تنوع ژنتیکی برای برخی از صفات فیزیولوژیک و زراعی در سورگوم دانه‌ای

افشین سلطانی[۱]، عبدالمجید رضایی[۲] و محمدرضا خواجه‌پور[۲]

چکیده

در یک شرایط محیطی ویژه، شناسایی صفات فیزیولوژیک مرتبط با عملکرد دانه، که اندازه‌گیری آنها نیز آسان باشد، باعث بهبود گزینش ژنوتیپی سورگوم و بهره‌گیری از آنها در برنامه‌های اصلاحی می‌شود. این بررسی برای سنجش وراثت‌پذیری عمومی، پیشرفت ژنتیکی مورد انتظار از گزینش، و رابطه عملکرد دانه با ۱۱ صفت فیزیولوژیک مربوط به نمو، رشد رویشی، سرعت رشد، سرعت پرشدن دانه و توزیع ماده خشک در ۲۱ ژنوتیپ گوناگون سورگوم دانه‌ای انجام شد.

ژنوتیپ‌ها از نظر کلیه صفات، به استثنای عملکرد دانه، اختلاف معنی‌داری نشان دادند. وراثت پذیری عمومی صفات فیزیولوژیک از ۴۹/۶ درصد برای میانگین سرعت پر شدن دانه در واحد سطح، تا ۹۹/۴ درصد برای روز تا رسیدگی متغیر بود. پیشرفت ژنتیکی این صفات بین ۹/۲ درصد (برای میانگین روز تا انتقال از رشد رویشی به زایشی، روز تا رسیدگی، و تعداد برگ) تا ۳۹/۸ درصد (برای سرعت پر شدن دانه در واحد دانه) دامنه داشت. عموماً هم بستگی ژنتیکی و فنوتیپی صفات نموی و رشد رویشی با عملکرد دانه منفی و معنی‌دار بود، ولی سرعت رشد، سرعت پر شدن دانه، و شاخص برداشت ارتباط ژنتیکی و فنوتیپی مثبت و بسیار معنی‌داری با عملکرد دانه داشتند. با توجه به این که ضریب تنوع ژنتیکی و پیشرفت ژنتیکی مورد انتظار برای عملکرد دانه ناچیز بود، امکان استفاده از صفات فیزیولوژیک میانگین سرعت رشد، میانگین سرعت پر شدن دانه در واحد سطح، و شاخص برداشت، در گزینش غیرمستقیم برای عملکرد دانه وجود دارد. نتایج گویای این است که بهره‌گیری از صفات فیزیولوژیکی که اندازه‌گیری آنها نیز آسان باشد، در برنامه‌های به نژادی سورگوم دانه‌ای امکان‌پذیر است.

واژه‌های کلیدی: *پیشرفت ژنتیکی، وراثت پذیری، هم‌بستگی‌های ژنتیکی و فنوتیپی*

مقدمه

سورگوم یک گیاه زراعی بالقوه برای کشاورزی فاریاب و دیم، در مناطق خشک و نیمه خشک ایران است، که درباره جنبه‌های زراعی و به نژادی آن در کشور بررسی زیادی انجام نشده است، ولی در برنامه‌های به نژادی دیگر نقاط دنیا، خصوصاً از نظر

۱. استادیار زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده علوم زراعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
۲. به ترتیب استاد و دانشیار زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-01-28]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1380.5.1.11.6]

عملکرد، روز تا گلدهی، ارتفاع بوته، درجه خوابیدگی و وزن و حجم خوشه مورد توجه بوده است.

صفات فیزیولوژیک نقش مهمی در تعیین عملکرد دانه سورگوم دارند، ولی اندازه‌گیری بسیاری از این صفات راحت و آسان نیست، و از این رو در برنامه‌های به نژادی کمتر مورد توجه قرار گرفته‌اند. بدین ترتیب، یک گام مهم در گزینش و بهبود ژنتیکی در سورگوم، شناسایی صفات فیزیولوژیکی است که در یک محیط خاص، در تعیین عملکرد نقش دارند، و به سادگی قابل اندازه‌گیری می‌باشند. برای این که این صفات به عنوان معیارهای گزینش قابل استفاده باشند، لازم است تنوع ژنتیکی و وراثت پذیری آنها زیاد باشد، اندازه‌گیری آنها آسان، دقیق و زود صورت گیرد و هم بستگی ژنتیکی قوی با عملکرد دانه داشته باشند (۹ و ۱۳). در ذرت، صفاتی مثل روز تا کاکل دهی، روز تا رسیدگی، حداکثر ماده خشک غیردانه، حداکثر سطح برگ گیاه، میزان فتوسنتز برگ، شاخص برداشت و غیره از این نظر مورد توجه قرار گرفته است (۸ و ۹).

در سورگوم، حداکثر وزن خشک غیردانه و حداکثر سطح برگ در زمان گرده افشانی اتفاق می‌افتد (۲۴). از دیگر صفات مهم فیزیولوژیکی که اندازه‌گیری آنها نسبتاً آسان است، می‌توان میانگین سرعت رشد، میانگین سرعت پرشدن دانه در واحد سطح و واحد دانه، و کارایی تخصیص ماده خشک به گل آذین را نام برد. کارایی تخصیص ماده خشک به گل آذین حاصل تقسیم وزن خشک خوشه در زمان گرده افشانی، به وزن خشک کل در همین زمان است. ژنوتیپ‌هایی که از این نظر کاراتر باشند، احتمالاً دارای خوشه‌هایی سنگین‌تر و پردانه خواهند بود.

