

گزینش مستقیم و غیر مستقیم عملکرد و اجزای عملکرد علوفه در اسپرس تحت شرایط معمول و تنش رطوبتی

محمد مهدی مجیدی^{*}، رسول دهقان کوهستانی و امین ویسی پور^۱

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۱۱/۱؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۱/۱۹)

چکیده

یکی از مؤثرترین روش‌ها در گزینش ژنوتیپ‌های مطلوب به منظور بهبود صفات پیچیده‌ای نظیر عملکرد، بهره‌گیری از شاخص‌های انتخاب می‌باشد. در این پژوهش، به منظور ارزیابی کارایی روش‌های مختلف انتخاب، تعداد ۲۱ توده محلی و رقم اسپرس در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در دو محیط رطوبتی عدم تنش و تنش خشکی در سال ۸۹-۱۳۸۸ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه صنعتی اصفهان مورد ارزیابی قرار گرفتند. در این بررسی، شاخص‌های انتخاب اسمیت-هیزل و پیکر-بیکر بر اساس صفات درصد ماده خشک، درصد ساقه، ارتفاع بوته و تعداد ساقه در بوته محاسبه شدند. کارایی انتخاب برای بهبود عملکرد علوفه خشک از طریق انتخاب برای صفات درصد ساقه و تعداد ساقه در بوته بیشترین مقدار بود. بنابراین این صفات می‌توانند به عنوان معیار انتخاب مناسبی جهت بهبود عملکرد علوفه خشک مد نظر قرار گیرند. در شاخص‌های اسمیت-هیزل تحت شرایط عدم تنش رطوبتی، ارتفاع بوته و در شرایط تنش رطوبتی، درصد ساقه بیشترین بازده انتخاب را داشتند، اما در شاخص پیکر-بیکر تحت هر دو شرایط رطوبتی درصد ماده خشک بیشترین پاسخ به انتخاب را داشت. نتایج نشان داد که شاخص اسمیت-هیزل ۱ بالاترین کارایی انتخاب را دارا بود و می‌تواند برای انتخاب ژنوتیپ‌های مناسب در برنامه‌های اصلاحی اسپرس مورد استفاده قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی: اسپرس، پاسخ به انتخاب، شاخص اسمیت-هیزل، شاخص پیکر-بیکر

۱. گروه اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان

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

مقدمه

تنش خشکی یکی از مهم‌ترین عوامل محیطی محدود کننده رشد و نمو گیاهان در سرتاسر دنیاست به‌طوری‌که کاهش رشد در اثر تنش خشکی به مراتب بیشتر از سایر تنش‌های محیطی دیگر است (۶). به‌طور کلی کمبود آب زمانی رخ می‌دهد که تعادل بین عرضه و تقاضای آب در گیاه وجود نداشته باشد (۷). ایران با میانگین بارندگی ۲۵۲ میلی‌متر و میزان تبخیر و تعرق شدید که ۶ درصد بیشتر از حد متعارف جهانی است، جزء سرزمین‌های خشک و نیمه خشک دنیا محسوب می‌شود. از طرفی خشکسالی‌هایی که تقریباً هر ۳۰ سال یک‌بار اتفاق می‌افتد چالش‌های جدی مانند تخریب مراتع و کاهش شدید تولید در گیاهان زراعی از جمله گیاهان علوفه‌ای را برای کشور به دنبال دارد (۲۰). در بین گیاهان علوفه‌ای گراس‌ها و لگومها به علت عملکرد مناسب و تحمل بالا به بسیاری از شرایط نامناسب محیطی نظیر خشکی نقش ویژه‌ای در تأمین علوفه دارند (۱۰ و ۲۳).

اسپرس با نام علمی *Onobrychis viciifolia Scop* به علت داشتن توانایی‌هایی مانند سازگاری بالا به شرایط آب و هوایی مختلف، عملکرد بالای علوفه در شرایط کم‌آبایی، عدم ایجاد نفخ پس از مصرف توسط چهارپایان به دلیل داشتن تانن در برگ‌ها، ارزش غذایی بالا، جذب حشرات به علت داشتن شهد شیرین برای تولید عسل و داشتن ریشه‌های عمیق برای جلوگیری از فرسایش خاک و بهبود ساختمان و کیفیت خاک زراعی (۸، ۱۱ و ۱۷)، یکی از گیاهان علوفه‌ای مهم در کشور محسوب می‌شود. مطالعات اصلاحی روی اسپرس در مقایسه با یونجه کمتر انجام شده و این در حالی است که این گیاه از پتانسیل بالایی برای کشت و کار بویژه در مناطق با آبیاری محدود برخوردار است.

در اصلاح گراس‌های علوفه‌ای افزایش عملکرد علوفه از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است و به عنوان یکی از اهداف اصلی در معرفی ارقام اصلاح شده می‌باشد. از طرف دیگر عملکرد علوفه دارای وراثت‌پذیری پایین بوده و تحت تأثیر اثر

متقابل ژنوتیپ و محیط می‌باشد (۲۱). اصولاً برای صفات مهم زراعی مانند عملکرد که دارای توارث پیچیده‌تری می‌باشند، انتخاب غیر مستقیم دارای کارایی بیشتری خواهد بود (۲۶). عملکرد و صفات مرتبط با آن معمولاً در اغلب برنامه‌های اصلاحی به طور همزمان مورد بررسی قرار می‌گیرند و چون ارزش اقتصادی یک گیاه به ارزش صفات مختلف آن بستگی دارد، اصلاح‌کنندگان انتخاب همزمان برای صفات مختلف را برای حداکثر کردن ارزش اقتصادی یک گیاه بررسی می‌کنند (۳۰). در روش انتخاب بر اساس شاخص، گزینش همزمان برای همه خصوصیات مهم، همراه با در نظر گرفتن ارزش‌های فنوتیپی و اقتصادی و وراثت‌پذیری آنها و هم‌بستگی بین صفات مختلف انجام می‌شود (۱۵). این‌گونه شاخص‌ها بایستی از وراثت‌پذیری بالایی برخوردار بوده و کمتر تحت تأثیر تغییرات محیطی قرار گیرند (۳ و ۳۵). شاخص‌های انتخاب اسمیت-هیزل (۱۸ و ۳۱) و پسک-بیکر (۲۴) از جمله این شاخص‌ها می‌باشند. صبوری و همکاران (۲۹) نشان دادند که آثار مستقیم فنوتیپی و ژنوتیپی وزن دانه، تعداد خوشه و طول خوشه در برنج می‌توانند معیارهای کارایی در معرفی شاخص‌های گزینشی برای انتخاب غیرمستقیم باشند. منیری‌فر (۲۳) کارایی انتخاب بر مبنای شاخص‌های گزینشی را در یونجه مورد بررسی قرار دادند. آنها در پژوهش خود به این نتیجه رسیدند که انتخاب بر مبنای شاخصی که در آن از ارتفاع بوته، وزن خشک گیاه و تعداد ساقه‌های گیاه استفاده شده باشد نسبت به انتخاب بر اساس عملکرد، بیش از دو برابر برتری دارد.

