مجله الکترونیک تولید گیاهان زراعی
جلد دوم، شماره چهارم، زمستان ۸۸
۱۳۵-۱٤۸
www.ejcp.info

مطالعه تنوع ژنتیکی و روابط بین صفات بذری در ارقام و جوامع طبیعی فسکیوی بلند از طریق روش‌های آماری چندمتغیره

محمدمهدی مجیدی*
استادیار گروه اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان

چکیده

تکثیر و تولید بذر در کنار سایر ویژگی‌های اقتصادی و اکولوژیکی در گراس‌ها از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. در زمینه میزان تنوع ژنتیکی خصوصیات بذری و ارتباط آنها با یکدیگر اطلاعات اندکی در گونه فسکیوی بلند به‌عنوان یک گراس سازگار و پرتولید کشور، در دسترس است. این پژوهش با هدف بهره‌گیری از برخی روش‌های تجزیه و تحلیل چندمتغیره به‌منظور بررسی تنوع ژنتیکی عملکرد و اجزای عملکرد بذر، تعیین همبستگی صفات، گروه‌بندی و تشخیص روابط بین صفات و تعیین ویژگی‌های سهیم در توجیه تنوع عملکرد ٤٦ نمونه فسکیوی بلند انجام گرفت. نتایج بیانگر دامنه تغییرات وسیع و ضرایب تنوع ژنتیکی قابل ملاحظه برای اکثر خصوصیات مورد مطالعه بود که کارایی بالای روش‌های اصلاحی را در بهبود ژنتیکی عملکرد و اجزای عملکرد بذر نوید می‌دهد. نتایج همبستگی صفات نشان داد که عملکرد دانه در بوته با کلیه خصوصیات مورد اندازه‌گیری همبستگی مثبت و معنی‌داری دارد و بالاترین همبستگی آن با تعداد دانه در بوته (۰/۹۱) حاصل گردید. در این پژوهش دو ویژگی از برگ پرچم (طول و عرض) مورد بررسی قرار گرفت که همبستگی هر دو ویژگی با عملکرد دانه و باوری خوشه مثبت و معنی‌دار بود. نتایج تجزیه به عامل‌ها بیانگر آن بود که برای اصلاح عملکرد بذر در فسکیوی بلند علاوه‌بر توجه به عوامل اندازه و کارایی سیستم تولید مثلی، بهتر است عامل ویژگی برگ پرچم نیز در نظر گرفته شود. همچنین در یک شاخص رگرسیونی برای بهبود عملکرد دانه علاوه‌بر تعداد خوشه، تاکید اصلی بایستی برروی باروری خوشه باشد که به‌صورت معیاری از وزن دانه در خوشه و طول خوشه می‌تواند در انتخاب غیرمستقیم مورد استفاده قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی: برگ پرچم؛تنوع ژنتیکی؛ عملکرد دانه؛ فسکیوی بلند؛ همبستگی

* - مسئول مکاتبه: majidi@cc.iut.ac.ir

مقدمه

تولید علوفه و صنعت دام‌پروری به‌عنوان یکی از ارکان کشاورزی در هر کشوری مطرح است. در ایران به‌رغم وجود تنوع اقلیمی وسیع و ذخایر ژنی ارزشمند، هنوز بخش قابل ملاحظه‌ای از علوفه دامی و نیز مواد پروتئینی از طریق واردات تأمین می‌گردد. این امر ضرورت بهره‌گیری از گیاهانی نظیر فسکیوی بلند که به دامنه وسیعی از شرایط نامساعد محیطی سازگاری دارد و علاوه‌بر کاربرد در مراتع، از پتانسیل تولید زراعی نیز برخوردارند را نمایان ساخته است. افزایش تولید علوفه در بخش‌های زراعی و مرتعی با استفاده از گیاهان سازگار می‌تواند علاوه‌بر گسترش صنعت دام‌پروری منجر به حفظ پایداری مراتع و اکوسیستم‌های طبیعی نیز گردد. طی قرن گذشته روش‌های کلاسیک اصلاح نباتات بیشترین نقش را در بهبود ژنتیکی گراس‌های علوفه‌ای و چمنی به‌منظور افزایش تولید و توسعه کاربرد آنها داشته است (وانگ و همکاران، ۲۰۰۱).

فسکیوی بلند یکی از گونه‌های هگزاپلوئید، چندساله و سردسیری در جنس فستوکا است که به‌دلیل خصوصیاتی همچون توان سازگاری به شرایط مختلف محیطی و تولید بالا از اهمیت خاصی برخوردار است، به‌طوری‌که به‌دلیل تولید مناسب، بنیه قوی، مقاومت در برابر عوامل نامساعد و تنش‌های محیطی به‌عنوان یکی از اجزای اصلی مراتع محسوب می‌شود. در کشت زراعی نیز به تنهایی و یا به‌صورت مخلوط با لگوم‌ها، به لحاظ کمی و کیفی علوفه مطلوبی تولید می‌کند. از علوفه آن می‌توان به شکل چرای مستقیم، تولید علوفه خشک و نیز علوفه سیلو شده استفاده کرد (وست، ۱۹۹٤). فسکیوی بلند در ایران نیز پراکنش خوبی دارد و در اکثر مراتع، چراگاه‌ها و نواحی کوهستانی به ویژه مناطق مرکزی، غربی و شمالی کشور می‌روید. با این حال کشت زراعی آن در ایران هنوز رایج نشده است (خیام‌نکویی، ۲۰۰۱) و تحقیقات بسیار اندکی در زمینه اصلاح و زراعت آن انجام گردیده است. ضرورت خودکفایی در تولید علوفه و نیز احیای مراتع کشور سبب شده که این گیاه در سال‌های اخیر بیشتر مورد توجه قرار گیرد (مجیدی و همکاران، ۲۰۰۹).