در سورگوم دانه‌ای، گزارش‌هایی درباره وراثت پذیری و هم‌بستگی بین صفات مورفولوژیک، خوشه و اجزای عملکرد وجود دارد (۱، ۲، ۳، ۴، ۵، ۱۰، ۱۱، ۱۵، ۱۷، ۱۸، ۲۱ و ۲۲)، ولی چنین گزارش‌هایی درباره صفات فیزیولوژیک نادر است.

هدف از این پژوهش برآورد میانگین‌ها، وراثت پذیری عمومی، پیشرفت ژنتیکی مورد انتظار از گزینش، و هم‌بستگی‌های ژنتیکی و فنوتیپی برخی از صفات فیزیولوژیک (که اندازه‌گیری آنها آسان است) در سورگوم دانه‌ای بوده است.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال ۱۳۷۳، در مزرعه پژوهشی دانشگاه صنعتی اصفهان انجام شد. خاک محل آزمایش دارای بافت رسی سیلتی و از سری خاک‌های لنجان است. زمین در سال قبل زیر کشت ماش بوده که برداشت نشده، و در پاییز با شخم نسبتاً عمیقی با خاک مخلوط گردید. عملیات تهیه زمین شامل شخم بهاره، دو مرتبه هرس عمود بر هم و تهیه جوی و پشته بود.

آزمایش در چارچوب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. ژنوتیپ‌های مورد بررسی شامل ۲۲ لاین برگرداننده باروری (R- لاین) بودند، که از مرکز بین‌المللی پژوهش‌های مناطق نیمه خشک گرمسیری[1] واقع در حیدرآباد هندوستان دریافت گردیدند. رنگ دانه این ژنوتیپ‌ها سفید و فرم خوشه آنها فشرده است. در آزمایش‌های قبلی در اصفهان، رسیدگی این ژنوتیپ‌ها طی فصل رشد موجود تکمیل شده بود.

کاشت به روش هیرم‌کاری با دست، در تاریخ ۲۱ اردیبهشت انجام شد. هر کرت آزمایشی شامل چهار ردیف به طول ۱۰ متر، و فاصله بین و روی ردیف به ترتیب ۵۰ و ۱۰ سانتی‌متر بود. آبیاری، کوددهی، سم‌پاشی علیه آفات و وجین علف‌های هرز بنا بر نیاز انجام شد. برای جلوگیری از خسارت گنجشک، بلافاصله پس از شروع دانه بندی، خوشه‌ها با پاکت کاغذی پوشانده شدند.

صفات مورد اندازه‌گیری عبارت بودند از:

۱. مرحله اول رشد، یعنی زمان از کاشت تا انتقال مریستم از رشد رویشی به زایشی. بدین منظور از مرحله پنج برگی به بعد، هر سه روز یک بار، پنج بوته به طور تصادفی از هر کرت نمونه‌برداری شد، وضعیت مریستم در آنها زیر بینوکولر مشاهده گردید (۱۹).

1. International Crop Research Institute for Semi-Arid Tropics

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-01-28]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1380.5.1.11.6]

۲. روز تا گرده افشانی. تعداد روز از کاشت تا زمانی که بساک‌های نیمه فوقانی خوشه در ۵۰ درصد از بوته‌های هر کرت شکوفا شدند.

۳. دوره پر شدن دانه. تعداد روز از گرده افشانی تا رسیدگی فیزیولوژیک.

۴. تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیک. تعداد روز از کاشت تا زمانی که لایه سیاه در بذرهای نیمه فوقانی ۵۰ درصد خوشه‌ها تشکیل شد (۲۵).

۵. تعداد برگ ساقه اصلی.

۶. حداکثر سطح برگ گیاه. در زمان گرده افشانی بزرگ‌ترین درازا (L) و پهنای (W) همهٔ برگ‌های ۱۰ بوته به سانتی‌متر اندازه‌گیری شد. سطح برگ با استفاده از فرمول LA=۰/۷۵LW برآورد، و سپس میانگین سطح برگ برای یک بوته حساب شد.

۷. میانگین سرعت رشد طی دوره رشد. حاصل تقسیم عملکرد بیولوژیک بر تعداد روز تا رسیدگی به گرم در مترمربع در روز.

۸. حداکثر وزن خشک غیردانه. در زمان گرده افشانی وزن خشک ۱۰ بوته اندازه‌گیری شد، سپس میانگین وزن خشک به گرم در بوته حساب شد.

۹. سرعت پر شدن دانه در واحد سطح. حاصل تقسیم عملکرد دانه بر طول دوره پر شدن دانه به گرم در مترمربع در روز.

۱۰. سرعت پر شدن دانه در واحد دانه به میلی‌گرم در دانه در روز، با استفاده از فرمول ارائه شده توسط هینریچ و همکاران (۱۴).

۱۱. کارایی تخصیص ماده خشک به گل آذین. حاصل تقسیم وزن خشک خوشه در زمان گرده افشانی بر کل وزن خشک گیاه در همین زمان.

۱۲. شاخص برداشت. حاصل تقسیم عملکرد دانه بر عملکرد بیولوژیک (صفر درصد رطوبت).

۱۳. تعداد دانه در خوشه.

۱۴. وزن صد دانه به گرم.

۱۵. عملکرد دانه. پس از حذف حاشیه در مساحتی برابر پنج مترمربع از هر کرت اندازه‌گیری شد، و بر پایهٔ ۱۴ درصد رطوبت (وزنی) به تن در هکتار تنظیم گردید.

۱۶. عملکرد بیولوژیک. پس از حذف حاشیه در مساحتی برابر ۰/۵ مترمربع به تن در هکتار برآورد گردید.

