مجله علوم گیاهان زراعی ایران
دوره ۴۳، شماره ۲، ۱۳۹۱ (۳۷۰-۳۵۹)

مقایسه پاسخ‌های انتخاب مستقیم و همبسته عملکرد و اجزای عملکرد علوفه در ژنوتیپ‌های فستوکای بلند تحت شرایط معمول و تنش رطوبتی

مریم ابراهیمیان[۱]، محمد مهدی مجیدی[۲]*، آقا فخر میرلوحی[۳] و الناز احمدی شاد[۴]
۱، ۲، ۳، ۴، دانشجوی سابق کارشناسی ارشد، دانشیاران و دانشجوی سابق کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان
(تاریخ دریافت؛ ۹۰/۶/۲۰ – تاریخ تصویب؛ ۹۱/۲/۳)

چکیده

برای بهبود صفت پیچیده‌ای مانند عملکرد، یکی از مؤثرترین روش‌ها در گزینش ژنوتیپ-های مطلوب، استفاده از شاخص‌های انتخاب می‌باشد. در این پژوهش، به منظور ارزیابی کارآیی روش‌های مختلف انتخاب، ۵۰ ژنوتیپ فستوکای بلند (*Festuca arundinace*) در یک آزمایش مزرعه‌ای با دو سطح رطوبتی شامل شرایط معمول و تنش رطوبتی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال ۱۳۸۹مورد ارزیابی قرار گرفتند. شاخص‌های انتخاب اسمیت-هیزل و پسک-بیکر براساس پنج صفت تعداد ساقه بارور، نسبت برگ به ساقه، ارتفاع بوته، درصد ماده خشک و قطر یقه و همچنین پاسخ های مستقیم و همبسته این صفات به همراه عملکرد علوفه خشک، برای هر یک از شرایط رطوبتی محاسبه شدند. هر دو شاخص در دو شکل، همراه با عملکرد و بدون عملکرد نیز مورد ارزیابی قرار گرفتند. نتایج پاسخ مستقیم و همبسته صفات نشان داد که در شرایطی مشابه این آزمایش ژنوتیپ‌هایی با تعداد ساقه بارور، ارتفاع بوته، قطر یقه بیشتر و درصد ماده خشک کمتر از پتانسیل عملکرد بالاتری برخوردار می‌باشند. در شاخص اسمیت-هیزل، صفات عملکرد و تعداد ساقه بارور بالاترین پاسخ به انتخاب را در هر دو شرایط رطوبتی داشتند در حالی که در شاخص پسک-بیکر صفت عملکرد دارای پاسخ به انتخاب منفی بود. نتایج حاکی از آن بود که شاخص انتخاب اسمیت-هیزل (همراه با عملکرد) بالاترین کارایی انتخاب را دارا بود و می‌تواند برای انتخاب ژنوتیپ‌های مناسب در برنامه‌های اصلاحی فستوکای بلند مورد استفاده قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی: پاسخ به انتخاب، شاخص اسمیت-هیزل، شاخص پسک-بیکر، تنش خشکی

مقدمه

تنش خشکی یکی از مهمترین فاکتورهای محدود کننده رشد گیاهان علوفه‌ای در مناطق خشک و نیمه خشک می‌باشد (Jiang & Huan, 2001). ایران با میانگین بارندگی ۲۵۲ میلیمتر و میزان تبخیر و تعرق شدید که ۶ درصد بیشتر از حد متعارف جهانی می‌باشد، جزء سرزمین های خشک و نیمه خشک دنیا محسوب می‌شود. ازطرفی خشکسالی‌هایی که تقریبا هر ۳۰ سال یک بار اتفاق می‌افتد چالش‌های جدی نظیر تخریب مراتع و کاهش شدید تولید در گیاهان زراعی از جمله گیاهان علوفه‌ای را برای کشور به دنبال دارد (Jafari et al., 2003). در بین گیاهان علوفه‌ای گراس‌ها به علت

* نویسنده مسئول: محمد مهدی مجیدی تلفن: ۰۹۱۳۳۰۶۱۱۷۲ E-mail: majidi@cc.iut.ac.ir

عملکرد مناسب و تحمل بالا به بسیاری از شرایط نامناسب محیطی نظیر خشکی نقش ویژه‌ای در تامین علوفه دارند (Dane et al., 2006). فستوکای بلند (*Festuca arundinace*) از جمله گراس‌های مهم مرتعی و علوفه‌ای می‌باشد که به شرایط آب و هوایی ایران سازگاری دارد (Majidi et al., 2009). اطلاعات اندکی در زمینه میزان تحمل به خشکی ژنوتیپ‌های فستوکای بلند و تأثیر تنش خشکی بر خصوصیات زراعی و مرفولوژیک ژنوتیپ‌های ایرانی وجود دارد.

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 (Majidi et al., 2009). اصولا برای صفات مهم زراعی نظیر عملکرد که دارای توارث پیچیده تری می باشند، انتخاب غیر مستقیم دارای کارایی بیشتری خواهد بود (Rabiei et al., 2004). مطالعه همزمان چندین صفت در شکل یک معادله ریاضی به نام شاخص انتخاب، یکی از ابزارهای کارآمد به‌نژادگران در انتخاب ژنوتیپ‌های مطلوب می‌باشد (Hayes, 2007).

اینگونه شاخص‌ها بایستی از وراثت‌پذیری بالایی برخوردار بوده و کمتر تحت تأثیر تغییرات محیطی قرار گیرند (Asif et al., 2003; Young, 1961). شاخص‌های انتخاب اسمیت- هیزل (Smith,1936، Hazel, 1943) و پسک – بیکر (Pesek & Baker, 1969) از جمله این شاخص‌ها می‌باشند. Elgin et al. (1970) در مطالعه‌ای روی یونجه، شاخص پسک- بیکر و شاخص پایه ویلیامز (Williams, 1962) را به عنوان بهترین شاخص برای انتخاب غیر مستقیم معرفی کردند. Biswas et al. (2001) تعداد ۳۱ شاخص انتخاب را بر مبنای تابع هیزل شبیه سازی کردند و در نهایت با انتخاب بر اساس شاخص، به بهبود عملکرد علوفه دست یافتند. Xie et al. (1997) 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 عملکردعلوفه بالا دارد. Jaradat et al. (2004) از شاخص‌های انتخاب برای بهبود عملکرد علوفه جو در دو شرایط تنش شوری و عدم تنش استفاده کردند و در مجموع سهم درصد جوانه‌زنی، رشد گیاهچه و وزن خشک علوفه را در این شاخص‌ها با اهمیت دانستند. Imani et al. (2009) با استفاده از شاخص‌های گزینش همزمان در تولید واریته‌های ترکیبی به‌منظور اصلاح عملکرد علوفه در فستوکای 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 (Asghar & Mehdi, 2010; Bernardo & Yu, 2007).

Baker (1986) گزارش کرد خارج کردن صفات دارای همبستگی جزئی با عملکرد می‌تواند باعث کاهش خطا و در نتیجه افزایش در بهبود ژنتیکی گردد.

