

## صفات مهم در گزینش جمعیت‌های سورگوم جارویی برای عملکرد جارو

حسن منیری‌فر

دانشیار، بخش تحقیقات زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان شرقی، سازمان

تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تبریز، ایران

(تاریخ دریافت: ۹۵/۰۸/۲۶ - تاریخ پذیرش: ۹۶/۰۲/۳۰)

### چکیده

به منظور ارزیابی هفت توده بومی سورگوم جارویی و تعیین صفات مؤثر در گزینش نژادگان (ژنوتیپ) های برتر از نظر عملکرد جارو، آزمایشی طی دو سال ۱۳۹۳ و ۱۳۹۴ در مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان شرقی اجرا شد. تجزیه واریانس داده‌های اندازه‌گیری شده مربوط به جمعیت پایه در سال ۱۳۹۳ نشان داد، بین جمعیت‌های مورد بررسی از نظر بیشتر صفات مورد ارزیابی اختلاف معنی‌داری وجود دارد. در جمعیت ناشی از نژادگان‌های برتر، در میانگین بسیاری از صفات نسبت به جمعیت پایه اختلاف معنی‌دار مشاهده شد. بیشترین و کمترین برآورد وراثت‌پذیری به ترتیب با ۸۹ و ۴۱ درصد برای صفات قطر ساقه و شمار برگ برآورد شد. تجزیه علیت در مرحله پس از برداشت، نشان داد که صفات وزن تر ساقه، طول برگ پرچم و قطر ساق گل (پدانکل)، تأثیر مستقیم معنی‌داری بر عملکرد گل‌آذین یا خوشه (پانیکول) دارند که وزن تر ساقه را می‌توان به‌عنوان مهم‌ترین صفت در گزینش عملکرد جارو تلقی کرد. در تجزیه علیت برای عملکرد گل‌آذین در شرایط پیش از برداشت از مزرعه و بدون نیاز به اندازه‌گیری وزن ساقه و طول گل‌آذین و قطر ساق گل، بیشترین اثر مستقیم به ترتیب با مقادیر ۰/۵۵۹، ۰/۲۳۱، ۰/۱۹۱ و ۰/۰۹۰ متعلق به صفات طول برگ پرچم، شمار برگ، قطر ساقه و ارتفاع بوته بود. به نظر می‌رسد برای صرفه‌جویی در هزینه‌ها در مراحل اولیه گزینش و پیش از برداشت سورگوم جارویی از مزرعه، می‌توان از معیار طول برگ پرچم برای گزینش نژادگان‌های برتر استفاده کرد.

واژه‌های کلیدی: تجزیه علیت، رگرسیون، سورگوم جارویی، وراثت‌پذیری.

## Important traits in broom sorghum selection for broom yield

Hasan Mounirifar

Associate Professor, Horticulture & Crops Research Department, East Azarbaijan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Tabriz, Iran.

(Received: November 16, 2016 - Accepted: May 20, 2017)

### ABSTRACT

In order to evaluate seven native broom sorghum populations and determine effective traits on broom yield, an experiment was conducted in East Azarbaijan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Tabriz, Iran, in 2014 and 2015 cropping seasons based on randomized complete block design. Analysis of variance showed that there were significant differences among population in 2014 for most traits. The resulted population from selected genotypes had superiority in the mean of many traits. High and low heritability-%89 and %41 - was observed for shoot diameter and leaf number traits, respectively. Path analysis showed shoot fresh weight, flag leaf lengths and peduncle diameter traits had positive significant direct effect on panicle weight. It seems shoot fresh weight can be considered as very important traits in broom yield selection. Path analysis for panicle yield of broom sorghum in pre harvesting from farm or before flowering condition- no need to measure shoot weight, panicle lengths and peduncle diameter- indicated the most positive direct effect belonged to flag leaf lengths, leaf number, shoot diameter and plant height traits, 0.559, 0.231, 0.191 and 0.090, respectively. Therefore, it seems in the early stages of selection and to save cost in plant breeding projects, flag leaf lengths can be considered as a practical index for selecting promising broom sorghum genotypes.

**Keywords:** Broom sorghum, heritability, path analysis, regression.

## مقدمه

سورگوم زراعی با نام علمی *Sorghum bicolor* (L) Moench گیاهی از خانواده غلات است. سورگوم از نظر اهمیت در بین غلات در جهان پس از گندم، برنج، ذرت و جو در مقام پنجم قرار دارد، بنابراین پنجمین غله مهم جهان بوده و مهم‌ترین کشورهای تولیدکننده آن هند، چین و روسیه هستند (Wong *et al.*, 2009). سورگوم با شرایط آب و هوایی ایران به‌ویژه مناطق گرم و خشک و معتدل آن سازگاری خوبی دارد. از سورگوم به‌طور عمده به‌عنوان غذا برای انسان، دام، ساخت بعضی مواد و همچنین برای ساخت جارو استفاده می‌شود (Dahlberg & Wolfrum, 2011).

سورگوم جارویی با نام علمی *Sorghum bicolor* var. *technicum* گیاهی به ارتفاع ۱ تا ۵ متر است و خوشه‌چه‌های قهوه‌ای تیره مایل به قرمز داشته که به دلیل داشتن خوشه‌های طویل با انشعاب‌های زیاد به‌منظور تهیه جارو و دانه کشت می‌شود (Emam, 2003). آماری از میزان سطح زیر کشت و تولید سورگوم جارویی در کشور ایران وجود ندارد ولی سطح زیر کشت و میزان تولید آن در منطقه میانه استان آذربایجان شرقی به ترتیب ۱۳۰۰ هکتار و ۶۴۵۰ تن است.

سورگوم نخستین بار در آفریقا اهلی شده است (Kimber, 2000)، اما تاریخ اهلی شدن سورگوم جارویی نامشخص است (Berenji *et al.*, 2011). سورگوم‌های جارویی که امروزه شناخته شده هستند، از مبدأ و منشأ تکامل سورگوم گردآوری نشده‌اند (Weibel, 1970). سورگوم جارویی به‌طور عمده خارج از آفریقا کشت می‌شود. در واقع پیش از آنکه دیگر سورگوم‌های زراعی به‌صورت مستقیم و یا غیرمستقیم از قاره آفریقا معرفی شوند، سورگوم جارویی در آمریکا و اروپا کشت و استفاده می‌شد (Doggett, 1988).

یکی از کاربردهای صنعتی سورگوم، استفاده از آن برای ساختن جارو است (Dahlberg & Wolfrum, 2011). ساقه‌های سورگوم جارویی بلند و بدون مواد قندی است. گل‌آذین آن محور کوتاه ولی با انشعاب‌های جانبی خیلی طویل داشته و مورد استفاده

جارویی دارد (Sikora & Berenji 2008; Arunkumar *et al.*, 2004). یازده رقم سورگوم جارویی در صربستان اصلاح و معرفی شده‌اند (Sikora & Berenji, 2010). رقم‌های دورگ (هیبرید) سورگوم جارویی تولید شده است ولی امروزه چندان در مقیاس گسترده‌ای کشت نمی‌شوند (Carter *et al.*, 2016).

در ایالات متحده آمریکا، رقم‌های سورگوم جارویی در سه گروه استاندارد، پاکوتاه غربی (Western Dwarf) و پاکوتاه ویسک (Whisk Dwarf) طبقه‌بندی می‌شوند. Black Spanish، Evergreen و California Golden از رقم‌های رایج سورگوم جارویی از طبقه استاندارد هستند. در رقم‌های پاکوتاه غربی بخش گل‌آذین، اتصال به نسبت ضعیف‌تری به ساقه دارد و به هنگام برداشت، به‌آسانی می‌توان از ساقه اصلی جدا کرد. رقم‌های Evergreen Dwarf، Scarborough و Black Spanish Dwarf از این طبقه در مناطق خشک غرب ایالات متحده آمریکا کشت می‌شوند. رقم Jap یا Whisk Dwarf تنها رقم رایج از طبقه پاکوتاه ویسک است (Carter *et al.*, 2016).