اسمیت (۳۱) در سال ۱۹۳۶ استفاده از شاخص‌های انتخاب را بنیان‌گذاری نمود و عنوان کرد که ارزش ژنتیکی نمی‌تواند به صورت مستقیم تعیین شود و باید به وسیله تابع خطی از ارزش‌های فنوتیپی تخمین زده شود. بدین منظور از تابع تشخیص فیشر برای تعریف یک شاخص انتخاب برای لاین‌های خالص گیاهی استفاده شد. در این تابع از صفات مختلف به صورت همزمان به عنوان متغیرهایی با ضرایب وزنی متفاوت استفاده می‌شود. هیزل (۱۸) این تابع را در سال ۱۹۴۳

شاخص‌های انتخاب بدست می‌آیند. در میان این دو شاخص نیز شاخص اسمیت-هیزل بهره بیشتری داشته است. با توجه به این‌که مطالعات در زمینه تحمل به خشکی اسپرس و انتخاب غیرمستقیم بر اساس شاخص‌های انتخاب در کشور اندک بوده است و از آنجاکه برنامه‌ریزی اصلاحی و اتخاذ روش مناسب گزینش به شرایط تولید خاص بستگی دارد، این مطالعه به منظور ارزیابی کارایی انتخاب مستقیم و غیر مستقیم صفات برای بهبود عملکرد اسپرس، تعریف شاخص‌های مختلف و مقایسه کارایی آنها برای انتخاب همزمان صفات و معرفی بهترین ژنوتیپ‌ها از نظر عملکرد علوفه خشک در شرایط تنش و عدم تنش رطوبتی اجرا شد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در سال زراعی ۸۹-۱۳۸۸ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه صنعتی اصفهان واقع در لورک نجف‌آباد در ۴۰ کیلومتری جنوب غربی اصفهان انجام شد. ارتفاع منطقه از سطح دریا حدود ۱۶۳۰ متر و بر طبق طبقه‌بندی کوپن دارای اقلیم خشک و بسیار گرم است. ظرفیت زراعی و پژمردگی خاک به ترتیب ۲۳ و ۱۰ درصد وزنی می‌باشد. بافت خاک منطقه لورک، لوم رسی با جرم مخصوص ظاهری ۱/۳ گرم بر سانتی‌متر مکعب بوده و متوسط اسیدیته (pH) آن حدود ۷/۵ است.

مواد ژنتیکی مورد استفاده در این آزمایش تعداد ۲۱ توده اسپرس شامل توده‌های اراک، نجف‌آباد، خمین، خوانسار، بروجن، گلپایگان، سمیرم، سنندج، فریدون‌شهر، کبوترآباد، بوئین‌میاندشت، فریدون‌شهر، خرم‌آباد، جنت‌آباد، دامنه، اصفهان، خوانسار ۲، رقم سوئسی Perly، بافت، سیرجان و کرمان بود که از مناطق مختلف جمع‌آوری شدند. این نمونه‌ها در دو محیط رطوبتی عدم تنش و تنش خشکی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار کشت شدند. کرت‌های آزمایشی شامل چهار ردیف ۵ متری با فاصله بوته روی ردیف ۵ سانتی‌متر و فاصله ردیف ۴۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شده بود. در طی سال ۱۳۸۹ تعداد سه چین برداشت و میانگین عملکرد

بر مبنای ارزش‌های اقتصادی صفات، میزان بهبود مورد نیاز بر حسب انحراف معیارها، هم‌بستگی‌ها و پارامترهای ژنتیکی نظیر وراثت‌پذیری و هم‌بستگی‌های ژنتیکی بین صفات گسترش داد. این تابع به برآورد واریانس‌ها و کواریانس‌های ژنتیکی و هم‌چنین دادن وزنه به هر صفت (ارزش اقتصادی) نیاز داشت. پسک و بیکر (۲۴) مسئله محدودیت نسبت دادن ارزش‌های اقتصادی را به صفات کمی مطرح کردند و شاخصی را پیشنهاد نمودند که در آن از بهره ژنتیکی به جای ارزش اقتصادی استفاده می‌شود. این شاخص یک شاخص انتخاب تعدیل شده است و در آن از واریانس‌ها و کواریانس‌های ژنتیکی افراد استفاده می‌شود. الگین و همکاران (۱۴) در مطالعه‌ای روی یونجه، شاخص پسک-بیکر و شاخص پایه ویلیامز (۳۳) را به عنوان بهترین شاخص برای انتخاب غیر مستقیم معرفی کردند. زای و همکاران (۳۴) در مطالعه شاخص‌های انتخاب چند مرحله‌ای به منظور بهبود بهره ژنتیکی، نشان دادند استفاده از شاخص انتخاب متشکل از صفات طول دم‌برگ، قدرت بذردهی و وزن خشک علوفه برداشت اول و دوم، کارایی بیشتری برای انتخاب ژنوتیپ‌های شبدر قرمز با عملکرد علوفه بالا دارد. ابراهیمیان و همکاران (۱۳) با بررسی ژنوتیپ‌های فستوکای بلند نشان دادند که انتخاب غیرمستقیم از طریق شاخص اسمیت-هیزل می‌تواند کارایی بیشتری برای بهبود عملکرد علوفه در هر دو شرایط تنش و عدم تنش رطوبتی دارا باشد. ایمانی و همکاران (۱۹) با استفاده از شاخص‌های گزینش همزمان در تولید واریته‌های ترکیبی به منظور اصلاح عملکرد علوفه در فسکیوی بلند، نشان دادند هر چه تعداد صفات در شاخص بیشتر باشد، کارایی انتخاب بر مبنای شاخص نسبت به انتخاب مستقیم بیشتر می‌شود. با این وجود برخی گزارش‌ها نشان می‌دهد که شاخص انتخاب با تعداد زیادی صفت منجر به وراثت‌پذیری پایین خواهد شد (۲ و ۴). مارسلو و همکاران (۲۲) با مطالعه انتخاب مستقیم عملکرد دانه و انتخاب بر مبنای شاخص‌های اسمیت-هیزل و پسک-بیکر در جمعیت‌های در حال تفرق سویا نشان دادند که بیشترین بهره ژنتیکی از

علوفه برای محاسبه شاخص‌های انتخاب که بعداً توضیح داده می‌شود به کار گرفته شد. محیط‌های رطوبتی مورد استفاده شامل محیط بدون تنش رطوبتی با اعمال ضریب MAD (Management Allowed Depletion) (متوسط کسری از کل آب در دسترس که می‌تواند از عمق توسعه ریشه تخلیه شود بدون اینکه به گیاه تنشی وارد شود) برابر با ۵۵ درصد و محیط تنش رطوبتی با اعمال ضریب MAD برابر با ۸۵ درصد بود. مقدار تخلیه رطوبت از خاک براساس مقدار تبخیر-تعرق چمن با استفاده از رابطه فائو-پنمن-مانتیت و ضریب گیاهی اسپرس طی دوره رشد محاسبه شد (۱). برای اندازه‌گیری میزان آب ورودی به کرت‌ها از فلوم شماره ۴ استفاده گردید که دبی آب آن از طریق فرمول محاسبه شد:

$$Q = 0.0294 \times H^{2.102} \quad [1]$$

در این رابطه Q برابر دبی آب ورودی (لیتر در ثانیه) و H ارتفاع آب در وسط فلوم بر حسب سانتی‌متر می‌باشد.