تمامی صفات، بجز عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه روی ۱۰ بوته، اندازه‌گیری شدند. شایان ذکر است که در این آزمایش به دلیل استفاده از تراکم زیاد، پنجه بارور مشاهده نشد، و تعداد پنجه‌های غیربارور نیز ناچیز بود.

برای انجام تجزیه‌های آماری، از میانگین صفات در هر کرت استفاده شد. داده‌ها مورد تجزیه‌های واریانس و کوواریانس قرار گرفتند (۲۶). اجزای واریانس، ضریب تنوع ژنتیکی، وراثت پذیری عمومی و پیشرفت ژنتیکی مورد انتظار، با استفاده از روش ارائه شده توسط جانسون و همکاران (۱۶) برآورد شد. ضرایب هم بستگی ژنتیکی و فنوتیپی نیز با استفاده از فرمول‌های ارائه شده توسط میلر و همکاران (۲۳) محاسبه گردید.

نتایج و بحث

تنوع ژنتیکی

ژنوتیپ‌های سورگوم دانه‌ای از نظر کلیه صفات، بجز عملکرد دانه، اختلاف معنی‌دار نشان دادند (جدول ۱). ضرایب تنوع فنوتیپی و ژنتیکی، برآوردهای وراثت پذیری عمومی و پیشرفت ژنتیکی مورد انتظار از گزینش، در جدول ۲ آورده شده است. ضرایب تنوع فنوتیپی برای کلیه صفات بیشتر از ضرایب ژنتیکی بود، ولی در اکثر موارد اختلاف جزئی داشتند. بنابراین، استنباط می‌شود که در برآورد این پارامترها، اثر محیط در بیشتر موارد اندک بوده است (۱۲).

از بین صفات نموی، بیشترین ضریب تنوع ژنتیکی به طول دوره پر شدن دانه، و کمترین آن به روز تا رسیدگی اختصاص داشت. به طور کلی، صفات نموی از ضرایب تنوع ژنتیکی کمی برخوردار بودند. از بین بقیه صفات فیزیولوژیک، تعداد برگ و میانگین سرعت پر شدن دانه در واحد دانه، به ترتیب کمترین و بیشترین مقادیر ضریب تنوع ژنتیکی (۵/۷۱ و ۲۳/۳۶ درصد)

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-01-28]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1380.5.1.11.6]

جدول ۱. میانگین، دامنه تغییرات، ضریب تنوع و مقدار F برای برخی صفات فیزیولوژیک، اجزای عملکرد و عملکرد در ۲۱ ژنوتیپ سورگوم دانه‌ای

صفت	دامنه تغییرات	میانگین	ضریب تنوع (درصد)	مقدار F برای ژنوتیپ‌ها
روز تا انتقال	۳۹/۰-۵۳/۰	۴۳/۴±۰/۳۹	۷/۳	۳۱/۹۹**
روز تا گرده‌افشانی	۸۵/۷-۱۱۱/۳	۹۴/۱±۰/۹۲	۷/۹	۲۰/۳۵**
دوره پرشدن دانه (روز)	۳۷/۷-۵۳/۳	۴۵/۴±۰/۶۳	۱۰/۹	۱۱/۹۱**
روز تا رسیدگی	۱۲۷/۳-۱۵۲/۳	۱۳۸/۶±۰/۹۳	۵/۳	۱۶۳/۱۴**
تعداد برگ	۱۰/۹-۱۴/۷	۱۲/۵±۰/۱۲	۸/۱	۶/۴۴**
حداکثر سطح برگ (مترمربع در بوته)	۰/۲۷-۰/۴۵	۰/۳۳±۰/۰۱	۱۷/۳	۹/۶۸**
حداکثر وزن خشک غیردانه (گرم در بوته)	۵۷/۱-۹۴/۶	۷۰/۳±۱/۶۷	۱۹/۳	۶/۸۹**
میانگین سرعت رشد (گرم در مترمربع در روز)	۱۷/۵-۲۴/۶	۱۹/۶±۰/۶۶	۲۶/۶	۱۲/۰۵**
میانگین سرعت پرشدن دانه (گرم در مترمربع در روز)	۱۵/۷-۲۷/۰	۲۱/۶±۰/۶۱	۲۲/۶	۱/۹۹**
میانگین سرعت پرشدن دانه (میلی‌گرم در دانه در روز)	۰/۳۶۱-۱/۰۳	۰/۶۰±۰/۰۲	۲۵/۱	۱۷/۶۰**
کارایی تخصیص ماده خشک به گل‌آذین (درصد)	۲/۰-۱۹/۰	۱۳/۰±۰/۰۰	۲۲/۸	۷/۴۴**
شاخص برداشت (درصد)	۲۳-۳۸	۳۱±۰/۱	۱۵/۷	۴۰/۴۰**
تعداد دانه در خوشه	۸۰۳-۲۰۳۴	۱۳۶۶±۴۳	۲۴/۶	۳/۹۶*
وزن صد دانه (گرم)	۱/۸۱-۳/۵۷	۲/۵۵±۰/۰۷	۲۰/۸	۲۰/۵۷**
عملکرد بیولوژیک (تن در هکتار)	۲۴/۳-۳۵/۴	۲۸/۵۳±۰/۵۳	۱۸/۴۱	۵/۳۴**
عملکرد دانه (تن در هکتار)	۷/۶-۱۱/۹	۹/۴۸±۰/۲۴	۲۱/۲۴	۱/۱۴

* و ** به ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد

را داشتند. به طور کلی، ضرایب تنوع ژنتیکی صفات فیزیولوژیک مربوط به رشد رویشی، سرعت رشد، سرعت پر شدن دانه و توزیع ماده خشک زیاد بود. عملکرد دانه کمترین ضریب تنوع ژنتیکی (۴/۷ درصد) را داشت.

