نشریه علمی ـ پژوهشی اکوفیزیولوژی گیاهان زراعی، جلد دهم، شماره ۳(۳۹)، پاییز ۱۳۹۵، صفحه ۷۱۶-۶۹۷

روابط همبستگی و علیت عملکرد و اجزای عملکرد ژنوتیپ‌های گلرنگ در شرایط تنش خشکی انتهای فصل

سیده زهرا حسینی[1*]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۶/۱۵ **تاریخ بازنگری: ۱۳۹۵/۶/۲۰** **تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۶/۲۳**

چکیده

به منظور محاسبه ضرایب همبستگی و تجزیه مسیر برخی صفات مرتبط با عملکرد، ۱۵ ژنوتیپ گلرنگ در شرایط بدون تنش و تنش خشکی به صورت دو آزمایش جداگانه در مزرعه دانشکده کشاورزی دانشگاه لرستان اجرا شد. هر کدام از این آزمایش‌ها در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار پیاده شدند. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین ژنوتیپ‌ها از نظر صفات مورد مطالعه و عملکرد در دو شرایط محیطی تنش و بدون تنش وجود دارد. با استفاده از رگرسیون گام به گام مناسب‌ترین مدل در هر دو محیط ارایه شد. انجام تجزیه مسیر ترتیبی با استفاده از همبستگی‌های ژنتیکی برای عملکرد دانه و سایر صفات مرتبط نشان داد که در شرایط بدون تنش، صفات وزن هزار دانه و قطر ساقه دارای اثر مستقیم و بالا روی عملکرد دانه بودند درحالی‌که در شرایط تنش خشکی، وزن دانه در بوته و وزن هزار دانه بیشترین اثر مستقیم را نشان دادند. بنابراین، برای رسیدن به ارقام پر محصول گلرنگ در شرایط تنش خشکی به احتمال قوی می‌توان با انتخاب ارقامی با بیشترین وزن دانه در بوته دست یافت.

واژگان کلیدی: رگرسیون گام به گام، وزن دانه، همبستگی ژنتیکی، همبستگی فنوتیپی.

۱- عضو هیئت علمی گروه زیست شناسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه صنعتی خاتم الانبیاء بهبهان

(* نگارنده‌ی مسئول) za_hosseini2004@yahoo.com

Archive of SID

www.SID.ir

مقدمه

میزان مصرف روغن خوراکی در کشور ما بیش از یک میلیون تن در سال بوده و از این مقدار ۹۰ تا ۹۵ درصد از طریق واردات تأمین می‌شود که سالانه بیش از یک میلیارد دلار از کشور خارج می‌شود (Sharif-Moghaddasi, 2009). دانه‌های روغنی مهم‌ترین منبع تولید روغن خوراکی می‌باشند. از بین دانه‌های روغنی سازگار با شرایط آب و هوایی کشور، گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L.) با داشتن تیپ‌های بهاره و پاییزه به‌عنوان گیاه متحمل به تنش شوری و خشکی به‌شمار می‌رود. با توجه به سازگاری این گیاه به مناطقی با بارندگی اندک زمستانه و بهاره و هوای خشک در طول دوره گلدهی، گیاهی مناسب برای کشت دیم در اکوسیستم‌های خشک و نیمه‌خشک به‌شمار می‌رود (Kar *et al*., 2007). یکی از مهم‌ترین راه‌کارهای فایق آمدن بر مشکل خشکی اصلاح و تولید ارقام متحمل به خشکی است (Rebetzke *et al*., 2006). روش اندازه‌گیری مستقیمی برای ارزیابی تحمل به خشکی وجود ندارد. این موضوع به‌عنوان چالشی بزرگ در شناسایی ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی در برنامه‌های اصلاحی به‌شمار می‌رود (Takeda and Matsuoka, 2008). هدف برنامه‌های اصلاحی در زمینه تحمل به خشکی معرفی ارقامی بوده که بتوانند به‌طور نسبی در مقایسه با سایر ژنوتیپ‌ها تنش خشکی را بهتر تحمل کرده و در شرایط یکسان افت عملکرد کمتری داشته باشند (Blum, 2010). لذا شناخت ویژگی‌های ژنتیکی صفت عملکرد و اجزای عملکرد و بررسی روابط و نحوه تأثیرگذاری آنها بر یکدیگر برای رسیدن به این هدف، مطلوب اصلاح نباتات می‌باشد. عدم توجه به نحوه ارتباط و همبستگی بین صفات مختلف (که بحث اصلی تجزیه مسیر می‌باشد) و انتخاب برای یک صفت زراعی، ممکن است منجر به نتیجه‌ای کمتر از میزان مورد انتظار و یا نتیجه‌ای معکوس برای صفات مهم دیگر در برنامه‌های به‌نژادی شود (Majidi and Mirlohi, 2009). به‌علاوه استفاده از ضرایب همبستگی ژنتیکی نسبت به ضرایب فنوتیپی، در تجزیه مسیر ارجح است، زیرا در همبستگی‌های ژنتیکی اثر عوامل خارجی که در ایجاد ارتباط غیرواقعی بین صفات دخالت داشته‌اند، حذف یا به حداقل مقدار خود می‌رسند (Neder *et al*., 2013).

