیررس/علوفه‌ای	اصفهان
۴	4000/44	دیررس/علوفه‌ای	اصفهان
۵	4000/247-2	دیررس/علوفه‌ای	اصفهان
۶	6000/68-2	دیررس/علوفه‌ای	اصفهان
۷	12000/31	دیررس/علوفه‌ای	اصفهان
۸	1000/52	دیررس/علوفه‌ای	اصفهان
۹	6000/11-1	دیررس/علوفه‌ای	اصفهان
۱۰	6000/L12-1	دیررس/علوفه‌ای	اصفهان
۱۱	6000/38	دیررس/علوفه‌ای	اصفهان
۱۲	6000/9-2	دیررس/علوفه‌ای	مبارکه-اصفهان
۱۳	6000/39-1	دیررس/علوفه‌ای	اصفهان
۱۴	6000/38-2	دیررس/علوفه‌ای	اصفهان
۱۵	6000/30	دیررس/علوفه‌ای	اصفهان
۱۶	6000/9-3	دیررس/علوفه‌ای	اصفهان
۱۷	6000/G6	دیررس/علوفه‌ای	اصفهان
۱۸	6000/L12-2	دیررس/علوفه‌ای	اصفهان
۱۹	6000/8	دیررس/علوفه‌ای	اصفهان
۲۰	6000/68-3	دیررس/علوفه‌ای	اصفهان
۲۱	6000/112-1	دیررس/علوفه‌ای	داران-اصفهان
۲۲	6000/39-2	دیررس/علوفه‌ای	یزدآباد-کاشان
۲۳	6000/112-2	دیررس/علوفه‌ای	داران-اصفهان
۲۴	RCAT064767	دیررس/علوفه‌ای	Pacin- مجارستان
۲۵	6000/112-3	دیررس/علوفه‌ای	داران-اصفهان
۲۶	6000/119-1	زودرس/علوفه‌ای	فریدونشهر-اصفهان
۲۷	RCAT064769-1	زودرس/علوفه‌ای	Taktabaj- مجارستان
۲۸	6000/68-4	زودرس/علوفه‌ای	اصفهان
۲۹	RCAT042281-1	زودرس/علوفه‌ای	Pakozd-مجارستان
۳۰	6000/119-2	زودرس/علوفه‌ای	فریدونشهر-اصفهان
۳۱	RCAT064772	زودرس/علوفه‌ای	Tyukod-مجارستان
۳۲	RCAT064769-2	زودرس/علوفه‌ای	Taktabaj-مجارستان
۳۳	6000/L12-3	زودرس/علوفه‌ای	مبارکه-اصفهان
۳۴	RCAT041849	زودرس/علوفه‌ای	Szeleveny-مجارستان
۳۵	RCAT040739	زودرس/علوفه‌ای	Ibafa-مجارستان
۳۶	6000/L12-3	زودرس/علوفه‌ای	مبارکه-اصفهان
۳۷	6000/119-3	زودرس/علوفه‌ای	فریدونشهر-اصفهان
۳۸	RCAT041815-1	زودرس/علوفه‌ای	Sarkad-مجارستان

شماره	کد جمعیت	خصوصیت	منشأ
۴۷	RCAT041815-3	زودرس/علوفه‌ای	Sarkad-مجارستان
۴۸	6000/39-4	زودرس/علوفه‌ای	یزدآباد-کاشان
۴۹	6000/11-2	زودرس/علوفه‌ای	اصفهان
۵۰	RCAT041877	زودرس/علوفه‌ای	Csesznek-مجارستان
۵۱	6000/9 Fozveh	علوفه‌ای	فوزوه-اصفهان
۵۲	Yazdabad	علوفه‌ای	کاشان-اصفهان
۵۳	Poshtkoh	علوفه‌ای	پشتکوه-اصهان
۵۴	Abyaneh 4+	علوفه‌ای	ابیانه-اصفهان
۵۵	6000/67 Borojen	علوفه‌ای	لرستان
۵۶	Honjan 2+	علوفه‌ای	اصفهان
۵۷	6000/65	علوفه‌ای	هونجان-اصفهان
۵۸	Kentacky 31	علوفه‌ای	امریکا
۵۹	Kamyaran Kordestan	علوفه‌ای	کامیاران-کردستان
۶۰	Thorough bred	علوفه‌ای	امریکا
۶۱	Azarbayjan5	علوفه‌ای	جمهوری آذربایجان
۶۲	Azarbayjan6	علوفه‌ای	جمهوری آذربایجان
۶۳	Azarbayjan2	علوفه‌ای	جمهوری آذربایجان
۶۴	Honjan 3+	علوفه‌ای	هونجان-اصفهان
۶۵	Fawn	علوفه‌ای	امریکا
۶۶	Fariman 83D+	زینتی	فریمان-کردستان
۶۷	Arid	زینتی	امریکا
۶۸	Bartes	زینتی	امریکا
۶۹	Fariman 83C+	زینتی	فریمان-کردستان
۷۰	Pcer	زینتی	امریکا
۷۱	Meltra	زینتی	انگلستان
۷۲	Azarbayjan7	زینتی	جمهوری آذربایجان
۷۳	Fariman 83B+	زینتی	فریمان-کردستان
۷۴	Rebel-Ch22	زینتی	امریکا
۷۵	Mesa	زینتی	سوئیس
۷۶	Bonsai	زینتی	امریکا
۷۷	Era	زینتی	امریکا
۷۸	Austin	زینتی	امریکا
۷۹	Tirbute	زینتی	امریکا
۸۰	Olympic	زینتی	دانمارک
۸۱	Sakini	زینتی	امریکا
۸۲	Mini Mustang	زینتی	امریکا
۸۳	Fiesta2	زینتی	امریکا

شماره	کد جمعیت	خصوصیت	منشأ	شماره	کد جمعیت	خصوصیت	منشأ
۳۹	6000/L12-5	زودرس/علوفه‌ای	مبارکه–اصفهان	۸۴	Ho-sh	زینتی	امریکا
۴۰	RCAT041815-2	زودرس/علوفه‌ای	Sarkad–مجارستان	۸۵	Rebel,JR	زینتی	امریکا
۴۱	RCAT042281-2	زودرس/علوفه‌ای	Pakozd–مجارستان	۸۶	Melba	زینتی	امریکا
۴۲	6000/L12-6	زودرس/علوفه‌ای	مبارکه–اصفهان	۸۷	Fariman 83A+	زینتی	فریمان–کردستان
۴۳	RCAT042279	زودرس/علوفه‌ای	Kecsket-solt–مجارستان	۸۸	Rebel, USA	زینتی	امریکا
۴۴	6000/L6	زودرس/علوفه‌ای	سمیرم–اصفهان	۸۹	Lafalla	زینتی	امریکا
۴۵	RCAT042281-3	زودرس/علوفه‌ای	Pakozd–مجارستان	۹۰	Rebel-Ch10	زینتی	امریکا

محاسبات آماری

تجزیه واریانس صفات بعد از بررسی مفروضات تجزیه واریانس شامل توزیع نرمال اشتباهات آزمایشی، در قالب مدل آماری طرح بلوک‌های کامل تصادفی با مدل خطی عمومی (General linear model; GLM) در نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۵ انجام شد. مقایسه میانگین با استفاده از روش دانکن (Duncan) انجام گردید. مقادیر واریانس فنوتیپی (V_P)، ژنوتیپی (σ_g^2) و محیطی (σ_e^2)، ضریب تغییرات محیطی (CV_E)، ژنتیکی (CV_g) و فنوتیپی (CV_P) و میزان وراثت‌پذیری (h_b^2) با استفاده از فرمول‌های زیر برآورد شدند (Halluer and Miranda,1998; Johnson, 1998).

$$\sigma_e^2 = V_e = MS_e$$

$$\sigma_g^2 = V_g = \frac{MS_g - MS_e}{r}$$

$$V_P = V_g + V_e$$

$$h_b^2 = \frac{V_g}{V_P} = \frac{V_g}{V_g + V_e}$$

$$CV_E = CV = \frac{\sqrt{MSe}}{\bar{X}} \times 100$$

$$CV_g = \frac{\sqrt{V_g}}{\bar{X}} \times 100$$

$$CV_P = \frac{\sqrt{V_P}}{\bar{X}} \times 100$$

در این فرمول‌ها $\bar{X}$، MS_g، MS_e و r به‌ترتیب میانگین صفت، میانگین مربعات ژنوتیپ، میانگین مربعات خطای آزمایشی و تعداد تکرار می‌باشد.

ارزیابی و گروه‌بندی جمعیت‌های فستوکا پابلند با استفاده از روش‌های تجزیه خوشه‌ای (Cluster analysis) و تجزیه به مؤلفه‌های اصلی (Principal component analysis; PCA) روی میانگین داده‌های اصلی صفات مورفولوژیک انجام شد. تجزیه خوشه‌ای، پس از استاندارد کردن داده‌ها با آلگوریتم "جفت گروه بدون وزن با میانگین حسابی" (Unweighted pair group method with arithmetic mean: UPGMA) بر مبنای فاصله اقلیدسی (Euclidean distance) در نرم‌افزار R نسخه 3.6.0 و تجزیه به مؤلفه‌های اصلی از طریق ماتریس ضرایب همبستگی صفات در نرم‌افزار Minitab نسخه ۱۶ انجام گردید.

نتایج

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که بین جمعیت‌های فستوکا پابلند از لحاظ کلیه صفات مورد مطالعه بجز قطر تاج پوشش، تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۱٪ وجود دارد. همچنین تفاوت بین بلوک‌ها در کلیه صفات به غیر از وزن خشک علوفه در سطح احتمال ۰/۰۱ معنی‌دار بود که نشان‌دهنده کارایی بلوک‌بندی در آزمایش بود (جدول ۲).