برآورد وراثت پذیری عمومی بین ۱۷/۸۸ درصد (برای عملکرد دانه) و ۹۹/۳۹ درصد (برای روز تا رسیدگی) متغیر بود. صفات نموی از وراثت پذیری زیادی برخوردار بودند. وراثت پذیری تمام صفات نموی بیش از ۹۲ درصد بود. وراثت پذیری روز تا گلدهی در اصفهان بین ۳۹/۸ تا ۹۳ درصد گزارش شده است (۱، ۲ و ۳). به طور کلی، وراثت پذیری عمومی برای روز تا گلدهی، بسته به جامعه، ساختار فامیلی، تعداد محیط‌ها و تکرارها و تعداد بوته در هر کرت، بین ۲۵ تا ۹۰ درصد گزارش شده است (۴، ۶، ۷، ۱۱ و ۱۵).

در بین دیگر صفات فیزیولوژیک، بجز میانگین سرعت پرشدن دانه در واحد سطح با وراثت پذیری ۴۹/۶ درصد، وراثت پذیری بقیه صفات بیش از ۷۷ درصد بود. این امر نشان می‌دهد که این صفات عمدتاً کنترل ژنتیکی می‌شوند. در اصفهان، هوشمند (۳) وراثت پذیری عمومی تعداد برگ را ۳۶/۸ درصد برآورد کرده است. اما، اسوارپ و چوگاله (۲۷) وراثت پذیری زیادی (۹۸/۲ درصد) برای این صفت گزارش

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-01-28]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1380.5.1.11.6]

جدول ۲. ضرایب تنوع فنوتیپی (PCV) و ژنتیکی (GCV)، وراثت‌پذیری عمومی (H) برحسب درصد، و پیشرفت ژنتیکی مورد انتظار (GA) برای برخی صفات فیزیولوژیک، اجزای عملکرد و عملکرد در ۲۱ ژنوتیپ سورگوم دانه‌ای

صفت	PCV	GCV	H	GA[1]	GA[2]
روز تا انتقال	۵/۴۱	۵/۳۳	۹۶/۸۷	۳/۹۹	۹/۲۰
روز تا گرده افشانی	۶/۵۸	۶/۴۲	۹۵/۰۹	۱۰/۳۳	۱۰/۹۹
دوره پر شدن دانه	۱۰/۰۳	۹/۶۰	۹۱/۶۱	۷/۳۲	۱۶/۱۳
روز تا رسیدگی	۵/۲۵	۵/۲۳	۹۹/۳۹	۱۲/۷۰	۹/۱۶
تعداد برگ	۶/۳۱	۵/۷۱	۸۴/۴۷	۱/۱۵	۹/۲۱
حداکثر سطح برگ	۱۴/۷۹	۱۴/۰۰	۸۹/۶۷	۰/۰۸	۲۳/۲۷
حداکثر وزن خشک غیردانه	۱۶/۲۲	۱۴/۹۹	۸۵/۴۸	۱۷/۰۹	۲۴/۳۳
میانگین سرعت رشد	۲۴/۲۳	۲۳/۲۱	۹۱/۶۹	۷/۶۴	۳۸/۹۹
میانگین سرعت پر شدن دانه (واحد سطح)	۲۴/۲۳	۱۰/۴۰	۴۹/۶۴	۲/۷۸	۱۲/۸۶
میانگین سرعت پر شدن دانه (واحد دانه)	۲۴/۰۶	۲۳/۳۶	۹۴/۳۳	۰/۲۴	۳۹/۸۲
کارایی تخصیص ماده خشک به گل آذین	۲۰/۵۹	۱۹/۱۶	۸۶/۵۷	۰/۰۴	۳۱/۲۸
شاخص برداشت	۱۲/۱۹	۱۰/۷۰	۷۶/۹۷	۰/۰۵	۱۶/۴۷
تعداد دانه در خوشه	۲۰/۵۴	۱۷/۷۶	۷۴/۷۵	۳۶۸/۲۰	۳۶/۹۵
وزن صد دانه	۱۹/۸۲	۱۹/۳۳	۹۵/۱۵	۰/۸۴	۳۳/۰۹
عملکرد بیولوژیک	۱۰/۷۰	۸/۴۳	۶۲/۰۴	۰/۳۳	۱۱/۶۵
عملکرد دانه	۱۱/۱۱	۴/۷۰	۱۷/۸۸	۰/۳۳	۳/۴۹

۱. دیفرانسیل گزینش استاندارد شده برابر با ۱/۷۵۵ (گزینش ۱۰ درصد جمعیت) بود.
۲. برحسب درصد از میانگین

نموده‌اند. در مورد وراثت پذیری دیگر صفات مورد بررسی، در منابع علمی قابل دسترس گزارشی دیده نشد.

تعداد دانه در خوشه و وزن صد دانه نیز وراثت پذیری زیادی (به ترتیب ۷۴/۷۵ و ۹۵/۱۵ درصد) داشتند. لاتروپ و همکاران (۲۱) و کوولک و همکاران (۱۸) وراثت پذیری تعداد دانه در خوشه را ۷۶ تا ۷۹ درصد گزارش نموده‌اند. وراثت پذیری وزن دانه بین ۲۴ تا ۸۵ درصد گزارش شده است (۱۸، ۲۰، ۲۱ و ۲۷). وراثت پذیری عمومی عملکرد دانه ۱۷/۹ درصد بود. این مقدار کمتر از مقداری است که در پاره‌ای از گزارش‌ها (۱، ۲، ۳، ۱۰ و ۲۱) دیده می‌شود، ولی در محدوده ۹ الی ۵۸ درصد گزارش شده توسط دیگر پژوهشگران قرار دارد (۴، ۶، ۷، ۱۱ و ۱۵).