با توجه به این که مطالعات در زمینه تحمل به خشکی فستوکای بلند و انتخاب غیر مستقیم بر اساس شاخص‌های انتخاب در کشور اندک بوده است این مطالعه به‌منظور ارزیابی کارایی انتخاب مستقیم و غیر مستقیم صفات برای بهبود عملکرد فستوکای بلند در شرایط تنش خشکی و عدم تنش، تعریف شاخص‌های مختلف و مقایسه کارایی آنها برای انتخاب همزمان صفات و معرفی بهترین ژنوتیپ‌ها از نظر عملکرد علوفه خشک، تحت شرایط تنش و عدم تنش رطوبتی طرح-ریزی و اجرا شد.

مواد و روش‌ها

محل اجرا

این پژوهش در سال ۱۳۸۹ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه صنعتی اصفهان واقع در لورک نجف آباد با اقلیم خشک و خنک با تابستان‌های گرم و خشک انجام شد. . میانگین بارندگی و دمای سالیانه به ترتیب ۱۴۰ میلیمتر و ۱۴/۵ درجه سانتیگراد است. ظرفیت زراعی و پژمردگی خاک مزرعه به ترتیب ۲۳ و ۱۰ درصد وزنی، بافت خاک لومی رسی، جرم مخصوص ظاهری ۱/۴گرم بر سانتی متر مکعب و اسیدیته خاک ۷/۵ می باشد.

مواد ژنتیکی و اعمال تیمارها

مواد ژنتیکی مورد بررسی شامل ۵۰ ژنوتیپ اصلاحی فستوکای بلند بودند که از درون یک جمعیت پلی کراس حاصل از تلاقی ژنوتیپ‌های متنوع طی سال‌های قبل انتخاب شده بودند (Majidi et al., 2009). ژنوتیپ‌ها تحت دو شرایط رطوبتی شامل آبیاری متداول (عدم تنش) و محدود (تنش) کشت شدند. ارزیابی ژنوتیپ‌ها در قالب طرح بلوک‌های‌کامل تصادفی با سه تکرار در هر یک از محیط‌های رطوبتی (عدم تنش و تنش) انجام شد. هر واحد آزمایشی شامل ۵ ردیف و هر ردیف دارای ۵ ژنوتیپ با فاصله بین و درون ردیفی ۵۰ سانتی متر بود.

محیط‌های رطوبتی مورد استفاده شامل محیط بدون تنش رطوبتی با اعمال ضریب MAD[1] (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(Allen et al., 1998) و محیط تنش رطوبتی با اعمال ضریب MAD برابر با ۹۰ درصد بود. مقدار تخلیه رطوبت از خاک براساس مقدار تبخیر- تعرق گیاه مرجع (چمن) با استفاده از رابطه فائو-پنمن- مانتیث و ضریب گیاهی فستوکای بلند طی دوره رشد (Allen et al., 1998) محاسبه شد. به منظور کنترل معادله فائو-پنمن- مانتیس برای تعیین زمان آبیاری، طی دوره رشد بطور تصادفی هر سه یا چهار روز یک بار رطوبت خاک از اعماق ۰-۲۰، ۲۰-۴۰ و ۴۰-۶۰ سانتی متری اندازه گیری شد. عمق آب آبیاری با استفاده از فرمول [۱] محاسبه گردید.

$$I = [(FC-PWP) \times D \times ۰/۵۰] / ۰/۷۵ \qquad [۱]$$

به‌طوری که **I**: عمق آب آبیاری، FC: رطوبت حجمی خاک در حد ظرفیت زراعی(درصد)، PWP: رطوبت حجمی خاک در حد پژمردگی دائم(درصد) ، D: عمق فعال توسعه ریشه (cm) بود. عدد ۰/۷۵ مربوط به راندمان آب آبیاری بود که ۷۵ درصد در نظر گرفته شد.

در طول دوره آزمایش صفات مرفولوژیک و فنولوژیک از جمله روز تا خوشه‌دهی، روز تا گرده‌افشانی، طول برگ پرچم، عرض برگ پرچم، تعداد ساقه بارور، نسبت برگ به ساقه، ارتفاع بوته، قطر یقه، عملکرد علوفه خشک سالانه (در مجموع دو برداشت در سال) بر حسب تک بوته، عملکرد علوفه تر سالانه بر حسب تک بوته و درصد ماده خشک در هر دو سال ثبت گردید. به دلیل عدم استقرار کافی ژنوتیپ‌ها در سال اول داده‌های حاصل از سال اول مورد بررسی قرار نگرفت.

محاسبه پارامترها و تجزیه و تحلیل آماری

رگرسیون مرحله‌ای به روش گام به گام (sls=sle=0.05) به‌منظور 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 ۵ صفت شامل تعداد ساقه بارور، ارتفاع بوته، نسبت برگ به ساقه، قطر یقه و درصد ماده خشک به همراه عملکرد علوفه خشک در تشکیل شاخص‌های انتخاب به‌کار برده شدند. شاخص‌های انتخاب با توجه به رابطه پایه [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 (Falconer, 1989). برای شاخص اسمیت-هیزل بردار b از رابطه[۳] محاسبه شد (Smith, 1936; Hazel, 1943) که در آن**P** و **G** به ترتیب ماتریس‌های واریانس-کوواریانس فنوتیپی و ژنتیکی می‌باشند و **a** ارزش اقتصادی نسبی صفات است که برای همه صفات برابر ۱ در نظر گرفته شد. به دلیل محدودیت شاخص اسمیت-هیزل از لحاظ نسبت دادن ارزش‌های نسبی اقتصادی به صفات کمی شاخص پسک-بیکر (Pesek & Baker, 1969) 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.

$$I=\Sigma b_i P_i \qquad [۲]$$

$$b=P^{-1}Ga \qquad [۳]$$

$$b=G^{-1}g \qquad [۴]$$

هر دو شاخص در دو شکل، همراه با عملکرد علوفه خشک (اسمیت-هیزل: شاخص اول، پسک-بیکر: شاخص سوم) و بدون عملکرد علوفه خشک (اسمیت-هیزل: شاخص دوم، پسک-بیکر: شاخص چهارم) محاسبه

1. Management allowed depletion

شدند. 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 علوفه خشک محاسبه شد.