بیشترین مقدار صفت روز تا گلدهی در جمعیت آذربایجان۲ (۶۳ روز تا گلدهی) و کمترین مقدار در جمعیت RCAT042281-2 به میزان ۴۰ روز تا گلدهی مشاهده شد. جمعیت 6000/L12-1 در مقایسه با سایر جمعیت‌ها بیشترین تعداد روز تا گرده‌افشانی و جمعیت‌های 6000/68-4 و 6000/39-4 کمترین تعداد روز تا گرده‌افشانی بعد از کاشت را داشتند (جدول ۳). ارتفاع بوته در جمعیت‌های علوفه‌ای به‌طورکلی بیشتر از جمعیت‌های زینتی بود، به‌طوری‌که در جمعیت علوفه‌ای 6000/30 بلندترین بوته‌ها (۱۴۳/۳۳ سانتیمتر) و در جمعیت زینتی آذربایجان۲ کوتاه‌ترین بوته‌ها (۹۲/۸۹ سانتیمتر) مشاهده شد. طول پدانکل با میانگین ۲۱/۵۷ سانتی‌متر در دامنه ۱۵/۱۱ (RCAT042281-2) تا ۲۸/۳۳ (Bonsai) سانتی متر متغیر بود. تعداد ساقه در واحد سطح در جمعیت‌های زینتی نسبت به علوفه‌ای بیشتر بود، به‌طوری‌که میانگین تعداد ساقه در واحد سطح در جمعیت‌های زینتی ۱۷۵/۵۰۸ و در جمعیت‌های علوفه‌ای ۱۶۶/۹۰ بود. میانگین قطر یقه در هر دو جمعیت علوفه‌ای و زینتی تقریباً یکسان بود. در رابطه با صفت میزان عملکرد علوفه و وزن دانه در جمعیت آذربایجان۲ کمترین مقدار علوفه خشک (۶۱/۸۹ گرم در بوته) و کمترین میزان عملکرد بذر (۱۰گرم در بوته) مشاهده شد.

جدول ۲- تجزیه واریانس صفات مورفولوژیک در جمعیت‌های مختلف فستوکا پابلند (*Festuca arundinacea*)

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات									
		تاریخ گل‌دهی	تاریخ گرده‌افشانی	ارتفاع بوته	طول پدانکل	تعداد ساقه	قطر یقه	وزن خشک علوفه	وزن دانه	قطر تاج‌پوشش	طول برگ
جمعیت	۸۹	۱۲۵/۳۵**	۴۹/۰۸**	۵۳۱/۶۳**	۱۳۷۰۱/۵۸**	۱۰۳۵۹/۳۹**	۶۸۹/۵۹**	۹۹۲۹/۴۷**	۱۰۸۱۱/۹۷**	۵۶/۹۷ns	۱۳۵/۰۷**
تکرار	۲	۲۹۲/۴۲**	۵/۵۲**	۱۹۸۹/۰۸**	۲۴۹/۲۵**	۹۲۵۶۴/۰۱۷**	۱۴۹۸/۰۹**	۶۲۷۱۳/۲۱ns	۱۱۳۵/۹۱**	۳۰۶۸/۳۸**	۱۱۳۸/۰۷**
خطا	۱۷۸	۲۵/۴۷	۴/۰۱۷	۳۴۰/۵۳	۱۵۰/۵۷	۴۲۳۳/۵۰	۵۷/۹۹	۹۴/۴۰	۹۰۸/۶۲	۱۷/۶۴	۴۶/۵۳
ضریب‌تغییرات		۹/۶۶	۲/۷۳	۱۴/۷۹	۲۶/۸۸	۲۲/۹۴	۲۹/۱۶	۲۷/۶۴	۱۲/۳۷	۹/۶۳	۳/۸۹

**: معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۰۱

در مقابل، بیشترین میزان این صفات به‌ترتیب در جمعیت های 6000/L12-1 (۳۶۵ گرم در بوته) و 4000/44 (۷۰/۵ گرم در بوته) مشاهده شد. قطر تاج‌پوشش گیاهان در جمعیت‌های مختلف متفاوت بود. دامنه این صفت بین ۳۱/۸۹ سانتیمتر در جمعیت آذربایجان۲ تا ۵۵/۷۸ سانتیمتر در جمعیت RCAT040739 متغیر بود. مقایسه بین جمعیت‌های زینتی و علوفه‌ای برای صفت طول برگ نشان داد که میانگین این صفت در جمعیت‌های علوفه‌ای (۳۴/۳۹ سانتی‌متر) بیشتر از جمعیت‌های زینتی (۲۴/۱۶ سانتی‌متر) است، به‌طوری‌که بیشترین میزان طول برگ در جمعیت 6000/L12-1 (۴۵ سانتی‌متر) و کمترین میزان در جمعیت آذربایجان۲ (۱۷/۴۴ سانتی‌متر) مشاهده شد (جدول ۳).

همبستگی بین عملکرد علوفه و دانه مثبت و معنی‌دار ($r=0.49$; $P\leq0.05$) بود که نشان می‌دهد با افزایش میزان عملکرد علوفه خشک میزان عملکرد دانه نیز افزایش می‌یابد (شکل ۱). همبستگی بین وزن علوفه خشک با تمامی صفات بغیر از طول پدانکل و قطر یقه همبستگی مثبت و معنی‌دار ($P\leq0.01$) بود. صفت وزن بذر با تمامی صفات بجز تعداد ساقه، ارتفاع بوته و تاریخ گرده‌افشانی همبستگی مثبت و معنی‌داری ($P\leq0.05$) داشت (جدول ۴). بیشترین میزان ضریب همبستگی بین طول پدانکل با وزن دانه به میزان ۰/۷۷۳ مشاهده شد.

جدول ۳- مقایسه میانگین صفات مورفولوژیک در جمعیت‌های مختلف فستوکا پابلند (***Festuca arundinacea***)

شماره جمعیت	تاریخ گل‌دهی (روز)	تاریخ گرده‌افشانی (روز)	ارتفاع بوته (سانتی‌متر)	طول پدانکل (سانتی‌متر)	تعداد ساقه	قطر یقه (میلی‌متر)	وزن خشک (گرم در بوته)	وزن دانه (گرم در بوته)	قطرتاج‌پوشش (سانتی‌متر)	طول برگ (سانتی‌متر)
۱	e۴۶/۰۰	c۷۳/۲۲	c۱۱۹/۵۶	ab۲۰/۱۱	c۱۴۰/۱۱	d۲۳/۲۲	d۲۲۹/۸۹	cb۳۵/۰۰	c۳۶/۴۴	b۳۶/۴۴
۲	d۴۷/۱۱	c۷۴/۳۳	b۱۳۶/۶۷	a۲۲/۷۴	c۱۴۹/۰۰	cd۲۴/۵۶	b۳۱۲/۷۸	c۲۶/۹۴	b۴۲/۰۰	b۴۲/۰۰
۳	d۴۸/۸۷	c۷۲/۲۲	b۱۳۶/۴۴	a۲۲/۲۲	c۱۵۹/۷۸	d۲۳/۰۰	de۲۰۰/۸۹	cb۳۸/۰۰	c۳۶/۲۲	b۳۶/۲۲
۴	b۵۸/۵۶	c۷۴/۸۹	d۱۰۲/۵۶	b۱۹/۲۲	a۳۰۱/۳۳	c۲۷/۵۶	d۲۴۴/۷۸	c۲۹/۵۰	cb۳۹/۵۶	ab۳۹/۵۶
۵	b۵۴/۴۴	c۷۳/۰۰	a۱۳۸/۲۲	ab۲۰/۰۰	d۱۱۶/۸۹	a۳۲/۳۳	d۲۲۹/۸۹	c۲۲/۱۱	b۴۰/۰۰	ab۴۰/۰۰
۶	e۴۹/۷۸	a۷۹/۱۱	a۱۴۳/۰۰	a۲۳/۰۰	cb۱۹۴/۸۹	d۲۳/۷۸	b۳۱۶/۱۱	cb۳۵/۳۹	b۴۱/۱۱	a۴۴/۱۱
۷	d۴۴/۸۹	c۷۲/۰۰	a۱۴۰/۷۸	a۲۳/۸۹	d۱۱۷/۷۸	d۲۱/۷۸	de۱۹۵/۵۶	c۳۱/۲۸	c۳۴/۶۷	b۳۴/۶۷
۸	d۴۹/۶۷	c۷۱/۲۲	b۱۳۹/۳۳	a۲۳/۰۰	cb۱۹۲/۸۹	cd۲۴/۳۳	b۳۰۰/۵۶	c۲۴/۸۹	b۴۰/۳۳	ba۴۰/۳۳
۹	e۴۵/۶۷	a۸۵/۰۰	b۱۳۷/۲۳	a۲۲/۱۱	d۹۲/۳۳	c۲۲/۳۳	c۲۵۲/۰۰	cb۳۳/۸۳	cb۳۸/۸۷	cb۳۸/۸۷
۱۰	e۴۱/۰۰	c۷۴/۳۳	b۱۳۴/۵	a۲۶/۱۳	ba۲۶۱/۰۰	cd۲۴/۲۰	a۳۶۹/۰۰	cb۳۲/۱۱	a۴۹/۲۲	a۴۹/۲۲
۱۱	c۵۲/۵۶	c۷۳/۱۱	c۱۱۹/۸۹	ab۲۰/۶۷	c۱۵۱/۸۹	cd۲۴/۵۶	e۱۶۷/۲۲	cb۳۷/۱۱	cb۳۹/۶۷	ba۳۹/۶۷
۱۲	d۴۷/۱۱	c۷۳/۲۲	c۱۲۸/۸۹	a۲۵/۱۱	b۲۰۶/۶۷	b۲۸/۲۲	e۱۶۳/۸۹	c۲۴/۶۱	b۴۲/۰۰	b۴۲/۰۰
۱۳	c۵۱/۶۶	b۷۵/۵۶	c۱۳۲/۶۷	a۲۳/۷۴	e۸۶/۶۷	c۲۳/۴۴	d۲۲۱/۰۰	cb۳۹/۷۲	c۳۵/۴۴	b۳۵/۴۴
۱۴	c۵۴/۶۷	c۷۲/۷۸	b۱۳۵/۷۸	a۲۴/۸۹	cd۱۲۵/۱۱	c۲۳/۶۷	c۲۷۸/۴۴	c۲۹/۲۲	cb۳۸/۸۷	ba۳۸/۸۷
۱۵	c۵۰/۴۴	c۷۴/۳۳	a۱۴۳/۳۳	a۱۸/۰۰	c۱۴۹/۰۰	b۲۸/۴۴	b۳۱۲/۰۰	c۲۹/۵۰	b۴۳/۷۸	a۴۳/۷۸
۱۶	c۵۰/۵۶	c۷۲/۶۷	c۱۳۴/۰۰	ab۲۱/۰۰	cb۲۰۰/۳۳	b۲۷/۲۲	d۱۸۲/۵۶	c۲۵/۶۱	cb۳۸/۱۱	cb۳۸/۱۰
۱۷	c۴۹/۳۳	c۷۴/۴۴	b۱۳۵/۲۲	ab۲۱/۴۴	c۱۵۸/۵۶	c۲۳/۳۳	d۲۲۵/۳۳	c۲۵/۶۷	c۳۵/۱۱	b۳۵/۱۰
۱۸	e۴۶/۵۶	c۷۳/۵۶	a۱۴۳/۳۳	ab۲۱/۸۹	c۱۷۲/۷۸	c۲۵/۵۶	d۱۹۷/۴۴	c۲۵/۸۹	c۳۷/۳۳	b۳۷/۳۳
۱۹	c۴۹/۳۳	c۷۴/۴۴	b۱۳۴/۰۰	a۲۳/۵۶	de۱۱۵/۷۸	d۲۲/۸۹	de۱۸۸/۵۶	c۱۸/۷۲	c۳۵/۰۰	b۳۸/۰۰
۲۰	d۴۸/۶۷	c۷۳/۵۶	c۱۳۰/۷۸	b۱۸/۶۷	cd۱۲۷/۰۰	d۲۳/۳۳	c۲۶۶/۸۹	c۲۷/۵۰	c۳۵/۷۸	b۳۵/۷۸

