دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
پژوهشنامه اصلاح گیاهان زراعی

"مقاله پژوهشی"

بررسی روابط میان عملکرد و سایر صفات زراعی و شناسایی هیبریدهای برتر در آفتابگردان (*Helianthus annuus* L.)

امیر قلی‌زاده[۱]، مهدی غفاری[۲]، کمال پیغام‌زاده[۳] و شهریار کیا[۴]

۱- استادیار بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی گلستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، گرگان، ایران
(نویسنده مسوول: a.gholizadeh@areeo.ac.ir)
۲- دانشیار بخش تحقیقات دانه‌های روغنی، مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران
۳- استادیار بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی گلستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، گرگان، ایران
۴- استادیار بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی گلستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، گرگان، ایران
تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۹/۳۰ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۱۱/۴
صفحه: ۱۷۱ تا ۱۸۴

چکیده

بررسی رابطه بین عملکرد و سایر صفات زراعی، راندمان برنامه‌های اصلاحی را با تعیین معیار انتخاب مناسب، بهبود می‌بخشد. در این راستا تعداد ۲٤ هیبرید جدید آفتابگردان به همراه رقم گلسا به عنوان شاهد در ایستگاه تحقیقات کشاورزی گرگان در قالب طرح لاتیس ساده (۵×۵) با دو تکرار طی سال زراعی ۱۳۹۹ مورد ارزیابی قرار گرفتند. نتایج نشان داد که بیشترین مقدار همبستگی بین صفات قطر طبق و وزن هزاردانه با عملکرد دانه مشاهده شد. از روش رگرسیون چندگانه گام به گام برای قرار دادن صفات پیش‌بینی کننده در مسیرهای رتبه اول، دوم و سوم بر اساس سهم صفات در توجیه تنوع موجود در عملکرد و نیز حداقل همراستایی صورت گرفت. بر اساس مقادیر تورم واریانس و بزرگی اثرات مستقیم، صفات تعداد دانه در طبق، وزن هزاردانه و قطر ساقه به عنوان متغیرهای رتبه اول انتخاب و ۷۰ درصد از تغییرات عملکرد را توجیه کردند. آزمون t که با استفاده از مقادیر اشتباه معیار بدست آمده از تحلیل بوت استرپ (Bootstrap) انجام شد، حاکی از معنی‌دار بودن تمامی اثرات مستقیم بود. به طور کلی نتایج نشان داد که سه صفت تعداد دانه در طبق، وزن هزاردانه و قطر ساقه می‌توانند به عنوان شاخص انتخاب جهت افزایش عملکرد در آفتابگردان در نظر گرفته شوند. همچنین نتایج نشان داد که در میان ژنوتیپ‌های مورد بررسی، ژنوتیپ‌های شماره ۲، ٤، ۵، ۱۰، ۱۱، ۱۹ و ۲۲ به عنوان ژنوتیپ‌های برتر برای عملکرد دانه و صفات مرتبط با عملکرد شناخته شدند.

واژه‌های کلیدی: آفتابگردان، تجزیه ضرایب مسیر ترتیبی، عملکرد دانه، همبستگی

مقدمه

آفتابگردان با نام علمی *Helianthus annuus* L. گیاهی یکساله متعلق به خانواده Compositea بوده که خواستگاه اولیه آن آمریکای مرکزی می‌باشد (۳). آفتابگردان بعد از سویا، کلزا، پنبه و بادام زمینی پنجمین گیاه دانه روغنی جهان محسوب می‌شود. دانه آن با توجه به نوع رقم دارای ۲۶ تا ۵۰ درصد روغن و کنجاله آن نیز حاوی حدود ۲۰ تا ۲۷ درصد پروتئین می‌باشد (۵). روغن آفتابگردان به دلیل داشتن اسیدهای چرب غیراشباع فراوان و فقدان کلسترول از کیفیت بالایی برخوردار است (۳). روغن آفتابگردان به دلیل داشتن اسید اولئیک (امگا ۹) بالا نسبت به سایر روغن‌ها از پایداری بیشتری برخوردار می‌باشد که این خصوصیت در تصفیه، ذخیره و سرخ کردن اهمیت فراوانی دارد. همچنین اسید اولئیک خطر ابتلا به بیمارهای قلبی عروقی را در انسان کاهش می‌دهد (۳۳). کیفیت و برتری روغن‌های غیراشباع در رژیم غذایی انسان باعث شده است که استفاده از روغن آفتابگردان در رژیم غذایی و صنایع غذایی گسترش یابد، بنابراین لازم است که کشت و تولید آفتابگردان افزایش یابد.

بر اساس آمارنامه کشاورزی سال زراعی ۹۷-۱۳۹۶، سطح زیر کشت آفتابگردان روغنی در ایران ۱۰۷۵۶ هکتار گزارش شده است که متوسط عملکرد دانه آن در شرایط آبی ۱۴۶۳ کیلوگرم در هکتار و در شرایط دیم ۴۰۱ کیلوگرم در هکتار گزارش شده است. کاشت ارقام اصلاح شده با عملکرد دانه بالای آفتابگردان می‌تواند نقش موثری در توسعه کشت و افزایش تولید آن داشته باشد. بنابراین بهبود عملکرد دانه با روش‌های به‌زراعی و به‌نژادی از اهداف اولیهٔ اصلاح این گیاه است. از طرفی عملکرد دانه صفتی کمی و پیچیده می‌باشد که توسط تعداد زیادی ژن کنترل می‌شود و به شدت تحت تأثیر شرایط محیطی قرار می‌گیرد، از این رو متخصصین اصلاح‌نباتات معمولاً انتخاب بطور غیرمستقیم و با استفاده از صفات مرتبط با عملکرد را ترجیح می‌دهند (۱۶). بررسی روابط بین عملکرد و اجزای آن کارایی برنامه‌های اصلاحی را از طریق انتخاب شاخص‌های مناسب افزایش می‌دهد. از روش‌های مهم برای شناسایی این روابط، تجزیه همبستگی‌های فنوتیپی و پی بردن به اثرات مستقیم و غیر مستقیم با استفاده از تجزیه و تحلیل ضرایب مسیر است. از روش تجزیه ضرایب مسیر برای تحلیل ماهیت روابط بین عملکرد و اجزای آن در اصلاح نباتات بطور گسترده‌ای استفاده شده است (۱۳،۲۱).

پژوهشگران در اکثر مطالعات تجزیه ضرایب مسیر، صفات پیش‌بینی کننده را بصورت صفات رتبه اول در نظر گرفته و اثر آن را با صفات وابسته‌ای مانند عملکرد محاسبه کرده‌اند. این روش ممکن است منجر به همراستایی بین صفات گردد که در نتیجه تفسیر سهم هر کدام از صفت‌ها با

مشکل مواجه می‌شود. مهمترین فرض زمانی که رگرسیون چندگانه انجام می‌شود آن است که صفات پیش‌بینی کننده مستقل از یکدیگر باشند، ولی واقعیت آن است که صفات وابسته به عملکرد با یکدیگر مرتبط هستند. در تجزیه ضرایب مسیر ترتیبی متغیرها در رتبه‌های مختلف قرار می‌گیرند (۲۵). استفاده از رگرسیون گام به گام که در آن صفات با تأثیر غیر معنی‌دار حذف می‌شوند، می‌تواند میزان هم‌راستایی بین صفات باقیمانده را کاهش دهد (۲۴). با این حال این رویه می‌تواند منجر به از دست رفتن بخشی از اطلاعات شود. بنابراین راهبرد بهتر می‌تواند استفاده از یک رگرسیون گام به گام ترتیبی باشد که در آن صفاتی که از تجزیه ضرایب مسیر رتبه اول حذف می‌گردند، دوباره برای رتبه بعدی بررسی گردند که این روش اساس تجزیه ضرایب مسیر ترتیبی را تشکیل می‌دهد. در این روش صفات رتبه اول بر اساس داشتن بیشترین اثر مستقیم و حداقل هم‌راستایی بر روی صفت وابسته تعیین می‌شوند و سپس اثر سایر متغیرها بر روی صفات رتبه اول بررسی شده و متغیرهای تأثیرگذار بر روی این صفات مشخص می‌شوند. سپس صفات اثرگذار بر روی صفات رتبه اول به عنوان متغیرهای رتبه دوم برای صفت وابسته اصلی در نظر گرفته می‌شوند. این رویه می‌تواند در رتبه‌های بعدی نیز ادامه داشته باشد تا زمانی‌که روابط بین صفات بطور کامل مشخص شود (۲۴).

از روش تجزیه مسیر در پژوهش‌هایی بر روی آفتابگردان برای تعیین روابط میان صفات استفاده شده است که به تعدادی از آن‌ها اشاره می‌شود. مقدسی و همکاران (۲۳) به منظور شناسایی اثرات مستقیم و غیرمستقیم صفات بر عملکرد دانه ژنوتیپ‌های آفتابگردان روغنی از تجزیه علیت استفاده کردند و گزارش کردند که صفات تعداد دانه در طبق و وزن هزار دانه مهمترین جز عملکرد دانه به شمار می‌روند و به دلیل اثر مستقیم بالا بر عملکرد، معیارهای مناسب در برنامه‌های به‌نژادی برای بهبود عملکرد دانه و تولید ژنوتیپ‌های پر محصول آفتابگردان روغنی باید مورد توجه قرار گیرند. صارمی‌راد و همکاران (۳۱) نیز با انجام تجزیه مسیر روی ژنوتیپ‌های آفتابگردان روغنی نشان دادند که بیشترین اثر مستقیم روی عملکرد دانه را صفات عرض بذر و ارتفاع بوته داشتند. به این ترتیب به منظور گزینش ژنوتیپ‌های با عملکرد دانه بالا می‌توان گزینش‌های غیرمستقیمی از طریق افزایش عرض بذر و ارتفاع بوته انجام داد (۳۱). در مطالعه دیگری به منظور بررسی صفات موثر بر عملکرد دانه لاین‌های آفتابگردان روغنی از تجزیه مسیر ترتیبی استفاده شد و نتایج نشان داد که از میان صفات مورد مطالعه، قطر طبق، نسبت مغز دانه به کل دانه، ارتفاع بوته و تعداد برگ دارای اثرات مستقیم و مثبت با عملکرد دانه بوده و در سطح اول اهمیت قرار گرفتند (۲). همچنین در مطالعه دیگری با انجام تجزیه مسیر مشخص شد که برای بهبود عملکرد دانه در آفتابگردان می‌توان انتخاب غیرمستقیم برای صفات عرض دانه، طول دانه و وزن صددانه به عنوان شاخص‌های انتخاب استفاده نمود (۱۸).