بیشترین مقدار پیشرفت ژنتیکی مورد انتظار از گزینش، در سرعت پر شدن دانه در واحد دانه (۰/۲۴ میلی‌گرم در دانه در روز، ۳۹/۸ درصد از میانگین)، و کمترین مقدار آن در عملکرد دانه (۰/۳۳ تن در هکتار، ۳/۵ درصد از میانگین) دیده شد. صفات نموی نیز دارای پیشرفت ژنتیکی نسبتاً کمی بودند. پیشرفت ژنتیکی مورد انتظار از گزینش، برای طول دوره پر شدن دانه ۷/۳ روز (۱۶/۱ درصد از میانگین) و برای روز تا رسیدگی ۱۲/۷ روز (۹/۲ درصد از میانگین) بود. بر پایهٔ نتایج حاصله، با شدت گزینش ۱۰ درصد می‌توان تعداد برگ، حداکثر سطح برگ و حداکثر وزن خشک غیردانه را به ترتیب ۱/۱ عدد، ۰/۰۸ مترمربع و ۱۷/۱ گرم در بوته افزایش داد. به طور کلی، پیشرفت ژنتیکی مورد انتظار از گزینش، برای صفات فیزیولوژیک (بجز

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-01-28]
[DOR: 20.1001.1.22518517.1380.5.1.11.6]

صفات نموی)، مانند ضریب تنوع ژنتیکی و وراثت پذیری عمومی زیاد بود.

عملکرد دانه که مهم‌ترین صفت اقتصادی در تولید سورگوم دانه‌ای است، کمترین پیشرفت ژنتیکی مورد انتظار از گزینش را داشت. با توجه به کمی ضریب تنوع ژنتیکی و پیشرفت ژنتیکی مورد انتظار از گزینش برای عملکرد دانه، گزینش مستقیم برای عملکرد دانه در ژنوتیپ‌های مورد بررسی نتیجهٔ چندانی به بار نخواهد آورد. بنابراین، استفاده از گزینش غیرمستقیم، یعنی گزینش بر پایهٔ یک یا چند صفت که هم بستگی ژنتیکی زیادی با عملکرد دانه داشته، و از وراثت پذیری و پیشرفت ژنتیکی مورد انتظار خوبی برخوردار باشند، لازم است. در این شرایط، عملکرد دانه نیز، به سبب هم بستگی ژنتیکی زیاد با صفت یا صفات مورد گزینش، بهبود خواهد یافت.

هم‌بستگی بین صفات

ضرایب هم‌بستگی ژنتیکی و فنوتیپی بین صفات مورد بررسی در جدول ۳ آورده شده است. ضرایب هم بستگی ژنتیکی و فنوتیپی تعداد برگ، حداکثر سطح برگ و حداکثر وزن خشک رویشی با روز تا گرده افشانی و روز تا رسیدگی، مثبت و بسیار معنی‌دار بود. این می‌رساند که ژنوتیپ‌های دیررس رشد رویشی بیشتری داشتند. به همین ترتیب، ژنوتیپ‌هایی که حداکثر وزن خشک غیردانه زیادتری داشتند، از تعداد برگ و حداکثر سطح برگ بیشتری نیز برخوردار بودند. این هم بستگی، با توجه به نقش تعداد و سطح برگ در تولید مواد فتوسنتزی، قابل پیش‌بینی است.

میانگین سرعت رشد به زودرسی یا دیررسی ژنوتیپ‌ها وابسته نبود. در آزمایش‌های تورچی (۱) و نواب‌پور (۲) نیز هم بستگی تعداد روز تا گلدهی و سرعت رشد معنی‌دار نبوده است. تعداد برگ بیشتر در ژنوتیپ‌های پربرگ به افزایش سرعت رشد نیانجامید.

ضرایب هم بستگی سرعت رشد با حداکثر سطح برگ و حداکثر وزن خشک غیردانه مثبت و بسیار معنی‌دار بود. هم‌بستگی فنوتیپی تعداد روز تا گرده افشانی و سرعت پر شدن دانه در واحد سطح و دانه معنی‌دار نشد، ولی هم بستگی ژنتیکی بین روز تا گرده افشانی و سرعت پر شدن دانه در واحد سطح منفی و معنی‌دار بود. ژنوتیپ‌هایی که دوره پر شدن دانه طولانی‌تری داشتند، از سرعت پر شدن دانه کمتری برخوردار بودند. ضرایب هم بستگی ژنتیکی و فنوتیپی بین سرعت رشد و سرعت پرشدن دانه مثبت و بسیار معنی‌دار بود. به نظر می‌رسد پتانسیل‌های سرعت رشد و سرعت پر شدن دانه در محصول هماهنگ باشند.