واکنش به انتخاب (Response to Selection) برای هر صفت از رابطه [۵] محاسبه شد. در این رابطه σ_{gi} انحراف معیار ژنتیکی هر صفت، h_i جذر وراثت‌پذیری و K شدت انتخاب (۱/۷۵۵) است (Falconer, 1989). پاسخ همبسته برای انتخاب یک صفت از طریق گزینش برای صفات دیگر از رابطه [۶] بدست آمد (Falconer, 1989). 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 (Relative Selection Efficiency, RSE) یا به عبارتی پاسخ غیر مستقیم انتخاب (CRy) برای عملکرد نسبت به انتخاب مستقیم (**Ry**) 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.

$$R_i=Kh_i\sigma_{gi} \qquad [۵]$$

$$CR_i=Kh_ir_{gij}\sigma_{gi} \qquad [۶]$$

$$RSE=CRy/Ry \qquad [۷]$$

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 $\boldsymbol{\sigma_{Ii}}$ کوواریانس شاخص با هر صفت می‌باشد که توسط رابطه [۹] بدست آمد. $\boldsymbol{\sigma_{gij}}$ کوواریانس ژنتیکی صفات i و j می‌باشد. همچنین $\boldsymbol{\sigma_I}$، 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 نرم افزار SAS و داده‌پردازی و ترسیم نمودارها و جداول به کمک نرم‌افزار Excel انجام گرفت.

$$\Delta G=K\sigma_{Ii}/\sigma_I \qquad [۸]$$

$$\sigma_{Ii}=\Sigma b_i\sigma_{gij} \qquad [۹]$$

$$\sigma_I=\sqrt{b'Pb} \qquad [۱۰]$$

$$\Delta H=\Sigma\Delta G_i \qquad [۱۱]$$

نتایج و بحث

مقادیر پاسخ به انتخاب و پاسخ همبسته بر اساس مقادیر وراثت‌پذیری، واریانس ژنوتیپی صفات و شدت انتخاب K= ۱/۷۵۵، در هر یک از شرایط رطوبتی در جداول ۱ و ۲ آورده شده است. در شرایط عدم تنش عملکرد علوفه با مقدار ۱۹۶/۳۳ بیشترین پاسخ مستقیم را به انتخاب نشان داد در حالی که در شرایط تنش بیشترین مقدار مربوط به تعداد ساقه بارور (۶۱/۹۸) بود (جدول ۱) که این می‌تواند به علت بیشتر بودن واریانس ژنتیکی عملکرد و تعداد ساقه بارور به ترتیب در شرایط عدم تنش و تنش رطوبتی نسبت به سایر صفات باشد.

پاسخ همبسته برای صفت عملکرد از طریق تعداد ساقه بارور در هر دو شرایط (عدم تنش: ۶۷/۱۶ و تنش: ۳۵/۱۳) بیشترین مقدار را داشت (جدول ۲) همبستگی ژنتیکی مشاهده شده بین عملکرد و تعداد ساقه بارور در حد متوسط تا زیاد بود (عدم تنش: ۰/۷۵ و تنش: ۰/۵۸). که می‌تواند تأییدی بر بیشتر بودن واریانس ژنتیکی در تعداد ساقه بارور نسبت به سایر صفات باشد. پاسخ همبسته برای عملکرد علوفه در هر دو شرایط از طریق درصد ماده خشک منفی بود، این امر ممکن است به علت تغییرات شدیدتر عملکرد علوفه تر بین ژنوتیپ-های مورد بررسی، نسبت به عملکرد علوفه خشک باشد. پاسخ همبسته برای عملکرد علوفه در هر دو شرایط از طریق صفات تعداد ساقه بارور، نسبت برگ به ساقه، ارتفاع بوته و قطر یقه مثبت بود، یعنی با افزایش این صفات عملکرد افزایش می‌یابد. بعد از صفت تعداد ساقه بارور صفت ارتفاع بوته بیشترین پاسخ همبسته برای صفت عملکرد را در هر دو شرایط عدم تنش و تنش رطوبتی (بترتیب ۱۰/۷۶ و ۱۱/۲۹) دارا بود (جدول ۲). بنابراین می‌توان دو صفت تعداد ساقه بارور و ارتفاع بوته را به عنوان صفاتی مناسب برای انتخاب غیر مستقیم برای بهبود عملکرد معرفی نمود. در تحقیق دیگری بر روی چهار نمونه یونجه چند ساله نیز انتخاب غیر مستقیم از طریق تعدادساقه بارور، برای بهبود عملکرد علوفه خشک پیشنهاد **شد** (Pomogaibo, 1981). et al. Finne (2000) 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. مطالعات روی سایر گیاهان نیز بیشترین پاسخ همبسته عملکرد را برای تعداد ساقه بارور و ارتفاع بوته گزارش کردند (Eshghi & Akundova, 2010; Arabi et al., 2008; Verma et al., 2007).

جدول ۱- مقادیر پاسخ مستقیم به انتخاب برای صفات مختلف فستوکای بلند در شرایط معمول و تنش رطوبتی

صفت	پاسخ به انتخاب Ri	
	شرایط بدون تنش	شرایط تنش
عملکرد علوفه خشک (g)	**۱۹۶/۳۳**	**۵۶/۴۶**
تعداد ساقه بارور	**۹۰/۰۴**	**۶۱/۹۸**
نسبت برگ به ساقه	**۳/۹۸**	**۱/۹۰**
ارتفاع بوته (cm)	**۱۵/۳۹**	**۱۹/۳۷**
درصد ماده خشک	**۱۰/۹۴**	**۱۱/۸۵**
قطر یقه (cm)	**۴/۹۷**	**۲/۸۵**

اگرچه پاسخ همبسته بین عملکرد علوفه و اجزای آن بسیار حایز اهمیت است، با این وجود توجه به واکنش‌های همبسته بین سایر صفات نیز از اهمیت زیادی برخوردار است. در هر دو شرایط رطوبتی پاسخ همبسته تعداد ساقه بارور از طریق نسبت برگ به ساقه و درصد ماده خشک منفی بود (جدول ۲). این موضوع حاکی از آن است که انتخاب برای این دو صفت احتمالا باعث کاهش تعداد ساقه بارور خواهد شد. پاسخ همبسته این صفت از طریق ارتفاع بوته و قطر یقه مثبت بود. در شرایط بدون تنش رطوبتی صفت عملکرد علوفه خشک، بیشترین پاسخ همبسته به انتخاب برای بهبود نسبت برگ به ساقه به عنوان معرفی از کیفیت علوفه را به صورت مثبت نشان داد (۶۳/۰۲). بنابراین انتظار می‌رود که در شرایط عدم تنش همزمان با بهبود عملکرد علوفه، نسبت برگ به ساقه آن نیز بهبود یابد. در شرایط تنش رطوبتی نیز پاسخ همبسته نسبت برگ به ساقه از طریق عملکرد علوفه مثبت ولی مقدار آن بسیار کمتر از شرایط عدم تنش رطوبتی بود (۱۳/۴۵). بنابراین بهبود همزمان عملکرد و کیفیت علوفه در شرایط عدم تنش رطوبتی بازدهی بیشتری خواهد داشت.