در این مطالعه، مجموعه‌ای از صفات به شرح زیر مورد بررسی قرار گرفت. در هر کرت آزمایشی، ۵۰ سانتی‌متر از ابتدا و انتهای ردیف‌ها به عنوان حاشیه در نظر گرفته شد و صفات تعداد روز تا ۵۰ درصد گلدهی، تعداد ساقه در واحد سطح، ارتفاع بوته، تعداد ساقه در بوته، تعداد گره در ساقه اصلی، تعداد انشعابات فرعی در ساقه، عملکرد علوفه خشک، درصد ماده خشک، درصد برگ و ساقه در ماده خشک، نسبت برگ به ساقه و طول خوشه اندازه‌گیری گردید.

رگرسیون مرحله‌ای به روش گام به گام به منظور تعیین صفاتی که بالاترین رابطه را با عملکرد علوفه خشک داشتند انجام پذیرفت. بر اساس اطلاعات بدست آمده از رگرسیون مرحله‌ای در هر دو شرایط تنش و عدم تنش رطوبتی ۴ صفت شامل درصد ماده خشک، درصد ساقه، ارتفاع بوته و تعداد ساقه در بوته در تشکیل شاخص‌های انتخاب به کار برده شدند. شاخص‌های انتخاب با توجه به رابطه ۲ به طور جداگانه برای شرایط عدم تنش و تنش رطوبتی محاسبه شدند. در این رابطه b_i وزنی است که به هر صفت بر اساس ارزش آن داده می‌شود

و P_i ارزش فنوتیپی آن صفت می‌باشد (۱۵). برای شاخص اسمیت-هیزل بردار b از رابطه ۳ محاسبه شد (۱۸ و ۳۲) که در آن P و G به ترتیب ماتریس‌های واریانس-کواریانس فنوتیپی و ژنتیکی می‌باشند و a ارزش اقتصادی نسبی صفات است که یک بار برابر یک و یک برابر وراثت‌پذیری در نظر گرفته شد. به دلیل محدودیت شاخص اسمیت-هیزل از لحاظ نسبت دادن ارزش‌های نسبی اقتصادی به صفات کمی شاخص پیکر-بیکر (۲۴) نیز محاسبه شد. در این شاخص به جای ارزش‌های اقتصادی (a)، از بازده ژنتیکی مطلوب (g) یا بردار جذر واریانس فنوتیپی هر صفت استفاده می‌شود، بنابراین ضریب b مطابق رابطه ۴ محاسبه شد.

$$I = \sum b_i P_i \quad [2]$$

$$b = P^{-1} G a \quad [3]$$

$$b = G^{-1} g \quad [4]$$

پس از محاسبه شاخص‌ها، با قرار دادن ارزش‌های فنوتیپی در شاخص‌ها، مقدار هر شاخص برای هر ژنوتیپ به دست آمد و مانند یک صفت مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت و هم‌بستگی آن با عملکرد دانه محاسبه شد.

واکنش به انتخاب برای هر صفت از رابطه ۵ محاسبه شد. در این رابطه σ_{pi} انحراف معیار فنوتیپی هر صفت، h^2 وراثت‌پذیری عمومی هر صفت و K شدت انتخاب (۱/۷۵۵) می‌باشد (۱۵). پاسخ همبسته برای انتخاب یک صفت از طریق گزینش برای صفات دیگر از رابطه ۶ بدست آمد (۱۵). در این رابطه r ضریب هم‌بستگی ژنتیکی بین صفت مورد نظر برای بهبود و صفتی است که انتخاب بر مبنای آن انجام می‌شود. کارایی نسبی انتخاب یا به عبارتی پاسخ غیرمستقیم انتخاب (CR_y) برای عملکرد نسبت به انتخاب مستقیم (R_y) نیز از رابطه ۷ محاسبه شد. ژنوتیپ‌ها بر مبنای هر کدام از شاخص‌ها و عملکرد مرتب شدند و ۳۰ درصد از بهترین ژنوتیپ‌ها از لحاظ شاخص‌ها با بهترین ژنوتیپ‌ها بر مبنای عملکرد مقایسه شدند.

$$R_y = K h^2 \sigma_{pi} \quad [5]$$

عدم تنش و تنش و به ترتیب برابر با ۱۲۵ و ۱۰۹/۵۸ بود که می‌تواند به دلیل هم‌بستگی ژنتیکی بیشتر (عدم تنش: ۰/۸۵ و تنش: ۰/۸۸) این دوصفت با یکدیگر باشد (جدول ۲). دابلکار (۹) بیان کرد که کارایی انتخاب غیر مستقیم زمانی افزایش می‌یابد که هم‌بستگی ژنتیکی بین دو صفت بالا باشد و وراثت‌پذیری صفت مورد نظر همبسته نیز جهت بهبود آن بالا باشد. پاسخ همبسته برای عملکرد علوفه خشک از طریق صفات درصد ماده خشک، درصد ساقه، ارتفاع بوته و تعداد ساقه در بوته در هر دو شرایط عدم تنش و تنش رطوبتی مثبت بود، که نشان می‌دهد با افزایش این صفات عملکرد علوفه خشک افزایش می‌یابد و به عبارتی این چهار صفت می‌توانند به عنوان معیارهای مناسبی جهت افزایش عملکرد علوفه خشک در اسپرس مورد توجه قرار گیرند. نتایج ارزیابی کارایی نسبی انتخاب غیر مستقیم نسبت به انتخاب مستقیم برای عملکرد علوفه خشک نشان داد که کارایی نسبی انتخاب غیر مستقیم برای عملکرد علوفه خشک در شرایط عدم تنش از طریق درصد ساقه (۰/۸۶) و در شرایط تنش از طریق تعداد ساقه در بوته (۰/۹۷) بیشترین مقدار بود که نشان می‌دهد انتخاب غیر مستقیم از طریق این صفات می‌تواند تا حد بالایی جهت بهبود غیر مستقیم عملکرد علوفه خشک موفقیت‌آمیز باشد (جدول ۲). ابراهیمیان و همکاران (۱۳) با ارزیابی ۵۰ ژنوتیپ فستوکلای بلند صفات تعداد ساقه بارور و ارتفاع بوته را به عنوان صفاتی مناسب برای بهبود عملکرد در شرایط عدم تنش و تنش معرفی کردند. پوموگایو (۲۵) در تحقیقی بر روی چهار نمونه یونجه چند ساله انتخاب غیر مستقیم از طریق تعداد ساقه را برای بهبود عملکرد علوفه خشک را پیشنهاد کرد. فین و همکاران (۱۶) در مطالعه شبدر سفید به منظور بهبود عملکرد علوفه خشک، کارایی انتخاب غیر مستقیم از طریق ارتفاع بوته را بیشتر از سایر صفات گزارش کردند.