از روش تجزیه مسیر ترتیبی در محصولات دیگر از قبیل ذرت (۲۵)، سیب‌زمینی (۷)، خربزه (۱۴)، سویا (۳۲)، کلزا (۳۰)، طالبی (۲۴)، ۲گندم نان (۱۶) و بادام زمینی (۱۷) برای تعیین شاخص‌های گزینش غیرمستقیم جهت بهبود عملکرد استفاده شده است. هدف از این مطالعه تحلیل همبستگی بین عملکرد و سایر صفات زراعی در آفتابگردان و تعیین برتری نسبی تحلیل مسیر ترتیبی نسبت به آنالیز ترتیبی متداول در شناسایی صفات مفید و موثر در اصلاح هیبریدهای پرمحصول در آفتابگردان بود.

مواد و روش‌ها

در این مطالعه تعداد ۲۴ هیبرید جدید آفتابگردان به همراه رقم گلسا به عنوان شاهد که از موسسه اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج تهیه شده بودند (جدول ۱) در قالب طرح لاتیس ساده (۵×۵) با دو تکرار مورد ارزیابی قرار گرفتند. این مطالعه در سال زراعی ۱۳۹۹ در ایستگاه تحقیقات کشاورزی گرگان با عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۵۴ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۴ درجه و ۲۵ دقیقه شرقی و ارتفاع ۵ متر از سطح دریا انجام گرفت. قبل از اجرای آزمایش، از عمق‌های مختلف خاک محل آزمایش، نمونه‌برداری مرکب انجام گرفت و ویژگی‌های مختلف فیزیکی و شیمیایی خاک تعیین گردیدند (جدول ۲). برای انجام عملیات خاکورزی از گاوآهن برگرداندار سه خیش به همراه دو بار عملیات دیسک‌زنی برای از بین بردن کلوخه‌های سطحی خاک استفاده شد. کودهای مورد نیاز خاک، شامل نیتروژن (۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار از منبع اوره)، پتاسیم (۱۰۰ کیلوگرم پتاس خالص در هکتار از منبع سولفات پتاسیم) و فسفر (۲۰۰ کیلوگرم فسفر خالص در هکتار از منبع فسفات آمونیوم) به خاک مزرعه اضافه گردید. تمام کود سولفات پتاسیم و فسفات آمونیوم و یک سوم کود ازته موقع تهیه زمین و بقیه کود اوره طی دو نوبت یکی بعد از سبز شدن و دیگری در مرحله قبل از غنچه‌دهی پخش گردید. در زمان کشت با فاروئر جوی و پشته‌هایی به فاصله ۶۰ سانتیمتر از هم ایجاد گردید. در تاریخ ۳۱ اردیبهشت سال ۱۳۹۹ عملیات کاشت انجام شد. هر کرت شامل ۳ خط کشت به طول ۳ متر در نظر گرفته شد. کشت به صورت دستی و با قرار دادن ۳ عدد بذر در هر کپه و به فواصل ۲۵ سانتیمتر از هم انجام گردید. آبیاری به نحوی بود که یک روز بعد از کشت آبیاری انجام و آبیاری‌های بعدی با توجه به نیاز گیاه صورت گرفت. تنک کردن بوته‌ها بعد از سبز شدن و مبارزه با علف‌های هرز به صورت دستی در دو مرحله انجام گرفت.

به منظور ارزیابی صفات گیاهی شامل ارتفاع بوته (سانتی‌متر)، ارتفاع طبق از سطح زمین (سانتی‌متر)، قطر ساقه (میلی‌متر)، طول برگ (سانتی‌متر)، عرض برگ (سانتی‌متر)، تعداد برگ، طول دمبرگ (سانتی‌متر)، قطر طبق (سانتی‌متر)، تعداد دانه در طبق و وزن هزار دانه (گرم) در پنج بوته از هر ژنوتیپ به طور تصادفی یادداشت‌برداری و میانگین‌گیری شد. پس از رسیدگی محصول، جهت اندازه‌گیری عملکرد دانه، ابتدا ۰/۵ متر از ابتدا و انتهای هر خط جهت بین بردن اثر حاشیه حذف گردید. در ادامه تمام بوته‌های کرت برداشت شد و پس

از خشک شدن کامل، بوته‌ها خرمن‌کوبی شدند و دانه‌های به دست آمده با ترازوی دقیق توزین گردید و پس از تبدیل، به عنوان عملکرد دانه در واحد سطح (کیلوگرم در هکتار) محاسبه شد. صفات تعداد روز تا سبز شدن (بر حسب تعداد روز از زمان کاشت تا سبز شدن بوته‌های کل کرت)، روز تا غنچه‌دهی (بر حسب تعداد روز از زمان کاشت تا غنچه‌دهی ۵۰٪ از بوته‌های هر کرت)، روز تا گلدهی (بر حسب تعداد روز از زمان کاشت تا به گل رفتن ۵۰٪ از بوته‌های هر کرت)، روز تا پایان گلدهی (بر حسب تعداد روز از زمان کاشت تا پایان گلدهی بوته‌های کل کرت)، روز تا رسیدگی (بر حسب تعداد روز از زمان کاشت تا رسیدگی ۵۰٪ از بوته‌های هر کرت) نیز یادداشت برداری گردید.

تجزیه و تحلیل آماری

ابتدا آزمون نرمال بودن داده‌ها از طریق آزمون کولموگروف–سیمروف (Kolmogorov-Smirnov) با استفاده از نرم افزار SPSS 19 مورد ارزیابی قرار گرفتند. سپس ضرایب همبستگی فنوتیپی بین صفات مختلف محاسبه گردید. در ابتدا از تجزیه مسیر متداول برای بررسی صفات وابسته به عملکرد استفاده شد. در این روش تمام صفات وابسته به عملکرد به عنوان صفات پیش‌بینی کننده رتبه اول برای صفت عملکرد در نظر گرفته شدند. سپس از روش تجزیه رگرسیون چندگانه به روش گام به گام برای قرار دادن صفات پیش‌بینی کننده در مسیرهای رتبه اول، دوم و سوم استفاده گردید. این رتبه‌بندی بر اساس سهم صفات در میزان توجیه صفت وابسته عملکرد و نیز حداقل هم‌راستایی (Collinearity) صورت گرفت. میزان هم‌راستایی بین صفات در هر قسمت از مسیر با استفاده از شاخص عامل تورم واریانس (Variance Inflation Factor) و معکوس آن، ضریب تحمل (Tolerance)، اندازه‌گیری شد. بر این اساس مقادیر عامل تورم واریانس بالاتر از ۱۰ و ضریب تحمل کمتر از ۰/۱ نشانه هم‌راستایی بالا می‌باشند. برای این تجزیه از نرم افزارSPSS استفاده شد. براساس مقادیر عامل تورم واریانس، ضریب تحمل و نیز بزرگی اثرات مستقیم، صفات تعداد دانه در طبق، وزن هزار دانه و قطر ساقه به عنوان متغیرهای رتبه اول در توجیه صفت وابسته عملکرد انتخاب شدند. این رویه سپس به طور مجزا برای سه صفت تعداد دانه در طبق، وزن هزار دانه و قطر ساقه به عنوان صفات وابسته انجام شد تا متغیرهای رتبه اول توجیه‌کننده صفات مذکور مشخص شوند. بعد از تعیین صفات رتبه اول، این متغیرها به منزله صفات رتبه دوم برای عملکرد در نظر گرفته شدند. این رویه برای صفات رتبه دوم نیز انجام شد و بدین ترتیب صفات رتبه سوم مشخص شدند. سپس اثرات مستقیم محاسبه گردید. ضریب تبیین جزء نیز از طریق ضرایب مسیر برای تمام صفات پیش‌بینی‌کننده اندازه‌گیری شد. برای محاسبه خطای استاندارد ضرایب مسیر از روش نمونه‌گیری مجدد بوت استرپینگ (Bootstrapping) استفاده شد. این روش با نرم افزار AMOS 19 انجام شد. پس از بدست آوردن خطاهای استاندارد، از آزمون t برای آزمون معنی‌داری ضرایب مسیر استفاده گردید. همچنین در ادامه به منظور گروه‌بندی ژنوتیپ‌ها از لحاظ رتبه صفات مهم از تجزیه خوشه‌ای به روش حداقل واریانس وارد و معیار فاصله اقلیدوسی استفاده شد. کلیه محاسبات با نرم‌افزارهای آماری SPSS ver 19 و SAS انجام گردید.

جدول ۱- شماره، نام و شجرهژنوتیپ‌های آفتابگردان مورد بررسی

Table 1. Code, name and pedigree of the tested sunflower genotypes.

شماره	نام/شجره	نوع ژنوتیپ	شماره	نام/شجره	نوعژنوتیپ
۱	RGK15*AGK32	هیبرید/آلوگام	۱۴	RGK24*AGK2	هیبرید/آلوگام
۲	RGK15*AGK2	هیبرید/آلوگام	۱۵	R60*AF196	هیبرید/آلوگام
۳	RGK15*AGK222	هیبرید/آلوگام	۱۶	RO54*AO67	هیبرید/آلوگام
۴	RGK24*AGK58	هیبرید/آلوگام	۱۷	RO54*AO60	هیبرید/آلوگام
۵	RGK3*AGK110	هیبرید/آلوگام	۱۸	RO53*AO67	هیبرید/آلوگام
۶	RF81-65*AGK38	هیبرید/آلوگام	۱۹	RO53*AO35	هیبرید/آلوگام
۷	RF81-65*AGK110	هیبرید/آلوگام	۲۰	RO53*AO36	هیبرید/آلوگام
۸	RF81-65*AGK222	هیبرید/آلوگام	۲۱	RO53*AO42	هیبرید/آلوگام
۹	RF81-65*AGK370	هیبرید/آلوگام	۲۲	RGK15*AO67	هیبرید/آلوگام
۱۰	RGK60*AGK358	هیبرید/آلوگام	۲۳	RN1-73*AO42	هیبرید/آلوگام
۱۱	RGK131*AGK370	هیبرید/آلوگام	۲۴	RO54*AO36	هیبرید/آلوگام
۱۲	RN1-73*AGK110	هیبرید/آلوگام	۲۵	گلسا (شاهد)	هیبرید/آلوگام
۱۳	RN1-73*AF81-222	هیبرید/آلوگام			