در شرایط این بررسی و با توجه به ضرایب هم بستگی ژنتیکی و فنوتیپی، کارایی تخصیص ماده خشک به گل آذین در زمان قبل از گرده افشانی، و کارایی تخصیص ماده خشک به دانه (شاخص برداشت) در ژنوتیپ‌های دیررس، و ژنوتیپ‌هایی که دارای رشد رویشی زیادی هستند، کمتر است. ضرایب هم بستگی ژنتیکی بین تعداد دانه در خوشه و روز تا گرده افشانی منفی و معنی‌دار بود. این رابطه احتمالاً به علت رقابت میان رشد رویشی ساقه و برگ با رشد گل آذین (که در ژنوتیپ‌های دیررس بیشتر است، جدول ۳) می‌باشد. این هم بستگی منفی با نتایج لاتروپ و همکاران (۲۲)، مبنی بر وجود هم بستگی مثبت بین دیررسی و تعداد دانه در خوشه، در تضاد است.

ژنوتیپ‌هایی که دارای رشد رویشی زیادی هستند، به علت رقابت رشد رویشی و رشد گل آذین، که در بالا به آن اشاره شد، تعداد دانه کمتری در خوشه دارند. این تعداد دانه کمتر باعث شده است که در اثر جبران اجزای عملکرد، وزن صد دانه در این ژنوتیپ‌ها زیادتر باشد. این امر در هم بستگی مثبت بین تعداد برگ، حداکثر سطح برگ و حداکثر وزن خشک غیردانه با وزن صد دانه مشهود است.

ژنوتیپ‌هایی که در قبل از گرده افشانی ماده خشک بیشتری را به گل آذین اختصاص داده‌اند، از تعداد دانه بیشتری برخوردار بودند. ضرایب هم بستگی فنوتیپی و ژنتیکی بین تعداد دانه در خوشه و وزن صد دانه منفی و بسیار معنی‌دار بود. این نتیجه با یافته‌های لاتروپ و همکاران (۲۲) و جان ارن و همکاران (۱۷) هم‌خوانی دارد.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-01-28]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1380.5.1.11.6]

جدول ۳. ضرایب هم‌بستگی ژنتیکی (بالای قطر) و فنوتیپی (پایین قطر) صفات در ۲۱ ژنوتیپ سورگوم دانه‌ای

	صفت	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳	۱۴	۱۵
۱	روز تا گرده افشانی	۱/۰۰	-۰/۰۵	۰/۸۰	۰/۶۵	۰/۷۲	۰/۷۹	۰/۱۴	-۰/۲۷	۰/۲۱	-۰/۵۱	-۰/۹۰	-۰/۳۱	۰/۱۸	۰/۶۱	-۰/۴۶
۲	دوره پرشدن دانه	-۰/۲۰	۱/۰۰	۰/۵۵	۰/۰۶	-۰/۱۱	-۰/۰۴	-۰/۲۲	-۰/۵۹	-۰/۵۸	۰/۱۳	-۰/۱۹	-۰/۰۹	-۰/۰۷	۰/۰۹	-۰/۰۵
۳	روز تا رسیدگی	۰/۷۵	۰/۴۹	۱/۰۰	۰/۴۸	۰/۵۳	۰/۵۴	-۰/۰۷	-۰/۴۹	-۰/۲۱	-۰/۴۵	-۰/۸۶	-۰/۳۱	۰/۱۰	۰/۵۶	-۰/۵۸
۴	تعداد برگ	۰/۵۸	۰/۰۹	۰/۴۷	۱/۰۰	۰/۴۰	۰/۵۲	۰/۱۲	-۰/۲۲	-۰/۱۰	-۰/۲۱	-۰/۴۵	۰/۱۰	-۰/۱۲	۰/۳۵	-۰/۲۲
۵	حداکثر سطح برگ	۰/۶۱	-۰/۰۹	۰/۴۵	۰/۴۱	۱/۰۰	۰/۸۵	۰/۴۵	-۰/۰۷	-۰/۱۸	-۰/۴۹	-۰/۶۹	-۰/۲۷	۰/۳۵	۰/۶۰	-۰/۰۵
۶	حداکثر وزن خشک غیردانه	۰/۶۴	-۰/۰۵	۰/۵۲	۰/۴۸	۰/۸۵	۱/۰۰	۰/۶۲	-۰/۲۸	۰/۲۹	-۰/۵۱	-۰/۸۶	-۰/۳۶	۰/۵۱	۰/۷۹	۰/۱۴
۷	میانگین سرعت رشد	۰/۰۹	-۰/۱۶	-۰/۰۳	۰/۰۹	۰/۴۸	۰/۵۵	۱/۰۰	۰/۷۳	۰/۳۷	-۰/۲۷	-۰/۲۱	۰/۳۳	۰/۳۴	۰/۹۴	۰/۸۳
۸	سرعت پرشدن دانه (واحد سطح)	-۰/۱۱	-۰/۵۲	-۰/۴۵	-۰/۲۰	۰/۱۷	۰/۱۳	۰/۷۲	۱/۰۰	۰/۳۸	۰/۱۰	۰/۶۹	۰/۵۵	۰/۱۱	۰/۶۰	۰/۸۸
۹	سرعت پرشدن دانه (دانه)	۰/۲۰	-۰/۵۰	-۰/۱۶	-۰/۱۰	۰/۱۴	۰/۲۸	۰/۳۷	۰/۳۵	۱/۰۰	-۰/۵۲	-۰/۱۹	-۰/۵۴	۰/۸۹	۰/۳۱	۰/۱۴
۱۰	کارایی تخصیص به گل‌آذین	-۰/۴۷	۰/۱۰	-۰/۳۶	-۰/۱۴	-۰/۳۸	-۰/۴۸	-۰/۲۷	۰/۰۳	-۰/۴۹	۱/۰۰	۰/۵۹	۰/۵۰	-۰/۶۱	-۰/۳۹	۰/۱۶
۱۱	شاخص برداشت	-۰/۷۳	-۰/۰۴	-۰/۶۳	-۰/۴۴	-۰/۶۰	-۰/۷۴	۰/۰۱	۰/۵۴	-۰/۱۴	۰/۵۰	۱/۰۰	۰/۵۸	-۰/۱۸	-۰/۲۱	۰/۷۵
۱۲	تعداد دانه در خوشه	-۰/۲۰	-۰/۰۳	-۰/۲۱	۰/۰۸	۰/۰۵	-۰/۲۹	۰/۲۳	۰/۵۲	-۰/۵۰	۰/۳۸	۰/۵۶	۱/۰۰	-۰/۸۰	۰/۱۷	۰/۶۵
۱۳	وزن صد دانه	۰/۰۲	-۰/۰۵	۰/۰۹	-۰/۱۲	۰/۳۱	۰/۴۶	۰/۲۹	۰/۰۶	۰/۸۸	-۰/۵۳	-۰/۱۱	-۰/۶۲	۱/۰۰	۰/۴۸	۰/۱۵
۱۴	عملکرد بیولوژیک	۰/۳۴	۰/۰۳	۰/۳۳	۰/۲۴	۰/۵۹	۰/۶۸	۰/۹۳	۰/۵۱	۰/۲۹	-۰/۴۰	-۰/۲۱	۰/۱۴	۰/۲۹	۱/۰۰	۰/۶۱
۱۵	عملکرد دانه	-۰/۳۴	-۰/۰۱	-۰/۲۴	-۰/۱۷	۰/۰۶	۰/۰۴	۰/۷۵	۰/۸۵	۰/۱۰	۰/۰۹	۰/۶۵	۰/۵۸	۰/۱۱	۰/۶۰	۱/۰۰

