DOI: http://dx.doi.org/10.22092/ijrfpbgr.2014.5074

دو فصلنامهٔ علمی-پژوهشی تحقیقات ژنتیک و اصلاح گیاهان مرتعی و جنگلی ایران
جلد ۲۱، شمارهٔ ۲، صفحهٔ ۳۵۳-۳۴۳ (۱۳۹۲)

تجزیه و تحلیل روابط صفات مورفولوژیک در ژنوتیپ‌های *Festuca arundinacea* تحت تیمار تنش و عدم تنش خشکی

عباس نوروزی[۱]، محمدمهدی مجیدی[۲]* و محمدرضا سبزعلیان[۳]

۱- کارشناس ارشد، اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان

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

پست‌الکترونیک: majidi@cc.iut.ac.ir

۳ – استادیار، اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۰۱/۱۸ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۰۸/۱۵

چکیده

در این مطالعه با استفاده از تجزیه رگرسیون، تجزیه مسیر و تجزیه به عامل‌ها روابط بین صفات مورفولوژیک در ۷۵ ژنوتیپ فسکیوی بلند تحت تیمار تنش و عدم تنش خشکی طی سال‌های ۱۳۹۰ و ۱۳۹۱مورد بررسی قرار گرفت. نتایج حاصل از تجزیه واریانس صفات نشان داد که تنش خشکی بر تمام صفات مورد بررسی در این آزمایش بجز روز تا خوشه‌دهی و ارتفاع گیاه، تأثیر معنی‌داری داشت. بین ژنوتیپ‌ها از نظر همه صفات مورد بررسی اختلاف بسیار معنی‌داری مشاهده گردید که نشان از تنوع بالا در ژرم‌پلاسم مورد مطالعه داشت. بین عملکرد علوفه خشک چین اول و دوم با بیشتر صفات در هر دو شرایط شاهد و تنش خشکی همبستگی معنی‌داری مشاهده گردید. نتایج حاصل از رگرسیون مرحله‌ای نشان داد که در حالت شاهد سه صفت قطر یقه بعد از برداشت اول، تعداد خوشه بارور و روز تا گرده‌افشانی و در حالت تنش خشکی سه صفت تعداد خوشه بارور، قطر یقه و ارتفاع گیاه مهمترین اجزای عملکرد علوفه بودند. تجزیه مسیر توانست اثرات مستقیم و غیرمستقیم صفات بر عملکرد علوفه را مشخص نماید. قطر یقه و تعداد خوشه بارور بیشترین تأثیر مستقیم را بر عملکرد علوفه داشتند. نتایج تجزیه به عامل‌ها نشان داد که ٤ عامل پنهانی در حالت شاهد و تنش خشکی بر عملکرد تأثیر دارند که به‌ترتیب ۸۰ و ۷۷ درصد از تغییرات را توجیه نمودند. در عامل اول صفات تعداد خوشه بارور، عملکرد علوفه‌تر، عملکرد علوفه خشک و قطر یقه دارای بار عاملی بالاتری بودند. در عامل دوم صفات روز تا خوشه‌دهی و روز تا گرده‌افشانی بار عاملی بیشتری داشتند.

واژه‌های کلیدی: فسکیوی بلند، تنش خشکی، رگرسیون مرحله‌ای، تجزیه مسیر، تجزیه به عامل‌ها.

مقدمه

گیاهان علوفه‌ای ماده اولیه برای تولید مواد پروتئینی و لبنی را تأمین نموده و در نتیجه در حفظ و سلامت و امنیت غذایی اهمیت ویژه‌ای دارند. این گیاهان همچنین نقش مهمی در حاصلخیزی خاک ایفا می‌کنند (Shahbaziyan & Irannejad, 2005). کشور ما به‌رغم داشتن تنوع اقلیمی وسیع و وجود منابع محیطی و ذخایر گیاهی غنی هنوز در زمره کشورهای واردکننده

علوفه دامی و نیز مواد پروتئینی است و هر ساله نیز تقاضا برای مواد پروتئینی افزایش می‌یابد. البته بخش عمده تولید علوفه در کشور از طریق مراتع تأمین می‌گردد (Majidi & Arzani, 2010). یکی از مهمترین عوامل محدودکننده تولید علوفه خشکسالی‌های متناوب در کشور است. خشکی شایع‌ترین تنش محیطی است که رشد و تولید گیاه را تحت تأثیر قرار می‌دهد. خشکی حتی در اقلیم‌های مناطق معتدله که از رطوبت کافی برخوردار هستند، نیز ممکن است محدودکننده رشد و نمو گیاهان باشد (Wood, 2005; Siddique *et al*., 2001).

فسکیوی بلند (*Festuca arundinacea*) یک گراس علوفه‌ای چند ساله است که بهترین رشد را در شرایط آب و هوایی معتدل انجام می‌دهد و ازجمله گراس‌های فصل سرد است که تابستان‌های گرم را نیز به خوبی تحمل می‌کند (Sleper & West, 1996). فسکیوی بلند از مهمترین گونه‌های جنس فستوکا در دنیا می‌باشد که به‌منظور تولید علوفه، حفاظت خاک و احداث چمن در بسیاری از مناطق جهان بکار می‌رود (Kasperbauer, 1990). این گونه در ایران نیز پراکنش بالایی داشته و برای تولید علوفه و جلوگیری از فرسایش خاک (به‌دلیل داشتن سیستم ریشه‌ای قوی) مورد استفاده قرار می‌گیرد. با توجه به اینکه گیاه فسکیوی بلند در ایران از پراکنش بالایی برخوردار بوده و از تحمل به تنش‌های زیستی بالایی نیز برخوردار است، اصلاح این گیاه و ایجاد ارقام مقاوم به خشکی می‌تواند گامی در جهت توسعه و احیاء بخشی از مراتع کشور باشد. مطالعات در رابطه با تأثیر تنش خشکی بر عملکرد و اجزای عملکرد علوفه در فسکیوی بلند اندک بوده است. بسیاری از گراس‌های علوفه‌ای و مرتعی ایران ازجمله فسکیوی بلند از مقاومت بالا در برابر تنش خشکی برخوردارند (Gazanchian *et al*., 2006). بنابراین به نظر می‌رسد که این گیاهان می‌توانند منابع ژنتیکی مناسبی جهت اصلاح و توسعه گراس‌ها در شرایط خشکی را فراهم آورند.