در این مطالعه شاخص‌های انتخاب بر اساس صفات درصد ماده خشک، درصد ساقه، ارتفاع بوته و تعداد ساقه در بوته مورد محاسبه قرار گرفتند. ضرایب (b_i) هر یک از صفات در

$$CR_y = K h_x h_y r_{g \sigma_{p(y)}} \quad [6]$$

$$RSE = CR_y / R_y \quad [7]$$

در نهایت برای هر صفت موجود در شاخص بازده مورد انتظار (ΔG)، بر اساس انتخاب بر مبنای شاخص طبق رابطه ۸ محاسبه گردید (K با در نظر گرفتن شدت انتخاب ۱۰ درصد برابر با ۱/۷۵۵ در نظر گرفته شد). در این رابطه σ_{Ii} کواریانس شاخص با هر صفت می‌باشد که توسط رابطه ۹ به دست آمد و σ_{gij} کواریانس ژنتیکی صفات i و j می‌باشد. هم‌چنین σ_I انحراف معیار شاخص است و برای هر شاخص از رابطه ۱۰ محاسبه گردید. بهره مورد انتظار (ΔH) طبق رابطه ۱۱ برای هر شاخص محاسبه شد. تجزیه و تحلیل‌های آماری به کمک نرم‌افزار SAS و داده‌پردازی و ترسیم جداول به کمک نرم‌افزار Excel انجام گرفت.

$$\Delta G = K \sigma_{Ii} / \sigma_I \quad [8]$$

$$\sigma_{Ii} = \sum b_i \sigma_{gij} \quad [9]$$

$$\sigma_I = \sqrt{b' P b} \quad [10]$$

$$\Delta H = \sum \Delta G_i \quad [11]$$

نتایج و بحث

مقادیر پاسخ به انتخاب و پاسخ همبسته براساس مقادیر وراثت‌پذیری، واریانس فنوتیپی و هم‌بستگی ژنتیکی صفات و شدت انتخاب ۳۰٪ از ژنوتیپ‌ها (شدت انتخاب $K=1/755$) در هر یک از شرایط رطوبتی محاسبه گردید. هم‌چنین مقادیر پاسخ همبسته بر اساس درصد و نسبت به میانگین جامعه برای مقایسه صفات با یکدیگر نیز مورد محاسبه قرار گرفتند. نتایج پاسخ به انتخاب مستقیم و غیرمستقیم در جداول ۱ و ۲ آورده شده است. عملکرد علوفه خشک در هر دو شرایط عدم تنش و تنش رطوبتی بیشترین پاسخ مستقیم به انتخاب را نشان داد که می‌تواند ناشی از بیشتر بودن واریانس فنوتیپی این صفت نسبت به سایر صفات در هر دو شرایط رطوبتی باشد (جدول ۱).

بیشترین مقدار پاسخ غیر مستقیم همبسته به انتخاب برای عملکرد علوفه خشک از طریق درصد ساقه در هر دو شرایط

جدول ۱. مقادیر پاسخ مستقیم به انتخاب برای صفات مختلف اسپرس در شرایط معمول و تنش رطوبتی

صفت	پاسخ مستقیم به انتخاب (R_i)	
	شرایط تنش	شرایط عدم تنش
عملکرد علوفه خشک	۱۲۲/۸۴	۱۴۴/۸۰
درصد ماده خشک	۳/۱۳	۲/۰۶
درصد ساقه	۶/۱۵	۵/۵۹
ارتفاع بوته	۵/۱۴	۸/۸۸
تعداد ساقه در بوته	۳/۱۴	۴/۱۸

جدول ۲. مقادیر پاسخ همبسته به انتخاب برای بهبود عملکرد علوفه خشک از طریق انتخاب برای اجزای عملکرد

در شرایط عدم تنش و تنش رطوبتی

شرایط عدم تنش					
صفت	اجزای عملکرد	پاسخ همبسته	همبستگی ژنتیکی	پاسخ همبسته نسبت به میانگین جامعه (%)	کارایی نسبی انتخاب غیرمستقیم نسبت به انتخاب مستقیم
عملکرد علوفه خشک	درصد ماده خشک	۶۴/۷۲	۰/۵۹	۱۹۲/۷۹	۰/۴۴
	درصد ساقه	۱۲۵/۰۰	۰/۸۵	۲۷۶/۴۲	۰/۸۶
	ارتفاع بوته	۶۸/۱۰	۰/۴۸	۱۰۱/۲۰	۰/۴۷
	تعداد ساقه در بوته	۱۱۲/۴۷	۰/۷۷	۶۰۶/۳۰	۰/۷۷
شرایط تنش					
عملکرد علوفه خشک	درصد ماده خشک	۱۷/۳۵	۰/۱۷	۴۷/۴۰	۰/۱۴
	درصد ساقه	۱۰۹/۵۸	۰/۸۸	۲۷۳/۹۵	۰/۸۹
	ارتفاع بوته	۶۹/۴۱	۰/۶۹	۱۲۱/۰۷	۰/۵۶
	تعداد ساقه در بوته	۹۸/۰۳	۰/۸۰	۶۰۶/۹۹	۰/۹۷

صفت درصد ماده خشک به ترتیب با مقادیر ۰/۷۳ و ۰/۵۲ بالاترین ضرایب را داشت. بدین ترتیب صفت درصد ماده خشک با بالاترین ضریب، به صورت مثبت در انتخاب بر اساس این شاخص اثر گذار خواهد بود. هم‌چنین در شاخص پسک-بیکر در شرایط عدم تنش صفت تعداد ساقه در بوته و در شرایط تنش صفت درصد ساقه ضرایب منفی به خود اختصاص دادند که علامت منفی حاکی از اثر کاهنده این صفات در این شاخص است (جدول ۳).

شاخص‌های اسمیت-هیزل و پسک-بیکر در جدول ۳ آورده شده‌اند که در شاخص‌های مختلف، صفات ضرایب متفاوتی داشتند. در شاخص اسمیت-هیزل ۱ و اسمیت-هیزل ۲ بیشترین مقدار ضریب شاخص در شرایط عدم تنش و تنش متعلق به صفات درصد ساقه و تعداد ساقه در بوته بود. بنابراین انتخاب بر مبنای این دو شاخص منجر به گزینش ژنوتیپ‌هایی می‌شود که درصد ساقه و تعداد ساقه در بوته بیشتری دارند. در شاخص پسک-بیکر در هر دو شرایط عدم تنش و تنش،

جدول ۳. ضرایب هر یک از صفات مورد بررسی در شاخص‌های انتخاب در شرایط معمول و تنش رطوبتی

شرایط عدم تنش			صفت
پسک - بیکر	اسمیت - هیزل ۲*	اسمیت - هیزل ۱*	
۰/۷۳	۰/۱۴	۰/۳۵	درصد ماده خشک
۰/۱۵	۱/۰۲	۱/۰۶	درصد ساقه
۰/۱۸	۰/۷۴	۰/۸۱	ارتفاع بوته
-۰/۱۴	۱/۲۱	۱/۳۴	تعداد ساقه در بوته
شرایط تنش			صفت
پسک - بیکر	اسمیت - هیزل ۲*	اسمیت - هیزل ۱*	
۰/۵۲	۰/۴۷	۰/۷۲	درصد ماده خشک
-۰/۰۰۲۳	۱/۱۲	۱/۲۲	درصد ساقه
۰/۲۰	۰/۲۵	۰/۳۷	ارتفاع بوته
۰/۲۲	۱/۳۷	۱/۷۳	تعداد ساقه در بوته

*: اسمیت - هیزل ۱: در این شاخص وزنه‌های اقتصادی برابر یک منظور شد.