اصلاح و بهبود خصوصیات تولیدمثلی و به ویژه پتانسیل تولید بذر در کنار سایر ویژگی‌های اقتصادی و اکولوژیکی در گراس‌ها همواره از توجه و اهمیت ویژه‌ای برخوردار بوده است. زیرا ارقام پرمحصول جدید باید از توان بذردهی مطلوبی برخوردار باشند تا بتوانند در سطح وسیع کشت شوند و از طرفی تکثیر و توسعه آنها برای شرکت‌های تولید بذر مقرون به صرفه باشد (نویین و اسلیپر، ۱۹۸۳). با این حال وجود همبستگی منفی بین عملکرد دانه و عملکرد علوفه از مشکلات اصلاح برای افزایش عملکرد بذر بوده است. مطالعات اولیه توسط گریفیت (۱۹٦۵) نشان داد که افزایش حداکثر

عملکرد بذر در هر ساقه زایشی (خوشه) یکی از راهکارهـای فـایق آمـدن بـر همبـستگی منفـی بـین عملکرد دانه و عملکرد بذر در ارقام علوفه‌ای می‌باشد. در فسکیوی بلند انتخاب برای اجزای عملکـرد توانسته است در بهبود عملکرد بذر موفقیت‌آمیز باشد (کسپر بور،۱۹۹۰).

بررسی و تحلیل تنوع ژنتیکی در ذخایر توارثی موجود از مهم‌ترین مراحل پروژه‌های به‌نژادی است که امکان گروه‌بندی و توصیف دقیق نمونه‌ها را فراهم آورده و به‌نژادگر را در تشخیص زیرمجموعه‌هـا و نمونه‌هایی که امکان استفاده مؤثر آنها در برنامه‌های اصلاحی آتی وجود دارد، یاری می‌کند (محمدی و پرسنا، ۲۰۰۳). نیون و اسلیپر (۱۹۸۳) تنوع ژنتیکی قابل ملاحظه‌ای را از نظر خصوصیات بذری و به ویژه برای عملکرد بذر در ۱۵ لاین فسکیوی بلند گزارش نمودند. فانـگ و همکـاران (۲۰۰٤) مطالعـه مشابهی را در فسکیوی مرتعی (*F. pratensis*) که از اجداد فسکیوی بلند می‌باشد به اجرا گذاشـتند و گزارش نمودند که علاوه‌بر اجزای متداول برای عملکرد، عرض برگ نیز می‌تواند بـه‌عنـوان یکـی از خصوصیات مهم تأثیرگذار بر عملکرد بذر مطرح باشد. پاوتی و همکاران (۱۹۹٤) تنوع ژنتیکی بـالایی را برای صفات بذری در ۲۳ ژنوتیپ فسکیوی بلند مشاهده نمودند و گـزارش کردنـد کـه همبـستگی معنی‌داری بین صفات بذری و کیفیت علوفه وجود ندارد به‌طوری‌که نمی‌توان از صـفات بـذری بـرای بهبود غیرمستقیم کیفیت علوفه استفاده کرد. مجیدی و همکاران (۲۰۰۷) گزارش کردند که قـارچ‌هـای اندوفایت هم‌زیست با فسکیوی بلند قادرند میزان تنوع ژنتیکی برخی خصوصیات بذری فسکیوی بلند را به‌طور معنی‌داری تغییر دهند و نوعی اریبـی در بـرآورد واریـانس فنـوتیپی و ژنتیکـی ایجـاد کننـد. مطالعات در دیگر گراس‌های علوفه‌ای نیز نشان داده است که ویژگی‌های بـذری دارای تنـوع ژنتیکـی مناسبی هستند و انتخاب برای بهبود آنهـا مـؤثر واقـع شـده اسـت (داس و تالیـافرو، ۲۰۰۹؛ کـسلر و همکاران، ۲۰۰۳؛ بوگ، ۱۹۸۷)

هر چند اصلاح ژنتیکی فسکیوی بلند به‌دلیل مسایلی نظیـر پیچیـدگی ژنتیکـی، چندسـاله بـودن و دگرگشنی، که خاص اکثر گیاهان علوفه‌ای نیز می‌باشد (اسلیپر و پولمن، ۲۰۰٦)، بـا محـدودیت‌هـایی روبروست، با این حال یکی از عوامل محدودکننده به‌نژادی در این گونه گیاهی کمبـود تنـوع ژنتیکـی است به‌طوری‌که در برخی کشورها برای بعضی از صفات کمی و کیفی در این گیاه تنوع ژنتیکی کـافی یافت نگردیده است (ها، ۲۰۰۰). ایران یکی از منابع سرشار به لحاظ ژرم‌پلاسم گیـاهی در دنیاسـت و دامنه وسیعی از انواع نباتات علوفه‌ای در سطح کشور پراکنده است. همچنین کشور ما از مراکز تنوع و پراکنش فسکیوی بلند محسوب می‌گردد و به نظر می‌رسد از تنـوع ژنـی ارزشـمندی بـرای ایـن گیـاه

برخوردار باشد. شناسایی، جمع‌آوری، ارزیابی و بهره‌برداری از این تنوع می‌تواند زمینه را برای اصلاح و توسعه ارقام مفید فراهم آورد. در زمینه میزان و الگوی تنوع ژنتیکی خصوصیات بذری در فسکیوی بلند اطلاعات چندانی در دسترس نیست. بر این اساس این پژوهش با هدف بهره‌گیری از برخی روش‌های تجزیه و تحلیل چندمتغیره به‌منظور تعیین همبستگی بین صفات، گروه‌بندی و تشخیص روابط بین صفات و تعیین ویژگی‌های سهیم در توجیه تنوع عملکرد در توده‌های طبیعی و ارقام فسکیوی بلند انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