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 (Wang *et al*., 2001). تنوع موجود در جوامع به‌عنوان مواد اولیه اصلاحی، امکان انتقال انواع ژن‌های مطلوب به واریته‌های تجاری را برای به‌نژادگر میسر می‌سازد. برای دستیابی و استفاده از این تنوع مطلوب توده‌های بومی از اهمیت بالایی برخوردار می‌باشند (Greene & Morris, 2001). مطالعات بر روی لگوم‌های علوفه‌ای نظیر یونجه و شبدر نشان داده است که تنوع قابل ملاحظه‌ای از نظر خصوصیات مختلف به‌ویژه عملکرد و صفات مورفولوژیک در این گیاهان وجود دارد (Crusius *et al*., 1999; Albayra & Ekiz, 2004). باوجوداین مطالعات بر روی فسکیوی بلند به‌ویژه در شرایط تنش خشکی بسیار محدود بوده است. در مطالعه Ebrahimiyan و همکاران (۲۰۱۲) بر روی فسکیوی بلند تنوع بالایی برای صفات مورفولوژیک و عملکرد در شرایط عادی و تنش رطوبتی گزارش شد. نظر به اهمیت ایجاد ارقام متحمل به خشکی برای توسعه و احیاء مراتع به‌ویژه در شرایط تنش، این مطالعه با هدف بررسی میزان تنوع ژنتیکی و ارتباط خصوصیات زراعی و مورفولوژیک در ژنوتیپ‌های

گونه‌ی علوفه‌ای- مرتعی فسکیوی بلند در دو شرایط نرمال و تنش خشکی اجرا گردید.

مواد و روش‌ها

این پژوهش طی دو سال زراعی ۱۳۹۰ و ۱۳۹۱ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان واقع در لورک نجف آباد انجام شد. مواد ژنتیکی مورد مطالعه تعداد ۷۵ ژنوتیپ اصلاحی فسکیوی بلند بودند که از درون جوامع حاصل از تلاقی ژنوتیپ‌های والدی بر مبنای مطالعه Ebrahimiyan و همکاران (۲۰۱۳) انتخاب شده بودند. این ژنوتیپ‌ها در قالب طرح بلوکهای کامل تصادفی در سه تکرار در دو محیط رطوبتی مجزا شامل محیط بدون تنش رطوبتی با اعمال ضریب MAD (متوسط کسری از کل آب در دسترس که می‌تواند از عمق توسعه ریشه تخلیه شود بدون اینکه به گیاه تنشی وارد شود) برابر با ۵۰ درصد و محیط تنش رطوبتی با اعمال ضریب MAD برابر با ۹۰ درصد کشت شدند. کشت در اسفند ۱۳۹۰ انجام شد. در هر پلات ۲۵ بوته در ۵ ردیف با فاصله ۵۰ سانتی‌متر کشت شد. مقدار تخلیه رطوبت از خاک براساس مقدار تبخیر- تعرق چمن با استفاده از رابطه FAO Penman-Monteith و ضریب گیاهی فسکیوی بلند طی دوره رشد محاسبه شد (Allen *et al.*, 1998) بر این اساس زمان آبیاری تیمارهای مختلف تنش آبی متفاوت بودند اما مقدار آبی که به تیمارهای مختلف در یک دور آبیاری داده می‌شد یکسان بود. مقدار آب آبیاری از معادله زیر محاسبه و با استفاده از کنتور برای هر پلات آزمایشی اعمال گردید.

معادله ۱ $$I_d = (FC-PWP)\times D$$

I_d: آب سهل‌الوصول (سانتی‌متر)

FC: رطوبت حجمی خاک در ظرفیت مزرعه (درصد)

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

D: عمق فعال توسعه ریشه (سانتی‌متر)

صفات مورد مطالعه در این بررسی شامل تعداد روز تا خوشه‌دهی، تعداد روز تا گرده‌افشانی، تعداد ساقه بارور، عرض برگ پرچم (سانتی‌متر)، طول برگ پرچم (سانتی‌متر)، عملکرد علوفه تر چین اول و دوم، عملکرد علوفه خشک چین اول و دوم، درصد ماده خشک چین اول و دوم، قطر یقه بعد از هر برداشت و ارتفاع بوته بود. تجزیه واریانس در هر محیط رطوبتی به صورت طرح بلوک کامل تصادفی انجام شد. به‌منظور برآورد رابطه بین صفات، ضرایب همبستگی محاسبه و از رگرسیون گام به‌گام برای تعیین صفاتی که سهم بیشتری در توجیه تنوع عملکرد علوفه دارند، استفاده شد. به‌منظور تعیین روابط بین صفات و شناسایی خصوصیاتی که بیشترین نقش را در تغییرات عملکرد علوفه ایفا می‌کنند و همچنین برای برآورد اثرهای مستقیم و غیرمستقیم صفات بر عملکرد از تجزیه و تحلیل ضرایب مسیر استفاده گردید. از تجزیه به عامل-ها برای گروه‌بندی صفات و درک روابط پنهانی بین آنها استفاده گردید. تجزیه و تحلیل‌های آماری به کمک نرم‌افزارهای SAS و SPSS انجام شد.