*: اسمیت - هیزل ۲: در این شاخص وزنه‌های اقتصادی برابر وراثت‌پذیری صفات قرار گرفت.

اسمیت - هیزل ۲ و پسک - بیکر به ترتیب ۵، ۶ و ۴ ژنوتیپ جزء ۳۰ درصد ژنوتیپ‌های برتر از لحاظ عملکرد بودند (جدول ۴). در شرایط عدم تنش رطوبتی شاخص‌های اسمیت - هیزل ۱ و ۲ نسبت به شاخص پسک - بیکر از واریانس ژنتیکی، وراثت‌پذیری، هم‌بستگی ژنتیکی با عملکرد و کارایی انتخاب بیشتری برخوردار بودند (جدول ۴). بنابراین شاخص‌های اسمیت - هیزل ۱ و ۲ با بیشترین کارایی انتخاب (۰/۸۵) به عنوان شاخص‌های مؤثرتر برای گزینش ژنوتیپ‌های برتر در شرایط عدم تنش معرفی می‌شوند.

در شرایط تنش رطوبتی نیز نتایجی مشابه با عدم تنش بدست آمد. در شرایط تنش نیز شاخص‌های اسمیت - هیزل ۱ و ۲ برتر از شاخص پسک - بیکر بودند. که به طور مشخص شاخص اسمیت - هیزل ۲ دارای بیشترین و شاخص پسک - بیکر دارای کمترین وراثت‌پذیری (۰/۹۷ و ۰/۷۳)، هم‌بستگی با عملکرد (۰/۹۳ و ۰/۶۳)، پاسخ همبسته (۱۱۴/۷۱ و ۹۰/۶۷) و کارایی انتخاب (۰/۹۳ و ۰/۵۵) و تعداد ژنوتیپ برتر مشترک با عملکرد (۵ و ۴) را داشتند (جدول ۵). در شرایط تنش رطوبتی ژنوتیپ‌های ۱۰، ۱۲ و ۱۴ در رتبه‌های اول تا سوم از نظر

پس از محاسبه شاخص‌ها با استفاده از فرمول و با قرار دادن ارزش‌های فنوتیپی صفات در هر یک از شاخص‌ها مقدار هر شاخص برای هر ژنوتیپ به دست آمد. سپس هر یک از شاخص‌ها به عنوان یک صفت مورد تجزیه واریانس قرار گرفت و پارامترهای آماری مربوط به شاخص‌ها، هم‌بستگی ژنتیکی بین شاخص‌ها با عملکرد و کارایی انتخاب بر اساس شاخص‌ها نیز مورد محاسبه قرار گرفتند. نتایج نشان داد (جدول ۴) که در شرایط عدم تنش رطوبتی ژنوتیپ‌های شماره ۱۷، ۱۲ و ۱۰ از نظر صفت عملکرد علوفه خشک به ترتیب در رتبه‌های اول تا سوم قرار داشتند. از نظر شاخص اسمیت - هیزل ۱ و ۲ لاین‌های ۱۵، ۱۷ و ۱۲ برترین لاین‌ها بودند که لاین‌های ۱۷ و ۱۲ نیز از نظر عملکرد علوفه خشک در رتبه‌های ۱ و ۲ قرار داشتند. در شاخص پسک - بیکر نیز در شرایط عدم تنش لاین‌های ۱۷، ۱۳ و ۲۰ برتر بودند که تنها لاین ۱۷ از نظر عملکرد نیز در رتبه ۱ قرار داشت. بنابراین در شرایط عدم تنش این شاخص‌ها هر کدام توانستند ژنوتیپ‌هایی را به عنوان ژنوتیپ برتر معرفی کنند که از نظر عملکرد علوفه خشک نیز برتر بودند که در شاخص اسمیت - هیزل ۱،

جدول ۴. عملکرد علوفه خشک، شاخص‌های انتخاب و پارامترهای وابسته در شرایط عدم تنش رطوبتی

رتبه ژنوتیپ‌ها (عدم تنش)	عملکرد علوفه خشک (g)	شاخص اسمیت-هیزل ۱	شاخص اسمیت-هیزل ۲	شاخص پسک - بیکر
۱	(۱۷)۴۵۸/۷۷	(۱۵)۱۵۵/۴۳	(۱۵)۱۳۸/۴۹	(۱۷)۴۵/۱۶
۲	(۱۲)۴۵۱/۸۷	(۱۷)۱۵۰/۰۸	(۱۲)۱۳۳/۱۴	(۱۳)۴۴/۸۱
۳	(۱۰)۴۵۰/۸۵	(۱۲)۱۴۹/۶۱	(۱۷)۱۳۲/۵۱	(۲۰)۴۳/۴۳
۴	(۱۶)۴۰۰/۶۰	(۱۴)۱۴۷/۶۸	(۱۴)۱۳۱/۵۲	(۱۵)۴۲/۲۸
۵	(۱۴)۳۹۴/۴۷	(۱۰)۱۴۶/۹۴	(۱۰)۱۳۰/۹۵	(۲)۴۲/۱۱
۶	(۱۵)۳۹۴/۰۵	(۱۳)۱۴۶/۹۱	(۱۸)۱۳۰/۳۵	(۱۶)۴۱/۸۶
۷	(۱۱)۳۷۲/۵۴	(۱۸)۱۴۶/۵۲	(۱۱)۱۳۰/۲۶	(۱۲)۴۱/۶۵
۸	(۱۳)۳۶۸/۹۳	(۱۱)۱۴۶/۴۴	(۱۳)۱۲۹/۹۲	(۸)۴۱/۴۴
۹	(۳)۳۵۶/۶۹	(۱۶)۱۴۵/۳۶	(۱۶)۱۲۹/۱۴	(۱۸)۴۱/۳۴
۱۰	(۱۸)۳۴۴/۱۱	(۱۹)۱۴۳/۸۱	(۱۹)۱۲۸/۲۷	(۱۹)۴۱/۱۱
۱۱	(۱۹)۳۳۷/۲۴	(۲۰)۱۴۲/۳۱	(۲۰)۱۲۶/۰۳	(۹)۴۱/۰۵
۱۲	(۲۰)۳۲۶/۴۶	(۸)۱۴۱/۹۴	(۸)۱۲۵/۹۳	(۱۰)۴۱/۰۲
۱۳	(۶)۳۰۶/۷۱	(۹)۱۳۶/۱۸	(۹)۱۲۰/۶۷	(۱۱)۴۰/۹۳
۱۴	(۹)۲۹۱/۶۰	(۱)۱۳۵/۳۸	(۱)۱۲۰/۰۸	(۳)۴۰/۷۱
۱۵	(۲)۲۶۰/۹۶	(۳)۱۳۳/۷۶	(۳)۱۱۸/۲۹	(۱۴)۴۰/۶۴
۱۶	(۲۱)۲۵۸/۳۳	(۵)۱۳۰/۷۲	(۵)۱۱۶/۵۲	(۶)۳۹/۸۲
۱۷	(۸)۲۵۵/۲۲	(۲)۱۳۰/۶۸	(۲)۱۱۵/۱۴	(۱)۳۹/۴۶
۱۸	(۱)۲۴۵/۱۸	(۶)۱۲۹/۲۷	(۶)۱۱۴/۶۲	(۲۱)۳۹/۳۵
۱۹	(۵)۲۰۶/۴۷	(۴)۱۲۷/۷۷	(۴)۱۱۳/۱۲	(۴)۳۸/۰۵
۲۰	(۴)۱۹۳/۱۴	(۲۱)۱۲۴/۴۳	(۲۱)۱۰۹/۹۵	(۷)۳۷/۶۹
۲۱	(۷)۱۷۶/۹۵	(۷)۱۲۳/۰۳	(۷)۱۰۸/۷۲	(۵)۳۷/۱۱
واریانس ژنتیکی	۷۰۳۵/۴۱	۸۵/۰۴	۷۱/۰۸	۲/۷۵
وراثت پذیری	۰/۹۶	۰/۹۶	۰/۹۶	۰/۶۵
هم‌بستگی ژنتیکی با عملکرد		۰/۸۵	۰/۸۵	۰/۷۹
پاسخ همبسته		۱۲۳/۹۸	۱۲۳/۵۶	۹۴/۹۳
کارایی انتخاب		۰/۸۵	۰/۸۵	۰/۶۵
تعداد ژنوتیپ برتر*	۷	۵	۶	۴