جدول ۲- مقایسه مقادیر پاسخ همبسته به انتخاب برای بهبود صفت **Y** از طریق انتخاب برای صفت **X** در شرایط معمول و تنش رطوبتی در فستوکاری بلند

صفت Y	صفت X	شرایط بدون تنش		شرایط تنش	
		پاسخ همبسته	همبستگی ژنتیکی	پاسخ همبسته	همبستگی ژنتیکی
عملکرد علوفه خشک	**تعداد ساقه بارور**	**۶۷/۱۶**	**۰/۷۵**	**۳۵/۱۳**	**۰/۵۸**
	نسبت برگ به ساقه	**۱/۲۶**	**۰/۳۲**	**۰/۴۴**	**۰/۲۳**
	ارتفاع بوته	**۱۰/۷۶**	**۰/۶۸**	**۱۱/۲۹**	**۰/۵۸**
	درصد ماده خشک	**-۶/۴۶**	**-۰/۵۷**	**-۷/۶۸**	**-۰/۶۱**
	قطر یقه	**۴/۳**	**۰/۸۷**	**۲/۴۶**	**۰/۸۴**
تعداد ساقه بارور	**عملکرد علوفه خشک**	**۱۴۸/۱۲**	**۰/۷۵**	**۳۳/۷۵**	**۰/۵۸**

ادامه جدول ۲

	نسبت برگ به ساقه	-۱/۰۴	-۰/۲۶	-۰/۹۸	-۰/۵۱
	ارتفاع بوته	۷/۳۵	۰/۴۶	۶/۱۶	۰/۳۱
	درصد ماده خشک	-۳/۳۰	-۰/۲۹	-۴/۳۸	-۰/۳۴
	قطر یقه	۳/۲۰	۰/۶۳	۱/۹۸	۰/۶۶
نسبت برگ به ساقه	عملکرد علوفه خشک	۶۳/۰۲	۰/۳۲	۱۳/۴۵	۰/۲۳
	تعداد ساقه بارور	-۲۳/۵۲	-۰/۲۶	-۳۱/۴۲	-۰/۵۱
	ارتفاع بوته	۱/۶۷	۰/۱۰	-۱/۲۶	-۰/۰۶
	درصد ماده خشک	-۳/۵۷	-۰/۳۲	-۱/۴۲	-۰/۱۱
	قطر یقه	۱/۸۵	۰/۳۷	۰/۲۱	۰/۰۷
ارتفاع بوته	عملکرد علوفه خشک	۱۲۹/۰۹	۰/۶۸	۳۳/۰۹	۰/۵۸
	تعداد ساقه بارور	۳۹/۹۹	۰/۴۶	۱۸/۸۰	۰/۳۱
	نسبت برگ به ساقه	۰/۴۰	۰/۱۰	-۰/۱۲	-۰/۰۶
	درصد ماده خشک	-۷/۸۴	-۰/۷۲	-۴/۹۳	-۰/۳۹
	قطر یقه	۲/۹۳	۰/۶۰	۱/۳۹	۰/۴۷
درصد ماده خشک	عملکرد علوفه خشک	-۱۰۹/۵۱	-۰/۵۷	-۳۲/۸۰	-۰/۶۱
	تعداد ساقه بارور	-۲۵/۳۸	-۰/۲۹	-۱۹/۴۶	-۰/۳۴
	نسبت برگ به ساقه	-۱/۲۱	-۰/۳۲	-۰/۲۰	-۰/۱۱
	ارتفاع بوته	-۱۱/۰۷	-۰/۷۲	-۷/۱۹	-۰/۳۹
	قطر یقه	-۲/۷۰	-۰/۵۵	-۱/۷۵	-۰/۶۳
قطر یقه	عملکرد علوفه خشک	۱۶۸/۵۹	۰/۸۷	۴۶/۰۹	۰/۸۴
	تعداد ساقه بارور	۵۶/۲۲	۰/۶۳	۳۸/۵۸	۰/۶۶
	نسبت برگ به ساقه	۱/۴۳	۰/۳۷	۰/۱۳	۰/۰۷
	ارتفاع بوته	۹/۴۶	۰/۶۰	۸/۹۱	۰/۴۷
	درصد ماده خشک	-۶/۱۷	-۰/۵۵	-۷/۶۸	-۰/۶۳

پاسخ همبسته به انتخاب ارتفاع بوته از طریق نسبت برگ به ساقه در شرایط عدم تنش رطوبتی مثبت ولی در شرایط تنش رطوبتی منفی گزارش شد. بنابراین افزایش نسبت برگ به ساقه در شرایط معمول رطوبتی با افزایش ارتفاع بوته ولی در شرایط تنش با کاهش آن همراه خواهد بود. پاسخ همبسته به انتخاب درصد ماده خشک از طریق تمام صفات مورد بررسی در هر دو شرایط رطوبتی منفی بود. در هر دو شرایط رطوبتی عملکرد علوفه خشک بیشترین پاسخ همبسته به انتخاب برای قطر یقه را داشت. پس از عملکرد علوفه خشک، صفت تعداد ساقه بارور بیشترین پاسخ همبسته به انتخاب برای قطر یقه را دارا بود. بنابراین در هر دو شرایط رطوبتی افزایش عملکرد علوفه و تعداد ساقه بارور با افزایش قطر یقه همراه خواهد شد. به طور کلی طبق نتایج این مطالعه و راوابط مورد بررسی می‌توان برای شرایطی مشابه این بررسی انتخاب ژنوتیپ‌هایی با تعداد

ساقه بارور بیشتر، ارتفاع بوته بالاتر، قطر یقه بیشتر و درصد ماده خشک کمتر را پیشنهاد داد. نتایج مشابه در یونجه (Monirifar, 2010) و ذرت (Amaral Juniorl et al, 2010) گزارش شده است.

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

صفت	شرایط عدم تنش			
	اسمیت - هیزل		پسک - بیکر	
	شاخص I_1	شاخص I_2	شاخص I_3	شاخص I_4
عملکرد علوفه خشک)	۰/۸۵		-۰/۰۵	
تعدادساقه بارور	۱/۱۶	۰/۹۶	۰/۱۱	۰/۰۴
نسبت برگ به ساقه	۲/۱۲	۰/۴۳	۲/۲۷	۱/۳۴
ارتفاع بوته	۰/۳۳	۰/۶۳	۰/۵۴	۰/۴۰
درصد ماده خشک	-۰/۷۲	۰/۴۸	۰/۷۱	۰/۷۰
قطر یقه	۲/۰۹	۱/۳۵	-۰/۰۵	-۰/۳۹
صفت	شرایط تنش			
عملکرد علوفه خشک)	۰/۷۴		-۰/۱۲	
تعدادساقه بارور	۱/۰۹	۰/۹۲	۰/۱۵	۰/۰۹
نسبت برگ به ساقه	۳/۴۰	-۰/۳۱	۴/۶۲	۲/۷۱
ارتفاع بوته	۱/۰۳	۰/۸۴	۰/۲۲	۰/۱۲
درصد ماده خشک	۰/۴۲	۰/۷۳	۰/۳۳	۰/۳۸
قطر یقه	۱/۱۱	۱/۶۷	۰/۵۰	۰/۰۳

I_1: شاخص اول همراه با عملکرد، I_2: شاخص دوم بدون عملکرد، I_3: شاخص سوم همراه با عملکرد ، I_4: شاخص چهارم بدون عملکرد