نتایج

تجزیه واریانس صفات برای عملکرد علوفه و صفات مورفولوژیک اندازه‌گیری شده نتایج نشان داد که تنش خشکی بر تمام صفات بجز روز تا خوشه‌دهی و ارتفاع گیاه تأثیر معنی‌داری داشت. بین ژنوتیپ‌ها از نظر کلیه صفات مورد بررسی اختلاف بسیار معنی‌داری مشاهده گردید. تأثیر سال نیز روی صفات بجز صفات روز تا گرده‌افشانی و عرض برگ پرچم معنی‌دار بود.

نتایج حاصل از برآورد همبستگی بین صفات مورفولوژیک و زراعی روی ۷۵ ژنوتیپ فسکیوی بلند (جدول ۱) نشان داد که در شرایط عدم تنش رطوبتی عملکرد علوفه خشک برداشت اول با کلیه صفات مورد بررسی بجز صفات روز تا خوشه‌دهی، روز تا گرده-افشانی، ارتفاع رشد مجدد گیاه و درصد ماده خشک چین دوم همبستگی معنی‌داری را نشان داد. همچنین همبستگی معنی‌داری بین صفت عملکرد علوفه خشک برداشت دوم با تمام صفات اندازه‌گیری شده مشاهده گردید. این نتایج حکایت از آن داشت که احتمالاً با گزینش این صفات به طور غیرمستقیم امکان افزایش عملکرد علوفه وجود دارد. در شرایط اعمال تنش رطوبتی بین عملکرد علوفه خشک برداشت اول با صفات روز تا خوشه‌دهی، روز تا گرده‌افشانی و عرض برگ پرچم همبستگی معنی‌داری مشاهده نشد ولی بین عملکرد علوفه خشک برداشت اول با سایر صفات، همبستگی معنی‌داری وجود داشت. در شرایط تنش همبستگی بین عملکرد علوفه خشک برداشت دوم با تمام صفات بجز روز تا خوشه‌دهی، عرض برگ پرچم، ماده خشک چین اول و درصد ماده خشک چین دوم، معنی‌دار بود.

در شرایط عادی (عدم تنش)، تعداد ساقه و قطر یقه (معیاری از قطر ساقه) بیشترین همبستگی را با عملکرد علوفه داشت، در حالی که در شرایط تنش خشکی صفت ارتفاع بوته نیز در کنار دو صفت مذکور با عمکرد همبستگی معنی‌دار نشان داد. نتایج حاصل از رگرسیون مرحله‌ای برای عملکرد علوفه به‌عنوان متغیر تابع و سایر صفات به‌عنوان متغیر مستقل در شرایط شاهد (جدول ۲) نشان داد که صفت قطر یقه بعد از برداشت اول اولین صفتی بود که وارد مدل رگرسیونی گردید و به تنهایی ۵۵ درصد از تغییرات عملکرد علوفه را توجیه کرد. صفات تعداد خوشه بارور و روز تا گرده افشانی که در مجموع ۸ درصد از تغییرات کل را توجیه نمودند، به‌عنوان متغیرهای دوم و سوم به مدل اضافه شده و در مجموع ٦۳ درصد از تغییرات عملکرد علوفه توسط این سه صفت توجیه گردید. در حالت اعمال تنش رطوبتی (جدول ۳) سه صفت تعداد خوشه بارور، قطر یقه و ارتفاع گیاه وارد مدل رگرسیونی شدند و به‌ترتیب ٦۳، ۹ و ۱ درصد از تغییرات کل را توجیه نمودند. این سه صفت در مجموع ۷۳ درصد از تغییرات عملکرد را توجیه نمودند.

به‌منظور تفسیر بهتر داده‌های خروجی از رگرسیون مرحله‌ای و تعیین اثرات مستقیم و غیرمستقیم، تجزیه ضرایب مسیر برای عملکرد علوفه خشک انجام شد. نتایج حاصل از تجزیه ضرایب مسیر عملکرد علوفه در شرایط شاهد (جدول ٤) نشان داد که قطر یقه دارای بیشترین اثر مستقیم (۰/٦۷) بود و اثر غیرمستقیم آن از طریق صفات روز تا گرده‌افشانی، تعداد خوشه بارور و ارتفاع گیاه به‌ترتیب ۰/۰۹-، ۰/۲۳ و ۰/۰۷- بود.

صفات مختلف در دو شرایط محیطی عدم تنش (زیر قطر) و تنش (بالای قطر) در ۷۵ ژنوتیپ فسکیوی بلند