* : تعداد ژنوتیپی که جزء ۳۰ درصد برتر ژنوتیپ‌ها از نظر عملکرد و هر شاخص می‌باشند.

اعداد داخل پرانتز شماره ژنوتیپ می‌باشند.

جدول ۵. عملکرد علوفه خشک، مقادیر شاخص‌های انتخاب و پارامترهای وابسته در شرایط تنش رطوبتی

رتبه ژنوتیپ‌ها(تنش)	عملکرد علوفه خشک(g)	شاخص اسمیت-هیزل ۱	شاخص اسمیت-هیزل ۲	شاخص پسک - بیکر
۱	(۱۰)۳۹۸/۵۸	(۱۴)۱۳۸/۹۷	(۱۴)۱۱۰/۸۶	(۱۳)۳۷/۵۱
۲	(۱۲)۳۷۴/۰۴	(۱۶)۱۳۳/۹۷	(۱۶)۱۰۶/۹۳	(۱۴)۳۷/۲۵
۳	(۱۴)۳۶۹/۱۵	(۱۰)۱۳۳/۲۲	(۱۰)۱۰۶/۸۰	(۲۰)۳۷/۲۲
۴	(۱۷)۳۶۶/۴۳	(۱۵)۱۳۳/۲۲	(۱۲)۱۰۵/۷۵	(۲)۳۶/۶۵
۵	(۱۶)۳۴۹/۴۱	(۱۲)۱۳۲/۶۱	(۱۵)۱۰۵/۷۵	(۱۵)۳۶/۴۷
۶	(۱۱)۳۴۲/۱۶	(۱۳)۱۳۱/۶۰	(۱۳)۱۰۴/۳۶	(۱۶)۳۶/۲۲
۷	(۱۵)۳۳۳/۴۸	(۲۰)۱۳۱/۳۳	(۲۰)۱۰۴/۳۰	(۱۱)۳۶/۰۴
۸	(۱۳)۳۲۸/۳۲	(۱۱)۱۲۹/۹۸	(۱۹)۱۰۳/۶۳	(۱۷)۳۵/۹۵
۹	(۱۹)۲۹۵/۲۲	(۱۹)۱۲۹/۷۸	(۱۱)۱۰۳/۲۱	(۸)۳۵/۸۷
۱۰	(۲۰)۲۹۳/۲۲	(۱۷)۱۲۸/۷۷	(۱۷)۱۰۲/۱۴	(۱۹)۳۵/۲۰
۱۱	(۳)۲۹۲/۱۶	(۱۸)۱۲۴/۶۷	(۱۸)۹۹/۱۹	(۱۲)۳۵/۱۹
۱۲	(۶)۲۸۱/۹۴	(۸)۱۲۳/۱۸	(۸)۹۷/۲۳	(۷)۳۴/۱۶
۱۳	(۱۸)۲۷۴/۹۳	(۳)۱۲۱/۸۶	(۳)۹۷/۰۳	(۱۰)۳۴/۱۳
۱۴	(۹)۲۴۵/۴۶	(۲)۱۱۹/۸۹	(۶)۹۵/۰۵	(۱)۳۴/۰۰
۱۵	(۲)۲۳۹/۱۱	(۶)۱۱۸/۹۶	(۲)۹۴/۳۲	(۹)۳۳/۹۸
۱۶	(۸)۲۳۱/۴۶	(۹)۱۱۷/۲۱	(۹)۹۲/۵۰	(۱۸)۳۳/۹۷
۱۷	(۲۱)۲۱۶/۲۰	(۱)۱۱۵/۱۸	(۵)۹۰/۷۳	(۳)۳۳/۴۰
۱۸	(۱)۲۰۰/۹۱	(۷)۱۱۴/۱۱	(۱)۹۰/۶۶	(۶)۳۲/۸۵
۱۹	(۵)۱۷۸/۸۸	(۵)۱۱۴/۰۲	(۷)۸۹/۸۴	(۲۱)۳۱/۴۷
۲۰	(۴)۱۶۶/۳۲	(۴)۱۱۲/۳۸	(۲۱)۸۹/۳۲	(۵)۳۱/۳۱
۲۱	(۷)۱۶۴/۲۹	(۲۱)۱۱۲/۱۸	(۴)۸۹/۲۸	(۴)۳۱/۲۷
واریانس ژنتیکی	۵۰۶۴/۳۰	۶۷/۴۵	۴۶/۴۹	۲/۸۰
وراثت پذیری	۰/۹۶	۰/۹۵	۰/۹۷	۰/۷۳
هم‌بستگی ژنتیکی با عملکرد		۰/۹۲	۰/۹۳	۰/۶۳
پاسخ همبسته		۱۱۲/۹۴	۱۱۴/۷۱	۶۷/۹۰
کارایی انتخاب		۰/۹۱	۰/۹۳	۰/۵۵
تعداد ژنوتیپ برتر*	۷	۵	۵	۴

*: تعداد ژنوتیپی که جزء ۳۰ درصد برتر ژنوتیپ‌ها از نظر عملکرد و هر شاخص می‌باشند.

اعداد داخل پرانتز شماره ژنوتیپ می‌باشند.