ضرایب (b_i) هر یک از صفات در شاخص‌های اسمیت-هیزل و پسک-بیکر در دو حالت، همراه با عملکرد علوفه خشک و بدون آن در جدول ۳ آورده شده‌اند. در شاخص‌ها و شرایط رطوبتی مختلف، صفات ضرایب متفاوتی داشتند. در شرایط عدم تنش رطوبتی صفات درصد ماده خشک در شاخص اول (۰/۷۲-)، عملکرد علوفه خشک (۰/۰۵-) و قطر یقه (۰/۰۵-) در شاخص سوم و قطر یقه (۰/۳۹-) در شاخص چهارم، ضرایب منفی به خود اختصاص دادند. علامت منفی حاکی از اثر کاهنده این صفات در شاخص‌های مربوطه می‌باشد. در شرایط تنش رطوبتی ضرایب منفی در صفات نسبت برگ به ساقه در شاخص دوم (۰/۳۱-) و عملکرد علوفه در شاخص سوم (۰/۱۲-) مشاهده شد. در حالت همراه با عملکرد و در هر دو شرایط رطوبتی، صفت نسبت برگ به ساقه بیشترین ضریب را در شاخص‌های اسمیت - هیزل و پسک بیکر به خود اختصاص داد. بدین ترتیب صفت نسبت برگ به ساقه با بالاترین ضریب، به صورت مثبت در انتخاب بر اساس این شاخص‌ها اثرگذار خواهد بود. در حالت بررسی شاخص بدون حضور عملکرد، صفت قطر یقه در شاخص اسمیت-هیزل و نسبت برگ به ساقه در شاخص پسک-بیکر بالاترین ضرایب را در هر دو شرایط رطوبتی داشتند. نتایج مشابه در شرایط تنش و عدم تنش رطوبتی منجر به انتخاب شاخصی مناسب برای هر دو شرایط خواهد شد.

با جای‌گذاری ارزش‌های فنوتیپی هر یک از ژنوتیپ‌ها در معادله شاخص‌ها، مقدار شاخص برای هر یک از آنها در دو شرایط رطوبتی محاسبه شد (جداول ۴ و ۵). در شرایط عدم تنش رطوبتی شاخص‌های اسمیت هیزل (شاخص‌های اول و دوم) نسبت به شاخص‌های پسک-بیکر (شاخص‌های سوم و چهارم) از واریانس ژنتیکی، وراثت‌پذیری، همبستگی ژنتیکی با عملکرد، پاسخ همبسته و کارایی انتخاب بیشتری برخوردار بودند (جدول ۴). شاخص اول نسبت به سایر شاخص‌ها و

همچنین نسبت به عملکرد علوفه خشک تنوع ژنتیکی و وراثت‌پذیری بالاتری داشت. کارایی انتخاب این شاخص در بین شاخص‌ها بیشترین و برابر ۱/۵۸ بود. کارایی انتخاب شاخص دوم ۰/۴۳ گزارش شد. بنابراین در شرایط عدم تنش رطوبتی، شاخص اسمیت-هیزل که شامل صفت عملکرد می‌باشد (شاخص اول) با بیشترین کارایی انتخاب به عنوان شاخص مؤثرتر برای گزینش ژنوتیپ‌های برتر معرفی شد. نتایج این تحقیق با یافته-های یوسفی (Yosaf, 1977) و منیری‌فر(Monirifar, 2010) که بیان کردند شاخص‌هایی که شامل صفت عملکردند بهترین پاسخ به انتخاب را خواهند داشت مطابقت دارد. با این وجود در شاخص پسک-بیکر از نظر کارایی انتخاب بین دو حالت مورد بررسی (شاخص سوم و شاخص چهارم) تفاوتی وجود نداشت. هر چند تعداد ژنوتیپ‌های برتر مشترک بین عملکرد علوفه خشک و شاخص چهارم (۷)، بیشتر از شاخص سوم (۴) بود. از این نظر، برتری شاخص چهارم نسبت به حالت سوم، ممکن است به دلیل ضریب منفی عملکرد در شاخص پسک-بیکر باشد (جدول ۳). برترین ژنوتیپ از نظر شاخص‌های اول و دوم (ژنوتیپ ۲۸)، از نظر عملکرد علوفه خشک نیز در رتبه اول قرار داشت در حالی که برترین ژنوتیپ‌ها از نظر شاخص‌های سوم و چهارم (بترتیب ژنوتیپ‌های ۴۸ و ۱۵)، از نظر عملکرد جزء ۳۰ درصد برتر ژنوتیپ‌ها قرار نگرفتند (جدول ۴).

جدول ۴- عملکرد علوفه خشک، مقادیر شاخص‌های انتخاب و پارامترهای وابسته در شرایط عدم تنش رطوبتی* در فستوکای بلند

پسک - بیکر		اسمیت - هیزل		عملکرد (g)	رتبه ژنوتیپ‌ها (۳۰٪ برتر)
شاخص I_4	شاخص I_3	شاخص I_2	شاخص I_1		
(۱۵)۸۴/۸۲	(۴۸)۱۰۶/۳۰	(۲۸)۴۰۶/۰۱	(۲۸)۹۵۴/۴۰	(۲۸)۶۳۱/۵۰	۱
(۴۸)۸۴/۴۵	(۱۵)۱۰۵/۶۱	(۱۰)۳۴۵/۵۰	(۱۰)۷۹۱/۰۰	(۳۰)۵۸۳/۰۰	۲
(۱۰)۸۳/۳۷	(۲۷)۱۰۰/۱۹	(۲۴)۳۱۲/۷۵	(۳۰)۷۵۸/۶۰	(۱۰)۵۵۰/۳۳	۳
(۳۰)۸۰/۳۸	(۲۱)۹۷/۵۰	(۱)۳۰۸/۸۳	(۲۴)۶۴۵/۹۱	(۲۴)۴۲۱/۰۰	۴
(۲)۷۹/۴۶	(۱۰)۹۷/۴۰	(۲۵)۳۰۸/۵۲	(۶)۶۰۴/۸۶	(۶)۴۱۵/۰۰	۵
(۲۷)۷۸/۳۱	(۲۰)۹۶/۸۲	(۳۰)۲۸۳/۷۸	(۳)۵۷۲/۳۶	(۲۲)۳۸۸/۵۰	۶
(۲۱)۷۷/۵۱	(۳۵)۹۶/۲۴	(۶)۲۸۰/۶۹	(۱)۵۶۶/۹۶	(۳)۳۸۶/۰۰	۷
(۲۴)۷۷/۲۵	(۳۹)۹۶/۲۱	(۳)۲۷۴/۹۳	(۲۲)۵۵۰/۷۲	(۵)۳۶۲/۰۰	۸
(۱۲)۷۷/۱۴	(۱۲)۹۶/۲۰	(۳۶)۲۷۲/۸۱	(۲۵)۵۲۳/۲۶	(۵۰)۳۵۲/۰۰	۹
(۳۹)۷۷/۰۴	(۲)۹۵/۶۵	(۲۱)۲۶۶/۹۱	(۴۹)۵۰۰/۱۵	(۴۵)۳۳۳/۰۰	۱۰
(۴)۷۶/۶۲	(۴۱)۹۴/۸۹	(۴۹)۲۵۵/۹۹	(۲۳)۴۸۲/۵۴	(۴)۳۲۷/۶۷	۱۱
(۶)۷۶/۳۱	(۳۱)۹۴/۸۵	(۴۱)۲۵۴/۶۷	(۵)۴۷۹/۷۶	(۱)۳۲۴/۰۰	۱۲
(۲۰)۷۶/۱۷	(۵۰)۹۴/۷۸	(۲۳)۲۴۹/۲۸	(۲۱)۴۷۳/۶۳	(۴۹)۳۲۳/۵۰	۱۳
(۲۳)۷۵/۹۳	(۲۴)۹۴/۳۸	(۲۲)۲۴۴/۸۳	(۴)۴۵۴/۱۸	(۲۳)۳۱۹/۳۳	۱۴
(۳۵)۷۵/۶۰	(۲۹)۹۴/۱۸	(۱۵)۲۴۱/۲۵	(۴۱)۴۴۶/۲۱	(۲۱)۲۸۸/۰۰	۱۵
۱۸/۷۲	۲۲/۰۸	۳۹۶۷/۱۱۱	۳۴۵۳۴/۲۱	۱۸۴۹۷/۲۸	واریانس ژنتیکی
۰/۸۶	۰/۸۵	۰/۹۸	۰/۹۹	۰/۹۸	وراثت‌پذیری
۰/۳۸	۰/۱۶	۰/۷۹	۰/۹۷		همبستگی ژنتیکی با عملکرد
۲/۴۳	۱/۰۹	۸۴/۱۲	۳۰۹/۳۷		پاسخ همبسته
۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۴۳	۱/۵۸		کارایی انتخاب
۷	۴	۱۱	۱۳	۱۵	تعداد ژنوتیپ برتر†