جدول ۲- برخی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه

Table 2. Some physical and chemical properties of field's soil

مشخصات خاک	عمق نمونه‌برداری (سانتی‌متر)			منبع
	۰-۲۰	۲۰-۴۰	۴۰-۶۰	
هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر)	۱/۳۵	۱/۲۷	۱/۴۲	بلک و همکاران (۱۱)
اسیدیته	۷/۲	۷/۳	۷/۳	مک لین (۲۲)
کربن آلی (درصد)	۱/۵	۱/۱	۰/۶	نلسون و سامرز (۲۷)
نیتروژن کل (درصد)	۰/۱۵	۰/۱۱	۰/۰۶	برمنر و مولوانی (۱۲)
فسفر قابل جذب (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	۸/۶	۴/۸	۲	اولسن و سامرز (۲۸)
پتاسیم قابل جذب (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	۳۳۳	۲۲۰	۱۰۸	نودسن و همکاران (۱۹)
رس (درصد)	۲۸	۳۰	۳۴	گی و اور (۱۵)
سیلت (درصد)	۵۴	۵۲	۵۲	گی و اور (۱۵)
شن (درصد)	۱۸	۱۸	۱۴	گی و اور (۱۵)

نتایج و بحث

تجزیه همبستگی

نتایج حاصل از ضرایب همبستگی نشان داد که بین صفات قطر ساقه، قطر طبق، تعداد دانه در طبق و وزن هزاردانه با عملکرد دانه همبستگی معنی‌داری مشاهده شد (جدول ۳) که در توافق با یافته‌های سایر پژوهشگران می‌باشد (۳۸،۲۰،۶،۹). مثبت و معنی‌دار بودن بودن ضریب همبستگی قطر ساقه با عملکرد دانه نشان‌گر آن است که با افزایش قطر ساقه، عملکرد دانه افزایش داشته است. با توجه به آن که قطر ساقه اندام ذخیره‌کننده مواد موردنیاز آفتابگردان می‌باشد، هر چه قدر قطر ساقه بیشتر باشد مواد غذایی کافی از طریق ساقه به اندام های هوایی و دانه رسیده و موجب خواهد شد که تعداد دانه‌های پر افزایش یابد (۳۹)، بنابراین همبستگی مثبت و بالای این صفت با عملکرد دانه، دور از انتظار نیست و این نشان می‌دهد که برای داشتن عملکرد دانه بالا، به گیاهانی تنومند و با قدرت رویشی مناسب، احتیاج است. بین عملکرد دانه با صفت قطر طبق همبستگی مثبت و معنی‌داری وجود داشت (جدول ۳). قطر طبق از عوامل موثر بر عملکرد دانه در آفتابگردان محسوب می‌شود. افزایش قطر طبق می‌تواند منجر به افزایش تعداد دانه‌های تشکیل شده در طبق، وزن هزار دانه و در نتیجه افزایش عملکرد گردد. بارایا و همکاران (۸) در آزمایش خود همبستگی مثبت و بسیار معنی‌داری را بین قطر طبق با تعداد دانه در طبق، وزن هزار دانه و عملکرد دانه مشاهده کردند که موافق با نتایج پژوهش حاضر بود. سینسیک و گونسوک (۳۴) نیز همبستگی مثبت و بسیار قوی را بین قطر طبق و عملکرد دانه گزارش دادند و بیان کردند که در گزینش ژنوتیپ‌های آفتابگردان می‌توان گزینش را بر مبنای صفت قطر طبق انجام داد. بین عملکرد دانه با صفات تعداد دانه در طبق و وزن هزاردانه همبستگی مثبت و معنی‌داری وجود داشت (جدول ۳). صفات تعداد دانه در طبق و وزن هزاردانه از اجزای عملکرد آفتابگردان محسوب می شوند و توارث‌پذیری نسبتاً بالایی دارند، بنابراین گزینش بر اساس این صفات ممکن است راه مطمئن و سریعی برای غربال کردن جوامع گیاهی و بهبود عملکرد باشد. مقدسی و همکاران (۲۳) نیز گزارش کردند که تعداد دانه در طبق و وزن هزار دانه، اجزای اصلی عملکرد دانه آفتابگردان به شمار می‌روند.

نتایج حاصل از ضرایب همبستگی نشان داد که بین صفات فنولوژیک (تعداد روز تا غنچه‌دهی، روز تا گلدهی، روز تا پایان گلدهی و روز تا رسیدگی) با همدیگر همبستگی‌های مثبت معنی‌داری وجود داشت که موافق با یافته‌های نبی‌پور و همکاران (۲۶)، رانی و همکاران (۲۹)، عابدینی اسفهلانی و همکاران (۱) و بارایا و همکاران (۸) می‌باشد. همبستگی‌های مثبت و معنی‌دار بین صفات فنولوژیک با صفات ارتفاع بوته، ارتفاع طبق از سطح زمین و قطر ساقه نیز نشان می‌دهد که بوته‌های بلندتر طول دوره رویشی بیشتری داشته‌اند، که در توافق با گزارش ابوالقاسمی و همکاران (۲)، ضیائی فرد و درویش‌زاده (۴۰) و سینگ و چندر (۳۵) است. در آفتابگردان، ژنوتیپ‌هایی که طول دوره رویشی بیشتری دارند عمدتا بلندتر از بقیه ژنوتیپ‌ها می‌شوند، چرا که طویل شدن بوته‌ها تا زمان گلدهی ادامه می‌یابد (۱۰). همبستگی مثبت و معنی‌دار بین قطر ساقه و صفات فنولوژیک نشان می‌دهد که بوته‌های تنومندتر که ذخیره بیشتری دارند، طول دوره گلدهی بیشتری دارند که مطابق با گزارش برت و همکاران (۱۰) است.

در این مطالعه همبستگی معنی‌داری بین صفات فنولوژیک با عملکرد دانه مشاهد نشد (جدول ۳) که این نتایج در راستای پژوهش سینگ و چندر (۳۵) و ابوالقاسمی و همکاران (۲) بود. از طرفی دیگر، عابدینی اسفهلانی و همکاران (۱) و بارایا و همکاران (۸) همبستگی معنی‌داری را بین صفات فنولوژیک و عملکرد دانه گزارش کردند که با نتایج پژوهش حاضر تناقض داشت. دلیل تناقض نتایج ضرایب همبستگی این مطالعه با نتایج سایر پژوهشگران را می‌توان به اثرات محیطی و تفاوت در نوع مواد ژنتیکی مورد استفاده نسبت داد. ذکر این نکته ضروری است که یک صفت ممکن است به صورت غیرمستقیم و از طریق سایر صفات بر عملکرد تاثیر داشته باشد. به عنوان مثال ممکن است که یک صفت با عملکرد همبستگی معنی‌داری نداشته باشد ولی از طریق صفات دیگر بر عملکرد تاثیر بگذارد (۲۴). بنابراین قضاوت فقط بر مبنای ضرایب همبستگی ممکن است صحیح نباشد. در نتیجه در ادامه جهت پی بردن به اثر همه صفات مورد مطالعه بر روی عملکرد، تجزیه مسیر ترتیبی انجام گردید تا صفات با توجه به درجه اهمیت در رتبه‌های اول تا سوم قرار گیرند و اهمیت همه صفات مشخص گردد.

جدول ۳- ضرایب همبستگی بین صفات اندازه‌گیری شده در آفتابگردان

Table 3. Correlation coefficients between measured traits in sunflower

صفات	PH	DBGAH	SD	LL	LW	LN	PL	DTE	DTB	DTF	DTEOF	DTR	HD	SNPH	TSW
DBGAH	۰/۶۴*														
SD	۰/۲۷	−۰/۰۱													
LL	۰/۰۴	−۰/۳۴	۰/۴۹*												
LW	−۰/۰۳	−۰/۳۳	۰/۵۴*	۰/۹۳**											
LN	۰/۵۱*	۰/۵۶**	−۰/۰۳	−۰/۲۹	−۰/۳۸										
PL	۰/۰۷	−۰/۳۳	۰/۵۸*	۰/۹۴**	۰/۹۴**	−۰/۳۸									
DTE	۰/۰۴	−۰/۱۰	۰/۳۲	۰/۳۲	۰/۲۰	۰/۰۸	۰/۲۳								
DTB	۰/۶۵*	۰/۵۴**	۰/۴۲*	۰/۰۱	۰/۰۲	۰/۳۵	۰/۰۵	۰/۱۸							
DTF	۰/۶۸*	۰/۵۷**	۰/۴۹*	۰/۰۸	۰/۱۳	۰/۳۳	۰/۱۶	۰/۰۳	۰/۹۱**						
DTEOF	۰/۶۵*	۰/۴۷*	۰/۶۹*	۰/۳۲	۰/۳۴	۰/۳۴	۰/۳۸	۰/۱۸	۰/۸۱**	۰/۸۷**					
DTR	۰/۶۲*	۰/۴۵*	۰/۵۷*	۰/۲۰	۰/۲۵	۰/۲۸	۰/۳۱	۰/۱۲	۰/۸۴**	۰/۹۳**	۰/۸۹**				
HD	−۰/۰۴	−۰/۳۱	۰/۳۴	۰/۵۷*	۰/۵۴**	−۰/۲۶	۰/۵۲**	−۰/۰۷	−۰/۲۰	−۰/۱۲	۰/۰۹	−۰/۱۱			
SNPH	۰/۲۷	−۰/۰۸	۰/۴۳*	۰/۳۸	۰/۴۱*	۰/۰۸	۰/۳۷	۰/۰۳	۰/۳۰	۰/۲۰	۰/۳۸	۰/۱۹	۰/۴۱*		
TSW	−۰/۱۵	−۰/۱۳	۰/۰۵	۰/۱۷	۰/۱۶	−۰/۲۵	۰/۰۸	−۰/۲۲	−۰/۲۵	−۰/۱۸	−۰/۱۴	−۰/۲۰	۰/۵۶**	۰/۱۳	
SY	۰/۰۳	−۰/۰۶	۰/۴۷*	۰/۲۸	۰/۲۵	−۰/۰۶	۰/۲۶	−۰/۰۴	۰/۰۱	۰/۰۲	۰/۲۲	۰/۰۶	۰/۶۷**	۰/۵۹**	۰/۶۵**

PH: ارتفاع بوته، DBGAH: ارتفاع طبق از سطح زمین، SD: قطر ساقه، LL: طول برگ، LW: عرض برگ، LN: تعداد برگ،PL: طول دمبرگ،DTE: روز تا سبز شدن، DTB: روز تا غنچه‌دهی، DTF: روز تا گلدهی، DTEOF: روز تا پایان گلدهی، DTR: روز تا رسیدگی، HD: قطر طبق، SNPH: تعداد دانه در طبق، TSW: وزن هزار دانه، SY: عملکرد دانه.