جدول ۶. کارایی انتخاب از طریق شاخص (ΔH) و پاسخ صفات به انتخاب بر اساس (ΔG) در شرایط معمول و تنش رطوبتی

ΔH	ΔG				شرایط و شاخص
	تعداد ساقه در بوته	ارتفاع بوته (cm)	درصد ساقه	درصد ماده خشک	
عدم تنش					
۱۵/۸۸	۵/۰۱	۶/۲۶	۴/۲۱	۰/۳۸	اسمیت- هیزل ۱
۱۴/۵۶	۴/۵۴	۵/۷۶	۴/۱۰	۰/۱۴	اسمیت- هیزل ۲
۲/۳۶	-۰/۳۱	۰/۸۸	۰/۴۲	۱/۳۷	پسک- بیکر
تنش					
۱۴/۱۱	۴/۵۲	۲/۰۱	۶/۶۷	۰/۹۰	اسمیت- هیزل ۱
۱۱/۷۸	۳/۵۶	۱/۳۳	۶/۳۴	۰/۵۴	اسمیت- هیزل ۲
۲/۵۲	۰/۳۸	۰/۸۶	-۰/۰۰۷	۱/۲۸	پسک- بیکر

در شرایط عدم تنش لاین ۱۵ از نظر شاخص اسمیت-هیزل ۱ و ۲ و لاین ۱۳ از نظر شاخص پسک-بیکر در رتبه اول قرار داشتند و از نظر عملکرد نیز تنها لاین ۱۳ جزء ۳۰ درصد برتر بود. در شرایط تنش ژنوتیپ ۱۴ از نظر شاخص‌های اسمیت-هیزل ۱ و ۲ و لاین ۱۳ از نظر شاخص پسک-بیکر برتر بودند و از نظر عملکرد فقط ژنوتیپ شماره ۱۴ جزء ۳۰ درصد برتر بود. در مجموع در شرایط عدم تنش و تنش ژنوتیپ شماره ۱۵ از نظر عملکرد و شاخص‌های اسمیت-هیزل ۱ و ۲ و پسک-بیکر در هر دو شرایط جزو ۳۰ درصد ژنوتیپ‌های برتر بود. دلان و همکاران (۱۲) سودمندی چندین روش انتخاب برای بهبود عملکرد دانه یولاف را بررسی کردند. شاخص‌های اسمیت-هیزل، پایه تعدیل شده، شاخص محدود شده، شاخص چندگانه و روش انتخاب بر مبنای سطوح مستقل با انتخاب مستقیم مقایسه شدند. نتایج نشان داد که بهره واقعی برای شاخص محدود شده، ۱۵ درصد و برای شاخص اسمیت-هیزل ۱۴ درصد بیشتر از انتخاب مستقیم برای عملکرد بود.

کارایی انتخاب از طریق شاخص (ΔH) و پاسخ صفات به انتخاب بر اساس شاخص (ΔG) در شرایط عدم تنش و تنش رطوبتی در جدول ۶ نشان داده شده است. در شاخص‌های اسمیت-هیزل ۱ و ۲ در شرایط عدم تنش رطوبتی صفات ارتفاع بوته و تعداد ساقه در بوته بیشترین پاسخ به انتخاب را

عملکرد علوفه خشک قرار داشتند که در شاخص اسمیت-هیزل ۱ به ترتیب دارای رتبه ۳، ۵ و ۱ و در شاخص اسمیت-هیزل ۲ به ترتیب دارای رتبه ۳، ۴ و ۱ بودند. هم‌چنین ژنوتیپ‌های شماره ۱۳، ۱۴ و ۲۰ از لحاظ شاخص پسک-بیکر برتر بودند که ژنوتیپ شماره ۱۴ نیز از لحاظ عملکرد در رتبه ۱ قرار داشت اما ژنوتیپ‌های ۱۳ و ۲۰ از لحاظ عملکرد علوفه خشک جزء ۳۰ درصد ژنوتیپ‌های برتر نبودند. در مجموع در شرایط تنش رطوبتی نیز شاخص اسمیت-هیزل ۱ و ۲ با بیشترین کارایی انتخاب نسبت به شاخص پسک-بیکر و هم‌چنین بیشترین تعداد ژنوتیپ‌های برتر مشترک با عملکرد علوفه خشک به عنوان شاخص‌های مؤثرتر برای انتخاب ژنوتیپ‌های برتر معرفی شدند. اصغر و مهدی (۲) در مطالعه‌ای روی ذرت شیرین با مقایسه سه نوع شاخص انتخاب اسمیت-هیزل، شاخص با بازده مطلوب و شاخص پایه نشان دادند که شاخص اسمیت-هیزل نسبت به دو شاخص دیگر کارایی بیشتری دارد. یودین و همکاران (۳۲) در مطالعه‌ای روی گندم در شرایط تنش و عدم تنش رطوبتی توانستند حالتی که بازده مورد انتظار برای محیط حداکثر است را از طریق شاخص اسمیت-هیزل تعیین نمایند. انتخاب با شاخص تعیین شده در نهایت منجر به گزینش ژنوتیپ‌هایی با عملکرد بیشتر در هر دو شرایط رطوبتی شد.

اسمیت- هیزل ۱ بازده انتخاب بالاتری نسبت به دو شاخص دیگر داشت که این بازده در شرایط عدم تنش رطوبتی نسبت به تنش رطوبتی بیشتر بود. بیسواس و همکاران (۵) در سورگوم، رانالی و همکاران (۲۷) در لوبیا و رابینسون و همکاران (۲۸) در ذرت از شاخص‌های انتخاب برای بهبود عملکرد و سایر صفات مهم اقتصادی در گیاهان مربوطه استفاده کرده‌اند.

با توجه به نتایج بدست آمده در مجموع در هر دو شرایط رطوبتی، درصد ساقه و تعداد ساقه در بوته بیشترین هم‌بستگی ژنتیکی با عملکرد علوفه خشک را داشتند. هم‌چنین نتایج این بررسی نشان داد که انتخاب غیر مستقیم از طریق شاخص اسمیت- هیزل ۱ می‌تواند کارایی بیشتری برای بهبود عملکرد علوفه توده‌های اسپرس در هر دو شرایط تنش و عدم تنش رطوبتی دارا باشد که در این شاخص در شرایط عدم تنش، صفت ارتفاع بوته و در شرایط تنش نیز صفت درصد ساقه بیشترین مقدار پاسخ به انتخاب را داشتند.