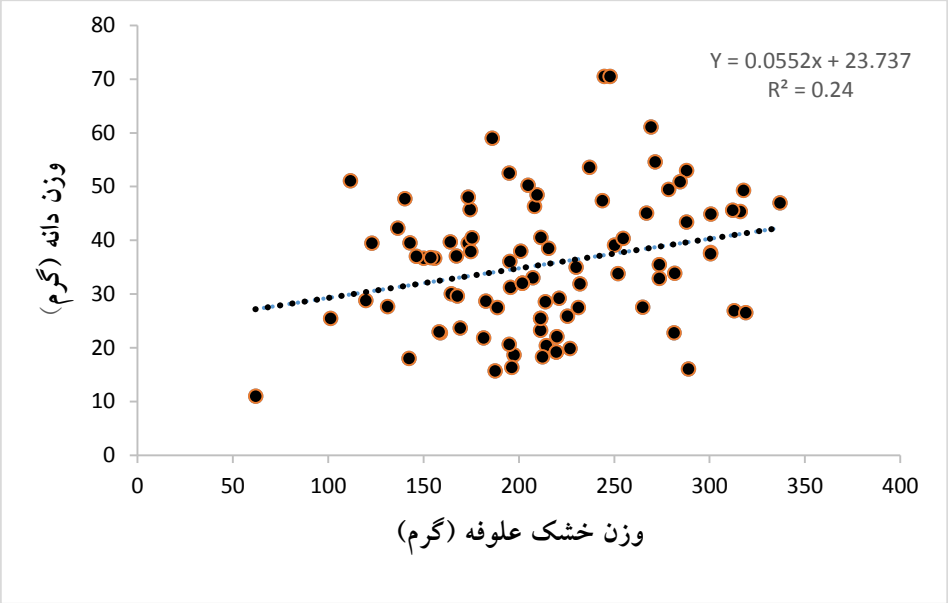
شماره جمعیت	تاریخ گل‌دهی (روز)	تاریخ گرده‌افشانی (روز)	ارتفاع بوته (سانتی‌متر)	طول پدانکل (سانتی‌متر)	تعداد ساقه	قطر یقه (میلی‌متر)	وزن خشک (گرم در بوته)	وزن دانه (گرم در بوته)	قطرتاج‌پوشش (سانتی‌متر)	طول برگ (سانتی‌متر)
۲۱	d۴۷/۳۳	c۷۳/۱۱	c۱۲۷/۶	b۱۹/۳۳	c۱۶۹/۴۴	c۲۵/۶۷	dc۲۳۱/۸۹	b۴۵/۰۶	b۴۱/۸۹	ab۴۱/۸۹
۲۲	d۴۸/۳۳	c۷۳/۸۹	a۱۳۹/۸۹	a۲۲/۰۰	c۱۵۱/۵۶	d۲۱/۴۴	cb۲۸۷/۸۹	c۳۱/۹۴	c۳۵/۳۳	b۳۵/۳۳
۲۳	d۴۹/۴۴	c۷۴/۰۰	a۱۴۰/۷۸	a۲۴/۱۱	c۱۹۴/۷۸	b۲۷/۲۲	cb۲۸۱/۶۷	c۲۳/۶۷	cb۳۸/۴۴	b۳۳/۱۱
۲۴	c۵۰/۳۳	c۷۳/۶۷	c۱۳۶/۳۳	a۲۷/۲۲	cb۲۱۱/۱۱	c۲۵/۵۶	b۳۱۷/۶۷	c۲۵/۵۰	b۴۱/۶۷	b۳۳/۱۱
۲۵	c۵۱/۳۳	c۷۳/۵۶	c۱۳۳/۵۶	ab۲۰/۷۸	c۱۹۶/۶۷	c۲۴/۸۹	d۲۰۷/۳۳	cb۳۵/۵۰	b۴۳/۵۰	ba۳۸/۸۹
۲۶	e۴۲/۴۴	c۷۱/۰۰	c۱۳۲/۶۷	ab۲۰/۶۷	c۱۴۶/۰۰	b۲۹/۶۷	e۱۶۹/۱۱	d۱۵/۷۲	bc۴۶/۴۴	ba۳۹/۱۱
۲۷	e۴۱/۸۹	c۷۳/۸	c۱۲۸/۰۰	b۱۷/۵۰	c۱۴۵/۹۳	c۲۶/۲۲	d۲۱۱/۲۲	c۲۶/۳۳	cb۳۹/۵۰	b۳۴/۲۴
۲۸	e۴۳/۴۴	c۷۲/۲۲	c۱۲۵/۱۶	ab۲۰/۵۶	c۱۵۳/۲۳	d۲۲/۷۸	c۲۷۳/۵۰	c۲۷/۵۰	cb۳۹/۵۰	ba۳۹/۴۴
۲۹	e۴۳/۱۱	c۷۲/۱۱	c۱۲۱/۱۱	b۱۹/۵۰	a۳۱۷/۰۰	c۲۶/۵۰	de۱۸۷/۴۴	c۲۷/۷۸	b۴۴/۳۶	b۳۵/۱۱
۳۰	e۴۲/۸۹	c۷۰/۶۷	c۱۲۱/۱۵	a۲۲/۰۰	d۱۳۸/۵۶	c۲۵/۸۹	d۲۰۸/۱۱	c۱۶/۳۹	b۴۵/۳۳	dc۳۱/۷۸
۳۱	e۴۳/۰۰	c۷۱/۶۷	c۱۲۹/۷۸	b۱۷/۱۱	d۱۴۰/۳۳	cd۲۴/۶۷	c۲۳۱/۱۱	c۱۷/۵۶	b۴۴/۸۹	c۳۴/۵۶
۳۲	e۴۵/۵۰	c۷۲/۳۶	c۱۲۴/۵۰	ab۲۰/۶۷	c۱۵۶/۵۰	b۲۷/۳۳	b۳۰۰/۴۴	c۲۷/۵۰	c۴۴/۵۰	cd۳۱/۲۳
۳۳	e۴۴/۱۱	c۷۲/۴۴	c۱۲/۶۷	a۲۴/۵۰	c۱۳۹/۱۱	c۲۶/۰۰	d۱۹۶/۱۱	c۱۹/۸۹	ab۴۹/۸۹	c۳۷/۰۰
۳۴	e۴۴/۶۷	c۷۱/۳۳	c۱۱۸/۰۰	b۱۹/۱۱	cd۱۹۹/۵۶	c۲۵/۶۷	cd۲۱۱/۴۴	c۲۳/۰۰	c۴۳/۵۶	b۳۶/۱۱
۳۵	e۴۵/۶۷	c۷۳/۴۴	c۱۲۸/۴۹	b۱۷/۳۳	c۱۷۵/۴۴	b۲۷/۶۷	b۳۰۰/۴۴	c۲۲/۷۸	a۵۵/۷۸	a۴۱/۳۳
۳۶	c۵۱/۷۳	c۷۳/۵۰	b۱۳۹/۶۷	b۲۱/۱۱	c۱۶۹/۵۰	b۲۹/۰۰	cb۲۲۶/۶۷	c۲۷/۵۶	ab۴۹/۵۰	b۳۸/۰۰
۳۷	e۴۵/۲۲	c۷۱/۶۷	۱۲۱/۰۰	b۱۷/۲۲	c۱۴۵/۷۸	c۲۵/۰۰	cd۲۱۱/۳۳	c۱۸/۰۶	b۴۲/۲۲	bc۲۹/۳۳
۳۸	c۴۴/۵۶	c۷۳/۶۷	c۱۲۷/۴۴	b۱۵/۱۱	c۱۸۷/۴۴	cb۲۴/۵۶	c۲۸۱/۲۲	c۲۰/۴۴	ab۴۹/۴۷	b۳۵/۸۹
۳۹	c۴۵/۳۳	c۷۳/۵۰	c۱۳۵/۷۸	b۱۶/۷۸	cb۲۲۲/۴۴	c۲۵/۸۹	c۲۶۴/۷۸	cb۳۲/۰۶	ab۴۸/۷۸	ba۳۹/۲۲
۴۰	c۴۱/۲۲	c۷۱/۶۷	d۱۱۴/۲۲	b۱۷/۴۴	d۱۲۷/۲۲	c۲۵/۵۶	e۱۴۲/۳۳	c۲۷/۰۰	b۴۵/۴۴	cb۲۷/۶۸
۴۱	cd۴۰/۰۰	c۷۳/۶۷	d۱۱۳/۷۰	b۱۹/۵۰	b۲۴۲/۴۴	d۲۱/۶۷	dc۲۱۴/۳۳	c۱۹/۲۳	c۳۴/۰۰	c۲۶/۴۴