حاج‌غنی و همکاران (Hajghani *et al*., 2013) گزارش کردند که بین عملکرد دانه با تعداد غوزه در بوته و تعداد انشعاب فرعی همبستگی مثبت ولی بین عملکرد دانه با تعداد دانه در غوزه همبستگی منفی معنی‌داری وجود داشت و براساس تجزیه مسیر، صفت تعداد غوزه در بوته بیشترین تأثیر مستقیم مثبت را نشان داد. در مطالعه‌ای دیگر روی ژنوتیپ‌های گلرنگ اهلی مشخص شد که عملکرد دانه با صفات تعداد طبق در بوته و تعداد دانه در طبق همبستگی معنی‌داری داشت و نتایج تجزیه رگرسیون مرحله‌ای نشان داد که تعداد دانه در طبق و تعداد طبق در بوته بیشترین سهم را در توجیه تغییرات عملکرد دانه داشتند (Amini *et al*., 2008). همچنین، ابوالحسنی و سعیدی (Abolhasani and Saeidi, 2006) نشان دادند که صفت تعداد دانه در طبق بیشترین سهم را در توجیه صفت عملکرد گلرنگ دارد. در تحقیق دیگری روی صفات کمّی و کیفی گلرنگ، بر اساس تجزیه علیت نشان داده شد که بیشترین تأثیر مستقیم بر عملکرد تک بوته را صفت تعداد غوزه در بوته و کمترین تأثیر مستقیم را صفت قطر غوزه به خود اختصاص داد (Bagheri *et al*., 2001).

ناصری‌راد و همکاران (Naserirad *et al*., 2013) گزارش کردند که تعداد طبق در بوته، عملکرد روغن، وزن هزار دانه، عملکرد بیولوژیک و ارتفاع بوته دارای

Archive of SID

www.SID.ir

بالاترین همبستگی مثبت و معنی‌دار با عملکرد دانه گلرنگ بود و تجزیه مسیر نشان داد که عملکرد بیولوژیک، تعداد طبق در بوته و وزن هزار دانه بیشترین تأثیر مستقیم بر عملکرد روغن و عملکرد دانه را داشتند. در پژوهش دیگری نشان داده شد که عملکرد دانه با ارتفاع بوته، تعداد طبق در بوته و تعداد دانه در طبق همبستگی مثبت و معنی‌دار دارد ولی تجزیه ضرایب مسیر عملکرد دانه نشان داد که تعداد دانه در طبق، تعداد طبق در بوته و وزن هزار دانه بیشترین اثر مستقیم را بر عملکرد دانه داشتند (Mohammadi *et al.*, 2012). عزیز و موراکینیو (Azeez and Morakinyo, 2011) با مطالعه روی ژنوتیپ‌های گلرنگ نشان دادند که تعداد دانه در بوته و وزن هزار دانه بالاترین تاثیر مستقیم را بر عملکرد دانه دارد در حالی‌که تعداد غلاف در بوته بالاترین اثر غیرمستقیم از طریق تعداد دانه در بوته را بر عملکرد دانه داشت؛ در حالی‌که برهان (Burhan, 2007) گزارش کرد صفات تعداد طبق، قطر ساقه، تعداد طبق در بوته و تعداد دانه در طبق بیشترین اثر مستقیم مثبت بر عملکرد دانه را دارند.

در این آزمایش ژنوتیپ‌های مورد بررسی از نظر عملکرد و سایر صفات مهم مورد مقایسه میانگین و تجزیه واریانس قرار گرفتند. همچنین، به‌منظور بررسی همبستگی فنوتیپی و ژنوتیپی بین صفات مختلف و بررسی اثرات مستقیم و غیرمستقیم صفات مؤثر بر عملکرد در دو شرایط تنش و عدم تنش خشکی در ژنوتیپ‌های مختلف گلرنگ، این آزمایش انجام گردید.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه لرستان (طول ۴۸ درجه و ۲۲ دقیقه شرقی، عرض ۳۳ درجه و ۲۹ دقیقه شمالی و ارتفاع از سطح دریا ۱۱۲۵ متر) در دو آزمایش جداگانه شامل تنش خشکی انتهای فصل (کم‌آبیاری) و بدون تنش خشکی (آبیاری مطلوب) اجرا گردید. هر کدام از این آزمایش‌ها در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار اجرا شد. ژنوتیپ‌های مورد بررسی شامل ۱۵ ژنوتیپ گلرنگ (IL-111، LRV-51-51، S-541، Lesaf، Dincer، Syrian، Gila، Kino-76، Yenice، زرقان ۲۷۹، محلی اصفهان، Hartman، ورامین ۲۹۵، Cyprus bregon و CW-74) بود. هر کرت آزمایشی شامل ۴ خط به طول ۴ متر با فواصل خطوط ۴۰ سانتی‌متر بود که فاصله‌ی بین کرت‌ها ۸۰ سانتی‌متر، فاصله‌ی بین بلوک‌ها ۲ متر و فاصله بین دو آزمایش دارای تنش و بدون تنش ۱۰ متر در نظر گرفته شد. تهیه زمین و عملیات شخم در آبان ماه و عملیات کاشت در آذر ماه انجام شد. میزان بذر مصرفی حدود ۲۵ کیلوگرم در هکتار بود. کنترل مکانیکی علف‌های هرز در سه نوبت در هر دو محیط از مراحل اولیه رشد تا رسیدن ارتفاع بوته به حدود ۴۰ سانتی‌متر انجام گرفت. تنک کردن بوته‌ها به‌منظور دست‌یابی به تراکم مطلوب پس از استقرار کامل گیاهچه‌های گلرنگ به‌صورت هم‌زمان در هر دو محیط انجام گرفت. پس از انجام عملیات کاشت به منظور رسیدن به سطح یکنواخت، هر دو قطعه در چندین نوبت در مراحل اولیه رشد گلرنگ به‌صورت هم‌زمان هر ۱۴ روز یک‌بار آبیاری شدند. به منظور اعمال تنش خشکی، در مراحل گلدهی و دانه‌بندی آبیاری در محیط تحت تنش قطع شد اما در محیط بدون تنش ادامه یافت. جهت اطمینان از اعمال تنش کمبود آب، اندازه‌گیری رطوبت خاک به روش وزنی قبل و بعد از اعمال تنش صورت گرفت.