داشتند (جدول ۶). بنابراین انتخاب بر اساس شاخص‌های اسمیت- هیزل ۱ و ۲ بیشتر از سایر صفات، منجر به افزایش ارتفاع و تعداد ساقه در بوته خواهد شد. در صورتیکه در شرایط عدم تنش انتخاب بر اساس شاخص پسک- بیکر به دلیل پاسخ منفی تعداد ساقه در بوته به انتخاب، منجر به کاهش تعداد ساقه در بوته خواهد شد اما بر عکس در شرایط تنش رطوبتی انتخاب بر اساس این شاخص، افزایش تعداد ساقه در بوته را به دنبال خواهد داشت. صفت درصد ساقه در شاخص‌های اسمیت- هیزل ۱ و ۲ در شرایط تنش رطوبتی بیشترین پاسخ به انتخاب را در مقایسه با سایر صفات داشت و بعد از آن نیز بیشترین پاسخ مربوط به صفت تعداد ساقه در بوته بود. در شاخص پسک- بیکر نیز همانند شرایط عدم تنش، صفت درصد ماده خشک بیشترین پاسخ به انتخاب را نشان داد. با توجه به مقادیر کارایی انتخاب شاخص‌های مورد بررسی (جدول ۶)، در هر دو شرایط رطوبتی، مشخص شد شاخص

منابع مورد استفاده

- Allen, R. G., L. S. Pereira, D. Raes and M. Smith. 1998. Crop Evapotranspiration Guidelines For Computing Crop Water Requirements Irrigation and Drainage. Paper 56, Rome, Italy.
- Asghar, M. J. and S. S. Mehdi. 2010. Selection indices for yield and quality traits in sweet corn. *Pakistan Journal of Botany* 42: 775-789.
- Asif, M., M. Y. Mujahid, I. Ahmad, N. S. Kisana, M. Asim and S. Z. Mustafa. 2003. Determining the direct selection criteria for identification of high yielding lines in bread wheat (*Triticum aestivum*). *Pakistan Journal of Biological Science* 6: 48-50.
- Bernardo, R. and J. Yu. 2007. Prospects for genome wide selection for quantitative traits in maize. *Crop Science* 47: 1082-1090.
- Biswas, B.K., M. Hasanuzzaman, F. El-Taj, M.S. Alam and M.R. Amin. 2001. Simultaneous selection for fodder and grain yield in sorghum. *Journal of Biological Science* 1: 321-323.
- Blum, A. 2011. *Plant Breeding for Water-Limited Environments*. Springer. 258 PP.
- Blum, A. 1989. Breeding methods for drought resistance. PP. 197-216. In: H. G. Jones, T. J. Flowers and M. B. Jones (Eds.), *Plant Under Stress*. Cambridge Univ Press, UK.
- Buyukburc, U., E. Acikgoz, H. Ekiz and N. Karagullu. 1991. Some agriculture traits of cultivated and wild sainfoin species from different origins. *Turk Journal of Agriculture and Forestry* 15: 35-45.
- Dabholkar, A. R. 1992. Elements of Biometrical Genetics. Concept Pub. Company, New Dehli.
- Dane, J. H., R. H. Walker, L.B. Kamwe, and J. L. Belcher. 2006. Tall fescue and hybrid bluegrass response to soil water metric head limits. *Agricultural and Water Management* 86: 177-186.
- Ditterline, R. L. and C. S. Cooper. 1975. Fifteen Years with Sainfoin. Montana State Agric. Exp. Stn. Bull.
- Dolan, D.J., D.D. Stuthman, F.L. Kalb and A.D. Hewings. 1996. Multiple trait selection in a recurrent selection population in oat (*Avena sativa* L.) *Crop Science* 36: 1207-1211.
- Ebrahimiyan, M., M. Majidi, A. Mirlohi and M. Ahmadi Shad. 2012. Direct and indirect selection response for forage yield and its components in tall fescue under normal and water stress environments. *Iranian Journal of Field Crop Science* 43: 359-370.
- Elgin, J. H., R. R. Hill and K. E. Zeiders. 1970. Comparison of four methods of multiple trait selection for five

- traits in alfalfa. *Crop Science* 10:190-193.
15. Falconer, D.S. 1989. Introduction to Quantitative Genetics. Longman Group Ltd., London.
16. Finne, M. A., O. A. Rognli and I. Schjelderup. 2000. Genetic variation in a Norwegian germplasm collection of white clover (*Trifolium repens* L.). 3. Correlation and path coefficient analysis of agronomic characters. *Euphytica* 112: 57-68.
17. Gerami, B. 1990. Sainfoin. Isfahan University of Technology Press, 87p. (In Farsi)
18. Hazel, L. 1943. The genetic basis for constructions selection indices. *Genetics* 28: 476-490.
19. Imani, A. A., A. A. Jafari, R. Chokan, A. Asgari and F. Darvish. 2009. Selection indices application to improve tall fescue synthetic varieties for yield and quality traits in Ardebil province. *Iranian Journal of Rangelands and Forests Plant Breeding and Genetic Research* 16: 273-284. (In Farsi).
20. afari, A., V. Connolly E. J. and Walsh. 2003. Genetic analysis of yield and quality in full sib families of perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.) under two cutting managements. *Irish Journal of Agricultural Food Research* 42: 275-292.
21. Majidi, M. M., A. Mirlohi and F. Amini. 2009. Genetic variation, heritability and correlations of agromorphological traits in tall fescue (*Festuca arundinacea* Schreb.). *Euphytica* 167: 323-331.
22. Marcelo, M. C., D. M. O. Antonio, U. Sandra, C. A. Nair, M. B. Ivana, D. S. Gustavo and S. M. F. Romero. 2008. Analysis of direct and indirect selection and indices in soyabean segregating populations. *Crop Breeding and Applied Biotechnology* 8:447-455.
23. Monirifar, H. 2010. Evaluation of selection indices for Alfalfa (*Medicago sativa* L.). *Notulae Scientia Biologicae*. 2: 84-87.
24. Pesek, J. and R. J. Baker. 1969. Desired improvement in relation to selection indices. *Canadian Journal Plant Science* 49: 803-804.
25. Pomogaibo, V. M. 1981. Path analysis of yield components in hybrid lucerne. Sel'skokhozyaistvennaya opyt'naya stantsiya, Poltava, Ukrainian SSR. *Genetika, USSR* 17:1473-1478.
26. Rabiei, B., M. Valizadeh, B. Gharayazie and M. Moghaddam. 2004. Evaluation of selection indices for improving rice grain shape. *Field Crops Research* 89: 359-367.
27. Ranalli, P., G. Ruaro and P. Delre. 1991. Response to selection for seed yield in bean (*Phaseolus vulgaris*). *Euphytica* 57: 117-123.
28. Robinson, H. F., R. E. Comstock and P. H. Harvey. 1951. Genotypic and phenotypic correlation and their implications in selection. *Agronomy Journal* 43: 282-287.
29. Sabouri, H., A., Sabouri and A. R. Dadras. 2009. Genetic dissection of biomass production and partitioning with grain yield and yield traits in indica-indica Crosses of Rice (*Oryza sativa* L.) cultivars. *Australian Journal of Crop Science* 3:155-166.
30. Sabouri, H., B. Rabiei and M. Fazlalipour. 2008. Use of selection indices based on multivariate analysis for improving grain yield in rice. *Rice Science* 15: 303-310.
31. Smith, H. F. 1936. A discrimination function for plant selection. *Annals of Eugenics* 7: 240-250
32. Ud-Din, N., B. F. Carver and A. C. Clutter. 1992. Genetic analysis and selection for wheat yield in drought-stressed and irrigated environments. *Euphytica* 62: 89-96.
33. Williams, J. S. 1962. The evaluation of a selection index. *Biometrics* 18: 375-393.
34. Xie, C., S. Xu and J. A. Mosjidis. 1997. Multistage selection indices for maximum genetic gain and economic efficiency in red clover. *Euphytica* 98: 75-82.
35. Young, S. S. Y. 1961. A further examination of the relative efficiency of three methods of selection for genetic gains under less restricted conditions. *Genetic Research* 2: 106-121.