* و **:به ترتیب معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.

تجزیه مسیر متداول و ترتیبی

در این مطالعه ابتدا از یک مدل تجزیه مسیر متداول (مدل اول) استفاده شد که در آن تمام صفات به عنوان توجیه کننده صفت وابسته عملکرد مد نظر قرار گرفتند. در این حالت میزانی از هم‌راستایی بین صفات وابسته به عملکرد مشاهده گردید، که نشانگر عدم کفایت این مدل در نشان دادن سهم واقعی هر کدام از صفات وابسته به عملکرد بود. تحلیل هم‌راستایی صفات و همچنین تخمین اثرات مستقیم از طریق تجزیه مسیر متداول به گونه‌ای که تمام صفات وابسته به عملکرد در رتبه اول با آن در نظر گرفته شدند، در جدول ۴ ارائه شده است. همراستایی بالا بین برخی از صفات مشاهده گردید. صفات طول برگ، عرض برگ، طول دمبرگ، روز تا غنچه‌دهی، روز تا گلدهی، روز تا پایان گلدهی و روز تا رسیدگی به ترتیب با مقدار عامل تورم واریانس ۲۶/۹۴، ۱۵/۷۷، ۳۱/۲۸، ۱۳/۴۰، ۱۷/۷۲، ۱۳/۷۳ و ۱۵/۴۰ درصد همراستایی بالایی را نشان دادند. دلیل این همراستایی بالا همبستگی بالای این صفات با سایر صفات توجیه‌کننده عملکرد بود. با استفاده از روش تجزیه مسیر ترتیبی (مدل دوم) میزان هم‌راستایی بین صفات در این مطالعه کاهش یافت (جدول ۵). در مقایسه با نتایج تجزیه مسیر متداول، تجزیه مسیر ترتیبی روابط بین صفات و سهم آن‌ها در توجیه عملکرد را ساده‌تر بیان نمود. نتایج مقادیر شاخص عامل تورم واریانس برای متغیرهای پیش‌بینی کننده، کاهش قابل ملاحظه مقادیر عامل تورم واریانس در مدل اول نسبت به مدل دوم را نشان داد (جدول ۵).

در این مطالعه تجزیه رگرسیون گام به گام میزان هم‌راستایی متغیرها را به حداقل رسانده و با کاهش اختلاط اثرات، میزان مشارکت واقعی هر متغیر در مسیرهای مختلف را به درستی مشخص نمود. مزیت آنالیز مسیر ترتیبی نسبت به تحلیل مسیر متداول، در مطالعات دیگری نیز به اثبات رسیده است (۳۰،۲۵،۱۴). در این روش صفات به سه دسته صفات رتبه اول، رتبه دوم و رتبه سوم تقسیم شدند (جدول ۵ و شکل ۱). بر اساس مقادیر عامل تورم واریانس، ضریب تحمل و نیز بزرگی اثرات مستقیم، صفات تعداد دانه در طبق، وزن هزاردانه و قطر ساقه به عنوان متغیرهای رتبه اول در توجیه صفات وابسته به عملکرد انتخاب شدند. این رویه سپس به طور مجزا برای سه صفت عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت و وزن هزاردانه به عنوان صفات وابسته انجام شد که در نتیجه، متغیرهای رتبه دوم برای صفت عملکرد مشخص گردیدند. برای تعیین صفات رتبه سوم، متغیرهای رتبه دوم به عنوان صفات وابسته در تجزیه رگرسیون گام به گام نظر گرفته شدند. میانگین اثرات مستقیم که از ۲۰۰ نمونه بوت استرپ بدست آمد، توافق نزدیکی با اثرات مستقیم مشاهده شده نشان داد (جدول ۶). پایین بودن اشتباه معیار و میزان اریب همه اثرات مستقیم، قدرت تحلیل مسیر ترتیبی را در نشان دادن سهم واقعی هر کدام از صفات در توجیه عملکرد نشان داد. آزمون t، که با استفاده از مقادیر اشتباه معیار بدست آمده از تحلیل بوت استرپ انجام شد، حاکی از معنی‌دار بودن تمامی اثرات مستقیم بود. اثرات مستقیم متغیرها در جدول ۶ ارائه شده است. نتایج نشان داد که صفات تعداد دانه در طبق، وزن هزاردانه و قطر ساقه به عنوان متغیرهای رتبه اول ۷۰ درصد از تغییرات عملکرد را توجیه کردند (جدول ۶). این ضریب تبیین (۷۰ درصد) نسبتا بالا نشان‌دهنده تاثیر صفات مذکور در این تحقیق روی تنوع کل عملکرد دانه بود. لذا این چهار صفت می‌توانند به طور غیرمستقیم برای دستیابی به ژنوتیپ‌های با عملکرد بالا در آفتابگردان مورد استفاده قرار گیرند. در پژوهشی مقدسی و همکاران (۲۳) گزارش کردند که صفات تعداد دانه در طبق، وزن هزاردانه ۸۴ درصد تغییرات

عملکرد دانه آفتابگردان را توجیه نمودند. در پژوهش‌های دیگری نیز ارتباط مثبت و بالا بین صفات تعداد دانه در طبق، وزن هزاردانه و قطر ساقه با عملکرد دانه گزارش شده است (۳۷،۸). بررسی جداول اثرات مستقیم و غیرمستقیم صفات رتبه اول مرتبط با عملکرد دانه نشان می‌دهد که صفت وزن هزار دانه بالاترین اثر مستقیم و مثبت (۰/۵۷۸) را بر عملکرد دانه گذاشت (جدول ۶)، این صفت از طریق صفات تعداد دانه در طبق (۰/۰۴۸) و قطر ساقه (۰/۰۲۱) تأثیر غیرمسقیم خود را بر روی عملکرد دانه داشت (جدول ۷). تعداد دانه در طبق بعد از وزن هزار دانه دومین صفتی بود که بیشترین تأثیر مستقیم مثبت (۰/۴۰) را بر روی عملکرد دانه داشت (جدول ۶). تعداد دانه در طبق از طریق صفات وزن هزار دانه (۰/۰۳۳) و قطر ساقه (۰/۱۵۳) تأثیر غیرمسقیم خود را بر روی عملکرد دانه داشت (جدول ۷). در توافق با نتایج پژوهش حاضر عابدینی اسفهلانی و همکاران (۱) و مقدسی و همکاران (۲۳) گزارش کردند که دو صفت تعداد دانه و طبق و وزن هزار دانه بیشترین اثر مستقیم مثبت را بر روی عملکرد دانه آفتابگردان داشتند، با این تفاوت که اثر مستقیم صفت تعداد دانه در طبق بیشتر از وزن هزار دانه بود، در صورتیکه در پژوهش حاضر اثر مستقیم وزن هزار دانه بیشتر از تعداد دانه در طبق بود. در پژوهش دیگری صارمی‌راد و همکاران (۳۱) نشان دادند که صفات عرض بذر و ارتفاع بوته بیشترین اثر مستقیم را بر عملکرد دانه داشتند که با نتایج پژوهش حاضر تناقض داشت. دلیل این تناقض‌ها را می‌توان به اثرات محیطی و تفاوت در نوع مواد ژنتیکی مورد استفاده در هر مطالعه نسبت داد.

جدول ۴- اثرات مستقیم صفات پیش‌بینی‌کننده عملکرد آفتابگردان در تجزیه مسیر متداول و میزان شاخص‌های هم‌راستایی
Table 4. Direct effects of predictor traits on sunflower yield in conventional path analysis and indicators of collinearity.

صفت	اثر مستقیم	ضریب تحمل	عامل تورم واریانس
ارتفاع بوته	-۰/۰۸۱	۰/۲۶۵	۳/۷۶۸
ارتفاع طبق از سطح زمین	۰/۲۱۴	۰/۲۵۲	۳/۹۶۱
قطر ساقه	۰/۳۰۵	۰/۲۵۰	۴/۰۰۲
طول برگ	-۰/۵۳۷	۰/۰۳۷	۲۶/۹۳۹
عرض برگ	۰/۴۹۴	۰/۰۶۳	۱۵/۷۷۲
تعداد برگ	۰/۰۶۸	۰/۲۹۸	۳/۳۵۱
طول دمبرگ	-۰/۲۲۵	۰/۰۳۲	۳۱/۲۷۷
روز تا سبز شدن	۰/۰۹۷	۰/۴۵۳	۲/۲۰۵
روز تا غنچه‌دهی	-۰/۰۱۹	۰/۰۷۵	۱۳/۴۰۱
روز تا گلدهی	-۰/۵۰۴	۰/۰۵۶	۱۷/۷۱۷
روز تا پایان گلدهی	-۰/۱۲۴	۰/۰۷۳	۱۳/۷۳۱
روز تا رسیدگی	۰/۵۰۳	۰/۰۶۵	۱۵/۴۰۲
قطر طبق	۰/۴۱۲	۰/۳۱۱	۲/۲۱۹
تعداد دانه در طبق	۰/۴۰۹	۰/۳۳۲	۳/۰۱۳
وزن هزار دانه	۰/۴۱۶	۰/۴۰۹	۲/۴۴۳

جدول ۵- مقادیر عامل تورم واریانس و ضریب تحمل برای صفات پیش‌بینی‌کننده عملکرد آفتابگردان در مدل اول (تمام صفات به عنوان متغیرهای رتبه اول در نظر گرفته شده‌اند) و مدل دوم (متغیرها به صورت متغیرهای رتبه اول، دوم و سوم گروه‌بندی شده‌اند)
Table 5. Measures of collinearity values (tolerance and variance inflation factor, VIF) for predictor traits of sunflower in conventional path analysis (all predictor traits as first-order traits) and sequential path analysis (predictors grouped into first, second and third-order traits).