صفات مورد ارزیابی پس از حذف اثر حاشیه شامل قطر ساقه، ارتفاع بوته، تعداد شاخه فرعی در بوته، تعداد طبق در بوته، تعداد دانه در طبق، وزن دانه در طبق، وزن دانه در کل تک بوته، عملکرد

Archive of SID

www.SID.ir

بیولوژیک، شاخص برداشت، وزن هزار دانه بودند. محاسبه واریانس-کوواریانس ژنتیکی و ضرایب همبستگی ژنوتیپی و فنوتیپی صفات (Roy, 2012) با استفاده از نرم‌افزارهای Excel 2013 و SAS v9.1 انجام شد. از تجزیه رگرسیون چندگانه به روش گام به گام برای قرار دادن صفات پیش‌بینی کننده در تجزیه مسیرهای ترتیبی (رتبه اول و دوم) استفاده گردید. این رتبه‌بندی بر اساس سهم صفات در میزان توجیه صفت وابسته، حداقل میزان هم‌راستایی[۱] (مقادیر عامل تورم واریانس بالاتر از ۱۰ و ضریب تحمل کمتر از ۰/۱) بین صفات در هر قسمت از مسیر با استفاده از شاخص عامل تورم واریانس[۲] و معکوس آن، ضریب تحمل[۳]، (Hair *et al*., 2006) با استفاده از نرم‌افزار SPSS, 2010 اندازه‌گیری شد. در مجموع بر اساس مقادیر عامل تورم واریانس، ضریب تحمل و نیز بزرگی اثرات مستقیم، متغیرهای رتبه اول در توجیه صفت وابسته عملکرد انتخاب شدند. این رویه سپس به‌طور مجزا برای صفات رتبه اول به عنوان صفات وابسته انجام گردید تا متغیرهای رتبه دوم توجیه‌کننده صفات مذکور مشخص شوند. بعد از تعیین صفات رتبه اول و دوم، اثرات مستقیم و غیرمستقیم تمام صفات پیش‌بینی کننده در تجزیه مسیر ترتیبی با استفاده از نرم‌افزار AMOS, 2010 و با استفاده از همبستگی‌های ژنتیکی انجام شد.

نتایج و بحث

تجزیه واریانس صفات اندازه‌گیری شده در شرایط بدون تنش نشان داد که بین ژنوتیپ‌ها برای ارتفاع بوته، تعداد شاخه فرعی در بوته، تعداد طبق در بوته، تعداد دانه در طبق، وزن دانه در طبق، وزن دانه در بوته، وزن هزار دانه، شاخص برداشت و عملکرد اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد و برای عملکرد بیولوژیک و قطر ساقه اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد وجود داشت (جدول ۱). در شرایط تنش نیز برای صفات قطر ساقه، ارتفاع بوته، تعداد شاخه فرعی، تعداد طبق در بوته، عملکرد دانه در طبق، وزن هزار دانه، شاخص برداشت و عملکرد دانه در بین ژنوتیپ‌های گلرنگ اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد به‌دست آمد (جدول ۲). نتایج تجزیه واریانس مرکب (جدول ۳) نشان داد که اثر متقابل ژنوتیپ × محیط برای تمامی صفات به جز عملکرد بیولوژیک معنی‌دار بود. این نتیجه بدین مفهوم است که ژنوتیپ‌های مختلف در شرایط محیطی مختلف واکنش متفاوتی نشان داده‌اند. در هر دو شرایط بیشترین واریانس مربوط به عملکرد دانه بود که نشان می‌دهد این ویژگی در گلرنگ به میزان زیادی تحت تأثیر شـرایط تنش و بدون تنش قرار می‌گیرد. وزن دانه در طبق، قطر ساقه و تعداد شاخه فرعی کم‌ترین واریانس را در تجزیه مرکب نشان دادند که می‌توان نتیجه گرفت این صفات کمتر تحت تأثیر واریانس محیطی قرار دارند.