ضرایب هم بستگی بزرگ‌تر از ۰/۲۴+ و کوچک‌تر از ۰/۲۴- در سطح احتمال پنج درصد، و ضرایب هم بستگی بزرگ‌تر از ۰/۳۲+ و کوچک‌تر از ۰/۳۲- در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار می‌باشند.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-01-28]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1380.5.1.11.6]

هم بستگی‌های ژنتیکی و فنوتیپی بین روز تا گرده افشانی و عملکرد دانه منفی و بسیار معنی دار بود. در اصفهان که فصل رشد محدود است، قبلاً نیز هم بستگی منفی و معنی داری بین روز تا گلدهی و عملکرد دانه گزارش شده است (۱، ۲ و ۳). اما در گزارش‌های دیگر این رابطه مثبت بوده است (۷، ۱۱، ۱۵ و ۲۲).

تعداد برگ، حداکثر سطح برگ و حداکثر وزن خشک غیردانه فاقد هم بستگی ژنتیکی و فنوتیپی معنی‌داری با عملکرد دانه بودند، ولی ضرایب هم بستگی ژنتیکی آنها قابل توجه بود. بدین ترتیب، می‌توان نتیجه گرفت که رشد رویشی بیشتر ارتباطی با عملکرد زیاد ندارد، و یا این رابطه منفی است.

از طرف دیگر، هم بستگی سرعت رشد، سرعت پر شدن دانه و شاخص برداشت با عملکرد دانه مثبت و بسیار معنی‌دار بود؛ بدین معنا که ژنوتیپ‌هایی که دارای سرعت رشد زیادتری بوده‌اند، دانه‌های خود را با سرعت بیشتری در واحد سطح پر کرده‌اند، و ماده خشک بیشتری را به گل آذین و دانه‌ها اختصاص داده‌اند، و عملکرد دانه زیادتری نیز داشته‌اند. ضریب هم بستگی ژنتیکی و فنوتیپی تعداد دانه در خوشه با عملکرد دانه مثبت و بسیار معنی‌دار بود، که با گزارش‌های دیگر پژوهشگران هماهنگ است (۱۴، ۱۷ و ۲۲).

در مورد وزن صد دانه هم بستگی معنی‌داری با عملکرد دیده نشد. نبودن هم‌بستگی بین این دو صفت در محیط‌هایی که فصل رشد کوتاهی دارند، و در آخر فصل تنش‌هایی مثل سرما وجود دارد، گزارش شده است (۴ و ۲۷).

گفته شده که گزینش مستقیم برای عملکرد دانه نتیجه بخش نیست، و لازم است از گزینش غیرمستقیم استفاده شود. در بین صفاتی که هم بستگی ژنتیکی زیادی با عملکرد دانه دارند (یعنی روز تا گرده افشانی، روز تا رسیدگی، میانگین سرعت رشد، میانگین سرعت پر شدن دانه در واحد سطح، شاخص برداشت و تعداد دانه در خوشه)، میانگین سرعت رشد، میانگین سرعت پر شدن دانه در واحد سطح، شاخص برداشت و تعداد دانه در خوشه از وراثت پذیری و پیشرفت ژنتیکی مورد انتظار از گزینش زیادی برخوردار هستند، و می‌توان از آنها در گزینش غیرمستقیم برای افزایش عملکرد دانه سود جست.

در گزینش غیرمستقیم ممکن است از چند صفت فوق استفاده شود. برای این منظور، باید شاخص‌های گزینش به صورت معادله‌های خطی از صفات مزبور محاسبه شوند. بدین ترتیب، نتیجه گرفته می‌شود که امکان بهره‌گیری از صفات فیزیولوژیکی که اندازه‌گیری آنها نیز آسان باشد، در برنامه‌های به‌نژادی وجود دارد.

منابع مورد استفاده

۱. تورچی، م. ۱۳۷۳. ارزیابی قابلیت ترکیب پذیری عمومی لاین‌های نر عقیم سورگوم از نظر خصوصیات رشد و عملکرد دانه. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه صنعتی اصفهان.