صفت پیش‌بینی کننده	صفت وابسته	ضریب تحمل		عامل تورم واریانس	
		مدل اول	مدل دوم	مدل اول	مدل دوم
تعداد دانه در طبق	عملکرد دانه	۰/۳۳۲	۰/۸۰۱	۳/۰۱۳	۱/۲۴۹
وزن هزار دانه		۰/۴۰۹	۰/۹۸۲	۲/۴۴۳	۱/۰۱۸
قطر ساقه		۰/۲۵۰	۰/۸۱۳	۴/۰۰۲	۱/۲۳۰
عرض برگ	تعداد دانه در طبق	۰/۰۶۳	۱/۰۰۰	۱۵/۷۷۲	۱/۰۰۰
قطر طبق	وزن هزار دانه	۰/۳۱۱	۱/۰۰۰	۲/۲۱۹	۱/۰۰۰
روز تا پایان گلدهی	قطر ساقه	۰/۰۷۳	۰/۷۷۷	۱۳/۷۳۱	۱/۲۸۷
ارتفاع طبق از سطح زمین		۰/۲۵۲	۰/۷۷۷	۳/۹۶۱	۱/۲۸۷
طول دمبرگ	عرض برگ	۰/۰۳۲	۱/۰۰۰	۳۱/۲۷۷	۱/۰۰۰
طول برگ	قطر طبق	۰/۰۳۷	۱/۰۰۰	۲۶/۹۳۹	۱/۰۰۰
روز تا گلدهی	روز تا پایان گلدهی	۰/۰۶۵	۱/۰۰۰	۱۵/۴۰۲	۱/۰۰۰
ارتفاع بوته	ارتفاع طبق از سطح زمین	۰/۲۶۵	۰/۹۹۵	۳/۷۶۸	۱/۰۰۵
طول دمبرگ		۰/۰۳۲	۰/۹۹۵	۳۱/۲۷۷	۱/۰۰۵

جدول ۶- تخمین مقادیر خطای استاندارد ضرایب مسیر در آفتابگردان از طریق تحلیل بوت استرپ
Table 6. Estimation of standard error values of path coefficients in sunflower using bootstrap analysis

صفت پیش‌بینی کننده	صفت وابسته	ضریب تبیین تصحیح‌شده	اثر مستقیم	بوت استرپ		
				میانگین	اریب	خطای استاندارد
تعداد دانه در طبق	عملکرد دانه	۰/۷۰	۰/۴۰۰	۰/۴۰۱	-۰/۰۰۸	۰/۰۱۳
وزن هزار دانه			۰/۵۷۸	۰/۵۷۶	-۰/۰۱۴	۰/۰۰۹
قطر ساقه			۰/۲۶۶	۰/۳۰۰	۰/۰۰۸	۰/۰۱۲
عرض برگ	تعداد دانه در طبق	۰/۱۴	۰/۴۱۳	۰/۴۰۰	-۰/۰۱۴	۰/۰۱۰
قطر طبق	وزن هزار دانه	۰/۲۹	۰/۵۶۳	۰/۵۶۰	-۰/۰۰۳	۰/۰۱۱
روز تا پایان گلدهی	قطر ساقه	۰/۶۰	۰/۸۹۸	۰/۸۲۵	-۰/۰۰۸	۰/۰۰۸
ارتفاع طبق از سطح زمین			-۰/۴۳۶	-۰/۳۹۴	۰/۰۱۰	۰/۰۰۹
طول دمبرگ	عرض برگ	۰/۸۸	۰/۹۴۲	۰/۹۴۰	-۰/۰۰۲	۰/۰۰۲
طول برگ	قطر طبق	۰/۳۰	۰/۵۶۷	۰/۵۶۱	-۰/۰۰۶	۰/۰۱۰
روز تا گلدهی	روز تا پایان گلدهی	۰/۸۰	۰/۸۹۴	۰/۸۹۹	۰/۰۰۵	۰/۰۰۴
ارتفاع بوته	ارتفاع طبق از سطح زمین	۰/۵۱	۰/۶۶۹	-۰/۳۸۷	-۰/۰۱۲	۰/۰۱۰
طول دمبرگ			-۰/۳۷۵	۰/۵۶۷	۰/۰۰۹	۰/۰۰۷

جدول ۷- اثرات غیرمستقیم صفات پیش‌بینی‌کننده عملکرد در تجزیه مسیر ترتیبی در آفتابگردان
Table 7. Indirect effects for the predictor variables of yield in sequential path analysis in sunflower

عملکرد دانه		
	تعداد دانه در طبق	وزن هزار دانه
تعداد دانه در طبق	-	۰/۰۳۳
وزن هزار دانه	۰/۰۴۸	-
قطر ساقه	۰/۱۵۵	۰/۰۵۴

قطر ساقه		
	روز تا پایان گلدهی	ارتفاع طبق از سطح زمین
روز تا پایان گلدهی	-	-۰/۲۰۴
ارتفاع طبق از سطح زمین	۰/۴۲۶	-

ارتفاع طبق از سطح زمین		
	طول دمبرگ	ارتفاع بوته
طول دمبرگ	-	۰/۰۴۷
ارتفاع بوته	-۰/۰۲۸	-

تعداد دانه در طبق و وزن هزار دانه از اجزای مهم عملکرد می‌باشند. عاملی که باعث ایجاد تغییرات در تعداد دانه در طبق می‌شود تعداد بالقوه‌ی گل‌ها است که در طول دوره‌ی رشد رویشی گیاه به خصوص توسط گسترش برگی تعیین می‌شود. همچنین علت افزایش وزن هزاردانه را علاوه بر ژنتیک گیاه به افزایش میزان تقسیم و رشد سلول‌ها، شدت فتوسنتز و انتقال مواد فتوسنتزی نسبت داده‌اند (۳۶). با توجه به همبستگی مثبت و معنی‌دار دو صفت تعداد دانه در طبق و وزن هزار دانه باهم و اثر مستقیم مثبت آن‌ها بر روی عملکرد دانه، می‌توان نتیجه گرفت که گزینش همزمان برای تعداد دانه در طبق و وزن هزار دانه برای رسیدن به عملکرد دانه دور از انتظار نیست و می‌توان این صفات را به عنوان شاخص‌های مناسب در برنامه‌های اصلاحی برای انتخاب ژنوتیپ‌های با عملکرد دانه بالا در آفتابگردان مورد استفاده قرار داد. قطر ساقه با اثر مستقیم معادل (۰/۲۶۶) و اثر غیرمستقیم از طریق صفات تعداد دانه در طبق (۰/۱۵۵) و وزن هزار دانه (۰/۰۵۴) سومین صفتی بود که به عنوان صفت رتبه اول بر روی عملکرد دانه تاثیر داشت (جداول ۶ و ۷). اثر مستقیم مثبت قطر ساقه بر روی عملکرد بیانگر این مطلب است که برای داشتن عملکرد دانه بالا به گیاهانی با قطر ساقه بالا نیاز است. گیاهان با قطر ساقه بالا دارای مواد ذخیره‌ای بیشتری می‌باشند و در برابر ورس مقاومت بیشتری دارند و در نتیجه برداشت مکانیزه را تسهیل می‌کنند. با توجه به اینکه بالاترین اثر غیرمستقیم صفت قطر ساقه از طریق صفت تعداد دانه در طبق بود، می‌توان نتیجه گرفت که افزایش قطر ساقه می‌تواند باعث افزایش تعداد دانه در طبق گیاه آفتابگردان و در نهایت افزایش عملکرد شود. ساقه‌های ضخیم در زمان گرده‌افشانی در انتقال مواد فتوسنتزی به دانه نقش موثری را ایفا می‌کنند و از این طریق باعث افزایش تعداد دانه‌های پر و در نهایت افزایش عملکرد می شوند (۱).

تجزیه مسیر برای صفات رتبه دوم نشان داد که صفت عرض برگ بر روی تعداد دانه در طبق تأثیر داشته و ۱۴ درصد از تغییرات این صفت را توجیه نمود (جدول ۶). تجزیه مسیر برای وزن هزار دانه نشان داد که ۲۹ درصد از تنوع موجود در این صفت توسط قطر طبق توجیه گردید (جدول ۶). اثر مستقیم مثبت و بالا صفت قطر طبق بر روی وزن هزار دانه (۰/۵۶) نشانگر کارایی این صفت به عنوان یک شاخص انتخاب در افزایش وزن هزار دانه در آفتابگردان می‌باشد. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که که برای داشتن وزن هزار دانه بالا، به بوته‌هایی با قطر طبق مناسب، احتیاج است. افـزایش صفت قطر طبق باعـث ایجاد و تولید دانه‌های بزرگتری می‌شود و نهایتاً وزن هزار دانه افزایش می‌یابد (۲۳). همبستگی مثبت و معنی‌دار بین قطر طبق با وزن هزار دانه توسط محققان دیگر نیز گزارش شده است (۳۱،۹). هنگامی‌که قطر ساقه به عنوان صفت وابسته در نظر گرفته شد، نتایج نشان داد که ۶۰ درصد از تنوع موجود در قطر ساقه بوسیله دو