مواد ژنتیکی و نحوه اجرای آزمایش: در این پژوهش تعداد ٤٦ نمونه فسکیوی بلند ایرانی و خارجی به‌عنوان مواد ژنتیکی استفاده گردید. توده‌های بومی به‌طور مستقیم از مناطق مختلف کشور جمع‌آوری شدند و نمونه‌های خارجی همگی از بانک بذر مؤسسه آگروبوتانی مجارستان[1] تهیه شدند. طی پاییز و زمستان نشاءها در گلدان‌های پلاستیکی بزرگ حاوی خاک سبک لومی در گلخانه دانشگاه صنعتی اصفهان تهیه گردیدند و در اسفند ماه ۱۳۸۱ به مزرعه منتقل شدند و طی سال‌های ۱۳۸۲ و ۱۳۸۳ تحت یاداشت‌برداری قرار گرفتند. طرح آماری مورد استفاده، بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار و هر کرت شامل ردیف‌هایی با ۱۰ بوته با فواصل بین و درون ردیف ٤۰ سانتی‌متر بود. آبیاری اول بلافاصله پس از کشت نشاءها و آبیاری‌های بعدی هر ۷ روز یک‌بار انجام شد. وجین علف‌های هرز طی سه نوبت در طول دوره به روش دستی صورت گرفت. با توجه به اینکه سال اول در گراس‌های علوفه‌ای گیاهان در حال استقرار می‌باشند، اطلاعات این سال در تجزیه و تحلیل‌ها وارد نشد و از داده‌های سال دوم (۱۳۸۳) برای تحلیل نتایج استفاده گردید. با شروع گرده‌افشانی اولین یاداشت‌برداری‌ها در خرداد ماه انجام شد و در نهایت مجموعه‌ای از صفات شامل تعداد خوشه در بوته، طول خوشه (سانتی‌متر)، تعداد دانه در خوشه، وزن دانه در خوشه، باروری خوشه [از تقسیم وزن دانه در خوشه (میلی‌گرم) به طول خوشه (سانتی‌متر)] (فانگ و همکاران، ۲۰۰٤)، وزن هزاردانه، عملکرد دانه در بوته (گرم)، تعداد دانه در بوته (از تقسیم وزن دانه در بوته به وزن هزاردانه و سپس ضرب کردن در عدد ۱۰۰۰)، طول برگ پرچم (سانتی‌متر) و عرض برگ پرچم (سانتی‌متر) اندازه‌گیری گردید.

1- Hungarian Institute for Agrobotany (HIFA), Tapioszele, Hungry

تجزیه و تحلیل‌های آماری: آمار توصیفی و ضرایب تنوع ژنتیکی صفات مختلف از طریق اجزاء متشکله واریانس با استفاده از امید ریاضی میانگین مربعات طرح آماری برآورد گردید. به‌منظور تعیین ارتباط بین صفات مختلف، ابتدا همبستگی بین صفات محاسبه شد. سپس از رگرسیون گام به گام[1] به‌منظور تعیین صفاتی که سهم بیشتری در توجیه تنوع عملکرد علوفه دارند، استفاده گردید. این روش از جمله روش‌های مرسوم برای انتخاب زیرمجموعه‌ای از متغیرهای مستقل تأثیرگذار بر یک متغیر تابع می‌باشد. از تجزیه عامل‌ها به‌منظور گروه‌بندی صفات و کشف روابط پنهانی بین آنها استفاده گردید. در تجزیه به عامل‌ها انتظار می‌رود متغیرها را بتوان به‌وسیله همبستگی بین آنها گروه‌بندی نمود. در این صورت منطقی است که بیان شود متغیرهای هر گروه ساختار خاصی دارند که عاملی باعث ایجاد آن ساختار گشته و به‌عبارت دیگر باعث ایجاد همبستگی بالا بین آنها شده است (جانسون و ویچرن، ۱۹۹٦). در این تحقیق تجزیه به عامل‌ها به روش مؤلفه‌های اصلی انجام گردید و عامل‌ها به‌منظور توجیه بهتر به روش وریماکس دوران داده شدند. تجزیه و تحلیل‌های آماری به کمک نرم‌افزار SAS و SPSS و داده‌پردازی، ترسیم نمودارها و جدول‌ها به کمک نرم‌افزار Excel انجام گردید.

نتایج و بحث

آمار توصیفی و میزان تنوع: آمار توصیفی مربوط به صفات بذری در ارقام و جوامع طبیعی فسکیوی بلند شامل میانگین، مقادیر حداقل و حداکثر (دامنه تغییرات) به همراه ضرایب تنوع ژنتیکی در جدول (۱) نشان داده شده است. دامنه کل تغییرات برای اکثر صفات طیف وسیعی را نشان داد که بیانگر وجود تنوع بالا بین جوامع مورد بررسی می‌باشد. به‌عنوان مثال دامنه عملکرد بذر از ۱۰/۲۳ تا ۱۱۸/۳۰ گرم متغیر بود که نشان می‌دهد تفاوت بین حداقل و حداکثر صفت بیش از ۱۰ برابر مقدار حداقل می‌باشد. وجود دامنه تغییرات وسیع برای اکثر صفات مورد مطالعه نشان می‌دهد که انتخاب برای اهداف مختلف در این ژرم‌پلاسم می‌تواند سودمند باشد.