سورگوم سازگاری گسترده‌ای دارد و رقم‌های بومی منبع ارزشمندی برای اصلاح صفات ریخت‌شناختی (مرفولوژیکی) و فیزیولوژیکی هستند (Godbharle *et al.*, 2010). درک بهتر از تنوع ژنتیکی موجود در ذخایر توارثی (ژرم‌پلاسما)، چگونگی نگهداری و حفظ آن‌ها، استفاده و گزینش از آن‌ها را ارتقا خواهد بخشید. همچنین استفاده از رقم‌های سازگار محلی نقش مهمی در اصلاح رقم‌های جدید و کشاورزی پایدار دارد (Morris *et al.*, 2013).

بسیاری از رقم‌های بومی سورگوم از بین رفته و یا به دلیل اثرگذاری سوء محیطی و انسانی در معرض نابودی هستند (Teshome *et al.*, 1997). برای اصلاح رقم‌های جدید، جمعیت پایه می‌بایست از نظر صفت مورد نظر میانگین و واریانس ژنتیکی زیادی داشته باشد (Cox & Frey, 1984). وجود تنوع ژنتیکی کافی به‌عنوان یک ضرورت برای اصلاح هر گیاه زراعی است. ارزیابی دقیق تنوع در ذخایر توارثی پایه، طراحی و برنامه‌ریزی برای اصلاح یک گیاه زراعی باهدف‌های

و برای دیگر صفات بالا بود. به‌طور کلی نتایج پژوهش آنان نشان داد، برای همه صفات به جزء عملکرد دانه نشان‌دهنده سهم بالای اجزای افزایشی در کنترل ژنتیکی و مبین موفقیت انتخاب مستقیم برای آن‌ها است. هدف از انجام این پژوهش، ارزیابی توده‌های بومی سورگوم جارویی مورد کشت در منطقه آذربایجان از نظر عملکرد جارویی و تعیین صفات مؤثر در گزینش نژادگان‌های برتر بود.

### مواد و روش‌ها

این تحقیق در دو سال زراعی ۱۳۹۳ و ۱۳۹۴ در ایستگاه تحقیقات کشاورزی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی آذربایجان شرقی واقع در اراضی خسروشاه انجام شد. این مرکز در ۲۰ کیلومتری جنوب شهرستان تبریز و در حاشیه جاده تبریز - آذرشهر و در موقعیت جغرافیایی ۳۷.۵۷ درجه عرض شمالی و ۴۶.۰۳ درجه طول شرقی از نصف‌النهار گرینویچ واقع شده است. در منطقه اجرای طرح، بافت خاک لوم رسی بود و ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک در بلوک‌های آزمایش در جدول ۱ ارائه شده است. آزمایش به‌صورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار انجام شد. هفت جمعیت بومی که از نقاط مختلف منطقه آذربایجان گردآوری شده بودند، در این پژوهش بررسی شدند. ویژگی‌های جمعیت‌های مورد بررسی در جدول ۲ ارائه شده است.

عملیات تهیه زمین شامل خاک‌ورزی اولیه با استفاده از گاوآهن برگردان‌دار با عمق شخم ۳۰ سانتی‌متری در پائیز سال پیش و با افزودن کود پوسیده دامی بر پایه ۲۰ تن در هکتار انجام شد. در فصل بهار پیش از کاشت نیز عملیات خاک‌ورزی ثانویه که شامل دیسک زنی و تسطیح زمین مورد نظر بود انجام شد بر پایه آزمون خاک، ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود فسفات آمونیوم در پائیز پیش از کاشت به زمین داده شد و با دیسک زیر خاک قرار گرفت. کود نیتروژن از نوع اوره به میزان ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار پیش از کاشت و به همین میزان به‌عنوان سرک در مرحله‌ای که ارتفاع بوته‌ها به ۴۰ - ۳۰ سانتی‌متر

بلندمدت و مبتنی بر کشاورزی پایدار را فراهم می‌کند. همچنین بررسی میزان و توزیع تنوع ژنتیکی به درک بهتر روابط تکاملی و به‌طور عملی منجر به استفاده مناسب منابع ژنتیکی در برنامه‌های اصلاحی می‌شود (Kamala et al., 2006).

*Sikora et al.* (2016) در نتایج بررسی خود اظهار کردند، سورگوم جارویی یک محصول جایگزین است که محصول آن با هدف خاصی استفاده می‌شود و اطلاعات پژوهشی در مورد محصول آن بسیار کم است.

*Bello et al.* (2007) سی رقم بومی سورگوم را

به مدت یک سال در دو محیط از نظر صفات ریخت‌شناختی ارزیابی و تنوع معنی‌داری را در بسیاری از صفات اندازه‌گیری مشاهده کردند. میزان وراثت‌پذیری عمومی برای صفاتی مانند ارتفاع بوته، طول گل‌آذین یا خوشه (پانیکول) و شمار برگ در هر بوته بیشتر بود و نسبت به گزینش پاسخ مثبت نشان دادند. در گزارش‌های دیگری نیز میزان وراثت‌پذیری عمومی صفات ریخت‌شناختی سورگوم بالا گزارش شده است (Aba et al., 2001; Biswas et al., 2001).

*Tourchi & Rezai* (1996) در نتایج بررسی صفات مختلف در نژادگان (ژنوتیپ‌های متفاوت سورگوم گزارش کردند، میانگین مربعات نژادگان‌ها برای همه صفات اندازه‌گیری شده معنی‌دار است. آنان گزارش کردند، ضریب‌های همبستگی ژنتیکی بین عملکرد دانه و طول خوشه، ارتفاع بوته، وزن حجمی و متوسط وزن خوشه مثبت و معنی‌دار است. نتایج تجزیه علیت و رگرسیون چند متغیره خطی نشان داد، اثر مستقیم وزن خوشه بر عملکرد دانه مثبت و بالاست. آنان همچنین نتیجه گرفتند، وزن خوشه مهم‌ترین جزء عملکرد دانه در سورگوم به شمار آمده و افزایش عملکرد دانه از راه گزینش برای آن امکان‌پذیر است.

*Navabpoor & Rezai* (1996) در برآورد فراسنجه (پارامتر)‌های ژنتیکی برای عملکرد دانه و دیگر ویژگی‌های وابسته در سورگوم نشان دادند که وراثت‌پذیری عمومی عملکرد دانه متوسط و برای دیگر صفات بالا بود. قابلیت توارث خصوصی برای عملکرد دانه پایین، در مورد وزن خوشه و وزن حجمی متوسط

سانتی‌متر ارتفاع داشتند، انجام شد. در مرحله رشدی هیچ‌گونه بیماری و آفتی مشاهده نشد، از این‌رو هیچ‌گونه عملیات مبارزه‌ای انجام نشد. عملیات برداشت با به زردی گراییدن رنگ برگ‌ها که عمده‌ترین نشانه توقف مرحله تولید و انتقال اسمیلات است، انجام شد. به‌منظور حذف اثر حاشیه‌ای، ردیف‌های کناری و ۰.۵ متر از آغاز و انتهای ردیف به‌عنوان اثر حاشیه در نظر گرفته شد و از آن‌ها بوته انتخاب نشد. از هر واحد آزمایشی دست‌کم سی بوته برتر انتخاب و پیش از گلدهی علامت‌گذاری شدند و خوشه آن‌ها برای خودگشنی و جلوگیری از ورود گرده‌های ناخواسته، با پاکت ایزوله شدند.