صفت روز تا پایان گلدهی و ارتفاع طبق از سطح زمین توجیه شدند. صفت روز تا پایان گلدهی اثر مستقیم مثبت (۰/۸۹۸) روی قطر ساقه داشت (جدول ۶) ولی اثر غیرمستقیم آن از طریق صفت ارتفاع طبق از سطح زمین منفی (۰/۲۰۴-) بود (جدول ۷). صفت ارتفاع طبق از سطح زمین اثر مستقیم منفی (۰/۴۳۶-) روی قطر ساقه داشت (جدول ۶) و اثر غیرمستقیم آن از طریق صفت روز تا پایان گلدهی مثبت (۰/۴۲۶) بود (جدول ۷). اثر مستقیم مثبت و قابل ملاحظه صفت روز تا پایان گلدهی بر روی قطر ساقه (۰/۸۹۸) بیانگر این مطلب که برای داشتن ژنوتیپ‌های با قطر ساقه بالا باید به دنبال توسعه ژنوتیپ‌های با دوره گلدهی طولانی بود. به دلیل آنکه ژنوتیپ‌هایی که دوره گلدهی طولانی‌تری داشته باشند، از این رو فرصت بیشتری برای پر کردن ذخایر اقتصادی خود دارند. در کل با توجه به اثر مستقیم مثبت بالا صفت روز تا پایان گلدهی بر روی قطر ساقه می‌توان صفت روز تا پایان گلدهی را به عنوان یک شاخص انتخاب مستقل در جهت اصلاح ژنوتیپ‌های با قطر ساقه بالا و در نهایت عملکرد دانه مطلوب در آفتابگردان در نظر گرفت. منفی بودن اثر مستقیم صفت ارتفاع طبق از سطح زمین (۰/۴۳۶-) بر روی قطر ساقه نیز بیانگر این موضوع است که با کاهش ارتفاع طبق از سطح زمین آفتابگردان، قطر ساقه نیز افزایش داشته است. با توجه به نتایج بنظر می‌رسد که بهبود عملکرد دانه از طریق کاهش ارتفاع طبق از سطح زمین عملی بوده که نتیجه آن انتقال بیشتر مواد به بخش زایشی نسبت به بخش رویشی (دانه‌ها) می‌باشد. هنگامیکه متغیرهای رتبه سوم به عنوان پیش‌بینی کننده و صفات رتبه دوم به منزله وابسته در نظر گرفته شدند، نتایج نشان داد که ۸۸ درصد از تنوع موجود در عرض برگ به وسیله صفت طول دمبرگ توجیه شد (جدول ۶). تجزیه مسیر برای قطر طبق نشان داد که ۳۰ درصد از تنوع موجود در این صفت توسط طول برگ توجیه شد. در مسیر رتبه سوم برای روز تا پایان گلدهی، ۸۰ درصد از تنوع موجود به وسیله صفت روز تا گلدهی توجیه گردید. هنگامی‌که صفت ارتفاع طبق از سطح زمین به عنوان صفت وابسته در نظر گرفته شد، نتایج نشان داد که ۵۱ درصد از تنوع موجود در ارتفاع طبق از سطح زمین بوسیله دو صفت طول دمبرگ و ارتفاع بوته توجیه شدند. صفت طول دمبرگ اثر مستقیم منفی (۰/۳۷۵-) روی ارتفاع طبق از سطح زمین داشت (جدول ۶) ولی اثر غیرمستقیم آن از طریق صفت ارتفاع بوته مثبت (۰/۰۴۷) بود (جدول ۷). صفت ارتفاع بوته اثر مستقیم مثبت (۰/۶۶۹) روی صفت ارتفاع طبق از سطح زمین داشت (جدول ۶) و اثر غیرمستقیم آن از طریق صفت طول دمبرگ منفی (۰/۰۲۸-) بود (جدول ۷). اثر مستقیم مثبت صفت ارتفاع بوته بر روی ارتفاع طبق از سطح زمین نشان‌دهنده این مطلب است که با افزایش ارتفاع بوته، ارتفاع طبق از سطح زمین نیز افزایش می‌یابد، بنابراین ارتباط مثبت و بالای این دو صفت، دور از انتظار نیست. در توافق با نتایج پژوهش حاضر، ابوالقاسمی و همکاران (۲) گزارش کردند که صفات تعداد روز تا گلدهی و طول دمبرگ در درجه سوم اهمیت از نظر تاثیر بر روی عملکرد دانه قرار دارند.

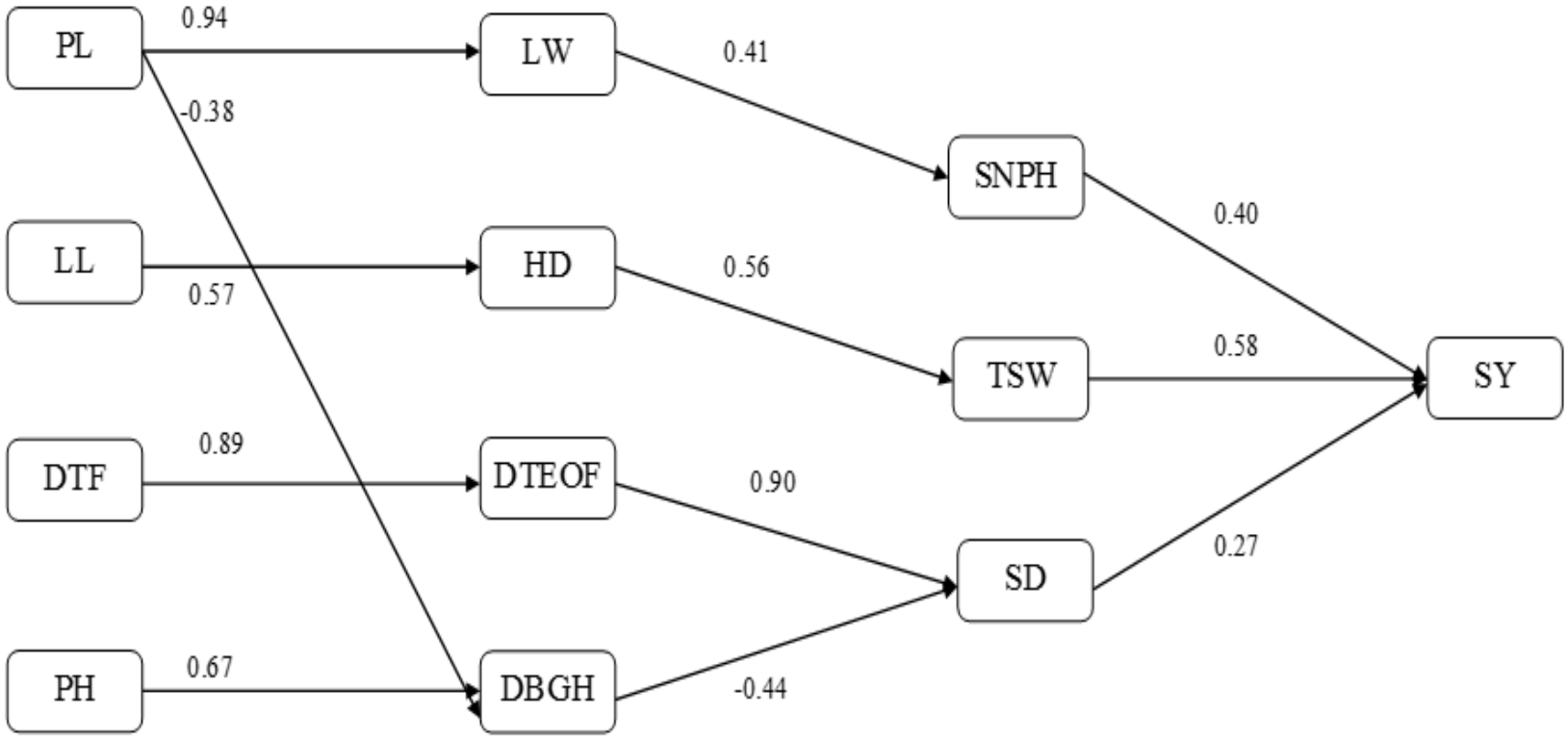
شناسایی ژنوتیپ‌های برتر

گزینش ژنوتیپ‌های اصلاح شده با عملکرد دانه بالا نقش مؤثری در توسعه کشت و افزایش تولید آفتابگردان دارد. از طرفی عملکرد دانه، صفت کمی پیچیده‌ای است که توسط تعداد زیادی ژن کنترل می‌شود. از آنجایی که این صفت به شدت تحت تأثیر محیط قرار می‌گیرد، لذا از وراثت‌پذیری پایینی برخوردار است. با توجه به وراثت‌پذیری پایین عملکرد دانه می‌توان از صفاتی که رابطه بالایی با آن دارند، در انتخاب بهتر ژنوتیپ‌های مطلوب بهره برد. عملکرد دانه از اثر تجمعی اجزای متشکله آن می‌باشد. شناسایی این اجزا و رابطه آن‌ها با عملکرد دانه در گزینش ژنوتیپ‌های با عملکرد مناسب حائز اهمیت است. از بررسی مجموع مطالعات تجزیه همبستگی، رگرسیون گام به گام و تجزیه مسیر در شرایط مشخص گردید که صفات تعداد دانه در طبق، وزن هزار دانه و قطر طبق از مهم‌ترین صفاتی هستند که با عملکرد دانه رابطه تنگاتنگی دارند. بنابراین صفات مذکور به عنوان صفات مناسب جهت گزینش ژنوتیپ‌های با عملکرد دانه بالا در آفتابگردان به شمار می‌روند. در این مطالعه ژنوتیپ‌های مورد بررسی بر اساس صفات تعداد دانه در طبق، وزن هزار دانه، قطر طبق و عملکرد دانه رتبه‌بندی شدند (جدول ۸). رتبه‌بندی ژنوتیپ‌ها برای هر صفت به این صورت انجام شد که، به ژنوتیپی که بالاترین مقدار را داشت عدد ۱ و به ژنوتیپ‌های با مقادیر پایین‌تر به ترتیب اعداد بالاتر (۲، ۳ تا ۲۵) داده شد (۴). به طور کلی بر اساس میانگین رتبه صفات مذکور، ژنوتیپ‌های شماره ۲، ۴، ۵، ۱۰، ۱۱، ۱۹ و ۲۲ با داشتن کمترین میانگین رتبه مطلوب‌ترین و ژنوتیپ‌های شماره ۲۴، ۲۳، ۲۵، ۱۵، ۷ و ۸ با داشتن بیشترین میانگین رتبه نامطلوب‌ترین ژنوتیپ‌ها بودند (جدول ۸). به منظور تایید نتایج شاخص میانگین رتبه در گروه‌بندی ژنوتیپ‌ها، تجزیه خوشه‌ای بر اساس رتبه صفات تعداد دانه در طبق، وزن هزار دانه، قطر طبق و عملکرد دانه انجام گرفت. نتایج گروه‌بندی ژنوتیپ‌ها در شکل ۲ نمایش داده شده است. نتایج نشان داد که ژنوتیپ‌های گروه اول (Cluster I) از نظر صفات قطر ساقه و وزن هزار دانه میانگین بالاتری را نسبت به میانگین کل ژنوتیپ‌ها داشتند، در حالی که از نظر صفات تعداد دانه در طبق و عملکرد دانه میانگین کمتری را در میان میانگین کل ژنوتیپ‌ها دارا بودند. ژنوتیپ‌های گروه دوم (Cluster II) از نظر همه صفات (تعداد دانه در طبق، وزن هزار دانه، قطر طبق و عملکرد دانه) میانگین بالاتری را در میان سایر گروه‌ها و همچنین میانگین کل ژنوتیپ‌ها داشتند. ژنوتیپ‌های گروه سوم (Cluster III) نیز از نظر همه صفات، میانگین پایین‌تری را در میان سایر گروه‌ها و همچنین میانگین کل ژنوتیپ‌ها داشتند. با توجه به نتایج حاصل از تجزیه خوشه‌ای می‌توان نتیجه گرفت که ژنوتیپ‌های موجود در گروه دوم (ژنوتیپ‌های شماره ۲، ۱۱، ۲۲، ۱۹، ۹، ۴، ۱۰ و ۵) از نظر همه صفات مورد بررسی و عملکرد دانه میانگین بالاتری را در میان سایر گروه‌ها و میانگین کل ژنوتیپ‌ها داشتند و با داشتن کمترین میانگین رتبه به عنوان ژنوتیپ‌های برتر شناخته شدند.