۱۵	۱٤	۱۳	۱۲	۱۱	۱۰	۹	۸	۷	٦	۵	٤	۳	۲
-۰/۱۰	-۰/۲۹	-۰/۲۲	-۰/۱۳	-۰/٤۰	-۰/۰٤	۰/۰٦	-۰/۱٤	-۰/۱٤	-۰/۵٤	-۰/۱۸	۰/۰۸	-۰/۳۲	۰/۸۸
-۰/۱٦	-۰/۲٦	-۰/۲٤	-۰/۱۷	-۰/۳۷	-۰/۱۲	۰/۱۲	-۰/۱۷	-۰/۱۷	-۰/۵۳	-۰/۲۱	۰/۰۳	-۰/۳٦	۱
۰/۲٤	۰/۱۷	۰/۳٦	۰/۳۱	۰/۳۹	۰/۲۲	-۰/۲۰	۰/۲۵	۰/۲۸	۰/۳٦	۰/۱٤	۰/۵۵	۱	-۰/٤۰
-۰/۰٦	-۰/۰٦	۰/۰۳	۰/۰٤	۰/۱۸	-۰/۰۷	-۰/۱۳	-۰/۱۳	-۰/۱۰	۰/۲٦	-۰/۱۹	۱	۰/٦۳	-۰/۱۷
۰/٦۷	۰/۰۷	۰/٦۵	۰/٦۳	۰/۱۱	۰/۷۰	-۰/۰۷	۰/۷۹	۰/۷۷	۰/۱٤	۱	۰/۳۱	۰/۵۳	-۰/٤۰
۰/۳۱	۰/۲۵	۰/۲۹	۰/۲۲	۰/۵۸	۰/۲۹	۰/۱۱	۰/۲۰	۰/۱۷	۱	۰/٤۱	۰/۳۳	۰/٤٦	-۰/٤۰
۰/۷۳	۰/۱۰	۰/۷۸	۰/۷۵	۰/۲۸	۰/۷۳	-۰/۲۸	۰/۹۹	۱	۰/٤۳	۰/٦۷	۰/۲۷	۰/٤۷	-۰/۲٤
۰/۷٦	۰/۱۲	۰/۷٦	۰/۷۳	۰/۲۷	۰/۷۵	-۰/۱۳	۱	۰/۹۸	۰/٤٤	۰/٦۷	۰/۲۷	۰/٤٦	-۰/۲۰
۰/۰۱	-۰/۱۱	-۰/۲۱	-۰/۲۰	-۰/۱۹	۰/۰۱	۱	۰/۵۳	۰/٤۱	-۰/۱۳	۰/٤۹	۰/۱٦	۰/۳۰	-۰/۱۱
۰/۹۸	۰/۰۱	۰/۷۱	۰/۷۱	۰/۱۷	۱	۰/۳٤	۰/۷۵	۰/۷٦	۰/۵۲	۰/٦۹	۰/۲۳	۰/٤۲	-۰/٤۲
۰/۲۳	۰/۳٦	۰/٤۵	۰/۳٦	۱	۰/۰۹	-۰/۱٦	۰/۱۰	۰/۲۰	۰/۵۹	۰/۱۸	۰/۲۳	۰/۳۸	-۰/٤۰
۰/۷۳	-۰/۰۹	۰/۹۷	۱	۰/۳۰	۰/۷۵	۰/۳٦	۰/۸٤	۰/۸۷	۰/٤۹	۰/٦۲	۰/۲٤	۰/۵۰	-۰/۳۱
۰/۷۳	۰/۱۲	۱	۰/۹۹	۰/۲۹	۰/۷٦	۰/۳۷	۰/۸٦	۰/۸۸	۰/٤۹	۰/٦٤	۰/۲۳	۰/٤۹	-۰/۳۳
۰/۰۳	۱	-۰/۲۵	-۰/۳۵	-۰/۱۲	-۰/۲۳	۰/۰۳	-۰/۲۰	-۰/۲۲	-۰/۱٤	-۰/۱٦	-۰/۲۲	-۰/۲۹	-۰/۱٤
۱	-۰/۲۲	۰/۷٤	۰/۷۳	۰/۱۱	۰/۹۸	۰/۳۵	۰/۷۲	۰/۷٤	۰/۵۰	۰/٦٦	۰/۲۰	۰/٤۱	-۰/٤۱

ر سطح احتمال ۵ و ۱ درصد معنی‌دار می‌باشد.

جدول ۲- نتایج رگرسیون مرحله‌ای برای عملکرد علوفه به‌عنوان متغیر تابع در برابر سایر صفات در شرایط عدم تنش خشکی

متغیر اضافه شده به مدل	پارامترهای مدل (ضرایب رگرسیون)	R^2 جزء	R^2 مدل	F
قطر یقه	۱۱/۷۱	۰/۵۵	۰/۵۵	۹۰/۷۱***
تعداد خوشه بارور	۳/۹۵	۰/۰۵	۰/٦۰	۹/۰۸**
روز تا گرده افشانی	۱/۲٦	۰/۰۳	۰/٦۳	۵/٤۲**
عرض از مبدأ	-٤۲۳/۱۵			۱٤/۸۲***

ns ، * ، ** و *** به‌ترتیب عدم معنی‌داری و معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد، ۱ درصد و ۰/۱ درصد می‌باشد.

جدول ۳- نتایج رگرسیون مرحله‌ای برای عملکرد علوفه به‌عنوان متغیر تابع در برابر سایر صفات در شرایط تنش خشکی

متغیر اضافه شده به مدل	پارامترهای مدل (ضرایب رگرسیون)	R^2 جزء	R^2 مدل	F
تعداد خوشه بارور	۰/۸۸	۰/٦۳	۰/٦۳	۱۲۱/۸۵***
قطر یقه	۵/۲٦	۰/۰۹	۰/۷۲	۸۳/۲۳***
ارتفاع گیاه	۱/۷۵	۰/۰۱	۰/۷۳	۳/٦۵ n.s
عرض از مبدأ	-۵٦/٦۰			۱۱/۹۵***

ns، * ، ** و *** به‌ترتیب عدم معنی‌داری و معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد، ۱ درصد و ۰/۱ درصد می‌باشد.

پس از این صفت تعداد خوشه بارور بیشترین اثر مستقیم (۰/۳۳) را داشت و بیشترین اثر غیرمستقیم آن از طریق صفت قطر یقه (۰/٤٦) بود. اثر مستقیم صفات روز تا گرده‌افشانی و ارتفاع گیاه به‌ترتیب برابر ۰/۲۲ و ۰/۱٤ - بود.