ضریب تنوع ژنتیکی (نسبت واریانس ژنتیکی به واریانس فنوتیپی بر حسب درصد) از جمله شاخص‌هایی است که برای مقایسه نسبی میزان تنوع ژنتیکی بین صفات مختلف مناسب می‌باشد. مقادیر این شاخص برای صفات مورد بررسی نشان داد که ضرایب تنوع ژنتیکی از ١٤/٧٤ درصد برای وزن هزاردانه تا ٤٢/٩٥ درصد برای تعداد دانه در بوته متغیر بود (جدول ۱). بالا بودن ضریب تنوع

1- Stepwise Regression

ژنتیکی برای عملکرد دانه (٤١/٠٤) بیانگر آن است که این صفت از پتانسیل بهبود کافی برخوردار می‌باشد. سایر ضرایب تنوع در محدوده ١٤/٧٤ تا ٣٣/٢٨ قرار داشتند. وجود تنوع قابل ملاحظه در این ژرم‌پلاسم از نظر خصوصیات بذری کارایی بالای روش‌های اصلاحی را در بهبود این صفات و صفات مرتبط با آنها نوید می‌دهد.

جدول ۱- آمار توصیفی مربوط به صفات بذری در ارقام و جوامع طبیعی فسکیوی بلند.

صفت	انحراف معیار± میانگین	حداقل	حداکثر	ضریب تنوع ژنتیکی
عملکرد دانه در بوته	٥٢/٥٢±٢٧/٢٢	١٠/٢٣	١١٨/٣٠	٤١/٠٤
تعداد خوشه در بوته	١٦٠/٣٧±٤٨/٩٠	٧٤/١٧	٢٩١	٢٦/١٩
تعداد دانه در خوشه	١٣٠/٢٣±٤٦/٥٣	٤١/٨٨	٢٤١/٢٤	٢٨/٥
تعداد دانه در بوته	٢٠٧٩٣±١٠٥٠٤	٥٦٩٧	٤٧٨١٧	٤٢/٩٥
وزن هزاردانه	٢/٥٢±٠/٤٣	١/٥٠	٣/١٦	١٤/٧٤
وزن دانه در خوشه	٣٠٩/٨٩±١١٥/٤٧	٨٣/٨٧	٥٤٧/٠٧	٣٣/٢٨
طول خوشه	١٩/٢٥±٣/٢٤	١٢/٣٦	٢٧/٥٣	١٤/٧٨
باروری خوشه	١٦/٢٤±٥/٢٤	٦/١٣	٢٨/٥٥	٢٦/٦٨
طول برگ پرچم	٩٢/٨٩±٢٣/٤٩	٥٥/٩٣	١٦٥/٥٣	٣١/٢٢
عرض برگ پرچم	٥/١٧±٠/٦٨	٤/٣٣	٧/٨٠	٣٥/٣٦

همبستگی صفات: ضرایب همبستگی بین عملکرد بذر و خصوصیات مرتبط با آن در جدول ۲ نشان داده شده‌اند. صفت عملکرد دانه در بوته با کلیه خصوصیات مورد اندازه‌گیری همبستگی مثبت و معنی‌داری نشان داد که با توجه به اینکه اکثر خصوصیات مورد بررسی از اجزای اصلی عملکرد دانه به شمار می‌روند این نتیجه دور از انتظار نمی‌باشد. حداکثر همبستگی عملکرد دانه با صفت تعداد دانه در بوته (۰/۹۱) و پس از آن با وزن دانه در خوشه (۰/۷۵) و تعداد خوشه در بوته (۰/٦٨) مشاهده گردید. اگرچه عملکرد دانه حداقل همبستگی را با طول و عرض برگ پرچم دارا بود، این همبستگی نیز در سطح ۱ درصد معنی‌دار بود.

در بین اجزای عملکرد تعداد خوشه در بوته همبستگی معنی‌داری با تعداد دانه در بوته داشت و ارتباط آن با سایر خصوصیات معنی‌دار نبود. یکی از شاخص‌های مرتبط با تولید بذر که در این مطالعه مورد بررسی قرار گرفت، باروری خوشه بود که با اکثر اجزای عملکرد به غیر از تعداد خوشه در بوته

و طول خوشه همبستگی معنی‌داری نشان داد. با توجه به اینکه این شاخص به‌ازای هر خوشه محاسبه می‌گردد، عدم ارتباط (استقلال) آن با تعداد خوشه در بوته بدیهی به نظر می‌رسد. از آنجایی که باروری خوشه به شدت با وزن خوشه در بوته همبستگی داشت (۰/۸۷، جدول ۲) و هر دوی آنها با عملکرد دانه در بوته هم‌بسته می‌باشند (۰/٦۳ و ۰/۷۵، جدول ۲) وزن دانه در خوشه به‌دلیل سهولت بیشتر در اندازه‌گیری می‌تواند برای انتخاب به‌منظور تولید بذر به جای باروری خوشه استفاده گردد.

جدول ۲- ضرایب همبستگی بین صفات بذری در بررسی ارقام و جوامع فسکیوی بلند*.