در جداول ۴ و ۵ نتایج آزمون مقایسه میانگین چند دامنه‌ای دانکن بین ژنوتیپ‌ها برای کلیه صفات اندازه‌گیری شده در شرایط تنش و بدون تنش ارایه شده است. در شرایط بدون تنش ژنوتیپ ۶ از نظر صفات عملکرد دانه و وزن هزار دانه بهترین رتبه را به خود اختصاص داد. ژنوتیپ ۱۵ نیز کمترین میزان عملکرد دانه و وزن هزار دانه را نشان داد (جدول ۴). پایین‌ترین رتبه در بین صفات دیگر نیز به ژنوتیپ ۱۵ تعلق گرفت که خود می‌تواند علت پایین بودن عملکرد این ژنوتیپ باشد. همچنین، در شرایط تنش نیز ژنوتیپ ۶ بیشترین میزان عملکرد دانه را به خود اختصاص داد که این نتایج نشان از پایداری عملکرد این ژنوتیپ تحت شرایط تنش می‌باشد. در مجموع دو

۱- Collinearity
۲- Variance Inflation Factor
۳- Tolerance

Archive of SID

www.SID.ir

شرایط تنش و غیر تنش مشاهده شد که ژنوتیپ ۶ بهترین تظاهر را از نظر مهم‌ترین صفات (به‌ویژه عملکرد) دارا می‌باشد. از این رو می‌توان ژنوتیپ ۶ را به‌عنوان یک ژنوتیپ برتر برای شرایط تنش خشکی انتهای فصل معرفی کرد. به‌طور کلی می‌توان گفت هر عاملی مانند آبیاری که فرصت رشد بیشتری در اختیار گیاه قرار دهد موجب شکل‌گیری مکان‌های بالقوه بیشتری جهت تولید طبق در روی گیاه، از طریق افزایش ارتفاع، انشعابات جانبی دوره رشد خواهد شد. به‌همین علت در شرایط بدون تنش افزایش اندام‌های هوایی و رشد بیشتر انجام‌گرفته و لذا ژنوتیپ‌هایی که قطر ساقه بیشتر و تعداد شاخه فرعی بیشتری دارند تعداد طبق بیشتری هم دارند درحالی‌که در شرایط تنش ارتباط تعداد طبق در بوته با قطر ساقه بیشتر است، زیرا در شرایط تنش خشکی وجود ساقه‌های محکم که در اثر کم آبی ضعیف نشود یکی از اصول تولید و پایداری عملکرد در گلرنگ است. سایر محققین نیز با مطالعه تنش خشکی بر روی گلرنگ، کاهش تعداد طبق در بوته را مشاهده کردند (Beyyavas *et al*., 2011).

همبستگی فنوتیپی در دو محیط دارای تنش و بدون تنش کم‌آبی برآورد شد. در شرایط آزمایش بدون تنش کم‌آبی، وزن هزار دانه و عملکرد بیولوژیک همبستگی فنوتیپی مثبت و معنی‌داری با عملکرد دانه نشان داد و سایر صفات همبستگی معنی‌داری با عملکرد دانه نداشتند (جدول ۶). در شرایط تنش کم‌آبیاری نیز صفات وزن دانه در بوته و وزن هزار دانه به‌ترتیب بالاترین میزان همبستگی فنوتیپی را با عملکرد دانه داشتند (جدول ۷). بالا بودن ضریب همبستگی عملکرد دانه با عملکرد بیولوژیک نیز نشانگر آن است که تغییرات دو صفت هم‌جهت می‌باشد. با توجه به آن‌که دانه، حاصل فعالیت فتوسنتزی اندام‌هایی چون ساقه و برگ می‌باشد، بنابراین همبستگی بالای این دو صفت، دور از انتظار نیست و این نشان می‌دهد که برای داشتن عملکرد دانه بالا در شرایط بدون تنش، به گیاهانی با رشد سبزینه‌ای خوب و قدرت رویشی مناسب، احتیاج است (Dabiri *et al*., 2009).

در شرایط تنش بین عملکرد دانه با شاخص برداشت همبستگی فنوتیپی مثبت و معنی‌داری مشاهده شد که بیان‌کننده این مطلب است که تغییرات دو صفت هم‌راستا است. همبستگی میان عملکرد بیولوژیکی و شاخص برداشت منفی بود که این نتیجه با توجه به نحوه محاسبه شاخص برداشت قابل توجیه می‌باشد (جدول ۷). صفت ارتفاع بوته بالاترین میزان همبستگی فنوتیپی را با صفت عملکرد بیولوژیکی در هر دو شرایط تنش و بدون تنش دارا بود. مقدار مثبت و بالای این همبستگی بیانگر اهمیت ارتفاع بوته در افزایش عملکرد بیولوژیکی می‌باشد. توکلی و همکاران (Tavakoli1 *et al*., 2012) گزارش کردند که در ژنوتیپ‌های وحشی و اهلی گلرنگ تحت شرایط بدون تنش رطوبتی، عملکرد دانه با تعداد طبق در بوته و وزن دانه در طبق همبستگی فنوتیپی مثبت داشت در حالی‌که تحت شرایط تنش عملکرد دانه با ارتفاع، تعداد طبق در بوته و وزن هزار دانه همبستگی مثبت داشت.

نتایج حاصل از همبستگی ژنوتیپی نشان داد که در شرایط بدون تنش (جدول ۶) صفت وزن هزار دانه، قطر ساقه و عملکرد بیولوژیک و در شرایط تنش (جدول ۷) صفات وزن دانه در بوته، وزن هزار دانه و شاخص برداشت به‌ترتیب بالاترین همبستگی معنی‌داری را با عملکرد دانه دارند. با مقایسه ضرایب همبستگی ساده (فنوتیپی) و ژنوتیپی مشاهده می‌گردد که ضرایب همبستگی ژنوتیپی بین صفت عملکرد دانه و سایر صفات نسبت به همبستگی فنوتیپی برای برخی از صفات کاهش و برای برخی

Archive of SID

www.SID.ir

افزایش پیدا کرده است؛ بنابراین با جدا نمودن جزء خطا از همبستگی فنوتیپی معلوم می‌شود که جزء خطا (همبستگی محیطی) رابطه بین عملکرد دانه و سایر صفات را در برخی موارد کاهش و در برخی موارد افزایش داده بود.