در شرایط تنش خشکی (جدول ۵) تجزیه علیت نشان داد که صفت قطر یقه دارای بیشترین اثر مستقیم (۰/۵۵) بر عملکرد علوفه بود و اثرات غیرمستقیم آن از طریق صفات روز تا گرده‌افشانی، ارتفاع گیاه و تعداد خوشه بارور به‌ترتیب ۰/۱۵-، ۰/۰۳- و ۰/۳۵ بود. تعداد خوشه بارور نیز دارای اثر مستقیم بالا (۰/۵۲) بود و بیشترین اثر غیرمستقیم آن از طریق قطر یقه (۰/۳۷) حاصل شد.

نتایج حاصل از تجزیه به عامل‌ها برای صفات علوفه‌ای بر روی ۷۵ ژنوتیپ فسکیوی بلند در جدول ٦ برای هر دو حالت شاهد و تنش خشکی نشان داده شده است. چهار عامل در هر دو حالت شاهد و تنش استخراج شد که روی هم رفته در حالت شاهد و اعمال تنش خشکی به‌ترتیب ۸۰ و ۷۷ درصد از تغییرات را توجیه کردند. در شرایط عدم تنش خشکی عامل اول به تنهایی ٤۷ درصد از تغییرات کل را توجیه کرد. در این عامل صفات تعداد خوشه بارور، عملکرد علوفه تر چین اول و دوم، عملکرد علوفه خشک چین اول و دوم و قطر یقه بعد از چین اول و دوم دارای بار عاملی بالاتری بودند؛ بنابراین این عامل را می‌توان عامل عملکرد و اجزای عملکرد علوفه دانست. عامل دوم ۱۵ درصد از تغییرات را توجیه کرد و بیشتر تحت تأثیر

صفات روز تا خوشه‌دهی و روز تا گرده‌افشانی در جهت مثبت بود که می‌توان این عامل را عامل زمان رسیدگی معرفی کرد. عامل سوم بیشتر تحت تأثیر صفات طول برگ پرچم در جهت مثبت و درصد ماده خشک چین دوم در جهت منفی قرار داشت. در عامل چهارم صفات طول و عرض برگ پرچم و درصد ماده خشک چین اول بیشترین تأثیر مثبت را داشتند که می‌توان این عامل را درصد ماده خشک نام نهاد.

جدول ٤- نتایج تجزیه ضرایب مسیر عملکرد علوفه در ژنوتیپ‌های فسکیوی بلند در شرایط عدم تنش خشکی

صفت	اثر مستقیم	اثر غیرمستقیم از طریق صفت				ضریب همبستگی با عملکرد علوفه
		(۱)	(۲)	(۳)	(٤)	
قطر یقه	۰/٦۷	۱	-۰/۰۹	۰/۲۳	-۰/۰۷	۰/۷۵
روز تا گرده‌افشانی	۰/۲۲	-۰/۲۸	۱	-۰/۱۳	۰/۰٦	-۰/۲۰
تعداد خوشه بارور	۰/۳۳	۰/٤٦	-۰/۰۹	۱	-۰/۰٦	۰/٦۷
ارتفاع گیاه	-۰/۱٤	۰/۳۵	-۰/۰۹	۰/۱٤	۱	۰/۳٤
باقیمانده =۰/۳۹						

جدول ۵- نتایج تجزیه ضرایب مسیر عملکرد علوفه در ژنوتیپ‌های فسکیوی بلند در شرایط عدم تنش خشکی

صفت	اثر مستقیم	اثر غیرمستقیم از طریق صفت				ضریب همبستگی با عملکرد علوفه
		(۱)	(۲)	(۳)	(٤)	
روز تا گرده افشانی	-۰/۱٦	۱	۰/۵٤	-۰/۰۳	۰/۳۸	۰/۷۵
قطر یقه	۰/۵۵	-۰/۱۵	۱	-۰/۰۳	۰/۳۵	۰/۷٦
ارتفاع گیاه	-۰/۰۹	-۰/۰۵	۰/۱۷	۱	۰/۰۷	۰/۲۰
تعداد خوشه بارور	۰/۵۲	-۰/۱۱	۰/۳۷	-۰/۰۱	۱	۰/۷۹
باقیمانده=۰/۳۱						

در شرایط اعمال تنش خشکی عامل اول ٤۱ درصد از تغییرات را توجیه کرد. در این عامل، بیشترین تأثیر را صفات تعداد خوشه بارور، عملکرد علوفه تر چین اول و دوم، عملکرد علوفه خشک چین اول و دوم و قطر یقه بعد از چین اول و دوم داشتند که همگی تأثیر مثبت داشته و همه صفات مربوط به عملکرد و اجزای عملکرد علوفه بودند که می‌توان این عامل را بیوماس کلی گیاه معرفی کرد. در عامل دوم که ۱۸ درصد از تغییرات را توجیه کرد، صفات روز تا خوشه‌دهی و روز تا گرده‌افشانی بیشترین تأثیر مثبت را داشته و می‌توان این عامل را زمان رسیدگی نام نهاد. از نظر عامل سوم صفات طول و عرض برگ پرچم، ارتفاع اولیه گیاه و ارتفاع رشد مجدد گیاه بیشترین تأثیرات را داشتند که همگی مثبت بودند. بنابراین می‌توان این عامل را حجم بوته معرفی کرد. در عامل چهارم تنها صفتی که تأثیر مثبت و قابل توجهی داشت صفت درصد ماده خشک چین اول بود.