رسیده بودند، استفاده شد. کرت بندی مزرعه، به‌صورت دستی انجام شد. فاصله بین بلوک‌ها ۲ متر در نظر گرفته شد. در هر کرت سه ردیف کاشت با فاصله ۶۰ سانتی‌متر از هم و به طول ۸ متر و فاصله بوته‌ها روی ردیف ۲۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. کشت بذرها در سال اول در تاریخ ۱۳۹۳/۰۲/۲۶ و در یک روز انجام شد. آبیاری مزرعه بر پایه توصیه بخش تحقیقات خاک و آب مرکز نزدیک به هر ده روز یک‌بار آبیاری شد. کود اوره در دو مرحله در زمان کاشت و پس از تنک کردن (به‌صورت سرک) به زمین افزوده شد. عمل تنک کردن پس از سبز شدن و استقرار گیاهچه‌ها در مرحله شش برگی که بوته‌ها ۱۰ تا ۱۵

جدول ۱. ویژگی‌های خاک محل اجرای آزمایش

Table 1. Soil properties in the experimental site

K mg/kg	P mg/kg	N %	% T.N.V.	OM %	pH	EC dS/m	Sand %	Silt %	Clay %
411	10.8	0.81	6	0.9	7.8	3.58	48	32	20

جدول ۲. نام و ویژگی‌های جمعیت‌های سورگوم جارویی مورد بررسی

Table 2. Names and collection sites of broom sorghum populations used for evaluation

Population Number	Population Name	Latitude	Longitude	Altitude
1	Meyane- Gharava	37.13.38	47.45.14	1131
2	Meyane	37.22.56	47.47.44	1070
3	Meyane- Neghlan	37.33.36	47.36.03	1387
4	Meyane	37.27.55	47.40.35	1159
5	Jolfa- Dozal	38.55.45	46.37.59	388
6	Meyane	37.14.52	47.46.02	1077
7	Horand- Majidabad	38.41.17	47.18.33	1294

هر سال، مفروض‌های تجزیه واریانس شامل نرمال بودن خطاهای آزمایش، یکنواختی واریانس‌ها و غیر افزایشی بودن اثر تیمار و تکرار و همچنین مفروض‌های تجزیه رگرسیون بررسی و همه مفروض‌ها برقرار بودند. به‌منظور تشبیت خطای نوع اول در سطح احتمال مورد نظر، در آغاز تجزیه واریانس چند متغیره<sup>۱</sup> (MANOVA) انجام گرفت. آنگاه برای همه صفات مورد اندازه‌گیری تجزیه واریانس تک متغیره در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی انجام پذیرفت (خلاصه نتایج گزارش شده است). با توجه به امید ریاضی اجزای واریانس، واریانس ژنتیکی صفات

بوته‌های منتخب به‌صورت جداگانه برداشت و خرمن‌کوبی شدند. در بوته‌های علامت‌گذاری شده و پس از برداشت، صفات ارتفاع بوته (سانتی‌متر)، طول گل‌آذین (سانتی‌متر)، قطر ساق گل (میلی‌متر)، طول و عرض برگ پرچم (سانتی‌متر)، شمار برگ، قطر ساقه (میلی‌متر)، قطر شاخه یا انشعاب (ریسم) (میلی‌متر)، شمار شاخه، وزن تر بوته و وزن گل‌آذین (گرم) اندازه‌گیری شد. قطر ساقه از ۵ سانتی‌متری محل برش اندازه‌گیری شد. قطر ساقه، گل‌آذین و قطر شاخه‌ها با کولیس دیجیتال اندازه‌گیری شد. بوته‌ها از ارتفاع ۵ سانتی‌متری از سطح زمین برداشت شدند و بی‌درنگ عملکرد تر آن‌ها توزین شد. پس از گردآوری داده‌ها در

1. Multivariate ANOVA

موجود آن در مناطق مختلف کشور تنوع قابل توجهی در صفات مختلف وجود دارد. نتایج به دست آمده از آزمون لون برای یکنواختی واریانس گروه‌های جمعیتی در جدول ۴ ارائه شده است. در مقایسه میانگین گروه‌های جمعیتی از نظر صفاتی که آزمون لون در مور آن‌ها معنی‌دار بود، به جای آزمون  $t$  از آزمون  $t^2$  استفاده شد (جدول ۵). مقایسه میانگین گروه‌های جمعیتی - جمعیت‌های پایه و منتخب - در دو سال در جدول ۵ ارائه شده است. جمعیت منتخب اول (S. 2014) از نظر میانگین مقادیر صفات ارتفاع بوته، طول برگ پرچم و شمار برگ نسبت به جمعیت پایه آن سال (P. 2014) در سطح احتمال ۵ درصد و از نظر صفات وزن گل‌آذین و وزن تر ساقه در سطح احتمال ۱ درصد اختلاف معنی‌دار داشت ولی در دیگر صفات بین جمعیت منتخب و جمعیت پایه اختلاف معنی‌دار مشاهده نشد (جدول ۵). با کاشت نژادگان‌های منتخب ۱۳۹۳، جمعیت ۱۳۹۴ به دست آمد. جمعیت (P. 2015) نسبت به جمعیت سال ۱۳۹۳ (P. 2014)، به جزء میانگین صفات عرض برگ پرچم و شمار شاخه در دیگر میانگین صفات اندازه‌گیری شده اختلاف معنی‌دار نشان داد. بیشترین افزایش در وزن ساقه و وزن گل‌آذین و به ترتیب ۱۴۱ و ۱۱۸ درصد مشاهده شد (جدول ۵). میزان افزایش معنی‌دار مشاهده شده در مقادیر صفات طول برگ، طول گل‌آذین، قطر ساق گل، قطر ساقه، شمار برگ، قطر شاخه در گل‌آذین و ارتفاع بوته به ترتیب ۲۷/۸، ۲۷/۵، ۱۷/۶، ۱۵/۱، ۱۳/۳، ۱۲/۶ و ۹/۷ درصد بود. افزایش میزان عرض برگ در جمعیت سال ۱۳۹۴ نسبت به جمعیت ۱۳۹۳، غیر معنی‌دار و برابر ۵/۱ درصد بود. به رغم افزایش مقادیر همه صفات در جمعیت ۱۳۹۴ نسبت به جمعیت ۱۳۹۳، شمار شاخه در گل‌آذین در گل‌آذین به میزان ۲/۵ درصد ولی به طور غیر معنی‌دار کاهش نشان داد (شکل ۱). نژادگان‌های منتخب از جمعیت سال ۱۳۹۴ (S. 2015) نسبت به جمعیت پایه آن سال (P. 2015) از نظر میانگین وزن گل‌آذین در سطح احتمال ۱ درصد و از نظر میانگین صفات طول گل‌آذین، شمار برگ و وزن ساقه در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌دار نشان

اندازه‌گیری شده محاسبه و بر پایه آن وراثت‌پذیری عمومی صفات برآورد شد (Witt Hmon et al., 2013). حدود سی بوته از نژادگان‌های برتر مربوط به جمعیت پایه در سال ۱۳۹۳ بر پایه عملکرد جارویی سورگوم انتخاب شدند. بذرها منتخب مخلوط نشدند و با کاشت آن‌ها، جمعیت سال ۱۳۹۴ ایجاد شد. کاشت نژادگان‌های منتخب در ۹۴/۱/۲۵ صورت گرفت. دوباره از جمعیت مربوط به سال ۱۳۹۴ با روش سال پیش، حدود سی بوته انتخاب شدند. میانگین صفات اندازه‌گیری شده در جمعیت پایه ۱۳۹۳ (P. 2014)، گروه منتخب ۱۳۹۳ (S. 2014)، جمعیت پایه ۱۳۹۴ (P. 2015) و گروه منتخب ۱۳۹۴ (S. 2015) با آزمون  $t$  یا  $t^2$  (بنا بر نتایج آزمون یکنواختی واریانس با استفاده از آزمون لون (Levene's Test) مقایسه شدند. برای تعیین صفات مؤثر در عملکرد جارو و آسانگری گزینش نژادگان‌های مناسب از نظر صفات جارویی، از روش‌های آماری چند متغیره محاسبه ضریب‌های همبستگی و رگرسیون چندگانه گام‌به‌گام استفاده شد. برای صفاتی که به طور معنی‌دار در مدل رگرسیونی باقی‌مانده بودند، تجزیه علیت انجام یافت. برای تجزیه‌های آماری از نرم‌افزار SPSS استفاده شد و برای نمایش روند تغییرات صفات با استفاده از نرم‌افزار EXCEL نمودار رسم شد.