شماره جمعیت	تاریخ گل‌دهی (روز)	تاریخ گرده‌افشانی (روز)	ارتفاع بوته (سانتی‌متر)	طول پدانکل (سانتی‌متر)	تعداد ساقه	قطر یقه (میلی‌متر)	وزن خشک (گرم در بوته)	وزن دانه (گرم در بوته)	قطرتاج‌پوشش (سانتی‌متر)	طول برگ (سانتی‌متر)
۴۲	c۴۵/۳۳	c۷۱/۵۶	c۱۲۵/۱۱	b۱۹/۲۱	c۱۴۶/۸۹	cd۲۴/۶۷	cd۲۰۰/۶۷	c۲۲/۳۲	cb۳۹/۲۲	cb۲۸/۸۹
۴۳	c۴۶/۰۰	c۷۲/۰۰	c۱۲۴/۰۰	a۲۱/۱۱	d۱۲۷/۰۰	c۲۵/۷۸	a۳۳۶/۸۰	c۲۳	cb۳۸/۸۹	cb۲۷/۸۹
۴۴	c۴۳/۷۸	c۷۱/۹۹	c۱۲۱/۷۸	ab۱۹/۵	c۱۶۹/۰۰	b۲۸/۴۴	c۲۱۹/۴۷	c۲۵/۵۰	b۴۳/۰۰	b۳۲/۵۰
۴۵	c۴۱/۲۲	c۷۳/۲۳	c۱۱۹/۸۱	b۱۶/۲۹	c۱۳۷/۲۶	b۲۷/۱۱	cd۲۰۱/۶۷	c۲۱/۸۳	ab۴۱/۴۷	bc۳۰/۷۸
۴۶	e۴۶/۰۰	c۷۲/۰۰	c۱۲۴/۰۰	b۱۷/۴۴	c۱۲۷/۰۰	c۲۵/۷۸	cd۲۰۱/۶۷	cb۳۲/۰۶	cb۳۸/۸۹	cb۲۷/۸۹
۴۷	e۴۱/۲۲	c۷۳/۳۳	c۱۱۹/۸۱	b۱۶/۲۹	c۱۳۷/۲۶	c۲۷/۱۱	cd۲۱۹/۴۷	c۱۹/۲۳	b۴۱/۴۷	b۳۲/۷۸
۴۸	e۴۳/۴۴	c۷۲/۲۲	c۱۲۸/۰۰	a۲۲/۵۰	c۱۵۳/۲۳	d۲۲/۷۸	cd۲۱۱/۲۲	c۲۵/۵۰	bc۳۹/۵۰	ab۳۹/۴۴
۴۹	e۴۵/۷۸	c۷۲/۰۰	c۱۱۸/۴۴	b۱۹/۱۱	c۱۴۳/۶۷	d۲۱/۱۱	d۱۸۱/۴۴	c۲۱/۸۳	c۳۷/۸۹	b۳۳/۲۹
۵۰	e۴۵/۳۳	c۷۲/۷۹	c۱۲۲/۴۴	b۱۷/۱۱	b۲۵۴/۰۰	cb۲۴/۵۰	c۲۷۳/۵۰	cb۳۲/۹۱	b۴۳/۴۴	ab۳۹/۱۱
۵۱	d۴۸/۳۳	c۷۳/۲۲	c۱۳۱/۲۲	b۱۹/۷۸	c۱۹۰/۷۸	c۲۲/۲۳	c۲۸۷/۷۸	b۵۳/۰۰	c۳۷/۶۷	b۳۵/۷۸
۵۲	c۵۲/۷۸	b۷۴/۱۱	c۱۲۶/۲۲	a۲۱/۴۴	d۹۰/۱۱	b۲۶/۲۲	c۲۶۹/۲۲	a۶۱/۱۱	cb۳۸/۱۱	bc۲۹/۵۶
۵۳	c۵۳/۷۸	c۷۲/۷۸	c۱۲۳/۵۶	a۲۳/۷۸	d۹۹/۵۶	b۲۷/۵۶	c۲۵۴/۶۷	cb۴۰/۳۹	b۴۰/۵۶	c۲۶/۵۶
۵۴	a۶۱/۸۹	b۷۶//۷۸	c۱۲۶/۶۷	b۱۸/۷۸	c۱۹۹/۱۱	c۲۳/۸۹	e۱۵۸/۶۹	cb۴۲/۸۳	c۳۶/۲۱	c۲۴/۵۶
۵۵	d۴۸/۷۸	c۷۲/۳۳	c۱۲۳/۰۰	ab۲۰/۵۶	e۷۶/۳۳	d۲۲/۸۹	c۲۳۷/۰۰	a۵۳/۶۳	b۴۰/۱۱	c۲۸/۱۱
۵۶	b۵۷/۵۶	b۷۵/۸۹	c۱۲۳/۵۶	ab۲۰/۱۱	f۶۲/۲۲	d۲۲/۳۳	d۱۹۴/۸۹	a۵۲/۶۷	c۳۶/۵۶	c۲۴/۲۲
۵۷	b۵۷/۴۴	c۷۴/۳۳	c۱۲۹/۳۳	ab۲۰/۲۲	de۱۱۱/۳۳	b۲۸/۱۱	c۲۸۸/۷۸	cb۴۳/۰۶	b۴۱/۸۹	c۲۵/۰۰
۵۸	e۴۵/۴۴	c۷۲/۵۶	b۱۳۴/۲۲	b۱۹/۷۸	e۷۵/۷۸	d۲۲/۱۰	c۲۴۳/۶۷	b۴۷/۳۹	b۴۴/۷۸	c۲۴/۰۰
۵۹	b۵۷/۷۸	c۷۴/۵۶	d۱۱۲/۵۶	a۲۳//۰۰	de۱۰۷/۸۹	cb۲۵/۰۰	cd۲۰۹/۴۴	b۴۸/۵۰	cb۳۸/۱۱	c۲۰/۴۰
۶۰	a۶۰/۰۰	b۷۶/۲۲	c۱۲۱/۳۳	a۲۴/۸۹	c۱۶۱/۰۰	d۲۱/۲۲	e۱۶۴/۴۴	cb۳۶/۰۶	c۳۲/۶۷	c۱۹/۲۲
۶۱	e۴۳/۴۴	c۷۳/۳۳	b۱۳۴/۶۷	a۲۴/۰۰	c۱۶۷/۵۶	b۲۸/۸۹	c۲۸۴/۴۴	b۵۰/۸۹	b۴۱/۳۳	c۲۴/۳۳
۶۲	a۶۱/۵۶	c۷۳/۸۷	d۱۰۷/۱۱	b۱۹/۷۸	c۱۵۵/۵۶	a۳۳/۶۷	e۱۵۸/۱۱	c۳۲/۰۰	b۴۳/۰۰	c۲۰/۱۱

شماره جمعیت	تاریخ گل‌دهی (روز)	تاریخ گرده‌افشانی (روز)	ارتفاع بوته (سانتی‌متر)	طول پدانکل (سانتی‌متر)	تعداد ساقه	قطر یقه (میلی‌متر)	وزن خشک (گرم در بوته)	وزن دانه (گرم در بوته)	قطرتاج‌پوشش (سانتی‌متر)	طول برگ (سانتی‌متر)
۶۳	a۶۳/۳۳	c۷۳/۴۴	e۹۲/۸۹	b۱۹/۷۸	c۱۲۹/۵۶	d۲۱/۸۹	d۱۷۶/۸۹	cb۳۸/۰۰	c۳۱/۸۹	c۱۷/۴۴
۶۴	b۵۶/۳۳	b۷۵/۱۱	b۱۳۸/۸۹	a۲۴/۱۷	c۱۴۱/۵۶	b۲۷/۸۹	e۱۶۷/۶۸	c۲۹/۶۷	b۴۲/۳۳	c۲۳/۶۷
۶۵	d۴۸/۲۲	c۷۳/۱۱	c۱۲۵/۳۳	b۱۹/۴۴	c۱۶۵/۴۴	c۲۵/۴۴	d۱۹۵/۱۱	cb۳۶/۱۱	cb۳۹/۰۰	c۳۴/۰۰
۶۶	b۵۸/۰۰	c۷۳/۱۱	c۱۲۵/۱۳۸	b۱۹/۴۴	ed۱۰۶/۵۶	b۲۹/۰۰	e۱۵۰/۸۹	c۲۸/۵۶	b۴۲/۳۳	c۱۹/۶۷
۶۷	b۵۵/۲۲	b۷۶/۰۰	b۱۳۷/۴۴	a۲۳/۸۹	cb۲۳۴/۸۹	c۲۵/۵۶	d۱۷۳/۴۴	cb۳۹/۵۰	cb۳۷/۶۷	c۲۶/۰۰
۶۸	b۵۴/۵۷	b۷۵/۶۷	d۱۱۱/۸۹	b۱۹/۰۰	b۲۸۰/۱۱	b۲۶/۱۱	d۱۵۰/۰۰	cb۳۶/۶۷	cb۳۷/۲۲	c۲۲/۸۹
۶۹	c۵۱/۴۴	b۷۵/۷۸	c۱۱۶/۱۱	a۲۳/۴۴	c۱۲۷/۳۳	b۲۵/۸۹	cd۲۱۲/۳۳	c۲۹/۸۸	b۴۲/۰۰	c۲۶/۷۸
۷۰	b۵۷/۳۲	c۷۳/۷۸	c۱۲۸/۸۹	ab۲۰/۱۱	a۳۱۶/۴۴	cb۲۴/۱۱	d۱۸۶/۰۰	ab۵۹/۰۰	c۳۴/۴۴	c۲۳/۰۰
۷۱	c۵۲/۷۸	b۷۴/۸۹	c۱۱۶/۴۴	b۱۹/۰۰	c۱۵۹/۸۹	b۲۵/۸۷	d۱۷۴/۶۷	cb۳۷/۹۴	cb۳۹/۲۲	c۲۲/۴۴
۷۲	b۵۸/۵۶	b۷۴/۷۸	c۱۱۹/۷۸	ab۲۰/۱۱	e۸۰/۲۲	c۲۳/۵۶	cd۲۱۳/۸۹	b۴۸/۵۶	cb۳۷/۱۱	cb۳۰/۷۸
۷۳	b۵۹/۵۸	b۷۵/۳۳	d۱۱۲/۷۸	b۱۸/۷۸	c۱۹۹/۸۹	b۲۷/۱۱	d۱۷۵/۳۳	b۴۰/۵۰	cb۳۸/۷۸	c۲۳/۸۹
۷۴	b۵۸/۱۱	b۷۵/۷۸	d۱۱۰/۲۲	b۱۹/۰۰	b۲۷۴/۲۲	b۲۹/۰۰	cd۲۰۴/۷۸	b۵۰/۲۸	b۴۲/۵۶	c۲۴/۵۶
۷۵	a۶۲/۱۱	b۷۷/۲۲	d۱۰۸/۶۷	b۱۸/۷۸	b۲۲۳/۸۹	b۲۸/۰۰	d۱۵۵/۷۸	cb۳۶/۶۷	a۵۹/۶۷	c۲۱/۷۸
۷۶	b۵۸/۵۶	b۷۵/۸۹	e۹۸/۴۴	a۲۸/۳۳	b۲۳۶/۱۱	b۲۵/۰۰	e۱۱۱/۵۶	ab۵۱/۱۱	c۳۵/۶۷	c۲۰۰/۰۰
۷۷	a۶۳/۰۰	b۷۵/۸۹	d۱۰۹/۵۶	b۱۹/۲۲	a۳۰۱/۳۳	b۲۷/۵۶	c۲۴۷/۷۸	a۷۰/۵۰	cb۳۹/۵۶	c۲۱/۴۴
۷۸	b۵۹/۵۶	b۷۵/۸۹	d۱۰۲/۵۶	b۱۷/۵۶	a۲۹۹/۳۳	b۲۵/۱۱	d۱۹۴/۷۸	ab۵۲/۵۰	c۳۶/۳۳	c۱۹/۳۳
۷۹	c۵۴/۱۱	b۷۵/۶۷	d۱۰۵/۵۶	b۱۷/۵۲	b۲۵۵/۸۹	cb۲۴/۳۳	e۱۲۲/۷۸	cb۳۹/۵۰	c۳۴/۶۷	c۲۳/۳۳
۸۰	a۶۱/۳۵	b۷۵/۵	d۱۰۶/۱۱	b۱۷/۳۳	b۲۷۷/۷۸	b۲۷/۵۶	de۱۴۰/۱۱	b۴۷/۷۸	cb۳۹/۷۸	c۲۴/۴۴
۸۱	b۵۶/۱۰	b۷۵/۷۸	d۱۰۱/۸۹	b۱۸/۵۶	c۱۴۰/۳۳	cb۲۴/۳۳	de۱۴۲/۷۸	cb۳۹/۵۶	c۳۳/۸۹	c۱۹/۲۲
۸۲	c۵۱/۸۹	c۷۴/۱۱	c۱۱۲/۴۴	b۱۸/۴۴	c۱۵۳/۲۲	b۲۵/۵۶	d۱۵۳/۷۸	cb۳۶/۷۸	cb۳۷/۱۱	c۲۳/۸۹
۸۳	a۶۱/۰۰	c۷۳/۳۴	e۹۵/۶۷	a۲۲/۳۲	c۱۳۹/۴۴	ab۳۱/۶۷	e۱۰۱/۱۲۴	b۴۵/۵۰	c۳۶/۵۰	c۲۵/۵۰