I_1: شاخص اول همراه با عملکرد، I_2: شاخص دوم بدون عملکرد، I_3: شاخص سوم همراه با عملکرد ، I_4: شاخص چهارم بدون عملکرد

* محاسبه پارامترها بر روی کلیه ژنوتیپ‌ها انجام شده است.

† تعداد ژنوتیپی که جزء ۳۰٪ برتر ژنوتیپ‌ها از نظر عملکرد و شاخص می‌باشد.

اعداد داخل پرانتز شماره ژنوتیپ می‌باشد

جدول ۵- عملکرد علوفه خشک، مقادیر شاخص‌های انتخاب و پارامترهای وابسته در شرایط تنش رطوبتی* در فستوکای بلند

پسک - بیکر			اسمیت - هیزل		عملکرد (gr)	رتبه ژنوتیپ‌ها (۳۰٪ برتر)
شاخص $I_۴$	شاخص $I_۳$	شاخص $I_۲$	شاخص $I_۱$			
(۵۰)۵۷/۶۳	(۵۰)۶۶/۹۱	(۱۰)۳۳۷/۷۱	(۱۰)۵۴۹/۳۸		(۱۰)۲۳۸/۵۰	۱
(۱۰)۵۷/۱۲	(۱۱)۶۱/۴۱	(۱۱)۲۷۷/۶۱	(۲۸)۴۳۲/۰۹		(۶)۲۱۳/۰۰	۲
(۲۲)۵۳/۸۸	(۴)۶۱/۲	(۲۸)۲۶۲/۰۴	(۲۵)۴۱۲/۸۰		(۵۰)۱۹۶/۵۰	۳
(۴)۵۳/۰۰	(۴۰)۶۱/۰۲	(۲۵)۲۶۰/۸۰	(۶)۴۰۰/۳۲		(۲۸)۱۹۵/۵۰	۴
(۳۶)۵۲/۸۷	(۱۰)۶۰/۹۸	(۹)۲۵۱/۲۰	(۲۲)۳۸۵/۰۹		(۳۶)۱۸۲/۰۰	۵
(۶)۵۲/۳۹	(۲۲)۶۰/۲۵	(۲۰)۲۴۶/۸۶	(۳۶)۳۷۸/۹۹		(۲۵)۱۷۲/۳۳	۶
(۴۰)۵۲/۰۴	(۲۵)۶۰/۱۱	(۲۴)۲۴۲/۹۶	(۴۹)۳۷۷/۸۶		(۲۷)۱۶۹/۰۰	۷
(۲۵)۵۱/۶۶	(۲۰)۵۹/۰۹	(۲۲)۲۴۲/۰۶	(۳)۳۷۰/۹۰		(۱۶)۱۶۶/۰۰	۸
(۱۱)۵۱/۲۱	(۲۴)۵۸/۸۲	(۲۱)۲۳۹/۲۰	(۲۳)۳۶۸/۶۱		(۲۲)۱۶۵/۳۳	۹
(۹)۵۰/۹۵	(۴۶)۵۸/۷۹	(۴۹)۲۳۲/۹۹	(۲۱)۳۶۳/۸۵		(۴۹)۱۶۴/۳۳	۱۰
(۲۱)۵۰/۸۹	(۳۴)۵۸/۷۰	(۳)۲۳۱/۷۷	(۹)۳۵۹/۸۵		(۳)۱۶۱/۳۳	۱۱
(۲۳)۵۰/۶۸	(۷)۵۸/۶۹	(۳۱)۲۲۹/۰۶	(۱۱)۳۵۶/۳۷		(۲۳)۱۵۹/۳۳	۱۲
(۷)۵۰/۴۸	(۳۶)۵۸/۶۱	(۲۳)۲۲۹/۰۴	(۲۴)۳۵۴/۸۲		(۵)۱۵۱/۶۷	۱۳
(۳۱)۵۰/۲۳	(۲۹)۵۸/۳۳	(۴۷)۲۲۸/۸۷	(۴۵)۳۵۲/۴۰		(۴۰)۱۵۰/۶۷	۱۴
(۸)۵۰/۰۳	(۹)۵۸/۲۷	(۳۰)۲۲۷/۷۷	(۳۰)۳۴۹/۹۲		(۴۵)۱۴۴/۵۰	۱۵
۱۲/۸۶	۱۳/۷۹	۱۷۸۳/۵۸	۵۶۴۹/۷۳		۱۸۵۹/۰۲	**واریانس ژنتیکی**
۰/۸۲	۰/۷۲	۰/۹۲	۰/۹۴		۰/۹۴	**وراثت‌پذیری**
۰/۵۲	۰/۳۴	۰/۶۶	۰/۹۰			**همبستگی ژنتیکی با عملکرد**
۲/۸۷	۱/۸۱	۴۵/۳۴	۱۱۲/۱۲			**پاسخ همبسته**
۰/۰۵	۰/۰۳	۰/۸۰	۱/۹۹			**کارایی انتخاب**
۸	۶	۷	۱۰		۱۵	**تعداد ژنوتیپ برتر†**

$I_۱$: شاخص اول همراه با عملکرد، $I_۲$: شاخص دوم بدون عملکرد، $I_۳$: شاخص سوم همراه با عملکرد ، $I_۴$: شاخص چهارم بدون عملکرد

* محاسبه پارامترها بر روی کلیه ژنوتیپ‌ها انجام شده است.