جدول ٦- نتایج تجزیه به عامل‌ها برای صفات علوفه‌ای شامل بار عامل‌های دوران یافته، نسبت واریانس توجیه شده توسط هر عامل، نسبت تجمعی واریانس توجیه شده و ریشه‌های مشخصه در ۷۵ ژنوتیپ فسکیوی بلند

صفت	عدم تنش				تنش خشکی			
	عامل اول	عامل دوم	عامل سوم	عامل چهارم	عامل اول	عامل دوم	عامل سوم	عامل چهارم
روز تا خوشه‌دهی	-۰/٤۲	**۰/۷۲**	۰/۳۸	-۰/۰٤	-۰/۰٦	**۰/۹۱**	۰/۰۱	-۰/۰۵
روز تا گرده افشانی	-۰/۵۱	**۰/٦٤**	۰/٤۱	-۰/۱۷	-۰/۱۱	**۰/۸۷**	-۰/۰۵	-۰/۰۲
طول برگ پرچم (cm)	۰/٤۰	-۰/۱٤	**۰/۵٦**	**۰/۵٤**	-۰/۱۳	۰/۱۱	**۰/۹۱**	-۰/۰۲
عرض برگ پرچم (cm)	۰/٦۷	-۰/۲۲	۰/۳۷	**۰/٤۳**	۰/۲۱	-۰/۳۰	**۰/۷۳**	-۰/۱۳
ارتفاع گیاه (cm)	۰/٦۲	-۰/٤۹	۰/۲۰	-۰/۲۷	۰/۱۹	-۰/٦۵	**۰/٤۲**	۰/۳۷
علوفه تر چین اول (g)	**۰/۸۹**	۰/۲۷	-۰/۰۱	-۰/۱۱	**۰/۹۱**	-۰/۱۰	-۰/۰۱	-۰/۲٤
علوفه خشک چین اول (g)	**۰/۸۷**	۰/۳۸	-۰/۰۵	-۰/۰۱	**۰/۹۲**	-۰/۱۱	-۰/۰٤	-۰/۱۱
درصد ماده خشک چین اول	۰/٤۳	۰/٤٤	-۰/۲۸	**۰/۵۷**	-۰/۱۰	۰/۰٦	-۰/۱۵	**۰/۸۹**
قطر یقه چین اول (cm)	**۰/۸۷**	۰/۱۳	-۰/۱۷	-۰/۱٦	**۰/۹۰**	-۰/۰۱	۰/۰٦	۰/۲۱
ارتفاع رشد مجدد (cm)	۰/۳٦	**-۰/٤٦**	۰/۲۸	-۰/۱٤	۰/۲۲	-۰/۵۷	**۰/٤۱**	-۰/۱۵
علوفه تر چین دوم (g)	**۰/۹۰**	۰/۱٦	۰/۰٦	-۰/۲۱	**۰/۸۷**	-۰/۰۵	۰/۲۲	-۰/۱۱
علوفه خشک چین دوم (g)	**۰/۹۱**	۰/۱٦	-۰/۰۱	-۰/۱۹	**۰/۸٦**	-۰/۱۸	۰/۲۰	-۰/۱۵
درصد ماده خشک چین دوم	-۰/۲۸	-۰/۱۵	**-۰/٦۵**	۰/۲۳	-۰/۰۱	-۰/۵٤	-۰/۰۷	-۰/۲۷
قطر یقه چین دوم (cm)	**۰/۸۵**	۰/۱۳	-۰/۱۷	۰/۱٦	**۰/۹۰**	-۰/۰٦	۰/۰۸	۰/۲۰
واریانس توجیه شده	۰/٤۷	۰/۱۵	۰/۱۰	۰/۰۸	۰/٤۱	۰/۱۸	۰/۱۰	۰/۰۸
واریانس توجیه شده تجمعی	۰/٤۷	۰/٦۲	۰/۷۲	۰/۸۰	۰/٤۱	۰/۵۹	۰/٦۹	۰/۷۷
ریشه مشخصه	۷/۱۳	۲/۲۲	۱/٤۷	۱/۱۸	٦/۱۵	۲/۷۱	۱/۵٦	۱/۱۹

ضرایبی که زیر آنها خط کشیده شده همبستگی معنی‌داری با عامل مورد نظر دارند.

بحث

وجود تنوع ژنتیکی به‌عنوان دستمایه اصلی برای گزینش لازمه هر برنامه اصلاحی به‌ویژه ایجاد ارقام متحمل به خشکی می‌باشد. نتایج مطالعه حاضر نشان داد که بین ژنوتیپ‌های فسکیوی بلند مورد مطالعه از نظر کلیه صفات مورد بررسی اختلاف بسیار معنی‌داری مشاهده گردید که نشان‌دهنده تنوع و گوناگونی بالا در این ژرم-پلاسم است. اثر متقابل تنش و ژنوتیپ برای تمام صفات معنی‌دار بود که حکایت از آن داشت که ژنوتیپ‌های مورد مطالعه در محیط‌های مختلف رطوبتی، واکنش‌های متفاوتی را از خود نشان دادند. در مطالعه Ebrahimiyan و همکاران(Ebrahimiyan *et al.*, 2012) گزارش شد که تنش خشکی تأثیر معنی‌داری بر عملکرد و اجزای عملکرد فسکیوی بلند داشت.