شماره جمعیت	تاریخ گل‌دهی (روز)	تاریخ گرده‌افشانی (روز)	ارتفاع بوته (سانتی‌متر)	طول پدانکل (سانتی‌متر)	تعداد ساقه	قطر یقه (میلی‌متر)	وزن خشک (گرم در بوته)	وزن دانه (گرم در بوته)	قطرتاج‌پوشش (سانتی‌متر)	طول برگ (سانتی‌متر)
۸۴	^{b}۵۹/۳۳	^{c}۷۴/۶۷	^{d}۱۰۸/۳۳	^{b}۱۶/۱۱	^{c}۱۸۵/۰۰	^{b}۲۵/۰۰	^{d}۱۴۶/۱۱	^{b}۴۵/۷۲	^{c}۳۵/۲۲	^{c}۱۹/۸۹
۸۵	^{b}۵۸/۸۹	^{c}۷۳/۷۸	^{d}۱۰۵/۵۶	^{ab}۲۰/۳۳	^{d}۱۲۷/۱۱	^{b}۲۵/۰۰	^{d}۱۷۳/۳۳	^{b}۴۸/۰۶	^{c}۳۶/۶۷	^{c}۱۹/۳۳
۸۶	^{a}۶۱/۱۱	^{c}۷۴/۱۱	^{d}۱۱۳/۵۶	^{b}۱۹/۲۲	^{b}۲۸۷/۳۳	^{b}۲۵/۵۶	^{d}۱۷۳/۳۳	^{cb}۳۹/۶۷	^{cb}۳۸/۸۹	^{c}۲۱/۰۰
۸۷	^{a}۵۹/۳۳	^{b}۷۷/۱۱	^{d}۱۱۳/۰۰	^{b}۱۹/۸۹	^{c}۱۹۷/۸۹	^{b}۲۶/۸۹	^{e}۱۳۱/۱۱	^{cb}۳۸/۵۰	^{cb}۳۸/۷۸	^{c}۲۲/۱۱
۸۸	^{b}۵۸/۸۹	^{b}۷۶/۵۶	^{d}۱۰۵/۵۶	^{ab}۲۰/۰۰	^{cd}۱۳۴/۱۱	^{b}۲۵/۲۲	^{cd}۲۰۰/۵۶	^{b}۴۲/۲۸	^{c}۳۶/۲۲	^{c}۲۳/۶۷
۸۹	^{a}۶۱/۱۱	^{b}۷۶/۵۶	^{e}۹۴/۲۲	^{b}۱۹/۶۷	^{c}۱۸۳/۲۲	^{c}۲۳/۷۸	^{ed}۱۳۶/۴۴	^{b}۴۸/۸۳	^{c}۳۵/۰۰	^{c}۱۹/۲۲
۹۰	^{a}۶۲/۱۱	^{b}۷۶/۸۹	^{d}۱۰۲/۲۰	^{b}۱۷/۷۸	^{c}۱۶۵/۰۰	^{c}۲۳/۷۸	^{e}۱۱۹/۵۶	^{b}۴۹/۷۵	^{c}۳۴/۰۰	^{c}۱۷/۶۷
میانگین	۵۲/۲۱	۷۳/۲۴	۱۲۴/۷۱	۲۱/۵۷	۱۵۱/۵۰	۲۶/۱۱	۳۵/۱۴	۳۱/۶۳	۴۳/۶۱	۱۷۵/۰۰

میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند، بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۰/۰۱ تفاوت معنی‌داری باهم ندارند.



شکل ۱- همبستگی بین وزن خشک علوفه و وزن دانه در جمعیت‌های مختلف فستوکا پابلند (***Festuca arundinacea***)

جدول ۴- ضرایب همبستگی صفات مورد بررسی با وزن علوفه خشک و بذر در جمعیت‌های مختلف فستوکا پابلند (***Festuca arundinacea***)

نام صفات	تاریخ گل‌دهی (روز)	تاریخ گرده‌افشانی (روز)	ارتفاع بوته (سانتی‌متر)	طول پدانکل (سانتی‌متر)	تعداد ساقه	قطر یقه (میلی‌متر)	قطر تاج‌پوشش (سانتی‌متر)	طول برگ (سانتی‌متر)
وزن‌علوفه‌خشک	۰/۴۶۰**	۰/۵۶۳**	۰/۷۷۱**	۰/۰۱۶	۰./۴۴۸**	۰/۰۶۰	۰/۶۶۲**	۰/۵۶۹**
وزن بذر	۰/۲۹۹**	۰/۲۰۷	۰/۱۰۴	۰/۷۷۳**	۰/۱۶۴	۰/۵۵۶**	۰/۳۳۷**	۰/۳۴۵**

**: معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۰۱ و *: معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۰۵

با بررسی میزان ضریب تنوع ژنتیکی مشخص شد که بیشترین میزان این شاخص به‌ترتیب مربوط به طول پدانکل (۳۱۱/۵۸) و وزن دانه (۱۸۱/۶۳) بود. نتایج مرتبط با شاخص ضریب تنوع فنوتیپی نشان داد که بیشترین میزان این شاخص به‌ترتیب مربوط به طول پدانکل (۳۱۶/۷۳) و وزن دانه (۲۰۵/۱۲) بود. در کلیه صفات میزان ضریب تنوع ژنتیکی کمتر از ضریب تنوع فنوتیپی بود (جدول ۵). قابلیت توارث‌پذیری عمومی در کلیه صفات به‌جز ارتفاع بوته، تعداد ساقه و طول برگ بالای ۰/۴ بود و وزن خشک علوفه خشک با ۰/۹۸ و طول پدانکل با ۰/۹۶ بیشترین میزان قابلیت توارث‌پذیری عمومی را بین صفات داشت (جدول ۵).

بر اساس نتایج تجزیه خوشه‌ای، ۹۰ جمعیت فستوکا پابلند بر اساس جمیع صفات مورفولوژیک مورد مطالعه به ۲ گروه اصلی و چهار زیرگروه تقسیم شدند (شکل ۲).

جدول ۵- آماره‌های ژنتیکی برای صفات مختلف در جمعیت‌های مختلف فستوکا پابلند (*Festuca arundinacea*)