در شرایط بدون تنش عملکرد بیولوژیک ضریب همبستگی ژنتیکی مثبت و معنی‌داری با عملکرد دانه نشان داد (جداول ۶). ضریب همبستگی ژنوتیپی بین عملکرد بیولوژیک با عملکرد دانه نسبت به ضرایب همبستگی فنوتیپی در شرایط تنش و بدون تنش افزایش یافته است که بیانگر این موضوع است که با جدا نمودن جزء خطا از همبستگی فنوتیپی رابطه بین عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه افزایش یافته است. احمدزاده و همکاران (Ahmadzadeh *et al*., 2010) گزارش نمودند برای انتخاب ژنوتیپ‌های برتر گلرنگ از نظر عملکرد می‌توان به‌طور مستقیم ژنوتیپ‌هایی که عملکرد دانه بیشتری دارند یا به‌طور غیرمستقیم ژنوتیپ‌هایی که وزن هزار دانه بالاتری دارند را گزینش نمود. نتایج مطالعات اسماعیلی منزه و همکاران (Esmaeili Monazah *et al*., 2012) نشان داد که تنش خشکی تأثیر معنی‌داری بر عملکرد دانه، وزن هزار دانه، مقدار پرولین و محتوای نسبی آب برگ دارد و از میان صفات اندازه‌گیری شده همبستگی میان وزن هزار دانه و محتوای پرولین با عملکرد دانه معنی‌دار شد که ناشی از اهمیت آنها در افزایش عملکرد دانه می‌باشد.

با توجه به مزیت تجزیه مسیر ترتیبی نسبت به تجزیه مسیر متداول (Sabaghnia *et al*., 2010)، ابتدا با استفاده از تجزیه رگرسیون گام به گام دو دسته صفات رتبه اول و رتبه دوم مشخص شدند (جدول ۸ و ۹). بر اساس مقادیر عامل تورم واریانس، ضریب تحمل و نیز بزرگی اثرات مستقیم، در شرایط بدون تنش صفات وزن هزار دانه و قطر بوته به عنوان متغیرهای رتبه اول در توجیه صفات وابسته به عملکرد انتخاب شدند. سپس با استفاده از تجزیه رگرسیون گام به گام صفات تعداد طبق در بوته، ارتفاع بوته و تعداد دانه در طبق به عنوان صفات درجه دو از نظر توجیه تغییرات صفات وابسته وارد مدل شدند. وزن هزار دانه و قطر بوته به‌عنوان متغیرهای رتبه اول ۶۴ درصد از تغییرات عملکرد را توجیه کردند. بنابراین، می‌توان از دو صفت مذکور در برنامه‌های اصلاحی برای گزینش ژنوتیپ‌های با عملکرد بالاتر استفاده کرد. تجزیه گام به گام برای صفات رتبه دوم نشان داد که صفات تعداد طبق در بوته و ارتفاع بوته در مجموع ۹۱ درصد از تغییرات صفت وزن هزار دانه را توجیه کردند. همچنین، نتایج نشان داد که ۸۳ درصد از تنوع موجود در قطر بوته به وسیله دو صفت تعداد دانه در طبق و ارتفاع بوته توجیه شدند (جدول ۸).

تجزیه رگرسیون گام به گام برای صفات در شرایط تنش خشکی نشان داد که سه صفت وزن دانه در بوته و وزن هزار دانه در مجموع ۷۱ درصد از تغییرات عملکرد دانه را توجیه نمودند. وزن دانه در بوته و وزن هزار دانه همبستگی مثبت و معنی‌داری با یکدیگر داشتند و می‌توان این دو صفت را به‌صورت یک عامل تأثیرگذار بر روی عملکرد دانه در شرایط تنش دانست و بدیهی است که در شرایط تنش، گیاه از افزودن تعداد اندام‌های تولیدمثلی خودداری و توان خود را برای افزایش وزن دانه‌ها صرف می‌کند (Tavakoli *et al*., 2012). مرحله دوم از تجزیه رگرسیون در شرایط تنش خشکی نشان داد که قطر بوته در توجیه هر دو صفت وزن دانه در بوته و وزن هزار دانه مؤثر است و به‌ترتیب ۶۵ و ۶۲ درصد از تغییرات این دو صفت را توجیه نمود (جدول ۹). محققین مختلف گزارش‌های متفاوتی را در خصوص تبیین سهم صفات با استفاده از تجزیه رگرسیون گام

Archive of SID

www.SID.ir

به گام ذکر کرده‌اند. سلامتی (Salamati, 2012) نشان داد که صفات بیوماس، تعداد طبق در بوته، تعداد دانه در طبق و درصد روغن ۹۸ درصد تغییرات عملکرد دانه را توجیه می‌کند. امینی و همکاران (Amini *et al.*, 2008) بر اساس رگرسیون مرحله‌ای برای عملکرد دانه در بوته ژنوتیپ‌های گلرنگ گزارش کردند که صفات تعداد دانه در طبق، تعداد طبق در بوته و وزن هزار دانه ۸۱/۲ درصد از صفت عملکرد دانه را توجیه می‌نمایند. از طرفی برخی محققین بر اساس نتایج تجزیه رگرسیون مرحله‌ای بیان کردند که برای افزایش عملکرد دانه در شرایط عدم تنش خشکی، گزینش غیرمستقیم بایستی ابتدا روی تعداد طبق در بوته و سپس تعداد دانه در طبق صورت پذیرد ولی در شرایط تنش خشکی بایستی ابتدا تعداد دانه در طبق اصلاح گردد (Maleki Nejad and Majidi, 2015).