### نتایج و بحث

تجزیه واریانس داده‌های اندازه‌گیری شده مربوط به جمعیت پایه در سال ۱۳۹۳ نشان داد، بین جمعیت‌های مورد بررسی به غیر از طول گل‌آذین، قطر ساق گل و شمار و قطر شاخه در گل‌آذین در دیگر صفات مورد ارزیابی اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد وجود دارد (جدول ۳). این موضوع نشان داد، تنوع ژنتیکی کافی میان جمعیت‌های مورد بررسی برای گزینش وجود دارد و می‌توان از آن در برنامه‌های اصلاحی برای گزینش نژادگان‌های برتر بهره جست. Abbasi & Nakhfroush (2007) در بررسی و غربال توده‌های سورگوم موجود در بانک ژن گیاهی ملی ایران، ادعان کردند اگرچه منشأ و خاستگاه سورگوم کشور ایران نیست ولی در ذخایر توارثی

دادند (جدول ۵). که گویای کاهش تنوع در نژادگان‌های منتخب به دلیل اعمال گزینش بود.

جدول ۳. میانگین، اشتباه استاندارد و میانگین مربعات صفات مختلف در دو سال در جمعیت‌های سورگوم جارویی

Table 3. Means, standard error and mean squares of different traits in broom sorghum populations in two years

Population	Year	Traits					
		Plant Height (cm)	Panicle Length (cm)	Flag Leaf Length (cm)	Flag Leaf Width (cm)	Leaf Number	Shoot Diameter (mm)
1	1393	60.3±4.67	28.5±2.68	20.5±1.00	9.6±0.49	6.0±0.38	12.2±1.06
	1394	77.3±2.94	37.2±2.94	34.0±0.3	9.8±0.39	7.1±0.37	15.4±1.02
2	1393	95.2±4.82	27.2±1.72	24.9±1.71	9.80±0.48	6.0±0.45	13.5±0.78
	1394	99.9±4.16	34.2±2.52	33.0±3.02	10.0±0.31	6.8±0.48	14.8±0.70
3	1393	90.5±5.69	25.9±1.56	28.6±2.06	9.41±0.56	6.1±0.24	13.4±0.59
	1394	100.4±5.98	32.2±2.67	35.3±2.64	9.6±0.37	6.9±0.30	15.1±0.69
4	1393	75.9±5.6	29.5±1.81	31.0±2.02	9.0±0.91	6.4±0.28	13.9±0.87
	1394	82.6±4.39	37.3±2.74	38.3±2.66	10.5±0.42	7.1±0.30	16.2±0.88
5	1393	100.9±6.78	24.8±1.58	27.5±1.60	9.2±0.98	6.3±0.37	11.7±0.65
	1394	104.5±7.34	26.0±1.92	29.0±2.09	10.0±0.12	6.5±0.37	12.0±0.71
6	1393	70.1±3.58	28.2±1.91	28.9±1.75	9.4±0.63	6.7±0.38	16.1±1.07
	1394	88.4±3.56	40.8±2.44	42.9±2.55	10.7±0.37	7.8±0.26	18.0±0.63
7	1393	68.6±5.40	26.8±1.57	33.5±1.98	9.6±0.46	4.9±0.29	11.8±0.93
	1394	71.8±4.86	30.6±2.2	36.9±2.34	10.0±0.20	5.3±0.33	12.8±0.93
Total Mean	1393	81.4±2.33	27.2±0.68	28.4±0.76	9.70±0.14	6.0±0.13	13.2±0.33
	1394	89.3±2.03	34.7±1.01	36.3±1.05	10.2±0.17	6.8±0.13	15.2±0.32
Mean Squares	1393	**	ns	**	*	**	**
	1394	**	ns	*	ns	*	ns
Heritability (%)		81	62	71	41	68	89

\* و \*\* و ns: نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد و اختلاف غیر معنی‌دار است.

\*, \*\* and ns: significant at 5% and 1% probability levels, and non-significant, respectively.

$h^2$  (%): Broad sense heritability (%)

جدول ۳. ادامه

Table 3. Continued

Population	Year	Traits				
		Peduncle Diameter (mm)	Raceme Diameter (mm)	Raceme Number	Panicle Fresh Weight (gr)	Shoot Fresh Weight (gr)
1	1393	9.0±0.81	0.87±0.07	80.1±3.15	23.9±4.38	68.0±18.01
	1394	10.5±0.65	0.97±0.05	78.1±3.73	57.8±9.35	183.0±29.78
2	1393	9.3±0.59	0.83±0.05	86.3±3.66	23.5±1.62	70.4±7.79
	1394	10.4±0.57	0.89±0.04	85.8±3.34	48.2±7.94	148.9±24.94
3	1393	8.9±0.51	0.72±0.33	84.1±2.41	28.80±3.51	74.6±6.21
	1394	10.5±0.60	0.85±0.04	83.1±3.74	60.0±9.53	156.9±25.37
4	1393	8.1±0.52	0.78±0.03	85.6±2.71	29.7±3.51	69.0±7.83
	1394	9.8±0.63	0.90±0.04	84.0±3.81	57.1±8.32	179.1±31.76
5	1393	7.9±0.57	0.77±0.04	86.1±2.99	20.60±2.66	67.2±8.77
	1394	8.3±0.72	0.80±0.04	85.0±2.11	26.2±6.22	86.3±20.82
6	1393	9.0±0.73	0.85±0.06	87.9±1.62	30.7±2.80	63.0±4.76
	1394	11.2±0.57	0.97±0.04	87.4±2.42	87.5±9.90	245.5±30.46
7	1393	7.4±0.73	0.76±0.04	78.1±1.01	24.7±2.28	63.2±13.64
	1394	8.1±0.72	0.80±0.04	76.5±9.76	41.4±8.13	104.6±22.78
Total Mean	1393	8.5±0.24	0.79±0.01	85.9±1.99	26.1±1.15	68.1±3.60
	1394	10.0±0.24	0.89±0.01	83.7±1.49	56.9±3.56	164.6±11.01
Mean Squares	1393	ns	ns	ns	**	**
	1394	ns	ns	ns	**	**
$h^2$ (%)		62	51	50	63	82

\* و \*\* و ns: نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد و اختلاف غیر معنی‌دار است.

\*, \*\* and ns: significant at 5% and 1% probability levels, and non-significant, respectively.

$h^2$  (%): Broad sense heritability (%)

نبود اختلاف معنی‌دار برای صفات طول گل‌آذین، قطر ساق گل، قطر شاخه در گل‌آذین و شمار شاخه در گل‌آذین حفظ شد ولی وجود تنوع معنی‌دار برای صفت طول و شمار برگ به ۵ درصد کاهش یافت (جدول ۳). Sikora (2005)

در تجزیه واریانس داده‌های اندازه‌گیری شده مربوط به جمعیت به‌دست‌آمده در سال ۱۳۹۴، همسان جمعیت پایه سال ۱۳۹۳، برای صفات ارتفاع بوته، وزن گل‌آذین و وزن ساقه وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد و

در نتایج بررسی صفات ذخایر توارثی سورگوم گزارش کرد که در بین صفات مورد بررسی، عرض برگ پرچم کمترین تنوع را نشان داده است. بیشترین برآورد وراثت‌پذیری عمومی مربوط به صفت قطر ساقه بود که ۸۹ درصد برآورد شد. وزن تر ساقه و ارتفاع بوته نیز به ترتیب با ۸۲ و ۸۱ درصد، وراثت‌پذیری بیشتری نسبت به دیگر صفات نشان دادند. میزان وراثت‌پذیری برای صفات طول برگ پرچم، قطر ساق گل و شمار برگ نیز به‌عنوان اجزای مهم در عملکرد جارو نیز به ترتیب ۴۱، ۶۲ و ۶۸ درصد برآورد شد. کمترین میزان وراثت‌پذیری برای صفت شمار برگ برآورد شد (جدول ۳).