صفت	۱	۲	۳	٤	٥	٦	۷	۸	۹	۱۰
۱- عملکرد دانه در بوته (گرم)	۱									
۲- تعداد خوشه در بوته	۰/٦۸	۱								
۳- تعداد دانه در خوشه	۰/٦٥	۰/۲۰	۱							
٤- تعداد دانه در بوته	۰/۹۱	۰/۷۰	۰/٦۸	۱						
٥- وزن هزاردانه (گرم)	۰/٤۲	-۰/۳٦	-۰/۳۲	۰/۰۳	۱					
٦- وزن دانه در خوشه (گرم)	۰/۷٥	۰/۱۳	۰/۷٥	۰/٦٥	۰/٤۸	۱				
۷- طول خوشه (سانتی‌متر)	۰/٥۱	۰/۱۲	۰/٤۱	۰/٤٦	۰/۱٥	۰/٥۲	۱			
۸- باروری خوشه (گرم بر سانتی‌متر)	۰/٦۳	۰/۱٤	۰/۷۳	۰/٥٥	۰/٤٤	۰/۸۷	۰/۱٤	۱		
۹- طول برگ پرچم (سانتی‌متر)	۰/٤۱	۰/۳۱	۰/۳٤	۰/٥۲	۰/۱۳	۰/٤۸	۰/۳۱	۰/٤۱	۱	
۱۰- عرض برگ پرچم (میلی‌متر)	۰/٤۰	۰/۲٥	۰/۳٥	۰/٤۸	۰/۰٤	۰/٤۱	۰/۱۸	۰/٤۲	۰/۷۲	۱

*ضرایب همبستگی بزرگ‌تر از ۰/۲٤ در سطح احتمال ٥ درصد و بزرگ‌تر از ۰/۳٤ در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار می‌باشند.

در این مطالعه دو ویژگی از برگ پرچم (طول و عرض) مورد بررسی قرار گرفت که همبستگی هر دو ویژگی با عملکرد دانه در سطح ۱ درصد معنی‌دار بود. همبستگی طول و عرض برگ پرچم با سایر خصوصیات مورد مطالعه (به غیر از تعداد خوشه در بوته و طول خوشه) نیز معنی‌دار بود. این نتایج نشان می‌دهد خوشه‌هایی که برگ‌های پرچم آنها از مساحت بیشتری برخوردار بودند دارای وزن دانه در خوشه و نیز باروری خوشه بالاتری بوده‌اند. در رابطه با اهمیت برگ پرچم در گراس‌های علوفه‌ای مطالعات اندکی صورت گرفته است. فانگ و همکاران (۲۰۰٤) برای اولین بار به وجود ارتباط بین اندازه برگ پرچم و عملکرد دانه پی بردند به‌طوری‌که همبستگی عملکرد بذر با طول و عرض برگ پرچم را به‌ترتیب ۰/٤٤ و ۰/۵۱ گزارش نمودند که به لحاظ آماری نیز بسیار معنی‌دار (سطح ۰/۱ درصد) بود. اهمیت برگ پرچم در افزایش عملکرد بذر غلات به خوبی مشخص شده است زیرا بخش قابل‌توجهی از مواد غذایی انتقال یافته به دانه در دوران پرشدن دانه، از برگ پرچم تأمین می‌گردد (میلسورپ و موربی، ۱۹۷٤). در گراس‌های چندساله رقابت برای جذب مواد غذایی، شدیدتر از غلات دانه‌ای است زیرا بذرها باید با سایر مخازن جذب‌کننده یعنی اندام‌های در حال رشد سریع نظیر ریشه‌ها و پنجه‌های رویشی جدید نیز رقابت کنند (فانگ و همکاران، ۲۰۰٤). الجرسما (۱۹۹۰) معتقد است که شاید دلیل اینکه در گراس‌ها در ابتدا تعداد زیادی گل‌چه ظاهر می‌شود اما درصد بالایی از آنها عقیم می‌مانند، ناشی از ناکامی در رقابت برای تأمین مواد غذایی باشد. مطالعات با استفاده از کربن ۱٤ در چچم دایمی (*Lolium perrene*) نشان داده که برگ پرچم فعال‌ترین اندام از نظر نقل و انتقال مواد در دوران پرشدن دانه می‌باشد (کلیمیس و هبلسویت، ۱۹۸٤). از آنجایی که چچم دایمی از نزدیک‌ترین خویشاوندان فسکیو می‌باشد، می‌توان مکانیزم مشابه را برای فسکیو انتظار داشت. بنابراین برخی محققان عرض برگ پرچم را نیز از اجزاء عملکرد دانسته و عنوان کرده‌اند که می‌تواند بخشی از تنوع عملکرد دانه را توجیه می‌کند (فانگ و همکاران، ۲۰۰٤).

تجزیه به عامل‌ها: هدف روش تجزیه به عامل‌ها همانند تجزیه به مؤلفه‌های اصلی، توجیه تغییرات موجود در تعدادی از متغیرهای اولیه با استفاده از تعداد کمتری متغیر می‌باشد، با این تفاوت که تجزیه به عامل‌ها بر خلاف تجزیه به مؤلفه‌های اصلی بر پایه یک مدل نسبتاً ویژه استوار است. از تجزیه به عامل‌ها به‌منظور تفسیر روابط موجود میان صفات و گروه‌بندی آنها بر مبنای این روابط استفاده می‌گردد تا بدین طریق عوامل پنهانی که موجب پدید آمدن ساختار خاص ماتریس همبستگی یا

کواریانس گردیده‌اند مشخص شوند (جانسون و ویچرن، ۱۹۹٦). در تجزیه‌های انجام شده در این پژوهش با توجه به توجیه منطقی عامل‌ها و تعداد ریشه‌های مشخصه بزرگ‌تر از ۱، تعداد سه عامل پنهانی استخراج گردید. نتایج حاصل از تجزیه به عامل‌ها شامل بار عامل‌های دوران‌یافته، نسبت واریانس توجیه شده توسط هر عامل، نسبت واریانس تجمعی و ریشه‌های مشخصه در جدول ۳ آورده شده است.