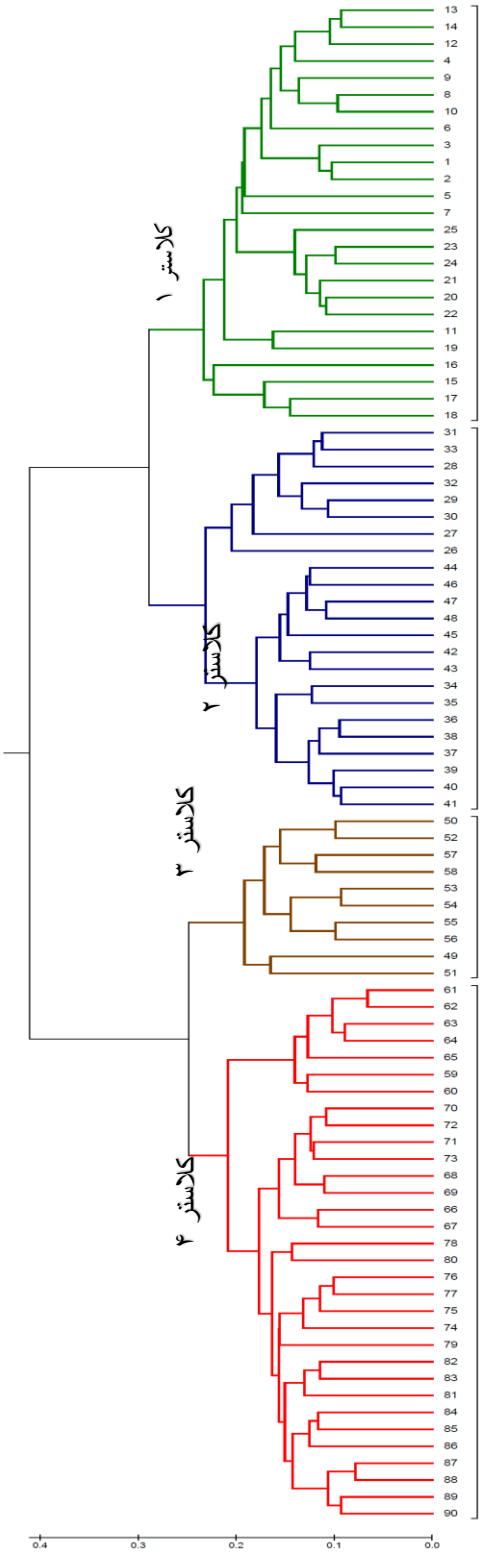
صفات	واریانس ژنتیکی	واریانس فنوتیپی	ضریب تنوع ژنتیکی	ضریب تنوع فنوتیپی	وراثت‌پذیری عمومی
تاریخ گلدهی (روز)	۳۳/۲۹	۵۸/۷۶	۱۱/۰۵	۹/۶۶	۰/۵۶
تاریخ گرده‌افشانی (روز)	۱۵/۰۲۱	۱۹/۰۳۸	۵/۲۹	۵/۹۵	۰/۷۸
ارتفاع بوته (سانتی‌متر)	۶۳/۷۰	۴۰۴/۲۳	۶/۳۹	۱۶/۱۲	۰/۳۹
طول پدانکل (سانتی‌متر)	۴۵۱۷/۰۳	۴۶۶۷/۵۷	۳۱۱/۵۸	۳۱۶/۷۳	۰/۹۶
تعداد ساقه	۲۰۴۱/۹۶	۱۴۵۹۲/۸۹	۲۹/۸۲	۷۹/۷۳	۰/۳۷
طول یقه (میلی‌متر)	۲۱۰/۵۳	۲۶۸/۵۲	۵۵/۵۷	۶۲/۷۵	۰/۷۸
وزن خشک علوفه (گرم در بوته)	۳۲۷۸/۳۵	۳۳۷۲/۷۵	۱۶۲/۲۹	۱۶۵/۲۶	۰/۹۸
وزن دانه (گرم در بوته)	۳۳۰۰/۷۹	۴۲۰۹/۴۲	۱۸۱/۶۳	۲۰۵/۱۲	۰/۷۸
قطر تاج‌پوشش (میلی‌متر)	۱۳/۱۱	۳۰/۷۵	۸/۳۰	۱۲/۷۱	۰/۴۲
طول برگ (سانتی‌متر)	۲۹/۵۱	۷۶/۰۴	۳/۱۰	۴/۹۸	۰/۳۸

گروه اول شامل ۵۰ جمعیت علوفه‌ای بود که به دو زیرگروه تقسیم‌بندی شد. زیرگروه اول (خوشه۱) شامل ۲۶ جمعیت دیررس علوفه‌ای و زیرگروه دوم (خوشه۲) شامل ۲۴ جمعیت زودرس علوفه‌ای بود. گروه دوم که شامل ۴۰ جمعیت زینتی و خارجی بود نیز به ۲ زیرگروه تقسیم‌بندی شد. زیرگروه اول (خوشه۳) شامل ۱۰ جمعیت زینتی ایرانی و زیرگروه دوم (خوشه۴) شامل ۳۰ جمعیت زینتی خارجی بود.

در خوشه۱ میانگین صفات ارتفاع بوته، وزن خشک علوفه و قطر تاج‌پوشش میانگین نسبت به سه خوشه دیگر بیشتر بود. در حالی‌که در خوشه۲ تنها در صفت طول برگ و طول پدانکل دارای میانگین بالاتری از سایر گروه‌ها بود. خوشه۴ که دارای ارقام زینتی خارجی بود، حداکثر میانگین را برای صفات تاریخ گلدهی، تاریخ گرده‌افشانی، قطر یقه، تعداد ساقه و وزن دانه نسبت به سایر گروه‌ها نشان داد (جدول ۶).

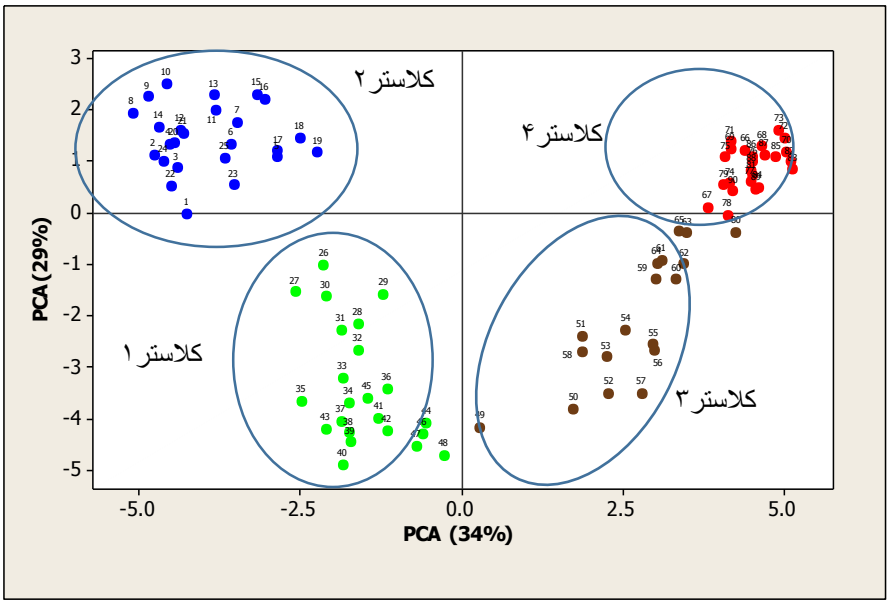
جدول ۶- مقایسه میانگین صفات مختلف در خوشه‌های مختلف بدست‌آمده از تجزیه خوشه‌ای جمعیت‌های مختلف فستوکا پابلند (*Festuca arundinacea*) مورد بررسی

شماره کلاستر	تعداد ژنوتیپ	گل‌دهی (روز)	گرده‌افشانی (روز)	ارتفاع (سانتی‌متر)	طول پدانکل (سانتی‌متر)	تعداد ساقه	قطر یقه (میلی‌متر)	وزن خشک (گرم در بوته)	وزن دانه (گرم در بوته)	تاج‌پوشش (سانتی‌متر)	طول برگ (سانتی‌متر)
کلاستر۱	۲۶	۴۳/۶۵^{c}	۷۱/۶۰^{b}	۱۳۵/۲۰^{a}	۱۸/۲۱^{c}	۱۶۵/۸۸^{ab}	۲۵/۱۳^{ab}	۲۴۸/۰۷^{a}	۲۹/۸۹^{c}	۴۲/۲۹^{a}	۳۲/۴۶^{b}
کلاستر۲	۲۴	۴۹/۵۷^{cb}	۷۳/۳۷^{ab}	۱۲۸/۷۲^{ab}	۲۱/۸۴^{a}	۱۵۴/۰۲^{b}	۲۴/۴۷^{b}	۲۱۷/۸۶^{b}	۳۱/۳۶^{bc}	۳۹/۳۳^{ab}	۳۵/۷۴^{a}
کلاستر۳	۱۰	۵۰/۲۴^{b}	۷۴/۲۹^{a}	۱۲۶/۳۸^{ab}	۲۰/۹۲^{ab}	۸۴/۹۹^{c}	۲۵/۱۴^{ab}	۲۲۸/۳۴^{ab}	۳۶/۷۰^{b}	۳۴/۴۷^{b}	۲۶/۲۳^{cb}
کلاستر۴	۳۰	۵۶/۵۸^{a}	۷۵/۲۶^{a}	۱۱۲/۸۲^{b}	۲۰/۱۶^{ab}	۱۹۰/۱۶^{a}	۲۵/۹۳^{a}	۱۷۹/۹۹^{c}	۳۹/۹۰^{a}	۳۲/۷۰^{c}	۲۳/۳۱^{c}



شکل ۲- نمودار گروه‌بندی جمعیت‌های فستوکا پابلند (***Festuca arundinacea***) مورد بررسی با استفاده از صفات مورفولوژیک

نمودار دو وجهی بر اساس مؤلفه‌های اصلی اول و دوم حاصل از تجزیه به مؤلفه های اصلی روی جمیع صفات مورفولوژیک به وضوح ۹۰ جمعیت فستوکا پابلند را در دو مختصاتِ جدا که نشان‌دهنده گروه‌های اصلی و چهار منطقه جداگانه که نشان‌دهنده زیرگروه‌های متفاوت فستوکا پابلند می‌باشد، تقسیم‌بندی نمود. دو مؤلفه اصلی اول ۶۳ درصد واریانس کل را توجیه کردند که در این میان مؤلفه اصلی اول (PCA1) ۳۴ درصد و مؤلفه اصلی دوم (PCA2) ۲۹ درصد واریانس کل را شامل بودند (جدول ۷). این نتایج به مقدار زیادی منطبق بر نتایج حاصل از خوشه‌بندی جمعیت‌ها بود (شکل ۳).



شکل ۳- تجزیه به مؤلفه‌های اصلی بر اساس صفات مورفولوژیک در ۹۰ جمعیت فستوکا پابلند (*Festuca arundinacea*)

نتایج تجزیه به مؤلفه‌های اصلی نشان داد که دو مؤلفه اول بیش از ۶۳ درصد تغییرات کل در بین داده ها را توجیه می‌کنند. هریک از این مؤلفه ها ترکیب خطی از ده متغیر اولیه بودند که دربردارنده واریانس آنها هم می‌باشند. بنابراین تنوع موجود در این جمعیت ها به مقدار زیادی با دو مؤلفه اول که مستقل از هم هستند قابل توجیه است که سهم دو مؤلفه اول ۳۴ و ۲۹ درصد است (جدول ۷). مؤلفه اول بیشتر متأثر از صفات تاریخ گلدهی، تاریخ گرده‌افشانی و عملکرد علوفه و دانه با ضرایب بردارهای ویژه مثبت و تعداد ساقه و قطر تاج پوشش با ضرایب منفی است که نشان‌دهنده این است که ژنوتیپ‌های سمت راست خوشه های ۲ و ۴ دیررس و پرمحصول و ژنوتیپ‌های سمت چپ زودرس، کم محصول و دارای تراکم ساقه بیشتری هستند. در حالی که مؤلفه دوم قادر است گروه‌بندی خوبی بین جمعیت ها از نظر تاریخ گرده‌افشانی و وزن خشک علوفه با ضرایب مثبت و طول پدانکل با ضریب منفی ایجاد نموده و ارقام پرمحصول را از کم محصول جدا کند (جدول ۷).