دوره‌ای برای طول خوشه، میزان وراثت‌پذیری عمومی را ۹۱ درصد برآورد کردند و Chavan *et al.* (2010) در خانواده‌های F<sub>5</sub> سورگوم، میزان وراثت‌پذیری آن صفت را ۸۷ درصد گزارش کردند. Srinivas *et al.* (2009) میزان وراثت‌پذیری عمومی طول خوشه را ۸۳ درصد و صفت وزن خوشه را ۵۵ درصد گزارش کردند. توسط برخی از محققان میزان وراثت‌پذیری بیشتر از ۹۰ درصد برای شمار شاخه‌های اصلی در هر خوشه گزارش شده است (Brown *et al.*, 2006; Chavan *et al.*, 2010; Golbharle *et al.*, 2010).

جدول ۴. نتایج آزمون لون برای یکنواختی واریانس گروه‌های جمعیتی از نظر صفات مختلف در دو سال

Table 4. Results of Leven test for equality of variances of different population groups for different traits in two years

Trait	Leven's test for equality of variances					
	P.2014 vs. S. 2014		P. 2014 vs. P. 2015		P. 2015 vs. S. 2015	
	F	Sig.	F	Sig.	F	Sig.
Plant Height (cm)	1.235 ns	0.899	17.003**	0.003	1.003 ns	0.235
Panicle Length (cm)	1.365 ns	0.562	1.065 ns	0.235	0.995 ns	0.356
Flag Leaf Length (cm)	1.132 ns	0.321	13.562**	0.005	0.959 ns	0.587
Flag Leaf Width (cm)	0.984 ns	0.206	0.999 ns	0.546	1.002 ns	0.951
Leaf Number	0.876 ns	0.304	16.536	0.001	1.362 ns	0.368
Shoot Diameter (mm)	1.001 ns	0.536	22.326**	0.001	1.123 ns	0.498
Peduncle Diameter (mm)	0.654 ns	0.645	19.632**	0.005	1.111 ns	0.652
Raceme Diameter (mm)	1.010 ns	0.123	21.003**	0.007	1.321 ns	0.298
Raceme Number	1.023 ns	0.323	1.006 ns	0.741	0.859 ns	0.654
Panicle Fresh Weight (gr)	1.132 ns	0.364	19.985**	0.000	18.632 **	0.001
Shoot Fresh Weight (gr)	1.000 ns	0.452	18.999**	0.000	17.999 **	0.000

\*\* و ns: نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد و اختلاف غیر معنی‌دار است.

\*\*and ns: significant at 1% probability level and non-significant, respectively.

جدول ۵. مقایسه‌های مستقل نژادگان‌های منتخب و جمعیت‌های سورگوم جارویی برای صفات مختلف در دو سال

Table 5. Orthogonal comparison of selected genotypes and populations of broom sorghum for different traits in two years

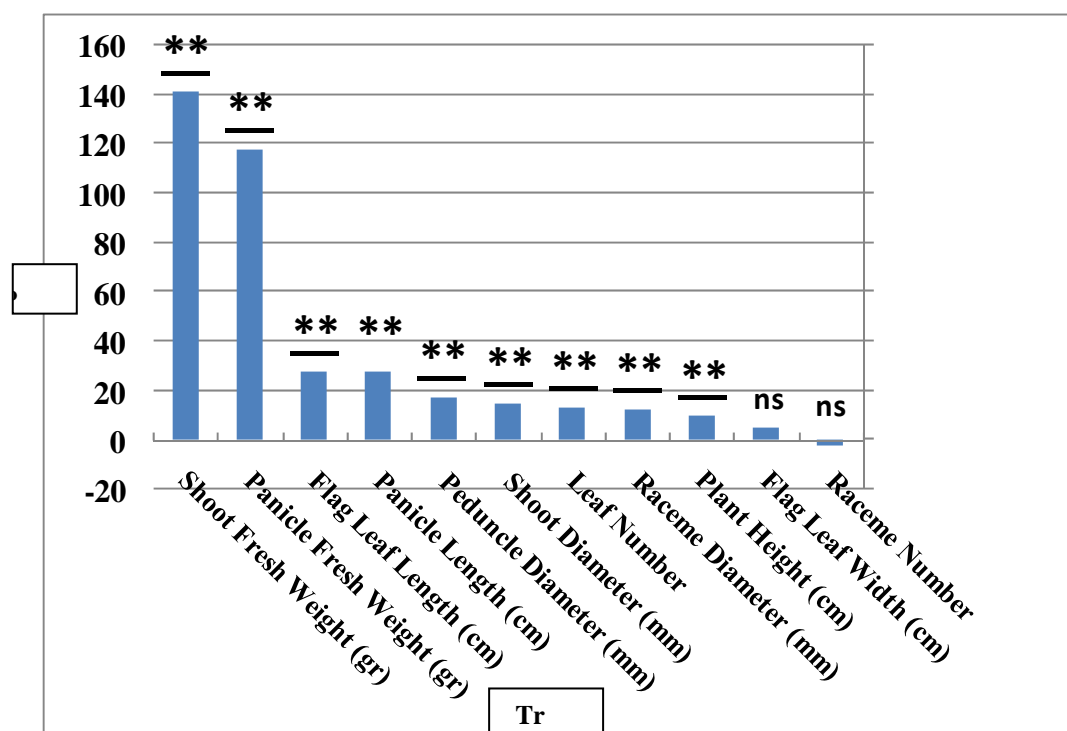
Trait	Comparisons		
	P.2014 vs. S. 2014	P. 2014 vs. P. 2015	P. 2015 vs. S. 2015
Plant Height (cm)	2.50*	9.12**	1.32 ns
Panicle Length (cm)	1.32 ns	10.19**	2.46*
Flag Leaf Length (cm)	2.46*	11.62**	1.36 ns
Flag Leaf Width (cm)	1.23 ns	1.96 ns	1.69 ns
Leaf Number	2.43*	8.15**	2.57*
Shoot Diameter (mm)	1.01 ns	6.35**	1.31 ns
Peduncle Diameter (mm)	1.21 ns	7.23**	2.50*
Raceme Diameter (mm)	1.25 ns	9.54**	1.19 ns
Raceme Number	1.00 ns	1.16 ns	1.73 ns
Panicle Fresh Weight (gr)	6.16**	10.35**	9.99**
Shoot Fresh Weight (gr)	9.63**	8.96**	2.44*

P. 2014: جمعیت پایه سال ۱۳۹۳؛ S. 2014: نژادگان‌های منتخب از جمعیت سال ۱۳۹۳؛ P. 2015: جمعیت پایه سال ۱۳۹۴؛ S.

2015، نژادگان‌های منتخب از جمعیت سال ۱۳۹۴؛ \* و \*\* و ns: نشان‌دهنده تفاوت در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد و اختلاف غیر

معنی‌داری برای آزمون t است (اعداد با زیرخط نتایج t را نشان می‌دهد).

P. 2014: Population mean in 2014; S. 2014: Selected genotypes mean in 2014; P. 2015: Population mean in 2015; S. 2015: Selected genotypes mean in 2015; vs.: Versus; \*, \*\* and ns: significant at 5% and 1% probability levels using t- test (under line shows test result) and non-significant, respectively.



شکل ۱. درصد افزایش در مقادیر صفات سورگوم جارویی در جمعیت سال ۱۳۹۴

Fig. 1. Improvement (%) of broom sorghum trait values in 2015

\* و \*\* و ns: نشان‌دهنده تفاوت در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد و اختلاف غیر معنی‌داری برای آزمون t است (اعداد با زیرخط نتایج t را نشان می‌دهد).