صفات تعداد ساقه و قطر یقه در هر دو شرایط رطوبتی بیشترین همبستگی را با عملکرد علوفه داشتند و براساس تجزیه رگرسیون مرحله‌ای نیز به‌عنوان مهمترین متغیرهای مؤثر بر عملکرد علوفه وارد مدل شدند. با توجه به اینکه اجزای عملکرد به طور معمول از وراثت‌پذیری بالاتری نسبت به عملکرد برخوردارند، گزینش بر مبنای این دو

صفت می‌تواند برای بهبود غیرمستقیم عملکرد علوفه مؤثر باشد. در فسکیوی بلند گزارش شد که در هر دو شرایط عادی و تنش خشکی عملکرد علوفه خشک با صفات ارتفاع بوته، قطر یقه و تعداد ساقه در بوته همبستگی بالایی نشان داد (Ebrahimiyan *et al.*, 2012). همچنین Fang و همکاران (۲۰۰٤) تعداد خوشه بارور و ارتفاع گیاه را مهمترین صفات مؤثر بر عملکرد فسکیوی مرتعی معرفی کردند. در مطالعه حاضر علاوه بر دو صفت مذکور، صفت ارتفاع بوته نیز در شرایط تنش رطوبتی وارد مدل شد، درحالی‌که در شرایط عادی این صفت وارد مدل رگرسیونی نگردید که نشان می‌دهد تنش خشکی بر روی ترتیب و میزان توجیه اجزای عملکرد تأثیر گذاشته است.

یکی از کاستی‌های تجزیه همبستگی و رگرسیون آن است که اثرات غیرمستقیم سایر متغیرها بر متغیر تابع را نشان نمی‌دهد. بدین منظور تجزیه ضرایب مسیر جهت درک بهتر روابط صفات انجام شد. نتایج نشان داد که در شرایط عادی (عدم تنش) با توجه به اینکه صفت قطر یقه بیشترین اثر مستقیم (۰/٦۷) را بر عملکرد علوفه داشت و همچنین دارای بیشترین همبستگی (۰/۷۵) با عملکرد علوفه بود می‌توان چنین استنباط کرد که این صفت بیشترین نقش را در افزایش عملکرد علوفه در فسکیوی بلند در شرایط عادی ایفا می‌کند. نتایج حکایت از آن داشت که در شرایط تنش نیز قطر یقه و تعداد ساقه مهمترین اجزای عملکرد علوفه محسوب شده، به‌طوری‌که اصلاح در جهت بهبود این صفات سبب افزایش عملکرد علوفه خواهد گردید. باوجوداین در شرایط تنش سهم اثرات مستقیم این دو صفت تقریبا یکسان بود. در گیاه یونجه ارتفاع بوته و تعداد ساقه به‌عنوان مؤثرترین صفات در تشکیل عملکرد تر و خشک علوفه معرفی شدند (Albayrak & Ekiz, 2004). همچنین Iannucci و Martiniello (۱۹۸۸) با بررسی اثر تنش خشکی بر روی چهار گونه شبدر یکساله نشان دادند در تمام گونه‌های مورد بررسی، نسبت جرم به حجم بوته بیشترین اثر مثبت و مستقیم را روی ماده خشک علوفه دارد.

در این مطالعه از تجزیه به عامل‌ها برای بررسی روابط چندگانه بین متغیرها و گروه‌بندی صفات استفاده گردید. به‌منظور توجیه بهتر، عامل‌ها به روش واریمکس دوران داده شد. هدف روش تجزیه به عامل‌ها همانند تجزیه به مؤلفه-های اصلی، توجیه تغییرات موجود در تعدادی از متغیرهای اولیه با استفاده از تعداد کمتری متغیر می‌باشد، با این تفاوت که عامل‌ها بر خلاف تجزیه به مؤلفه‌های اصلی بر پایه یک مدل نسبتاً ویژه استوارند (Johnson & Wichern, 2007). تجزیه به عامل‌ها توانست مهمترین عوامل پنهانی دخیل در توجیه تنوع صفات را مشخص نماید که می‌توانند برای طراحی مطالعات اصلاحی مورد استفاده قرار بگیرند. در تحقیقی Kansur Fırıncıoglu و همکاران (۲۰۱۰) با مطالعه رابطه بین عملکرد و اجزای عملکرد در دو تیپ بهاره و پاییزه ماشک در تیپ بهاره و پاییزه به‌ترتیب چهار و سه عامل شناسایی کردند که ۷۷ و ۸۲ درصد از تغییرات را توجیه نمودند. تجزیه به عامل‌ها در اسپرس نشان داد که درصد اجزای بوته (درصد ساقه و برگ) بیشترین بار عاملی را در کنار عملکرد علوفه به خود اختصاص داد (Majidi & Baghaiiniya *et al.*,2011; Arzani, 2010). با وجود اینکه تجزیه به عامل‌ها برای کاهش تعداد متغیرها به تعدادی عامل پنهانی، گروه‌بندی صفات براساس روابط داخلی بین آنها، شناسایی اجزای اصلی عملکرد و بررسی تنوع ژنتیکی کاربرد دارد، اما تفسیر فیزیولوژیک عوامل به طور قابل ملاحظه‌ای به صفات مورد بررسی، اکوتیپ‌های مورد بررسی و شرایط محیط آزمایش بستگی دارد.

به‌طورکلی نتایج حاصل از این مطالعه حکایت از وجود تنوع بالا در بین ژنوتیپ‌های انتخابی داشت. همچنین این ژنوتیپ‌ها در محیط‌های مختلف رطوبتی پاسخ‌های متفاوتی نشان دادند. براساس نتایج این پژوهش صفات ارتفاع بوته، تعداد ساقه در بوته و قطر یقه به‌عنوان مهمترین اجزای عملکرد علوفه در هر دو شرایط عادی و تنش رطوبتی شناخته شدند. تنش رطوبتی تا حدودی بر روی روابط صفات و اثرات مستقیم و غیرمستقیم اجزای عملکرد بر عملکرد علوفه تأثیر داشت که این مسئله باید در اصلاح عملکرد علوفه (به‌عنوان یک صفت کمی با توارث پیچیده) مورد توجه قرار گیرد.