جدول ۸- میانگین صفات و رتبه آنها برای ۲۵ ژنوتیپ آفتابگردان

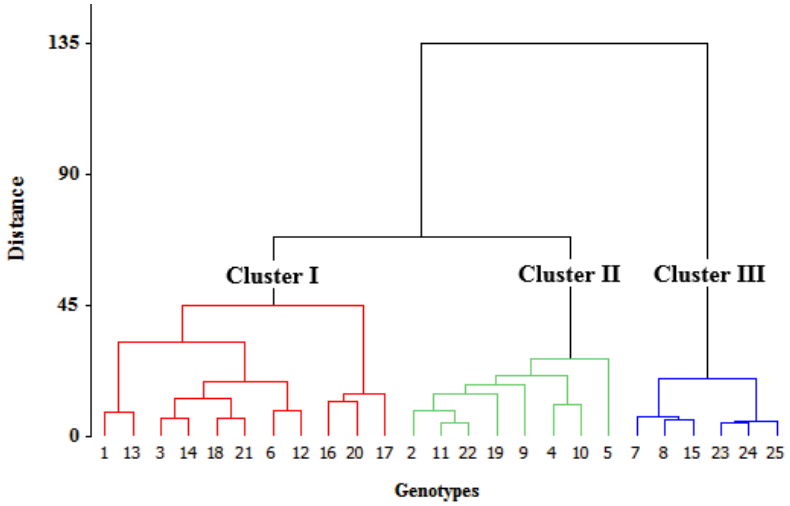
Mean traits along with their ranks for 25 sunflower genotypes.Table 8F

ژنوتیپ	عملکرد دانه	رتبه	تعداد دانه در طبق	رتبه	وزن هزار دانه	رتبه	قطر ساقه	رتبه	میانگین رتبه
۱	۲۶۷۸	۲۰	۷۷۰/۷۸	۱۳	۴۸/۷۰	۲۴	۲۶/۶۵	۷	۱۶/۷۵
۲	۳۶۹۴	۵	۹۷۵/۱۵	۱	۵۸/۶۸	۱۲	۲۶/۳۰	۸	۶/۵۰
۳	۳۳۸۳	۱۱	۸۲۳/۱۰	۱۳	۵۸/۵۳	۱۳	۲۶/۸۴	۶	۱۰/۷۵
۴	۳۷۷۹	۴	۸۷۶/۷۷	۷	۵۸/۲۳	۱۵	۲۹/۴۴	۱	۶/۷۵
۵	۴۶۳۱	۲	۷۳۳/۸۸	۱۹	۷۸/۰۰	۱	۲۷/۵۷	۳	۶/۲۵
۶	۳۲۹۰	۱۳	۸۶۲/۸۰	۸	۷۰/۴۰	۵	۲۴/۴۸	۱۷	۱۰/۷۵
۷	۲۲۲۷	۲۲	۷۶۰/۸۰	۱۷	۵۸/۲۷	۱۴	۱۹/۳۶	۲۵	۱۹/۵۰
۸	۲۸۰۳	۱۹	۷۵۲/۹۰	۱۸	۵۴/۷۰	۱۷	۲۲/۶۳	۲۰	۱۸/۵۰
۹	۳۵۹۹	۷	۹۱۳/۲۰	۳	۵۳/۱۳	۱۹	۲۴/۸۱	۱۵	۱۱/۰۰
۱۰	۳۳۹۶	۱۰	۹۱۲/۱۳	۴	۶۳/۰۰	۷	۲۸/۹۴	۲	۵/۷۵
۱۱	۳۶۱۳	۶	۹۰۴/۶۵	۵	۶۹/۲۰	۶	۲۵/۳۵	۱۱	۷/۰۰
۱۲	۲۹۱۳	۱۶	۸۲۷/۹۰	۱۲	۶۰/۴۰	۱۰	۲۵/۳۴	۱۲	۱۲/۵۰
۱۳	۲۸۹۵	۱۸	۸۵۵/۷۰	۹	۴۸/۴۰	۲۵	۲۵/۰۷	۱۴	۱۶/۵۰
۱۴	۳۳۲۹	۱۲	۸۴۷/۷۰	۱۰	۶۱/۳۰	۸	۲۷/۱۰	۴	۸/۵۰
۱۵	۲۴۳۵	۲۱	۷۹۱/۷۳	۱۵	۵۳/۱۳	۲۰	۲۱/۴۷	۲۳	۱۹/۷۵
۱۶	۳۴۱۱	۹	۶۰۰/۱۳	۲۴	۶۰/۲۹	۱۱	۲۴/۷۷	۱۶	۱۵/۰۰
۱۷	۳۴۸۶	۸	۷۳۱/۹۷	۲۰	۷۶/۲۰	۲	۲۰/۲۴	۲۴	۱۳/۵۰
۱۸	۳۰۰۷	۱۵	۸۰۸/۷۰	۱۴	۵۵/۶۰	۱۶	۲۶/۲۲	۹	۱۳/۵۰
۱۹	۴۹۴۲	۱	۹۲۴/۵۳	۲	۷۳/۶۷	۴	۲۳/۳۷	۱۹	۶/۵۰
۲۰	۲۸۹۷	۱۷	۶۸۸/۳۸	۲۲	۷۵/۶۷	۳	۲۵/۲۳	۱۳	۱۳/۷۵
۲۱	۳۱۴۴	۱۴	۸۳۰/۰۰	۱۱	۵۳/۶۰	۱۸	۲۶/۸۹	۵	۱۲/۰۰
۲۲	۳۸۰۵	۳	۹۰۲/۴۳	۶	۶۰/۵۰	۹	۲۵/۸۲	۱۰	۷/۰۰
۲۳	۲۰۴۵	۲۴	۷۱۱/۰۸	۲۱	۵۱/۰۰	۲۱	۲۲/۰۸	۲۲	۲۲/۰۰
۲۴	۱۵۴۸	۲۵	۵۱۲/۰۰	۲۵	۵۰/۵۷	۲۲	۲۲/۰۹	۲۱	۲۳/۲۵
۲۵	۲۱۴۸	۲۳	۶۶۵/۷۵	۲۳	۵۰/۲۰	۲۳	۲۳/۶۲	۱۸	۲۱/۷۵
میانگین	۳۱۶۴		۷۹۹/۳۷		۶۰/۰۵		۲۴/۸۷		



شکل ۱- تجزیه مسیر ترتیبی که نشانگر رابطه بین عملکرد و اجزای آن در آفتابگردان می‌باشد. SY: عملکرد دانه، SNPH: تعداد دانه در طبق، TSW: وزن هزار دانه، LW: عرض برگ، HD: قطر طبق، DTEOF: روز تا پایان گلدهی، DBGH: ارتفاع طبق از سطح زمین، PL: طول دمبرگ، LL: طول برگ، DTF: روز تا گلدهی، PH: ارتفاع بوته.

Figure 1. Sequential path analysis diagram illustrating the interrelationships between various traits contributing to yield in sunflower. SY: Seed yield, SNPH: Seed number per head, TSW: Thousand seed weight, LW: Leaf width, HD: Head diameter, DTEOF: Days to end of flowering, DBGH: Distance between ground and head, PL: Petiole length, LL: Leaf length, DTF: Days to flowering, PH: Plant height.



شکل ۲- گروه‌بندی ژنوتیپ‌های مورد مطالعه بر اساس رتبه عملکرد دانه و صفات مرتبط به آن
Figure 2. Classification of the studied genotypes based on rank of seed yield and its related traits

در این تحقیق با استفاده از یک مدل تجزیه مسیر ترتیبی، بطوریکه همراستایی بین صفات منجر به اختلال اثر صفات نشود، صفات تأثیرگذار بر روی عملکرد مشخص شدند. در مجموع با توجه به نتایج، صفات تعداد دانه در طبق، وزن هزار دانه و قطر طبق بعنوان صفات رتبه اول تاثیرگذار بر روی عملکرد مشخص شدند و لذا می‌توان این صفات را به عنوان شاخص‌های مطلوب در انتخاب ژنوتیپ‌های آفتابگردان معرفی نمود. همچنین نتایج تجزیه مسیر ترتیبی نشان داد که صفات عرض برگ، قطر طبق، روز تا پایان گلدهی و ارتفاع طبق از سطح زمین بعنوان صفات رتبه دوم و صفات طول دمبرگ، طول برگ، روز تا گلدهی و ارتفاع بوته بعنوان صفات رتبه سوم به صورت غیرمستقیم و از طریق سایر صفات بر روی عملکرد دانه تاثیر داشتند. نتایج نشان داد که در میان ژنوتیپ‌های مورد بررسی، ژنوتیپ‌های شماره ۲، ۴، ۵، ۱۰، ۱۱، ۱۹ و ۲۲ در زمره ژنوتیپ‌های مطلوب برای عملکرد دانه و صفات مرتبط با عملکرد بودند.

منابع

1. Abedini Esfahlani, M., R. Fotovat, M. Soltani Najafabadi and A. Tavakoli. 2018. Study of yield and water productivity in inbred lines of sunflower under optimum and water stress conditions. Journal of Plant Ecophysiology, 32: 49-60 (In Persian).
2. Abolghasemi, Z., R. Darvishzadeh, H. Kazemi, S. Besharat and M. Bayat. 2015. Genetic diversity of oily sunflower lines and sequential path analysis based on seed yield and agronomic characters. Modares Journal of Biotechnology 6: 30-40 (In Persian).
3. Ahmadpour, S., R. Darvishzadeh, O. Sofalian and H. Hatamzadeh. 2019. Evaluation of Yield Stability of Sunflower Inbred Lines under Salt Stress Conditions. Journal of Crop Breeding, 11: 1-10 (In Persian).
4. Alizadeh, B., A. Rezaizad, M. Yazdandoost Hamedani, G. Shiresmaeili, F. Nasserghadimi, H.R. Khademhamzeh and A. Gholizadeh. 2020. Evaluation of Seed Yield Stability of Winter Rapeseed (*Brassica napus* L.) Genotypes Using Non-Parametric Methods. Journal of Crop Breeding, 35: 202-212 (In Persian).
5. Ansarifard, I., K. Mostafavi, M. Khosroshahli, M.R. Bihamta and H. Ramshini. 2020. A study on genotype–environment interaction based on GGE biplot graphical method in sunflower genotypes (*Helianthus annuus* L.). Food Science and Nutrition, 20: 1-8.
6. Arshad, M., M.A. Khan, S. Jadoon and A.S. Mohmand. 2010. Factor analysis in sunflower (*Helianthus annuus* L.) to investigate desirable hybrids. Pakistan Journal of Botany, 42: 4393-4402.
7. Asghari-Zakaria, R., M. Fathi and D. Hasan-Panah. 2006. Sequential path analysis of yield components in potato. Potato Research, 49: 273-279.
8. Baraiya, V.K., P. Jagtap, J. Sangani and A. Malviya. 2018. Correlation and path analysis in sunflower (*Helianthus annus* L.). Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry, 7: 2730-2732.
9. Behradfar, A., A.H. Gorttapeh, M.R. Zardashty and F. Talat. 2009. Evaluation correlated traits for seed and oil yield in sunflower (*Helianthus annuus* L.) through path analysis in under condition relay cropping. Research Journal of Biological Sciences, 4: 82-85.
10. Bert, P.F., I. Jouan, D.T. De Labrouhe, F. Serre, J. Philippon, P. Nicolas and F. Vear. 2003. Comparative genetic analysis of quantitative traits in sunflower (*Helianthus annuus* L.). 2. Characterisation of QTL involved in developmental and agronomic traits. Theoretical and Applied Genetics, 107: 181-189.