† تعداد ژنوتیپی که جزء ۳۰٪ برتر ژنوتیپ‌ها از نظر عملکرد و شاخص می‌باشد.

اعداد داخل پرانتز شماره ژنوتیپ می‌باشد

نتایج در شرایط تنش رطوبتی بسیار مشابه نتایج در شرایط عدم تنش بود. در شرایط تنش رطوبتی نیز شاخص اسمیت – هیزل در هر دو حالت مورد بررسی (شاخص‌های اول و دوم) از شاخص پسک-بیکر (شاخص‌های سوم و چهارم) برتر بود. به طوری که شاخص اول بیشترین و شاخص سوم کمترین وراثت-پذیری (۰/۹۴ و ۰/۷۲)، همبستگی با عملکرد (۰/۹۰ و ۰/۳۴)، پاسخ همبسته (۱۱۲/۱۲ و ۱/۸۱)، کارایی انتخاب (۱/۹۹ و ۰/۰۳) و تعداد ژنوتیپ برتر مشترک با عملکرد (۱۰ و ۶) را داشتند (جدول ۵).

در شرایط تنش رطوبتی برترین ژنوتیپ از نظر شاخص‌های اول و دوم (ژنوتیپ ۱۰)، از نظر عملکرد نیز در رتبه اول قرار داشت در حالی که برترین ژنوتیپ از نظر شاخص‌های سوم و چهارم (ژنوتیپ ۵۰) از نظر عملکرد در رتبه سوم قرار داشت. در مجموع در شرایط تنش رطوبتی نیز شاخص اسمیت-هیزل همراه با عملکرد، با بیشترین کارایی انتخاب نسبت به سایر شاخص‌های مورد بررسی و همچنین انتخاب مستقیم عملکرد به عنوان شاخص مؤثرتر برای انتخاب ژنوتیپ‌های برتر معرفی شد.

یودین و همکاران (Ud-Din et al., 1992) در مطالعه‌ای روی گندم در شرایط تنش و عدم تنش رطوبتی با استفاده از شاخص اسمیت- هیزل توانستند حالتی که بازده مورد انتظار برای محیط حداکثر است را تعیین نمایند. در نهایت انتخاب با شاخص تعیین شده منجر به گزینش ژنوتیپ‌هایی با عملکرد بیشتر در هر دو شرایط رطوبتی شد. در آزمایش حاضر تعداد ژنوتیپ‌های برتر از نظر شاخص اول (اسمیت-هیزل همراه با

عملکرد)، در شرایط تنش رطوبتی، که جزء ژنوتیپ‌های برتر از نظر عملکرد در شرایط عدم تنش رطوبتی نبودند، شامل ۴ مورد (ژنوتیپ‌های ۹، ۱۱، ۲۵ و ۳۶) می‌شد. در حالی که این تفاوت در انتخاب مستقیم عملکرد در شرایط تنش نسبت به عدم تنش شامل ۵ مورد (ژنوتیپ‌های ۱۶، ۲۵، ۲۷، ۳۶ و ۴۰) و انتخاب بر اساس شاخص دوم (اسمیت-هیزل بدون عملکرد)، در شرایط تنش رطوبتی نسبت به انتخاب عملکرد در شرایط عدم تنش رطوبتی ۶ مورد (ژنوتیپ‌های ۹، ۱۱، ۲۰، ۲۵، ۳۱ و ۴۰) بود (مقایسه جدول ۴ و ۵). به عبارت دیگر انتظار می‌رود، انتخاب بر اساس شاخص اول، منجر به گزینش ژنوتیپ‌های برتر در هر دو شرایط رطوبتی، با کمترین خطا شود.

کارایی انتخاب از طریق شاخص (ΔH) و پاسخ صفات به انتخاب بر اساس شاخص (ΔG) در شرایط معمول و تنش رطوبتی در جدول ۶ نشان داده شده است. در شاخص اول، صفات عملکرد و تعداد ساقه بارور بالاترین پاسخ به انتخاب را در هر دو شرایط رطوبتی داشتند (جدول ۶). بنابراین انتخاب بر اساس شاخص اول، بیشتر از سایر صفات، باعث افزایش عملکرد و تعداد ساقه بارور خواهد شد. در حالی که انتخاب بر اساس شاخص سوم، به دلیل پاسخ به انتخاب منفی عملکرد، در هر دو شرایط تنش و عدم تنش رطوبتی، منجر به کاهش عملکرد خواهد شد. در شرایط عدم تنش رطوبتی پاسخ صفت نسبت برگ به ساقه به عنوان معرفی از کیفیت علوفه، در شاخص اول مثبت و در شاخص دوم منفی بود. بنابراین در شرایط عدم تنش رطوبتی، انتخاب بر اساس شاخص اول باعث افزایش و بر اساس شاخص دوم باعث کاهش کیفیت علوفه، خواهد شد. نتیجه حاصل در شرایط تنش رطوبتی عکس شرایط عدم تنش بود. به عبارت دیگر در شرایط تنش رطوبتی انتظار می‌رود انتخاب بر اساس شاخص دوم، منجر به افزایش کیفیت علوفه گردد. با توجه به مقادیرکارایی انتخاب شاخص‌های مورد بررسی(جدول ۶)، در هر دو شرایط رطوبتی، مشخص شد که شاخص اول بازده انتخاب بالاتری نسبت به سایر شاخص‌ها داشت. این بازده در شرایط عدم تنش رطوبتی نسبت به تنش رطوبتی بیشتر بود.

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

شرایط و شاخص	حالت شاخص	ΔG						ΔH
		عملکرد	تعداد ساقه بارور	نسبت برگ به ساقه	ارتفاع بوته	در صد ماده خشک	قطر یقه	
عدم تنش								
اسمیت-هیزل	**شاخص I_1**	**۱۹۶/۲۵**	**۱۰۵/۹۸**	**۱/۰۴**	**۴/۰۱**	**۴/۹۸**	**۱۰/۲۵**	**۳۲۲/۵۲**
	شاخص I_2		**۹۸/۷۰**	**-۰/۶۰**	**۶/۵۸**	**-۲/۰۰**	**۵/۵۶**	**۱۰۸/۲۴**
پسک-بیکر	**شاخص I_3**	**-۰/۶۴**	**۰/۵۳**	**۱/۰۳**	**۱/۰۳**	**۱/۰۴**	**-۰/۰۲**	**۲/۹۷**
	شاخص I_4		**۰/۴۳**	**۰/۸۶**	**۱/۱۳**	**۱/۳۳**	**-۰/۲۴**	**۳/۵۲**
تنش								
اسمیت-هیزل	**شاخص I_1**	**۴۸/۹۷**	**۶۵/۴۷**	**-۰/۸۰**	**۱۴/۷۷**	**-۴/۱۵**	**۳/۹۲**	**۱۲۸/۱۹**
	شاخص I_2		**۵۹/۷۲**	**۰/۳۴**	**۱۰/۷۴**	**-۴/۹۱**	**۵/۰۲**	**۷۰/۹۱**
پسک-بیکر	**شاخص I_3**	**-۱/۰۲**	**۰/۴۸**	**۱/۶۹**	**۰/۵۸**	**۰/۳۰**	**۰/۱۹**	**۲/۲۱**
	شاخص I_4		**۰/۵۶**	**۱/۴۱**	**۰/۳۷**	**۰/۴۸**	**۰/۰۲**	**۲/۸۴**