منابع مورد استفاده

–Albayrak, S. and Ekiz, H., 2004. Determination of characters regarding to hay yield using correlation and path analysis in some perennial forage crops. Agricultural Science, 10: 250-257.

–Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D. and Smith, M., 1998. Crop evapotranspiration-guidelines for computing crop water requirements. Irrigation and Drainage, 56 P.

–Baghaiiniya, M., Majidi, M.M. and Mirlohi, A., 2011. Effects of induced mutation on general combining ability and association of traits in Sainfoin (*Onobrychis viciifolia* Scop). Iranian Journal of Rangelands and Forests plant Breeding Research. 18: 181-198. (In Farsi).

–Crusius, A.F., Paim, N.R. DallAgnol, M., and Castro, S.M., (1999). Variability evaluation of the agronomic characters in a red clover population. Pesquisa Agropecuaria Gaucha. 5: 293-301.

–Ebrahimiyan, M., Majidi, M.M. and Mirlohi, A., 2012. Genotypic variation and selection of traits related to forage yield in tall fescue under irrigated and drought stress environments. Grass and Forage Science, 68: 59-71.

–Fang, C., Amlid, T.S., Jqrgensen, Q. and Rognli, O.A., 2004. Phenotypic and genotypic variation in seed production traits within a full-sib family of meadow fescue. Plant Breeding, 123: 241-246.

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

–Greene, S.L. and Morris, J.B., 2001. The case for multiple-use plant germplasm collections and a strategy for implementation. Crop Science, 41: 886-892.

–Iannucci, A. and Martiniello, P., 1988. Analysis of seed yield components in four Mediterranean annual clovers. Field Crops Research, 55: 235-243.

–Johnson, R.A. and Wichern, D.W., 2007. Applied multivariate statistical analysis. 4th ed., Prentice Hall International, inc., New Jersey,773 P.

–Kansur Fırıncıoglu, H., Unal, S., Erbektas, E. and Dogruyol, L., 2010. Relationships between seed yield and yield components in common vetch (*Vicia sativa* ssp. sativa) populations sown in spring and autumn in central Turkey. Field Crops Research, 116: 30–37.

–Kasperbauer, M.J., 1990. Biotechnology in tall fescue improvement. CRC press, Boca, Raton, Florida, 191 P.

–Majidi, M.M. and Arzani, A., 2010. Study of relationship between morphological, agronomic and qualitative traits in sainfoin populations (*Onobrychis viciifolia*). Journal of Plant Production, 16: 159-172. (In Farsi).

–Siddique, M.R.B., Hamid, A. and Islam, M.S., 2000. Drought stress effects on water relations of wheat. Botanical Bulletin of Academic Sinica, 41: 35-39.

–Shahbaziyan, N. and Irannejad, H., 2005. Environmental stress resistance in crop plants. Crano Press, 230 P.

–Sleper, D.A. and West, C.P., 1996. Tall fescue. In: l. Moser (Eds.), Cool season forage grasses. Agron. Monogr. Asa, cssa and sssa, Madison, pp. 471-502

–Wang, Z., Hopkins, A. and Mian, R., 2001. Forage and turf grass biotechnology. Critical Reviews in Plant Science, 20: 573-619.

–Wood, A.J., 2005. Eco-physiological adaptations to limited water environments. pp: 10-41. In: M. Ajenks, P.M. Hasegawa (Eds.), plant Abiotic stress. Blackwell Pub. New York, 250 P.

Relationship of morphological traits in tall fescue genotypes grown in normal and drought stress conditions

A. Noroozi[1], M. M. Majidi[2*] and M.R. Sabzalian[3]

1-M.Sc., Department of Agronomy and Plant Breeding, Isfahan University of Technology, Isfahan, I.R.Iran.
2*- Corresponding author, Assis. Prof., Department of Agronomy and Plant Breeding, Isfahan University of Technology, Isfahan, I.R.Iran. Email: majidi@cc.iut.ac.ir
3 - Assis. Prof., Department of Agronomy and Plant Breeding, Isfahan University of Technology, Isfahan, I.R.Iran.

Received: 04.07.2013 Accepted: 11.06.2013

Abstract

Relationships between different morphological traits were assessed on 75 tall fescue genotypes under moisture stress and non-stress conditions, using several multivariate statistical methods including regression analysis, path analysis and factor analysis during 2011 and 2012. Results showed that drought stress significantly affected all the studied traits except for days to ear emergence and plant height. There were significant differences among the genotypes for all the studied traits indicating a broad genetic diversity in the germplasm. Correlation coefficients of dry forage yield of the first and second cuts with most of the recorded traits under moisture stress and non-stress conditions were significant. The results of stepwise regression showed that crown diameter, days to pollination and the number of fertile spikes contributed in 63% of observed variation for forage production under non stress condition. Under stress condition, the number of fertile spikes, crown diameter and plant height contributed in 73% of the observed variation for forage production. Path analysis indicated that crown diameter and number of fertile spikes had the strongest direct effects on forage yield. Factor analysis for all of the traits revealed four factors under non-stress and stress conditions which justified 80 and 77 percent of the total variation, respectively. In factor number 1 traits such as forage yield, number of fertile spikes and crown diameter and in factor 2, days to ear emergence and pollination had the highest factor loads.

Key words: Tall fescue, Drought stress, Stepwise regression, Path analysis, Factor analysis.