\*\* and ns: significant at 1% and probability levels using t-test (under line shows t test result) and non-significant, respectively.

۱۳۸ با بررسی Arunkumar *et al.* (2004) می‌دهد که این صفات به‌طور عمده به‌صورت ژنتیکی مهار (کنترل) می‌شوند و کمتر تحت تأثیر محیط قرار می‌گیرند (Sabiell, 2015).

در این پژوهش میزان وراثت‌پذیری برای طول و وزن خوشه‌ها باز به ترتیب ۶۲ و ۶۳ و برای قطر و شمار شاخه‌ها در گل‌آذین نیز به ترتیب ۵۱ و ۵۰ درصد برآورد شد که این تفاوت در مقادیر وراثت‌پذیری می‌تواند به تفاوت ذخایر توارثی‌ها مربوط باشد.

Bello *et al.* (2007) با برآورد اجزای واریانس

ولی Srinivas *et al.* (2009) در نتایج بررسی‌های خود میزان وراثت‌پذیری عمومی این صفت را ۷۴ درصد و Warkard *et al.* (2008) ۵۵ درصد گزارش کردند. Brown *et al.* (2009) نیز میزان وراثت‌پذیری زیادی (۹۰٪) برای قطر شاخه‌های گل‌آذین گزارش کرد. در نتایج یک پژوهش دیگر نیز، میزان وراثت‌پذیری برای طول برگ پرچم ۸۶ درصد گزارش شده است (Sikora, 2005).

Bello *et al.* (2007) در نتایج بررسی‌های خود میزان وراثت‌پذیری عمومی برای صفات طول برگ پرچم، عرض برگ پرچم، طول خوشه‌ها، شمار برگ و ارتفاع گیاه را به ترتیب ۴۱، ۲۵، ۹۶، ۹۵ و ۹۳ درصد گزارش کردند و نتایج همسانی توسط William *et al.* (1987) برای اجزای عملکرد سورگوم پیشنهاد شده است.



عرض برگ پرچم تنها با صفات طول برگ پرچم و وزن تر ساقه همبستگی معنی‌دار نشان داد و مقادیر همبستگی آن با دیگر صفات کوچک و غیر معنی‌دار بود (جدول ۶). در تجزیه رگرسیون با همه صفات برای عملکرد خوشه، صفات عملکرد تر ساقه، طول برگ پرچم و قطر ساق گل به‌طور معنی‌دار در مدل باقی ماندند (جدول ۷A). در تجزیه علیت با صفات باقی‌مانده در مدل برای عملکرد خوشه، بیشترین اثر مستقیم مربوط به عملکرد تر ساقه بود. اثر غیرمستقیم طول برگ پرچم از طریق وزن تر ساقه بیشتر از اثر مستقیم آن بود. همچنین اثر غیرمستقیم قطر ساق گل از طریق وزن تر ساقه و طول برگ پرچم بیشتر از اثر مستقیم آن بود (جدول ۷B). با توجه به همبستگی زیاد و معنی‌دار صفات طول برگ پرچم و قطر ساق گل به وزن تر ساقه و از سوی دیگر وراثت‌پذیری بالای این صفت (۰.۸۲) و با توجه به برآزش بسیار مناسب مدل رگرسیونی ( $R^2=0.882$ , Durbin-Watson= 1.676)، به نظر می‌رسد که صفت وزن تر ساقه را می‌توان به‌عنوان مهم‌ترین صفت در گزینش عملکرد جارو تلقی کرد و گزینش برای افزایش عملکرد خوشه از راه گزینش بوته‌های با عملکرد ساقه بیشتر مورد انتظار است. در گزارش‌های چندی در اصلاح سورگوم، وزن تر ساقه به‌عنوان مهم‌ترین صفت تشخیص داده شده است (Estilal et al., 1992; Warkard et al., 2008; William et al., 1987). Sami et al. (2012) و Puspitasari et al. (2013) در نتایج بررسی‌های خود گزارش کردند، همبستگی زیاد و وراثت‌پذیری بالا گویای وجود اثر افزایشی ژن‌ها است که در این حالت با اعمال گزینش، بازده ژنتیکی زیادی مورد انتظار خواهد بود. نتایج تجزیه رگرسیون برای تجزیه علیت برای عملکرد خوشه سورگوم جارویی در شرایط پیش از برداشت از مزرعه و یا پیش از ظهور گل‌آذین و بدون نیاز به اندازه‌گیری وزن ساقه و طول خوشه و قطر پدانکول در جدول ۸ ارائه شده است. عملکرد خوشه سورگوم جارویی در شرایط پیش از برداشت از مزرعه و یا پیش از ظهور گل‌آذین و بدون نیاز به اندازه‌گیری

صفات در محیط‌های مختلف نشان دادند، برای بیشتر صفات برآورد واریانس پدیدگانی (فنوتیپی) و نژادگانی بیشتر از برآورد واریانس محیطی است، بنابراین تظاهر صفات بیشتر ناشی از نژادگان بوده و می‌توان در برنامه‌های اصلاحی استفاده کرد. این یافته‌ها در توافق با نتایج Basu (1981) و Abu-Gasim & Kambel (1985) برای صفات مختلف در نژادگان‌های سورگوم است.

مقادیر همبستگی پدیدگانی صفات اندازه‌گیری شده در جدول ۶ ارائه شده است. مقادیر همبستگی وزن گل‌آذین به جزء عرض برگ و شمار شاخه‌ها در گل‌آذین با دیگر صفات اندازه‌گیری شده در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود و بیشترین همبستگی این صفت با وزن ساقه ( $0.950^{**}$ )، با صفات طول برگ پرچم و طول گل‌آذین به ترتیب  $0.849$  و  $0.823$  همچنین همبستگی آن با صفات قطر ساق گل و قطر ساقه و شمار برگ نیز (به ترتیب  $0.732$ ،  $0.725$  و  $0.645$ ) در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۶). با توجه به مقادیر همبستگی این صفت با دیگر صفات اندازه‌گیری شده، به نظر می‌رسد حتی امکان گزینش غیرمستقیم برای افزایش وزن گل‌آذین در جمعیت سورگوم مورد بررسی فراهم است. Tourchi & Rezai (1996) همبستگی ژنتیکی و پدیدگانی صفات سورگوم را در دو محیط مساعد و نامساعد برآورد و گزارش کردند که در هر دو محیط ضرایب همبستگی ژنتیکی، بزرگ‌تر از ضرایب‌های همبستگی پدیدگانی هستند. نزدیکی ضرایب‌های همبستگی ژنتیکی و پدیدگانی به یکدیگر دلیل بر کوچکی واریانس و کوواریانس محیطی است (Estilal et al., 1992) و در آن صورت استفاده از ضرایب‌های همبستگی پدیدگانی با اطمینان بیشتری صورت می‌گیرد. Arunkumar et al. (2004) همبستگی پدیدگانی شمار شاخه‌ها در گل‌آذین با صفات ارتفاع بوته، شمار برگ و طول گل‌آذین را غیر معنی‌دار و به ترتیب  $0.093$ ،  $0.126$  و  $0.109$  گزارش کرده‌اند که با نتایج این پژوهش همخوانی دارد.

با عملکرد خوشه و عملکرد ساقه به ترتیب ۰/۸۴۹ و ۰/۸۲۴ و در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود. میزان برآزش مدل رگرسیونی نیز قابل توجه (۰/۷۷۸) بود. بنابراین، به نظر می‌رسد که در مراحل اولیه گزینش و برای صرفه‌جویی در هزینه‌های عملیات اصلاحی می‌توان از معیار طول برگ پرچم برای گزینش نژادگان‌های برتر سورگوم جارویی استفاده کرد.