جدول ۳- نتایج تجزیه به عامل‌ها شامل بار عامل‌های دوران‌یافته، نسبت واریانس توجیه شده توسط هر عامل، نسبت تجمعی واریانس توجیه شده و ریشه‌های مشخصه صفات بذری در ارقام و جوامع فسکیوی بلند.

صفت	بار عامل اول	بار عامل دوم	بار عامل سوم
عملکرد دانه در بوته (گرم)	۰/۸۵	۰/٤۰	۰/۲۵
تعداد خوشه در بوته	۰/۸۲	-۰/۲۷	۰/۱۵
تعداد دانه در خوشه	۰/۵۵	۰/٤۸	۰/۲۹
وزن هزاردانه (گرم)	-۰/۰۸	۰/۷۵	-۰/۰۹
تعداد دانه در بوته	۰/۸۸	۰/۱۹	۰/۳۹
وزن دانه در خوشه (گرم)	۰/٤۲	۰/۸۲	۰/۳۲
طول خوشه (سانتی‌متر)	۰/۵۱	۰/۳٤	۰/۰۰٦
باروری خوشه (گرم بر سانتی‌متر)	۰/۲۸	۰/۷۷	۰/۳۹
طول برگ پرچم (سانتی‌متر)	۰/۲۵	۰/۱۵	۰/۸٤
عرض برگ پرچم (میلی‌متر)	۰/۱۵	۰/۰۷	۰/۹۲
واریانس توجیه شده تجمعی	۵۱/۸۰	۱۵/۰۲	۱۰/۹۲
ریشه مشخصه	۵۱/۸۰	٦٦/۸۲	۷۷/۷٤

سه عامل اول در مجموع ۷۷/۷٤ درصد از کل تنوع موجود را توجیه نمودند که از این میان سهم عوامل اول تا سوم به‌ترتیب ۵۱/۸۰، ۱۵/۰۲ و ۱۰/۹۲ درصد بود. در عامل اول، عملکرد دانه در بوته (۰/۸۵)، تعداد خوشه در بوته (۰/۸۲)، تعداد دانه در بوته (۰/۸۸)، تعداد دانه در خوشه (۰/۵۵) و طول خوشه (۰/۵۱) دارای بار عاملی بزرگ و مثبت بودند. با توجه به اینکه در این عامل عملکرد دانه به همراه اجزایی از عملکرد که به‌نحوی با تعداد سر و کار دارند (تعداد خوشه، تعداد دانه و طول خوشه)، دارای بار عاملی بزرگ‌تری بودند این عامل اندازه سیستم تولیدمثلی نام‌گذاری گردید. در

عامل دوم صفات وزن هزاردانه (۰/۷۵)، وزن دانه در خوشه (۰/۸۲) و باروری خوشه (۰/۷۷) دارای بیشترین بار عاملی بودند. با توجه به اینکه این متغیرها همگی با وزن دانه و در واقع کارایی تولید بذر سر و کار دارند، عامل پنهانی دوم تحت عنوان کارایی سیستم تولیدمثلی نام‌گذاری گردید. عامل سوم، دارای بار عاملی بزرگ و مثبت برای دو صفت طول برگ پرچم (۰/۸٤) و عرض برگ پرچم (۰/۹۲) بود و سایرمتغیرها در این عامل از بار عاملی کوچک‌تر برخوردار بودند بنابراین این عامل، عامل برگ پرچم نام‌گذاری گردید.

بین (۱۹۷۲) به‌منظور اصلاح تولید بذر به مطالعه و بررسی کلون‌های دو گراس علوفه‌ای- مرتعی متداول *Festuca arundinacea* و *Pheleum pratensis* پرداخت و گزارش کرد که افزایش تولید بذر از طریق دو سازوکار کلی امکان‌پذیر است، به‌طوری‌که توسعه اندازه و حجم سیستم تولیدمثلی (نظیر افزایش در تعداد پنجه بارور، طول خوشه و تعداد دانه در خوشه) در درجه اول و افزایش راندمان تولید بذر (شامل افزایش وزن هزاردانه و باروری خوشه) در درجه دوم در بهبود پتانسیل تولید بذر این گراس‌ها نقش دارند. نتایج تجزیه به عامل‌ها در این پژوهش (جدول ۳) علاوه‌بر تأیید نتایج آنها نشان می‌دهد که عامل سومی تحت عنوان مساحت برگ پرچم نیز می‌تواند به‌طور قابل ملاحظه بخشی از تنوع کل را توجیه نمایید به‌طوری‌که حدود ۱۱ درصد از کل تغییراتی که توسط سه عامل اول توجیه می‌گردد، مربوط به این عامل است.

نتایج حاصل از تجزیه عامل‌ها (جدول ۳) نشان می‌دهد که با توجه به عامل اول (دارای بیشترین واریانس توجیه‌کننده) صفاتی که اندازه سیستم تولیدمثلی گیاه را تعیین می‌کنند (تعداد خوشه، تعداد دانه و طول خوشه) به‌عنوان مهم‌ترین اجزای عملکرد مطرح هستند. از آنجایی که هدف اصلی روش تجزیه به عامل‌ها کشف عوامل پنهانی است که باعث ایجاد همبستگی‌های خاص (همبستگی‌های کوچک و بزرگ به‌صورت توأم) در ماتریس کوواریانس یا همبستگی شده‌اند، این روش به تنهایی نمی‌تواند اجزای اصلی عملکرد دانه را مشخص نماید. از این رو برای آنکه مشخص شود بیشتر تغییرات عملکرد توسط کدامیک از صفات توجیه می‌گردد، از روش تجزیه رگرسیون مرحله‌ای (گام به گام) استفاده گردید.