I_1: شاخص اول همراه با عملکرد، I_2: شاخص دوم بدون عملکرد، I_3: شاخص سوم همراه با عملکرد ، I_4: شاخص چهارم بدون عملکرد

در مجموع نتایج این بررسی نشان داد در هر دو شرایط رطوبتی، قطر یقه، ارتفاع و تعداد ساقه بیشترین همبستگی ژنتیکی را با عملکرد علوفه خشک دارا بودند. همچنین نتایج نشان داد که انتخاب غیر مستقیم از طریق شاخص اسمیت-هیزل می‌تواند کارایی بیشتری برای بهبود عملکرد علوفه فستوکای بلند در هر دو شرایط تنش و عدم تنش رطوبتی دارا باشد. همچنین بین دو حالت مورد بررسی شاخص‌ها (شاخص همراه با عملکرد و بدون عملکرد)، شاخص اسمیت-هیزل همراه با عملکرد (شاخص اول) در انتخاب ژنوتیپ‌هایی با عملکرد بیشتر تحت شرایط تنش و عدم تنش رطوبتی، مؤثرتر بود.

REFERENCES

1. Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D. & Smith, M. (1998). Crop evapo-transpiration guidelines for computing crop water requirements. *Irrigation and Drainage, 300 pp.*
2. Amaral Junior, A.T., Freitas Junior, S.P., Rangel, R.M., Pena, G.F., Ribeiro, R.M., Morais, R.C. & Schuelter, A.R. (2010). Improvement of a popcorn population using recurrent selection program carried out in two different environments. *Genetics and MolecularResearch*, 9(1), 340-347.
3. Arabi, A.A., Kashif, M. & Ahmad, D. (2008). Study of genetic architecture of quantitative traits in hulless barley genotypes. *Journal of Plant Genetic*, 17, 144–151.
4. Asghar, M. J. & Mehdi, S. S. (2010). Selection indices for yield and quality traits in sweet corn. *Pakistan. Journal of Botany*, 42(2), 775-789.
5. Asif, M., Mujahid, M. Y., Ahmad, I., Kisana, N. S, Asim, M. & Mustafa, S. Z. (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.
6. Baker, R. J. (1986). *Selection indices in plant breeding*. Boca Raton, FL, CRC Press. 218 pp.
7. Bernardo, R. & Yu, J. (2007). Prospects for genome wide selection for quantitative traits in maize. *Crop Science*, 47, 1082-1090.
8. Biswas, B.K., Hasanuzzaman, M., El-Taj, F., Alam, M.S. & Amin, M.R. (2001). Simultaneous selection for fodder and grain yield in sorghum. *Journal of Biological Science*, 1, 321-323.
9. Dane, J. H., Walker, R. H., Kamwe, L.B. & Belcher, J. L. (2006). Tall fescue and hybrid bluegrass response to soil water metric head limits. *Agricultural and Water Management,* 86, 177-186.
10. Elgin, J. H., Hill, R. R. & Zeiders, K. E. (1970). Comparison of four methods of multiple trait selection for five traits in alfalfa. *Crop Science*, 10,190-193.
11. Eshghi, R. & Akhundova, E. (2010). Genetic diversity in hulless barley based on agromorphological traits and RAPD markers and comparison with storage protein analysis. *African Journal of Agricultural Research*, 5, 097–107.
12. Falconer, D.S. (1989). *Introduction to Quantitative Genetics*. Longman Group Ltd., London.
13. Finne, M. A., Rognli, O. A. & Schjelderup, I. (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.
14. Hayes, H. K., (2007). *Methods of Plant Breeding*. Kosta Press
15. Hazel, L. (1943). The genetic basis for constructions selection indices. *Genetics,* 28, 476-490.
16. Imani, A. A, Jafari, A. A., Chokan, R., Asgari, A. & Darvish, F. (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)
17. Jafari, A., Connolly, V. & Walsh, E. J. (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.
18. Jaradat, A. A., Shahid, M. A. & Al-Maskri, A. (2004). Genetic diversity in the Batini barley landrace from Oman: II. Response to salinity stress. *Crop Science,* 44, 997-1007.
19. Jiang, Y. & Huang, B. (2001). Drought and heat stress injury to two cool-season turfgrass in relation to antioxidant metabolism and lipid peroxidation, *Crop Science,* 41, 436-442.
20. Majidi, M. M., Mirlohi, A., & Amini, F., (2009). Genetic variation, heritability and correlations of agro-morphological traits in tall fescue (*Festuca arundinacea* Schreb.). *Euphytica*. 167, 323-331.
21. Monirifar, H. (2010). Evaluation of selection indices for Alfalfa (*Medicago sativa* L.). *Notulae Scientia Biologicae*. 2(1), 84-87.
22. Pesek, J. & Baker, R. J. (1969). Desired improvement in relation to selection indices. *Canadian Journal Plant Science,* 49, 803-804.

23. Pomogaibo, V. M (1981). Path analysis of yield components in hybrid lucerne. Sel'skokhozyaistvennaya opytnaya stantsiya, Poltava, Ukrainian SSR. *Genetika, USSR*, 17,1473-1478.
24. Rabiei, B., Valizadeh, M., Gharayazie, B. & Moghaddam, M. (2004). Evaluation of selection indices for improving rice grain shape. *Field Crops Research*, 89, 359-367.
25. Smith, H. F. (1936). A discriminant function for plant selection. *Annals of Eugenenics*, 7, 240-250.
26. Ud-Din, N., Carver, B. F. & Clutter, A. C. (1992). Genetic analysis and selection for wheat yield in drought-stressedand irrigated environments. *Euphytica*, 62: 89-96.
27. Verma, A. K., Vishwakarma, S.R. & Singh, P.K. (2007). Genetic architecture for yield and quality component traits over two environments in barley (*Hordeum vulgare* L.). *Barley Genetic Newsletter*, 37, 24–28**.**
28. Williams, J. S. (1962). The evaluation of a selection index. *Biometrics*, 18, 375-393.
29. Xie, C., Xu, S. & Mosjidis, J. A. (1997). Multistage selection indices for maximum genetic gain and economic efficiency in red clover. *Euphytica*, 98, 75–82.
30. Yosaf, M. (1977). The use of selection indices in maize (*Zea mays* L.). In: Muhammed, A., Aksel, R. & Von Borstel, R.C. (Eds.), *Genetic Diversity in Plants*, Plenum Press, New York, pp. 259.
31. 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.