نتایج تجزیه مسیر ترتیبی برای صفت عملکرد دانه و اجزای آن در ژنوتیپ‌های گلرنگ تحت شرایط بدون تنش رطوبتی (شکل ۱) نشان داد که اثر مستقیم وزن هزار دانه بر عملکرد دانه مثبت بود اما اثر مستقیم قطر ساقه منفی بود. بنابراین، انتخاب بر اساس قطر ساقه باعث کاهش عملکرد دانه در شرایط بدون تنش می‌گردد. کاهش اثر مستقیم وزن هزار دانه (۰/۶۰) نسبت به همبستگی ژنتیکی (۰/۷۳۰) آن ناشی از اثرات غیرمستقیم این صفت بوده و می‌توان گفت که در این حالت تکیه تنها بر انتخاب ژنوتیپ‌ها برای افزایش عملکرد از طریق وزن هزار دانه از کارآیی بسیار بالا برخوردار نبود و باید در گزینش عوامل غیرمستقیم را به‌طور هم‌زمان مورد توجه قرار داد. اثر باقی‌مانده یا خطا (۰/۳۶) در این مدل نشان داد که صفات وارد شده به مدل ۶۵ درصد از تغییرات عملکرد دانه را توجیه می‌نماید. به‌نظر می‌رسد عامل پایین بودن درصد توجیه تغییرات همبستگی منفی قطر ساقه با عملکرد دانه و وارد نشدن سایر متغیرها در مرحله اول به دلیل کم بودن همبستگی آنها با عملکرد دانه باشد (Ram, 2014). نتایج مرحله دوم از تجزیه مسیر نشان داد که صفات ارتفاع بوته و تعداد دانه در طبق اثر مستقیم مثبتی بر روی قطر بوته داشتند اما نظر به این که صفت قطر بوته اثرمستقیم منفی بر روی عملکرد در شرایط بدون تنش دارد، لذا انتخاب بر اساس این دو صفت به‌طور غیرمستقیم باعث کاهش عملکرد می‌گردد. همچنین، تعداد طبق در بوته و ارتفاع بوته اثر مستقیم منفی بر وزن هزار دانه داشتند، لذا انتخاب بر اساس این دو صفت می‌تواند منجر به کاهش وزن هزار دانه و در نتیجه کاهش عملکرد کل گردد. در خصوص اثرات مستقیم و غیرمستقیم صفات بر عملکرد دانه، نتایج مختلفی گزارش شده است. برخی محققین (Majidi *et al.*, 2015; Salamati, 2012) گزارش کردند که تعداد طبق در بوته بیشترین اثر مستقیم را بر عملکرد دانه داشت. از طرفی نیک‌فکر و سعیدی (Nikfekr and Saeidi, 2015) نشان دادند که تعداد طبق در بوته اثر مستقیم مثبت و قابل توجهی بر عملکرد دانه داشت و اثرات غیرمستقیم آن از طریق بقیه صفات نسبتاً ناچیز بود و همچنین با آن‌که تعداد دانه در طبق اثر مستقیم مثبت و بالایی بر عملکرد دانه داشت و اثر غیرمستقیم آن از طریق تعداد طبق در بوته نیز قابل توجه بود ولی اثر غیرمستقیم زیادی از طریق وزن هزار دانه نداشت.

بر اساس تجزیه مسیر ترتیبی در شرایط تنش خشکی در مرحله اول، وزن دانه در بوته بیشترین اثر مستقیم و مثبت (۰/۴۷) بر عملکرد دانه را داشت. وزن هزار دانه با اثر غیرمستقیم مثبت و بالا (۰/۴۳) بر روی عملکرد دانه تأثیر می‌گذارد که همبستگی بالای این دو صفت توجیه‌کننده این اثر می‌باشد (شکل ۲). با کاهش چشم‌گیر مقدار و تغییر علامت