11. Black, C.A., D.D. Evans, J.L. White, L.E. Ensminger and F.E. Clark. 1965. Method of Soil Analysis, Part 2, Chemical and Microbiological Properties, American Society of Agronomy, Inc, Publisher, Madison, Wisconsin USA.
12. Bremner, J.M. and C.S. Mulvancey. 1965. Nitrogen-Total. In: Method of soil analysis: part 2, Chemical and Microbiological Properties. Page. A. L. (Ed). 1982. Second Edition. American Society of Agronomy Inc. Madison, Wisconsin USA. Agronomy Series, 9(2): 596-622.
13. De Almeida Rios, S., R.N.V. da Cunha, R. Lopes, E. Barcelos, R.N.C. da Rocha and W.A.A. de Lima. 2018. Correlation and path analysis for yield components in Dura oil palm germplasm. Industrial Crops and Products, 112: 724-733.
14. Feyzian, E., H. Dehghani, A. Rezai and M. Jalali. 2009. Correlation and sequential path model for some yield-related traits in melon (*Cucumis melo* L.). Journal of Agricultural Science and Technology, 11: 341-353.
15. Gee, G.W. and D. Or. 2002. Particle-size analysis. pp. 255-295. In: Dane, J.H. and G.C. Topp (eds). Methods of soil analysis. Part 4. Physical methods. Soil Science Society of America. Madison, WI. USA.
16. Gholizadeh, A. and H. Dehghani. 2017. Correlation and sequential path analysis between yield and related characters of wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes in non-stressed and salinity-stressed conditions. Romanian Agricultural Research, 34: 37-49.
17. Haghpanah, M., A. Hassanzadeh, A.Z. Mirabadi, K. Foroozan and S. Talaee. 2018. Evaluation of the relationship between yield and yield components by sequential path analysis in peanut (*Arachis hypogaea* L.) genotypes. Iranian Journal of Crop Sciences, 20: 168-179 (In Persian).
18. Khomari, A., KH. Mostafavi and A. Mohammadi. 2017. Study of the relationships between yield and some important agronomic traits through path analysis and factor analysis in sunflower (*Helianthus annuus* L.) genotypes. Journal of Agronomy and Plant Breeding, 13(1): 11-20 (In Persian).
19. Knudsen, D., G.A. Peterson and P.F. Pratt. 1982. Lithium, sodium, and potassium. pp. 225- 246. In: In: Page A.L., R.H. Millerand D.R. Keeny (eds). Methods of soil analysis. Part 2. Chemical and microbiological properties. Soil Science Society of America, Madison. WI. USA.
20. Machikowa, T. and C. Saetang. 2008. Correlation and path coefficient analysis on seed yield in sunflower. Suranaree Journal of Science and Technology, 15: 243-248.
21. Maurya, K.N., P.K. Pal and S. Shukla. 2019. Relationship of opium yield with yield contributing traits in segregating populations derived through biparental mating in opium poppy (*Papaver somniferum* L.). Industrial Crops and Products, 139: 111557.
22. Mclean, E.O. 1982. Soil pH and lime requirement. pp. 199-224. In: Page A.L., R.H. Millerand D.R. Keeny (eds). Methods of soil analysis. Part 2. Chemical and microbiologicalproperties. Soil Science Society of America, Madison, WI. USA.
23. Moghadasi, M., H. Mazaherilaghab and M. Kakaei. 2014. Evaluation of oil genotypes of sunflower (*Helianthus annuus*) based on different traits and their relationships. Seed and Plant Journal, 30: 585-604 (In Persian).
24. Mohammadi, R., H. Dehghani, G. Karimzadeh, F. Dane and M. Akrami. 2014. Study on relationships between yield and its components in Iranian cantaloupe genotypes. Iranian Journal of Horticultural Sciences, 45: 1-10 (In Persian).
25. Mohammadi, S., B. Prasanna and N. Singh. 2003. Sequential path model for determining interrelationships among grain yield and related characters in maize. Crop Science, 43: 1690-1697.
26. Nabipour, A., S.B. Yazdi and A. Sarrafi. 2005. Genetic analysis of important agronomic traits and their interrelationships in sunflowers using recombinant inbred lines. Iranian Journal of Field Crop Science, 36: 647-658 (In Persian).
27. Nelson, D.W. and L.E. Sommers. 1982. Total carbon, organic carbon, and organic matter. pp. 539-579. In: Page A.L., R.H. Miller and D.R. Keeny (eds). Methods of soil analysis. Part 2. Chemical and microbiological properties. Soil Science Society of America, Madison. WI. USA.
28. Olsen, S.R. and L.E. Sommers. 1982. Phosphorus. Pp. 403-430. In: Page A.L., R.H. Miller and D.R. Keeny (eds). Methods of soil analysis. Part 2. Chemical and microbiological properties. Soil Science Society of America, Madison. WI. USA.
29. Rani, M., O. Sheoran, R. Sheoran and S. Chander. 2017. Genetic variability, character association and path analysis for agronomic traits in sunflower (*Helianthus annuus* L.). Annals of Agri-Bio Research, 22: 31-35.
30. Sabaghnia, N., H. Dehghani, B. Alizadeh and M. Mohghaddam. 2010. Interrelationships between seed yield and 20 related traits of 49 canola (*Brassica napus* L.) genotypes in non-stressed and water-stressed environments. Spanish Journal of Agricultural Research, 8: 356-370.
31. Saremi-Rad, A., S.M. Hassanpour, K. Mostafavi and H. Sadeghi Give. 2018. Assessment of relationship between grain yield and some related traits in oilseed sunflower genotypes. Iranian Journal of Agronomy and Plant Breeding, 14: 1-9 (In Persian).
32. Sedghi, M. and B. Amanpour-Balaneji. 2010. Sequential path model for grain yield in soybean. Notulae Scientia Biologicae, 2: 104-109.

33. Seiler, G. 2007. Wild annual *Helianthus anomalus* and H. *deserticola* for improving oil content and quality in sunflower. Industrial Crops and Products, 25: 95-100.
34. Sincik, M. and A.T. Goksoy. 2014. Investigation of correlation between traits and path analysis of confectionary sunflower genotypes. Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca, 42: 227-231.
35. Singh, V.K. and S. Chander. 2018. Correlation analysis for seed yield and its component traits in sunflower. Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry, 7: 2299-2301.
36. Tarinejad, A.R., P. Ramezani, V. Rashidi and M. Ghafari. 2010. Relationships between Oil and Grain Yield with Morphologic Traits in Single Cross Hybrids of Sunflower (*Helianthus annuus* L.). Journal of Crop and Weed Eco-physiology, 15: 17-28 (In Persian).
37. Yasin, B. and S. Singh. 2020. Correlation and path coefficient analyses in sunflower. Journal of Plant Breeding and Crop Science, 2: 129-133.
38. Zabet, M., A.P.P. Breeding, A.R. Samadzadeh and A. Shorvarzi. 2016. Selection of the most effective traits on yield of sunflower under normal irrigation and drought stress conditions in Birjand region. Environmental Stresses in Crop Sciences, 8: 217-231 (In Persian).
39. Zeynalzadeh tabrizi, H. and M. Ghaffari. 2002. Regresion and path analysis grain and oil yield single cross hybrid sunflower. Crop Research, 6: 41-54 (In Persian).
40. Ziaeifard, R. and R. Darvishzadeh. 2016. Association Mapping and Sequential Path Model for Studying Interrelationships among Yield and Related Characters in Confectionery Sunflower (*Helianthus annuus* L.). Journal of Crop Breeding, 8: 162-153 (In Persian).

Study on Relationships between Yield and Other Agronomic Traitsand Identification of the Superior Hybridsin Sunflower (*Helianthus annuus* L.)

Amir Gholizadeh[1], Mehdi Ghaffari[2], Kamal Payghamzadeh[3] and Shahriar Kia[4]

1- Assistant Professor, Crop and Horticultural Science Research Department, Golestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Gorgan, Iran (Corresponding author: a.gholizadeh@areeo.ac.ir)
2- Associate Professor, Oil Crops Research Department, Seed and Plant Improvement Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran
3- Assistant Professor, Crop and Horticultural Science Research Department, Golestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Gorgan, Iran
4- Assistant Professor, Crop and Horticultural Science Research Department, Golestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Gorgan, Iran
Received: December 20, 2020 Accepted: February 2, 2021

Abstract

Study on relationships between yield and other agronomic traits will improve the efficiency of a breeding program with appropriate selection criteria. In this regard, 24 new sunflower hybrids along with Golsa cultivar were evaluated in a simple lattice design with two replications in agriculture research station of Gorgan during 2020 cropping season. The results indicated that the highest coefficient correlation was obtained between head diameter and thousand seed weight with seed yield. Sequential stepwise multiple regression analysis was performed to organize the predictor variables into first, second and third order paths based on their respective contributions to the total variation of yield and minimum collinearity. Based on the variance inflation factor and magnitude of direct effects, seed number per plant, thousand seed weight and stem diameter were considered as first order variables and accounted for 70 percent of total variation of seed yield. The t-test of significance, using standard error values, obtained through bootstrap resampling, indicating that all direct effects were significant. Generally, the results indicated three traits of seed number per plant, thousand seed weight and stem diameter could be considered as selection criterion in selecting for increased yield in sunflower. Also, the results indicated that among studied genotypes, genotypes No. 2, 4, 5, 10, 11, 19 and 22 were recognized as superior genotypes regarding seed yield and traits related to yield.

Keywords: Correlation, Seed yield, Sequential path analysis, Sunflower