وزن ساقه و طول خوشه و قطر ساق گل، بیشترین اثر مستقیم به ترتیب متعلق به صفات طول برگ پرچم، شمار برگ، قطر ساقه و ارتفاع بوته بود. اثر غیرمستقیم صفات شمار برگ، قطر ساقه و ارتفاع بوته بیشتر از اثر مستقیم این صفات برآورد شدند و هر سه صفت، بیشترین اثر غیرمستقیم را از طریق طول برگ پرچم نشان دادند (جدول ۸B). میزان وراثت‌پذیری عمومی برگ پرچم ۷۱ درصد برآورد شد. همبستگی این صفت

جدول ۶. ضریب‌های همبستگی ساده صفات مورد ارزیابی در جمعیت‌های سورگوم جارویی

Table 6. Correlation coefficients of traits in populations of broom sorghum

Trait Number	Trait	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	Plant Height (cm)	1	0.363*	0.307*	-0.225 <sub>ns</sub>	0.424**	0.172 <sub>ns</sub>	0.301*	0.252 <sub>ns</sub>	-0.066 <sub>ns</sub>	0.393*	0.403**
2	Panicle Length (cm)		1	0.818**	0.095 <sub>ns</sub>	0.586**	0.655**	0.638**	0.557**	0.141 <sub>ns</sub>	0.823**	0.859**
3	Flag Leaf Length (cm)			1	0.284**	0.474**	0.671**	0.668**	0.576**	0.008 <sub>ns</sub>	0.849**	0.824**
4	Flag Leaf Width (cm)				1	-0.019 <sub>ns</sub>	0.239 <sub>ns</sub>	-0.046 <sub>ns</sub>	0.236 <sub>ns</sub>	-0.110 <sub>ns</sub>	0.182 <sub>ns</sub>	0.345*
5	Leaf Number					1	0.568**	0.574**	0.449**	-0.013 <sub>ns</sub>	0.645**	0.700**
6	Shoot Diameter (mm)						1	0.843**	0.563**	0.031 <sub>ns</sub>	0.725**	0.739**
7	Peduncle Diameter (mm)							1	0.532**	0.062 <sub>ns</sub>	0.732**	0.746**
8	Raceme Diameter (mm)								1	-0.192 <sub>ns</sub>	0.581**	0.631**
9	Raceme Number									1	0.104 <sub>ns</sub>	0.114 <sub>ns</sub>
10	Panicle Fresh Weight (gr)										1	0.950**
11	Shoot Fresh Weight (gr)											1

\* و \*\*: نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد و اختلاف غیر معنی‌دار است.

\*, \*\* and ns: significant at 5% and 1% probability levels, and non-significant, respectively.

• درجه آزادی برابر ۱۸۷ است.

• The d.f. is 187.

جدول ۷. تجزیه رگرسیون (A) و ضریب‌های علیت (B) برای عملکرد جارو در جمعیت‌های سورگوم جارویی پس از برداشت از مزرعه

Table 7. Regression analysis (A) and phenotypic path coefficient (B) of broom yield and its components in broom sorghum populations after harvesting

A:					
	Sum of Squares	df	Mean of Squares	F	Sig.
Regression	336533.3	3	112177.7	404.4	0.000
Residual	51589.9	186	277.3		
Total	388123.3	189			
Model Adjusted R square	0.882				
Durbin-Watson	1.676				
B:					
Variable	Direct Effect	Indirect effect			
		Shoot Fresh Weigh (gr)	Flag Leaf Length (cm)	Peduncle Diameter (mm)	
Shoot Fresh Weight (gr)	0.726**	---	0.151	0.058	
Flag Leaf Length (cm)	0.183**	0.598	---	0.052	
Peduncle Diameter (mm)	0.078*	0.541	0.122	---	
Residual effects	0.34				

\*\* نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد است.

\*\*: significant at 1% probability level.

جدول ۸. تجزیه رگرسیون (A) و ضریب‌های علیت (B) برای عملکرد جارو در جمعیت‌های سورگوم جارویی در شرایط پیش از برداشت از مزرعه

Table 8. Regression analysis (A) and phenotypic path coefficient (B) of broom yield and its components in broom sorghum populations before harvesting condition

A:

	Sum of Squares	df	Mean of Squares	F	Sig.
Regression	69441.9	4	17360.4	216.7	0.000
Residual	14828.5	185	80.1		
Total	84270.5	189			
Model Adjusted R square	0.778				
Durbin-Watson	1.881				

B:

Variable	Direct Effect	Indirect effect			
		Flag Leaf Length (cm)	Leaf Number	Shoot Diameter (mm)	Plant Height (cm)
Flag Leaf Length (cm)	0.559**	---	0.109	0.128	0.027
Leaf Number	0.231**	0.265	---	0.108	0.038
Shoot Diameter (mm)	0.191**	0.375	0.131	---	0.015
Plant Height (cm)	0.090*	0.171	0.098	0.033	---
Residual effects			0.47		

\*: نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد است.

\*\* : significant at 1% probability level.

مستقیم آن بود. به نظر می‌رسد که صفت وزن تر ساقه را می‌توان به‌عنوان مهم‌ترین صفت در گزینش عملکرد جارو تلقی کرد و گزینش برای افزایش عملکرد خوشه از طریق گزینش بوته‌های با عملکرد ساقه بیشتر مورد انتظار است. در شرایط پیش از برداشت از مزرعه و یا پیش از ظهور گل‌آذین و بدون نیاز به اندازه‌گیری وزن ساقه و طول خوشه و قطر پدانکول، چهار صفت طول برگ پرچم، شمار برگ، قطر ساقه و ارتفاع بوته به‌عنوان مهم‌ترین صفات تشخیص داده شدند. بنابراین، به نظر می‌رسد که در مراحل اولیه گزینش و برای صرفه‌جویی در هزینه‌های عملیات اصلاحی می‌توان از معیار طول برگ پرچم برای گزینش نژادگان‌های برتر سورگوم جارویی استفاده کرد.

### نتیجه‌گیری کلی

برای بیشتر صفات مورد بررسی در ذخایر توارثی پایه تنوع معنی‌دار مشاهده شد. گزینش نژادگان‌های برتر برای وزن خوشه در جمعیت پایه، توانست جمعیت جدیدی را تولید کند که در بسیاری از صفات نسبت به جمعیت اولیه برتری معنی‌داری ملاحظه شد. برای اغلب صفات میزان وراثت‌پذیری عمومی برآورد شده زیاد بود و بیشترین برآورد وراثت‌پذیری مربوط به صفت قطر ساقه وزن تر ساقه و ارتفاع بوته بود. برازش مدل رگرسیونی نشان داد، صفات عملکرد تر ساقه، طول برگ پرچم و قطر ساق گل، اثر مستقیم معنی‌داری بر عملکرد خوشه دارند و بیشترین اثر مستقیم مربوط به عملکرد تر ساقه بود. اثر غیرمستقیم طول برگ پرچم از طریق وزن تر ساقه بیشتر از اثر

### REFERENCES

1. Aba, D. A., Nwasike, C. C., Yeye, M. & Zaria, A. A. (2001). Studies on genetic variations in sorghum variety irradiated with cobalt-60 (CO60). *Crop Science*, 9: 377-384.
2. Abbasi, M. R. & Nakhfroush, A. R. (2007). Identification of salinity tolerance in sorghum germplasm in National Plant Gene Bank of Iran. *Iranian Journal of Crop Sciences*, 10(2), 191-207. (in Farsi)
3. Abu-Gasim, E. H. & Kambal, A. E. (1985). Variability and interrelationship among characters in indigenous grain sorghum of the Sudan. *Crop Science*, 11, 308-309.
4. Ali, M., Jabran, K., Awan, S., Abbas, A., Zulkiffal, E. M., Acet, T., . . . Rehman, A. (2011). Morphophysiological diversity and its implications for improving drought tolerance in grain sorghum at different growth stages. *Australian Journal of Crop Science*, 5(3), 311-320.