جدول ۷- مقادیر ویژه، درصد واریانس و واریانس تجمعی حاصل از تجزیه به مؤلفه‌های اصلی در جمعیت‌های مختلف فستوکا پابلند (*Festuca arundinacea*)

نام صفات	ضرایب بردارهای ویژه					
	مؤلفه ۱	مؤلفه ۲	مؤلفه ۳	مؤلفه ۴	مؤلفه ۵	مؤلفه ۶
تاریخ گلدهی	**۰/۵۱۳**	۰/۱۲۱	۰/۰۱۹	-۰/۲۰۱	-۰/۳۱۹	-۰/۱۰۲
تاریخ گرده‌افشانی	**۰/۵۷۴**	۰/۴۴۳	۰/۲۱۱	۰/۰۰۸	۰/۰۸۱	-۰/۱۰۸
وزن خشک علوفه	**۰/۳۴۶**	۰/۳۴۸	۰/۳۱۲	-۰/۲۱۲	۰/۲۷۱	۰/۳۵۹
وزن دانه	**۰/۳۰۱**	۰/۲۰۹	-۰/۱۲۹	۰/۳۱۵	-۰/۱۵۴	۰/۰۷۶
قطر تاج‌پوشش	**-۰/۳۱۵**	-۰/۱۲۷	-۰/۲۰۹	۰/۰۹۳	۰/۰۹۵	-۰/۳۳۵
تعداد ساقه	**-۰/۴۲۳**	۰/۰۲۶	۰/۱۰۹	**-۰/۵۳۱**	-۰/۳۱۵	-۰/۲۳
طول پدانکل	-۰/۱۶۴	**-۰/۳۶۱**	-۰/۲۴۱	۰/۱۳۹	-۰/۲۱۱	**۰/۴۴۸**
طول برگ	-۰/۲۲۴	-۰/۱۶۴	**-۰/۳۰۸**	۰/۰۸۱	**-۰/۳۵۵**	**-۰/۴۸۲**
طول یقه	-۰/۲۵۴	-۰/۱۵۳	-۰/۰۷	-۰/۱۷۲	**۰/۴۱۱**	-۰/۰۸۷
ارتفاع بوته	-۰/۲۲۱	۰/۱۵۷	۰/۲۱۴	۰/۱۵۷	۰/۲۸۲	-۰/۱۸۶
مقدار ویژه	۳/۲۰۳	۲/۶۵۱	۱/۲۱۰	۱/۲۰۸	۱/۰۱۶	۱/۰۷۲
درصد واریانس	۰/۳۴۱	۰/۲۹۱	۰/۰۸۰	۰/۰۷۸	۰/۰۶۳	۰/۰۱۸
درصد تجمعی	۰/۳۴۱	۰/۶۳۲	۰/۷۱۲	۰/۷۹۰	۰/۸۵۳	۰/۸۳۹

بحث

استفاده از نشانگرهای مورفولوژیک یکی از راه‌های بررسی تنوع ژنتیکی و انتخاب والد مناسب برای ایجاد ارقام با میزان نمود فنوتیپی بالاست. نتایج این پژوهش نشان داد که در رابطه با صفات مورفولوژیک مورد مطالعه تفاوت معنی‌داری بین جمعیت‌ها وجود دارد که حکایت از تنوع ژنتیکی بالاست. نتایج بررسی ضرایب همبستگی نشان داد روز تا گل‌دهی، ارتفاع بوته، قطر تاج‌پوشش، طول برگ و تاریخ گرده‌افشانی نقش مثبت و معنی‌داری در افزایش عملکرد علوفه داشتند. بیشترین ضریب همبستگی بین وزن علوفه خشک با ارتفاع بوته (۰/۷۷۱)، طول برگ (۰/۵۶۹) و قطر تاج‌پوشش (۰/۶۶۲) بود. از آنجایی که ارتفاع بوته، طول برگ و قطر تاج‌پوشش سبب افزایش میزان بیوماس و علوفه می‌گردد چنین نتیجه‌ای منطقی به نظر می‌رسد. در رابطه با وزن دانه بالاترین میزان ضریب همبستگی در صفت طول پدانکل (۰/۷۷۳) مشاهده شد. این موضوع از این نظر که طول پدانکل سبب افزایش وزن دانه و رسیدگی بیشتر دانه و درنتیجه افزایش وزن بذر در هر بوته می‌شود، منطقی به نظر می‌رسد. Fang و همکاران (۲۰۰۴) در فستوکا مرتعی باروری خوشه و پس از آن تعداد ساقه و طول برگ را به‌عنوان تعیین‌کننده‌ترین اجزاء عملکرد دانه و علوفه معرفی کردند. Das و Taliaferro (۲۰۰۹) در مطالعه تنوع ژنتیکی خصوصیات عملکردی، تعداد ساقه و قطر یقه در بوته را به‌عنوان اجزاء عملکرد شناسایی کردند. Saha و همکاران (۲۰۰۵) گزارش کردند که تعداد ساقه در بوته نمی‌تواند برای انتخاب مستقیم عملکرد دانه استفاده گردد، زیرا واکنش ژنوتیپ‌ها به این صفت در محیط‌های مختلف متفاوت است. همبستگی مثبت بین عملکرد دانه و عملکرد

علوفه خشک نشان می دهد با افزایش عملکرد علوفه خشک میزان عملکرد دانه نیز افزایش می‌یابد. در مقابل، در نتایج پژوهش‌های قبلی نشان داده شده است با افزایش عملکرد علوفه کاهش چشمگیری در عملکرد بذر مشاهده می‌گردد (Fang et al., 2004; Kasperbauer, 1990) که این موضوع اهمیت نوع مواد گیاهی مورد استفاده در برنامه‌های به‌نژادی را نشان می‌دهد. البته افزایش عملکرد بذر مانند عملکرد علوفه یک معیار پر اهمیت در به‌نژادی گیاهان علوفه‌ای است، زیرا برای احیای مراتع و ایجاد چراگاه‌های مصنوعی با استفاده از رقم جدید به قابلیت بذری بالا در این گیاه نیاز است. ازاین‌رو امروزه توجه به افزایش عملکرد علوفه و بذر به صورت توأم افزایش یافته است. در تطابق با نتایج این پژوهش، Majidi (۲۰۱۰a) نشان داد که استفاده از جمعیت‌های فستوکا پابلند در دسترس در ایران موجب افزایش میزان هر دوی این صفات عملکردی باهم گردید.

در صفات مربوط به طول پدانکل و وزن دانه و علوفه خشک میزان ضریب تغییرات ژنتیکی بالا بود که این نشان‌دهنده این امر است که می‌توان این صفات را برای اصلاح فستوکا پابلند به‌کار برد. همچنین در کلیه صفات میزان ضریب تنوع فنوتیپی و واریانس فنوتیپی بیشتر از ضریب تنوع ژنتیکی و واریانس ژنتیکی است که این امر می‌تواند به دلیل تأثیر محیط بر ظهور این صفات باشد (Aghae-Sarbarzeh &Amini, 2011). همچنین پایین بودن ضریب تنوع فنوتیپی و ژنوتیپی در صفت طول برگ و قطر تاج‌پوشش نشان‌دهنده این است که احتمالاً گزینش برای این صفات در طول سال‌ها زیاد بوده، در نتیجه تنوع برای این صفت کاهش پیدا کرده است (Majumder et al., 2008). وراثت‌پذیری پایین برای برخی صفات همانند تعداد ساقه و طول برگ را می‌توان به بزرگ بودن واریانس فنوتیپی آنها نسبت داد که بخش اعظم آن واریانس محیطی بوده است.

نتایج گروه‌بندی با تجزیه خوشه‌ای و تجزیه به مؤلفه‌های اصلی نشان داد که از چهار کلاستر بدست‌آمده در این گروه‌بندی کلاسترهای ۱ و ۲ دارای میانگین بالاتری در بیشتر صفات نسبت به زیر کلاسترهای ۳ و ۴ بودند. کلاسترهای ۳ و ۴ بیشتر جمعیت‌های اصلاح شده برای علوفه و بذر بودند، در حالی‌که کلاسترهای ۱ و ۲ شامل بیشتر جمعیت‌های محلی ایرانی و مجارستانی بودند که کار اصلاحی کمتری روی آنها انجام شده بود.

نشانگرهای مورفولوژیکی دارای محدودیت‌هایی مانند پلی‌مورفیسم پایین، توارث غالب و مغلوب، اثر اپیستازی و پلیوتروپی، تأخیر در ظهور و حساسیت به عوامل محیطی می‌باشند (Benedetta et al., 2020). تعداد این نشانگرها نسبت به نشانگرهای مولکولی بسیار محدود است و تشخیص افراد هتروزیگوس از هموزیگوس با وجود رابطه غالب و مغلوبی توسط این نشانگرها غیرممکن است (Jafari & Javarsineh, 2006). در کل، در صورتی که این صفات از توارث‌پذیری بالایی برخوردار باشند، یکی از گزینه‌های مناسب در مطالعات تنوع ژنتیکی به‌شمار می آیند، زیرا در این صورت توارث این صفات را می‌توان بدون نیاز به روش‌های بیوشیمیایی و مولکولی ارزیابی نمود (Peter-Schmid *et al.*, 2008). صفات مورفولوژیکی قابل ارزیابی متعددی برای محصولات زراعی در مراحل مختلف نموی مانند بذر، نونهالی، بلوغ رویشی، گل و میوه وجود دارد. البته این صفات قادر نیستند به خوبی کل ژنوم گیاهی را تحت پوشش قرار دهند. اما انتخاب صفات مورفولوژیکی که تنها به وسیله یک مکان ژنی کنترل می‌شوند و یا تحت تأثیر محیط تقریبا ثابت می‌مانند می‌تواند یک راه مؤثر برای بررسی تنوع و تمایز افراد مختلف در یک بررسی باشد (Ebrahimiyan *et al.*, 2013).