Archive of SID

www.SID.ir

اثرات مستقیم وزن هزار دانه نسبت به ضرایب همبستگی آن می‌توان گفت که در چنین شرایطی باید از مدل گزینش هم‌زمان محدود شده[1] برای این شرایط استفاده نمود تا بتوان اثرات غیرمستقیم نامطلوب را به حداقل رساند و بیشترین بهره را از اثر مستقیم برد (Ram, 2014). در مرحله دوم تجزیه مسیر صفت قطر بوته بر روی هر دو صفت وزن دانه و وزن هزار دانه اثر مستقیم مثبتی داشت. وزن دانه در طبق دومین صفت وارد شده در مدل در مرحله دوم تجزیه مسیر بود و تأثیر آن روی صفات وزن دانه و وزن هزار دانه بدیهی و اجتناب ناپذیر است، در نتیجه می‌توان گفت که وزن دانه در بوته و وزن هزار دانه از اجزای اصلی عملکرد در شرایط تنش کم آبیاری به‌شمار می‌آیند. همچنین، در شرایط تنش خشکی هر چه قطر ساقه بیشتر باشد ساقه گلرنگ از استحکام بیشتری برخوردار بوده و تولید محصول بیشتری می‌نماید زیرا شرایط رشد مطلوب گلرنگ تنها در شکل ایستاده فراهم می‌گردد؛ لذا ساقه‌های محکم که در اثر کم آبی ضعیف نگردد یکی از اصول تولید و پایداری عملکرد در گلرنگ می‌باشد. در مقایسه شرایط تنش خشکی با شرایط بدون تنش، میزان باقیمانده مدل کاهش یافته (۰/۲۱) که این امر نشان از توجیه بالای مدل (۰/۷۹) و صفات ورود یافته به آن در شرایط تنش خشکی می‌باشد. در شرایط تنش خشکی گیاه با ایجاد ساز و کارهایی برای تحمل یا اجتناب از خشکی بیشترین فعالیت خود را صرف پر کردن دانه نموده تا خسارات ناشی از تنش از جمله کاهش حجم فتوسنتز کننده خود را جبران نموده از این رو صفات وزن دانه در بوته و وزن هزار دانه بیشترین تأثیر را در تنش خشکی دارند. محققین مختلف در بررسی اثر تنش خشکی روی ژنوتیپ‌های گلرنگ نتایج مختلفی را بیان کرده‌اند. ملکی نژاد و مجیدی (Maleki Nejad and Majidi, 2015) بر اساس نتایج حاصل از تجزیه ضرایب مسیر نشان دادند که در هر دو شرایط تنش و عدم تنش رطوبتی، تعداد دانه در قوزه (طبق) بیشترین اثر مستقیم را بر عملکرد دانه داشت. در حالی که توکلی و همکاران (Tavakoli *et al*., 2012) گزارش کردند که اثرات مستقیم و غیرمستقیم صفات بر عملکرد دانه تحت شرایط تنش و بدون تنش خشکی متفاوت است؛ به طوری‌که در شرایط آبیاری کافی، گیاه از طریق تعداد طبق در بوته و تعداد دانه در طبق به‌طور مستقیم بر عملکرد دانه تأثیر می‌گذارد ولی در شرایط تنش خشکی وزن هزار دانه تأثیر بالا و مستقیمی در تبیین تغییرات عملکرد دانه دارد.

نتیجه‌گیری کلی

نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که در شرایط بدون تنش، صفات وزن هزار دانه و قطر ساقه دارای اثر مستقیم و بالا روی عملکرد دانه بودند درحالی‌که در شرایط تنش خشکی، وزن دانه در بوته و وزن هزار دانه بیشترین اثر مستقیم را بر عملکرد دانه نشان دادند. در مجموع با توجه به نتایج به‌دست آمده از مطالعه حاضر می‌توان گفت که برای دست‌یابی به ارقام پر محصول گلرنگ در شرایط تنش خشکی بهتر است عمده اهداف را در جهت انتخاب واریته‌هایی با بیشترین وزن دانه و وزن هزار دانه متمرکز نمود.

سپاس‌گذاری

از معاونت پژوهشی دانشگاه صنعتی خاتم الانبیاء که با تأمین اعتبار طرح پژوهشی شماره ۹۲۲۵۵۰ از انجام این تحقیق پشتیبانی کردند، تشکر و قدردانی می‌گردد.

۱ - Restricted Simultaneous Selection model

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۱- تجزیه واریانس صفات ژنوتیپ‌های گلرنگ در شرایط بدون تنش

Table 1- Analysis of variance of safflower genotypes traits in non-stress condition

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی d.f	میانگین مربعات Mean of squres											
		قطر ساقه Stem diameter	ارتفاع بوته plant height	تعداد شاخه فرعی در بوته No. of secondary branches per plant	تعداد طبق در بوته No. of head per plant	تعداد دانه در طبق No. of seed per head	وزن دانه در طبق Weight of seed per head	وزن دانه در بوته Weight of seed per plant	عملکرد بیولوژیک Biological yield	شاخص برداشت Harvest index	وزن هزار دانه 1000-grain weight	عملکرد دانه Grain yield
تکرار Replication	2	5.57 **	276.7 **	19.41 **	24.11 **	334.6 **	0.77 **	19.67 **	40.13 ns	86.12 **	26.57 **	126046.54 **
ژنوتیپ Genotype	14	0.27 *	39.16 **	1.70 **	6.15 **	43.98 **	0.14 **	2.62 **	929.1 *	44.2 **	29.98 **	361855.72 **
خطای آزمایشی Experimental error	28	0.12	7.60	0.61	0.56	7.67	0.04	0.26	412.5	2.89	0.77	35611.1
ضریب تغییرات (%) CV		5.57	4.15	14.37	14.1	10.35	23.26	13.18	19.37	9.36	3.05	14.78

*و **: به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

* , **: significant at 5 and 1% probability levels, respectively

جدول ۲- تجزیه واریانس صفات ژنوتیپ‌های گلرنگ در شرایط تنش خشکی

Table 2- Analysis of variance of safflower genotypes traits in drought stress condition

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی d.f	میانگین مربعات Mean of squres										
		قطرساقه Stem diameter	ارتفاع بوته plant height	تعداد شاخه فرعی در بوته No. of secondary branches per plant	تعداد طبق در بوته No. of head per plant	تعداد دانه درطبق No. of seed per head	وزن دانه در طبق Weight of seed per head	وزن دانه در بوته Weight of seed per plant	عملکرد بیولوژیک Biological yield	شاخص برداشت Harvest index	وزن هزار دانه 1000-grain weight	عملکرد دانه Grain yield
تکرار Replication	2	3.69 **	349.2 **	6.15 **	34.99 **	382.42 **	0.51 **	9.60 **	1206.6 **	142.16 **	13.35 **	60.475624 **
ژنوتیپ genotype	14	0.56 **	42.90 **	0.91 **	4.78 **	28.95 ns	0.05 **	1.16 *	337.22 ns	23.4 **	81.3 **	43.76055 **
خطای آزمایشی Experimental error	28	0.10	7.74	0.11	1.20	14.61	0.0 0.01	0.42	348.19	6.40	0.32	71.1623
ضریب تغییرات (%) CV		13.5	4.37	7.4	15.8	17.44	19.34	27.0	19.4	21.2	2.4	14.95

ns، * و **: به‌ترتیب غیر معنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.