۲. نواب‌پور، س. ۱۳۷۳. برآورد پارامترهای ژنتیکی برای عملکرد دانه و سایر خصوصیات وابسته در سورگوم. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه صنعتی اصفهان.

۳. هوشمند، س. ۱۳۷۳. تجزیه میانگین نسل‌ها برای عملکرد دانه و سایر خصوصیات وابسته در سورگوم. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه صنعتی اصفهان.

4. Ali-khan, S. T. and D. E. Weibel. 1969. Heritability and interrelationships of some agronomic characters in grain sorghum. Can. J. Plant Sci. 49: 217-218.

5. Ayana, A. and E. Bekele. 1999. Multivariate analysis of morphological variation in sorghum (*Sorghum bicolor* L.) germplasm from Ethiopia and Eritrea. Genetic Resour. Crop Evol. 46: 273-284.

6. Crook, W. I. and A. J. Casaday. 1974. Heritability and interrelationships of grain protein content with other agronomic traits of sorghum. Crop Sci. 14: 622-624.

7. Daltaon, L. G. 1967. A positive regression of yield on maturity in sorghum. Crop Sci. 7: 711-713.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-01-28]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1380.5.1.11.6]

8. Dwyer, L. M., R. I. Hamilton, H. N. Hayhoe and W. Royds. 1991. Analysis of biological traits contributing to grain yield of short-to mid-season corn hybrids. Can. J. Plant Sci. 71: 535-541.

9. Dwyer, L. M., B. L. Ma, S. Evenson and R. I. Hamilton. 1994. Maize physiological traits related to grain yield and harvest moisture in mid-to short-season environments. Crop Sci. 34: 985-992.

10. Eckebil, J. P., W. M. Ross, C. O. Gardner and J. W. Maranville. 1977. Heritability estimates, genetic correlations and predicted gains from S1 progeny test in three grain sorghum random-mating populations. Crop Sci. 17: 373-377.

11. Esechie, H. A., J. W. Maranville, and W. M. Ross. 1977. Relationship of stalk morphology and chemical composition to resistance in sorghum. Crop Sci. 17: 609-612.

12. Estilai, A. B., B. Ehdaie, H. H. Naqvi, D. A. Dierig, D. T. Roy and A. E. Thompson. 1992. Correlations and path analysis of agronomic traits in guayule. Crop Sci. 32: 953-957.

13. Hageman, R. H. and R. J. Lambert. 1988. The use of physiological traits for corn improvement. PP. 431-461. *In*: G. F. Sprague and J. W. Dudley (Eds.), Corn and Corn Improvement. 3rd ed. Agron. Monogr. 18. ASA, CSSA and SSSA, Madison, WI.

14. Heinrich, G. M., C. A. Francis, I. D. Eastin and M. Saeed. 1985. Mechanisms of yield stability in sorghum. Crop Sci. 25: 1109-1112.

15. Ibrahim, O. E., W. E. Nyquist and J. D. Axtell. 1985. Quantitative inheritance and correlations of agronomic and grain quality traits of sorghum. Crop Sci. 25: 649-654.

16. Johnson, H. W., H. F. Robinson and R. E. Comstock. 1955. Estimates of genetic and environmental variability in soybean. Agron. J. 47: 314-318.

17. Jan-orn, J., C. O. Gardner and W. M. Ross. 1976. Quantitative genetic studies of the NP3R random-mating grain sorghum population. Crop Sci. 16: 489-496.

18. Kwolek, T. F., T. E. Atkins and O. S. Smith. 1986. Comparison of agronomic characters in C0 and C4 of IAP3BR (M) random-mating grain sorghum population. Crop Sci. 26: 1126-1131.

19. Lee, D., F. C. Lammasson and J. D. Eastin. 1974. Development studies on the panicle initiation in sorghum. Crop Sci. 14: 80-84.

20. Liang, G. H. L. and T. L. Walker. 1968. Heritability estimates and gene effects for agronomic trait in grain sorghum. Crop Sci. 8: 77-81.

21. Lothrop, J. E., R. E. Atkins and O. S. Smith. 1985. Variability for yield and yield components in IAIR grain sorghum random-mating populations. I: Means, variance components, and heritabilities. Crop Sci. 25: 235-240.

22. Lothrop, J. E., R. E. Atkins and O. S. Smith. 1985. Variability for yield and yield components in IAIR grain sorghum random-mating populations. II: Correlations, estimated gains from selection, and correlated responses to selection. Crop Sci. 25: 240-244.

23. Miller, P. A., J. C. Williams, H. F. Robinson and R. E. Comstock. 1958. Estimates of genetic and environmental variances and covariances in upland cotton and their implications in selection. Agron. J. 50: 126-131.

24. Peacock, J. M. and G. L. Wilson. 1984. Sorghum. PP 249-279. *In*: P. R. Goldworth and N. M. Fisher (Eds.), The Physiology of Tropical Field Crops. 1st ed. John Wiley and Sons Ltd., London.

25. Saeed, M. and C. A. Francis. 1986. Yield-maturity relationship of grain sorghum in diverse environments.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-01-28]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1380.5.1.11.6]

Crop Sci. 26: 1077-1079.

26. SAS Institute. 1990. SAS/STAT User's Guide. Version 6, Fourth Ed. SAS Institute Inc., Cary, NC.

27. Swarup, V. and D. S. Chaugle. 1962. Studies on genetic variability in sorghum. Indian J. Gen. Plant Breed. 22: 31-36.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-01-28]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1380.5.1.11.6]