نتایج کلی این پژوهش نشان داد که صفات مورد استفاده در این آزمایش توانایی جداسازی ژنوتیپ‌های مختلف فستوکا پابلند دارند و از سوی دیگر تنوع زیادی بین جمعیت‌های مورد بررسی وجود دارد که می‌تواند به‌عنوان یک منبع ژرم‌پلاسمی خوب برای اصلاح فستوکا پابلند استفاده گردد. جمعیت‌های علوفه‌ای زودرس موجود در

کلاستر ۱ دارای فاصله ژنتیکی زیادی با کلاستر۴ که شامل جمعیت‌های زینتی خارجی هست، می‌باشد. جمعیت‌های علوفه‌ای موجود در کلاستر۱ و ۲ به وضوح تفاوت معنی‌داری را در بیشتر صفات با کلاستر۳ و ۴ که مربوط به جمعیت‌های زینتی فستوکا پابلند هستند، نشان می‌دهند. از آنجایی که امروزه مهمترین راه به‌نژادی گراس‌ها تولید ارقام ترکیبی می‌باشد انتخاب جمعیت‌هایی با فاصله اقلیدیسی زیاد از یکدیگر به‌عنوان والد در تولید ارقام ترکیبی می‌تواند سبب تولید ارقامی با میزان نمود فنوتیپی بالا گردد. البته تنها با اتکا بر ارزیابی صفات مورفولوژی و عملکردی جمعیت‌های مورد مطالعه نمی‌توان به صورت دقیق والدین مناسب را برای تلاقی انتخاب نمود، بلکه بهتر است با ترکیب روش‌های مولکولی با داده‌های موجود در این پژوهش به‌طور قطع یقین والد مناسب را برای وارد شدن به تلاقی انتخاب نمود.

منابع مورد استفاده

- Aghae-Sarbarzeh, M. and Amini, A., 2011. Genetic variability for agronomy traits in bread wheat genotypes collection of Iran. Seed and Plant Improvement Journal, 4: 581-599. (In Persian)
- Amini, F., Mirlohi, A.F., Majidi, M.M., Shojaiefar, S. and Kolliker, R., 2011. Improved polycross breeding of tall fescue through marker-based parental selection. Plant Breeding, 130: 701-707.
- Barker, R.E., Pfender, W.F., Welty, R.E. 2003. Selection for Stem Rust Resistance in Tall Fescue and Its Correlated Response with Seed Yield. Crop Breeding, Genetics & Cytology. 43: 75-79.
- Benedetta, S., Margaret, W., Donal, O. and James, C., 2020. Use of genetic markers for the detection of off-types for DUS phenotypic traits in the inbreeding crop barley. Molecular Breeding, 40: 24-39.
- Das, M.K. and Taliaferro, M.C., 2009. Genetic variability and interrelationships of seed yield and yield components in switchgrass. Euphytica, 167: 95-105.
- Ebrahimiyan, M., Majidi, M.M., Mirlohi, A.F. and Noroozi, A., 2013. Physiological traits related to drought tolerance in tall fescue. Euphytica, 190: 401-414.
- Ebrahimian, M., Majidi, M.M. and Mirlohi, A.F., 2012. Clonal evaluation and estimation of genetic similarity of tall fescue genotypes (*Festuca arundinacea* Schreb). Journal of Plant Production (Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources), 19(3): 91-108. (In Persian)
- Fang, C., Amlid, T.S., Jqrgensen, Q. and Rognil, O.A., 2004 Phenotypic and genotypic variation in seed production traits within a full-sib family of meadowfescue. Plant Breeding, 123: 241-246.
- Fu, K., Zhihui, G., Xinquan, Z., Yan, F., Wendan, W., Daxu, L., Yan, P., Linkai, H., Ming, S., Shiqie, B. and Xiao, M., 2016. Insight into the genetic variability analysis and cultivar identification of tall fescue by using SSR markers. Hereditas, 153: 9-20.
- Ha, S.B., 2000 Transgenic tall fescue. In: Bajaj. Y.P.S. (Ed.). Biotechnology in agriculture and forestry. Springer-Verlag. Berlin. PP 127-146.
- Halluer, A.R. and Miranda, J.B., 1998. Quantitative Genetic In Maize Breeding. Iowa State Unive, Press, AmesIowa.
- Hand, M.L., Cogan, N.O.I. and Forster, J. W., 2012 olecular characterization and interpretation of genetic diversity within globally distributed germplasm collections of tall fescue (*Festuca arundinacea* Schreb.) and meadow fescue (*F. pratensis* Huds.). Theoretical and Applied Genetics, 124: 1127–1137.
- Jafari, A. and Javarsineh, A., 2006. Estimation of heritability and gain from selection of yield and quality of forage in parents and half sib family of tall fescue. In Proceedings of the 1th Iranian Forage Plants Congress, August 9-11, 99-124. (In Persian).
- Jafari, A.A. and Rezaeifard, M., 2010. Effects of maturity on yield and quality traits in tall fescue (*Festuca arundinace* Schreb). American-Eurasian Journal of Agricultural & Environmental Sciences, 9: 98-104.
- Johnson, D.E., 1998. Applied Multivariate Methods for Data Analysis. Dunbury Press, New York, USA. 567 p.p.
- Kasperbauer, M. J., 1990. Biotechnology in tall fescue improvement. CRC Press. Boca. Raton. PP 199.
- Majidi, M.M., 2010a. Assessment of genetic diversity and relationships between seed traits in tall fescue populations using multivariate statistical Analysis. Electronic Journal of Crop Production, 2(4): 135-148. (In Persian)
- Majidi, M.M., 2010b. Evaluation of seed yield and yield components in Iranian landraces and foreign varieties of tall fescue (*Festuca arundinacea* Schreb.). Iranian Journal of Field Crop Science (Iranian Journal of Agricultural Sciences), 41(1): 93-103. (In Persian).
- Majumder, D.A.N., Shamsuddin, A.K.M., Kabir, M.A. and Hassan, L., 2008. Genetic variability. correlated response and path analysis of yield and yield

Habitat and management affect genetic structure of Festuca pratensis but not Lolium multiflorum ecotype populations. Plant Breeding, 127: 510-517.
- Saha, M.C., Mian, R., Zwonitzer, J.C., Chekhovskiy, K. and Hopkins, A.A., 2005. An SSR and AFLP based genetic linkage map of tall fescue (*Festuca arundinacea* Schreb.). Theoretical and Applied Genetics, 110: 323-336.
- Salehi, M., Salehi, H., Niazi, A. and Ghobadi, C., 2014. Convergence of goals: phylogenetical. morphological and physiological characterization of tolerance to drought stress in tall fescue (*Festuca arundinacea* Schreb.). Molecular Biotechnology, 56: 248-257.
- Sleper, D.A. and West, C.P., 1996. Tall fescue. In L. E. Moser et al. (Eds.). Cool season forage grasses. Agron. Monogr. ASA. CSSA and SSSA. Madison. PP. 471-502.
- Wang-Zhen, G., Guo-Jia, M., Yi-Chao, Z. and Chen-Xin, C., 2006. Molecular tagging and mapping of quantitative trait loci for lint percentage and morphological marker genes in upland cotton. Journal of Integrative Plant and Biology, 48: 320-326.

contributing traits of spring wheat. Journal of the Bangladesh Agricultural University, 6: 227-234.
- Mirjani, L., Ghamari-Zare, A., Mirzaie-Nodoushan, H. and Bakhshi-Khaniki, G. 2003. Investigating genetic variation in nine Festuca populations using seed storage proteins electrophoresis. Iranian Journal of Rangelands and Forests Plant Breeding and Genetic Research, 11(4): 395-484. (In persisn).
- Mirzaie-Nodoushan H. 2002. lnter-specific hybridization between Lolium species. Iranian Journal of Rangelands and Forests Plant Breeding and Genetic Research, 9(1): 39-48. (In persisn).
- Mirzaie-Nodoushan, H. and Nadarkhani H. 2000. Karytypic investigation of tetraploid populations of Lolium sp. Iranian Journal of Rangelands and Forests Plant Breeding and Genetic Research, 4(1): 87-116. (In persisn).
- Mohammadi, S.A. and Prasanna, B.M., 2003. Analysis of genetic diversity in crop plant: Salient statistical tools and considerations. Crop Science, 43: 1235-1248.
- Peter-Schmid, M.K.I., Boller, B., Kölliker, R. 2008.

Investigation of genetic diversity of forage yield and morphological traits in tall fescue (*Festuca arundinacea* Schreb.) populations

Z. Shahabzadeh[1], R. Mohammadi[2], R. Darvishzadeh[3*], M. Jafari[4], H. Alipour[5]

1- PhD student, Department of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Urmia University, Urmia, I.R. Iran.
2- Assit. Prof., Branch for Northwest & West region, Agricultural Biotechnology Research Institute of Iran (ABRII), Education and Extension Organization (AREEO), Tabriz, I.R. Iran.
3- Prof., Department of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Urmia University, Urmia, I.R. Iran. E-mail: r.darvishzadeh@urmia.ac.ir
4- Assoc. Prof., Department of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Urmia University, Urmia, I.R. Iran.
5- Assist. Prof., Department of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Urmia University, Urmia, I.R. Iran.

Received: 7.03.2020 Accepted: 27.07.2020

Abstract

Tall fescue (*Festuca arundinacea*) is one of the most important forage plants in the Gramineae family. Due to its resistance to salinity, drought, heavy metals, excessive grazing, as well as preventing soil erosion, tall fescue can be an appropriate choice for large-scale cultivation in Iran because of recent droughts and declined rangelands area. In the present study, the genetic diversity of 90 tall fescue populations was evaluated using 10 morphological and yield related traits including; canopy diameter, days to flowering, days to pollination, plant height, panicle length, collar diameter, number of stems, leaf length, dry forage yield and seed yield in Basmanj region, Tabriz (East Azerbaijan), Iran, during 2015 to 2017. According to the mean of the populations, there were significant differences ($P<0.01$) among populations for all of studied traits except for canopy diameter. The results of correlation coefficients revealed that the number of stems, peduncle length, collar diameter and canopy area had a positive and significant correlation with dry forage and seed weight. The heritability of all studied traits was moderate to high. The highest heritability was related to seed yield, dry forage yield and flowering date, respectively. Based on the results of cluster and principal component analyses, studied tall fescue populations were divided into two main groups of ornamental and forage and four clusters (clusters I and II including early- and late-maturing forage populations and clusters III and IV including ornamental populations). The cluster IV included ornamental populations showed the highest difference and genetic distance with cluster I including forage populations and then more heterosis is expected by realizing cross between them. The results showed that the populations investigated in this study had the necessary diversity to running tall fescue breeding programs and can be potentially used in future breeding programs of this plant.

Keywords: Tall fescue, Genetic diversity, Heritability, Phenotypic marker.