رگرسیون گام به گام: در اصلاح نباتات به‌منظور تعیین اجزای عملکرد و افزایش کارایی انتخاب از تعداد صفات کمی به‌عنوان شاخص‌های مؤثر در دستیابی به اهداف اصلاحی استفاده می‌گردد. در این

مسیر رگرسیون مرحله‌ای برای گزینش صفات کاربرد گسترده دارد. روش‌های مختلفی برای انتخاب زیرمجموعه‌ای از متغیرهای مستقل وجود دارد که از جمله روش‌های موسوم به رگرسیون گام به گام می‌باشد. اساس این روش بر مبنای همبستگی میان متغیرهای مستقل و متغیر وابسته می‌باشد (جانسون و ویچرن، ۱۹۹٦). نظر به اینکه متغیر تعداد دانه در بوته عملاً از روی دو متغیر دیگر (تعداد خوشه× تعداد دانه در خوشه) حاصل شده بود و به‌دلیل همبستگی بسیار شدید با عملکرد دانه، به تنهایی وارد مدل رگرسیونی می‌گردید، این متغیر از بین سایر متغیرها حذف گردید و سپس تجزیه رگرسیون گام به گام مجدداً انجام گردید. نتایج حاصل از رگرسیون مرحله‌ای به روش گام به گام برای عملکرد دانه به‌عنوان متغیر تابع و سایر صفات اندازه‌گیری شده (به غیر از تعداد دانه در بوته) به‌عنوان متغیرهای مستقل در جدول ٤ نشان داده شده است. همان‌گونه که مشاهده می‌گردد وزن دانه در خوشه به تنهایی ۵۵/۷۰ درصد از تغییرات عملکرد دانه را تبیین نمود و پس از آن وزن دانه در خوشه و طول خوشه به‌ترتیب با ۳٤/٤۰ و ۱/۲ درصد وارد مدل گردیدند. این سه متغیر در مجموع ۹۱/۳٦ درصد از تغییرات عملکرد دانه را توجیه نمودند.

ضرایب مدل رگرسیونی (پارامترها) نشان می‌دهند که طول خوشه و پس از آن تعداد خوشه در بوته و وزن دانه در خوشه بیشترین تأثیر را بر عملکرد دانه در بوته دارند. به‌طوری‌که افزایش یک واحد در طول خوشه، میزان عملکرد دانه را به شرط ثابت بودن دو جزء دیگر، ۱/۱ گرم افزایش می‌دهد. با این حال افزایش طول خوشه زمانی حداکثر تأثیر را بر تولید بذر می‌گذارد که باروری خوشه (نسبت وزن دانه درخوشه به واحد طول خوشه) نیز افزایش پیدا کند. با توجه به اینکه وزن دانه در خوشه نیز به‌عنوان اولین متغیری است که وارد مدل شده است به نظر می‌رسد که این مدل بتواند به‌عنوان یک شاخص اولیه برای بهبود عملکرد دانه مفید باشد. فانگ و همکاران (۲۰۰٤) در فسکیوی مرتعی (از اجداد فسکیوی بلند) باروری خوشه و پس از آن تعداد پنجه را به‌عنوان تعیین‌کننده‌ترین اجزاء عملکرد دانه گزارش کردند. داس و تالیافرو (۲۰۰۹) در مطالعه تنوع ژنتیکی خصوصیات بذری در سویچ گراس (*Panicum virgatum*) تعداد دانه در خوشه و تعداد خوشه در بوته را به‌عنوان اجزاء عملکرد تشخیص دادند. با این وجود آنها گزارش نمودند که تعداد خوشه در بوته نمی‌تواند برای انتخاب مستقیم عملکرد دانه استفاده گردد زیرا عکس‌العمل ژنوتیپ‌ها به آن در محیط‌های مختلف متفاوت بوده است (اثر متقابل معنی‌دار).

جدول ٤- نتایج رگرسیون مرحله‌ای برای عملکرد دانه به‌عنوان متغیر تابع و صفات دیگر به‌عنوان متغیرهای مستقل در جوامع فسکیوی بلند.

متغیر اضافه شده به مدل	پارامترهای مدل	R^2 جزء	R^2 مدل	F
وزن دانه در خوشه	۰/۱٤۲	۰/۵۵۷	۵۵/۷	۱۱۸/۷۹**
تعداد خوشه در بوته	۰/۳۲۵	۰/۳٤٤	۹۰/۱۳	۱۵۱/۵۹**
طول خوشه	۱/۱۰	۰/۰۱۲	۹۱/۳٦	۵/۵۹**
عرض از مبداء	-٦٤/۹٤	-	-	۵۹/۰۳**

* و **به‌ترتیب معنی‌داری در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد.

به‌طورکلی نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که تنوع ژنتیکی وسیعی در ژرم‌پلاسم فسکیوی بلند مورد مطالعه وجود دارد که می‌تواند برای بهبود ژنتیکی عملکرد و اجزای عملکرد بذر در این گیاه به‌کار گرفته شود. نتایج حاصل از کاربرد سه روش تحلیل چندمتغیره در این مطالعه و انطباق آن با نتایج سایر محققان نشان داد که از این روش‌ها می‌توان به‌عنوان ابزارهای آماری کارآمد برای تفسیر تنوع موجود در ژرم‌پلاسم فسکیوی بلند استفاده کرد. نتایج بیانگر آن است که برای اصلاح عملکرد بذر در فسکیوی بلند علاوه‌بر توجه به عوامل اندازه و کارایی سیستم تولیدمثلی، عامل ویژگی‌های برگ پرچم نیز بایستی در نظر گرفته شود همچنین در مورد دو عامل اول علاوه‌بر تعداد خوشه، تأکید اصلی بایستی برروی باروری خوشه باشد که به‌صورت معیاری از وزن دانه در خوشه و طول خوشه می‌تواند در انتخاب غیرمستقیم مورد استفاده قرار گیرد. نتایج این پژوهش همچون سایر پژوهش‌های حیطه کشاورزی، خاص شرایط و ژرم‌پلاسم مورد مطالعه بوده و کاربرد نتایج تحت شرایط مشابه و یا به‌منظور تدوین مطالعات تکمیلی قابل توصیه می‌باشد.