5. Arunkumar, B., Biradar, B. D. & Salimath, P. M. (2004). Genetic Variability and Character Association Studies in Rabi sorghum. *Karnataka Journal of Agricultural Science*, 17(3), 471-475.
6. Basu, A. K. (1981). Variability and heritability estimate from Inter-season Sorghum Cross. *Indian Journal of Agricultural Science*, 41, 116-117.
7. Bello, D., Kadams, A. M., Simon, S. Y. & Mashi, D. S. (2007). Studies on genetic variability in cultivated sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) cultivars of Adamawa State, Nigeria. *Am-Eurasian Journal of Agricultural & Environmental Science*, 2, 297-302.
8. Berenji, J., Dahlberg, J., Sikora, V. & Latkovic, D. (2011). Origin, History, Morphology, Production, Improvement, and Utilization of Broomcorn (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) in Serbia. *Economic Botany*, 65(2), 190-208.
9. Biswas, B.K., Hasanuzzaman, M., Eltaj, F., Alam, M. S. & Amin, M. R. (2001). Simultaneous selection for fodder and grain yield in sorghum. *Journal of Biological Science*, 1: 319-320.
10. Brown, P. J., Klein, P. E., Bortiri, E., Acharya, C. B., Rooney, W. L. & Kresovich, S. (2006). Inheritance of inflorescence architecture in sorghum. *Theoretical and Applied Genetics*, 10, 931-942.
11. Carter, P. R., Hicks, D. R., Kaminski, A. R., Doll, J. D., Kelling, K. A. & Worf, G. L. (2016). Broomcorn. Retrieved September 24, 2016, from <https://hort.purdue.edu/newcrop/afcm/broomcorn.html>
12. Chavan, S. K., Mahajan, R. C. & Fatak, S. U. (2010). Genetic variability studies in sorghum. *Karnataka Journal of Agricultural Science*, 23, 322-323.
13. Cox, T. S. & Frey, K., J. (1984). Genetic variation for grain yield and related traits in sorghum introgression populations. *Theoretical and Applied Genetics*, 68, 145-153.
14. Dahlberg, J. & Wolfrum, E. (2011). Compositional and agronomic evaluation of sorghum biomass as a potential feedstock for renewable fuels. *Journal of Bio based Materials and Bioenergy*, 4, 1-7.
15. Doggett, H. (1988). *Sorghum*. London: Longman Scientific & Technical.
16. Emam, Y. (2003) Cereal grain crops. Shiraz University Press. 133-142. (in Farsi)
17. Estilai, A., Ehdaie, B., Nagavi, H., Dierig, D. A., Ray, D. T. & Thompson, A. E. (1992). Correlations and path analysis of agronomic traits in guayule. *Crop Science*, 32, 953-957.
18. Godbharle, A. R., More, A. W. & Ambekar, S. S. (2010). Genetic variability and correlation studies in elite 'B' and 'R' lines in Kharif sorghum. *Electronic Journal of Plant Breeding*, 1, 989-993.
19. Hmon, K. P. W., Shehzad, T. & Okuno, K. (2014). QTLs underlying inflorescence architecture in sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) as detected by association analysis. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 61, 1545-1564. doi: 10.1007/s10722-014-0129-y
20. Kamala, V., Bramel, P. J., Sivaramakrishnan, S., Chandra, S., Kannan, S., Harikrishna, S. & Manohar Rao, D. (2006). Genetic and phenotypic diversity in downy-mildew-resistant sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) germplasms. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 53, 1243-1253.
21. Kimber, C. T. (2000). Origins of Domesticated Sorghum and its Early Diffusion to India and China. In C. W. Smith. & R. A. Frederiksen (Eds.), *Sorghum: Origin, History, Technology, and Production* (pp. 3-98). New York: John Wiley & Sons Inc.
22. Morris, G. P., Ramu, R., Deshpande, S. P., Hash, C. T., Shah, T., Upadhyaya, H. D., . . . Kresovich, S. (2013). Population genomic and genome-wide association studies of agroclimatic traits in sorghum. *Proceeding of National Academy of Sciences*, 110(2), 453-458.
23. Navabpoor, S. & Rezaei, A. (1996). Estimate of genetic parameters in grain yield in related traits in sorghum. *Iranian Journal of Agricultural Science*, 27(2), 77- 87. (In Farsi)
24. Puspitasari, W., Human, S., Wirnas, D. & Trikoesoemaningtyas, T. (2012). Evaluating genetic variability of sorghum mutant lines tolerant to acid soil. *Atom Indonesia*, 38, 83-88.
25. Sabiel, S. A. I., Noureldin, I., Baloch, S. K., Baloch, S. U. & Bashir, W. (2015). Genetic variability and estimates of heritability in sorghum (*Sorghum bicolor* L.) genotypes grown in a semiarid zone of Sudan. *Archives of Agronomy and Soil Science*. doi:10.1080/03650340.2015.1039522
26. Sami, R. A., Yeye, M. Y., Ishiyaku, M. F. & Usman, I. S. (2013). Heritability studies in some sweet sorghum (*Sorghum Bicolor*. L. Moench) genotypes. *Journal of Biology, Agriculture and Healthcare*, 3, 49-51.
27. Sikora, V. (2005). Variability in germplasm of broomcorn (*Sorghum bicolor* (L.) Moench). (Ph.D. Diss.), University of Novi Sad, Serbia.
28. Sikora, V. & Berenji, J. (2008). Core Collection of Broomcorn (*Sorghum bicolor* [L.] Moench). Paper presented at the "Breeding 08" Conventional and Molecular Breeding of Field and Vegetable Crops, Institute of Field and Vegetable Crops, Novi Sad.
29. Sikora, V. & Berenji, J. (2010). Razvoj sortimenta sirka metlaša u Institutu za ratarstvo i povrtarstvo Novi Sad. *Field and Vegetable Crops Research*, 47(1), 363-369.

30. Sikora, V., Popovic, V., Zoric, M., Latkovic, D., Filipovic, V., Tatic, M. & Ikanovic, J. (2016). An Agro-technological characterization of south-eastern European broomcorn landraces. *Pakistan Journal of Agricultural Science*, 53(3), 1-10. doi: 10.21162/PAKJAS/16.3061
31. Srinivas, G., Satish, K., Madhusudhana, R., Nagaraja, P. R., Murali, M. S. & Seetharama, N. (2009). Identification of quantitative trait loci for agronomically important traits and their association with genic-microsatellite markers in sorghum. *Theoretical and Applied Genetics*, 118, 1439-1454.
32. Teshome, A., Baum, B. R., Fahrig, L., Torrance, J. K. & Lambert, J. D. (1997). Sorghum [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] landrace variation and classification in North Shewa and South Welo, Ethiopia. *Euphytica*, 97, 255-263.
33. Tourchi, M. & Rezai, A. M. (1996). Correlation between trait and path analysis for grain yield in sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench). *Iranian Journal of Agricultural Science*, 28(1), 73-86. (In Farsi)
34. Warkard, Y. N., Potdukhe, N. R., Dethé, A. M., Kahate, P. A. & Kotgire, R. R. (2008). Genetic variability, heritability and genetic advance for quantitative traits in sorghum germplasm. *Agricultural Science Digest*, 28, 165-169.
35. Weibel, D. E. (1970). Broomcorn. In J. S. Wall & W. M. Ross (Eds.), *Sorghum Production and Utilization*. Westport: The Avi Publishing Company.
36. William, W. T., Boundy, C. A. P. & Millington, A. J. (1987). The effect of sowing date on the growth and yield of three sorghum cultivars. *Australian Journal of Agricultural Research*, 28, 381-387.
37. Witt Hmon, K. P., Shehzad, T. & Okuno, K. (2013). Variation in inflorescence architecture associated with yield components in sorghum germplasm. *Plant Genetic Resources*, 11: 1-8.
38. Wong, J. H., Lau, T., Cai, N., Singh, J., Pedersen, J. F., Vensel, W. H., . . . Buchanan, B. B. (2009). Digestibility of protein and starch from sorghum (*Sorghum bicolor*) is linked to biochemical and structural features of grain endosperm. *Journal of Cereal Science*, 49(1), 73-82.