منابع

Bean, E.W. 1972. Clonal evaluation for increased seed production in two species of forage grasses, *Festuca arundinacea* Schreb. and *Pheleum pratensis* L. Euphytica. 21: 377-383.

Bugge, G. 1987. Selection for seed yield in *Lolium perenne* L. Plant Breed. 98: 149-155.

Casler, M.D., Barker, R.E., and Brummer, E.C. 2003. Selection for Orchardgrass seed yield in target vs. nontarget environments. Crop Sci. 43: 532-538.

Clemence, T.G.A., and Hebblethwaite, P.D. 1984. An appraisal of ear, leaf and stem $14Co_2$ assimilation, 14C-assimilate distribution and growth in a reproductive seed crop of amenity *Lolium perenne*. Ann. Appl. Biol. 105: 319-327.

Das, M.K., and Taliaferro, M.C. 2009. Genetic variability and interrelationships of seed yield and yield components in switchgrass. Euphytica. 167: 95-105.
Elgersma, A. 1990. Genetic variation for seed yield in perennial ryegrass. Plant Breed. 105: 117-125.
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 meadow fescue. Plant Breed. 123: 241-246.
Griffiths, D.J. 1965. Breeding for higher seed yields from herbage varieties. J. Nat. Inst. Agric. Bot. 10: 320-331.
Ha, S.B. 2000. Transgenic tall fescue, In: Bajaj, Y.P.S. (Eds.), Biotechnology in agriculture and forage. Springer-Verlag, Berlin.
Johnson, R.A., and Wichern, D.W. 1996. Applied multivariate statistical analysis. 3rd ed. Prentice Hall, new Dehli, 642p.
Kasperbauer, M.J. 1990. Biotechnology in tall fescue improvement. CRC Press, Boca, Raton.
Khayyam-Nekouei, M. 2001. Germplasm collection and molecular detection of endophytic fungi in Iranian tall fescue (*Festuca arundinacea* Schreb). Ph.D. thesis, University of Putra, Malaysia.
Majidi, M.M., Mirlohi, A.F., and Amini, F. 2009. Genetic variation, heritability and correlations of agro-morphological traits in tall fescue (*Festuca arundinacea Schreb.*). Euphytica. 167: 323-331.
Majidi, M.M., Mirlohi, A.F., and Sabzealian, M.R. 2007. Path coefficient analysis of fescue seed yield and its components affected by fungal endophyte. J. Sci. and Tech. Agric. and natural. Res. 11: 41. 177-188. (In Persian).
Milthorpe, F.L., and Moorby, J. 1974. An introduction to crop physiology. Cambridge university press. Cambridge. UK.
Mohammadi, S.A., and Prasanna, B.M. 2003. Analysis of genetic diversity in crop plant: Salient statistical tools and considerations. Crop Sci. 43: 1235-1248.
Nguyen, H.T., and Sleper, D.A. 1983. Genetic variability of seed yield and reproductive characters in tall fescue. Crop Sci. 23: 621-626.
Pavetti, D.R., Sleper, D.A., Roberts, C.A., and Krause, G.F. 1994. Genetic Variation and Relationship of Quality Traits between Herbage and Seed of Tall Fescue. Crop Sci. 34: 427-432.
Sleper, D.A., and Poehlman, J.M. 2006. Breeding Field Crops. 6th Edition. Van Nostrand Reinhold Company. New York, 724p.
Wang, Z., Hopkins, A., and Main, R. 2001. Forage and turfgrass biotechnology. Crit Rev. Plant Sci. 20: 573-619.
West, C.P. 1994. Physiology and drought tolerance of endophyte infected grasses. Pp: 87-99. In: Bacon, C.W., and White, J.F. (Eds.), Biotechnology of endophytic fungi of grasses. CRC Press, Boca, Raton.

EJCP., Vol. 2 (4): 135-148
www.ejcp.info

Assessment of genetic diversity and relationships between seed traits in tall fescue populations using multivariate statistical analysis

***M.M. Majidi**
Assistant Prof., Dept. of Agronomy and Plant Breeding,
College of Agriculture, Isfahan University of Technology

Abstract

Seed production, as well as other economical and ecological attributes, is an important character in grasses. Knowledge on the genetic diversity of seed yield and yield components on Iranian tall fescue accessions, as a high productive and adaptive grass is limited. This experiment was conducted to investigate the genetic diversity of seed yield and seed components, determine relationships between traits and identify components of seed yield in 46 tall fescue accessions using some multivariate statistical methods under field conditions. Results indicated that there is a broad genetic diversity in this germplasm for seed yield and its components, which can be employed in breeding programs. Correlation coefficients of seed yield with all measured traits were positive and significant and the highest one was found for seed per plant (0.91). Seed yield was positively correlated with flag leaf width and length. Results of factor analysis showed that to seed yield in tall fescue, not only size and efficiency of reproductive system, but also flag leaf characters are important. Based on regression methods, in an indirect selection index, the efforts should be focused on panicle per plant and panicle fertility.

Keywords: Correlation; Flag leaf; Genetic diversity; Seed yield; Tall fescue

*- Corresponding Author; Email: majidi@cc.iut.ac.ir