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

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۳- تجزیه واریانس مرکب صفات ژنوتیپ‌های گلرنگ در شرایط بدون تنش و تنش خشکی

Table 3- Combined analysis of variance of safflower genotypes traits in non-stress and drought stress condition

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی d.f	میانگین مربعات Mean of squres										
		قطر ساقه Stem diameter	ارتفاع بوته plant height	تعداد شاخه فرعی در بوته No. of secondary branches per plant	تعداد طبق در بوته No. of head per plant	تعداد دانه در طبق No. of seed per head	وزن دانه در طبق Weight of seed per head	وزن دانه در بوته Weight of seed per plant	عملکرد بیولوژیک Biological yield	شاخص برداشت Harvest index	وزن هزار دانه 1000-grain weight	عملکرد دانه Grain yield
محیط Environment	1	47.23	1.28	528.04	5.18	24.12	403.64	0.05	5806	521.7	14.00	521.76
تکرار/محیط Replication/ Environment	4	14.64	0.63	358.02	29.55	12.78	312.60	4.63	1240 *	131.7	20.02	131.72
ژنوتیپ Genotype	14	2.26 **	0.11	98.38	6.88	1.36	36.27	0.35	657	31.9 *	58.36 **	31.93 *
ژنوتیپ × محیط Genotype ×Environment	14	1.51 **	0.08 **	33.95 **	4.05 **	1.34 **	45.79 **	48.00 **	609	11.5 **	2.32 **	11.55 **
خطای آزمایشی Experimental error	51	0.34	0.02	11.14	0.88	0.36	7.50	0.34	381	4.6	0.54	4.60
ضریب تغییرات (%) CV		18.63	22.35	13.71	13.10	12.19	4.26	5.71	20.17	13.7	2.61	13.71

*و **: به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

* , **: significant at 5 and 1% probability levels, respectively

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۴- مقایسه میانگین صفات ژنوتیپ‌های گلرنگ تحت شرایط بدون تنش خشکی با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن

Table 4- Mean comparison of safflower genotypes traits under non-stress of drought condition using Duncan's multiple range test

ژنوتیپ genotype	کد code	قطر ساقه Stem Diameter (cm)	ارتفاع بوته Plant Height (cm)	تعداد شاخه فرعی در بوته No. of secondary branches per plant	تعداد طبق در بوته No. of head per plant	تعداد دانه در طبق No. of seed per head	وزن دانه در طبق Weight of seed per head (g)	وزن دانه در بوته Weight of seed per plant (g)	عملکرد بیولوژیک Biological Yield (Kg/ha)	شاخص برداشت Harvest index	وزن هزار دانه 1000-grain weight (g)	عملکرد دانه(Kg/ha) Grain yield
IL-111	G1	6.25 ef	59.20 f	4 fg.73	5.26 h	29.26 bc	1.02 b	4.11 de	96.07 ef	21.19 ab	34.96 b	1331.60 d
LRV-51-51	G2	6.15 efg	70.40 ab	5.53 bcd	7.13 def	26.66 e	0.60 e	2.53 i	97.29 de	12.95 h	27.05 h	1558.20 cb
S-541	G3	6.00 g	64 d.66	5.33 cde	5.46 h	28.73 bcd	0.98 b	3.89 ef	109.92 cd	17.42 ef	31.18 c	1370.90 d
Lesaf	G4	6.22 efg	62.53 e	1.40 g	6.86 ef	23.13 fg	0.68 cde	3.17 h	84.31 fg	18.62 s	28.59 ef	1139.90 fe
Dincer	G5	6.14 efg	63.13 de	5.40 cde	8.80 bc	27.93 cde	0.70 cde	3.78 fg	94.34 ef	20.06 c	28.05 g	1188.80 e
Syrian	G6	6.03 fg	69.6 ab	5.73 bcd	7.20 def	23.86 fg	0.97 b	4.22 d	101.88 ed	20.64 bc	35.73 a	2121.80 a
Gila	G7	6.87 a	71.00 a	80.5 bc	7.33 def	29.40 bc	1.43 a	5.08 b	115.36 bc	22.05 a	27.77 g	1307.00 d
Kino-76	G8	6.73 ab	64.80 d	5.93 b	8.66 c	35.40 a	0.91 b	4.76 c	125.11 b	18.84 d	29.43 d	1508.60 c
Yenice	G9	6.51 cd	69.00 b	4.93 ef	6.80 f	28.60 bcd	0.76 cd	3.50 g	99.59 de	16.65 f	26.68 hi	1019.00 g
Zargan 279	G10	6.04 fg	63.60 de	4.53 fg	7.46 d	27.40 de	0.79 c	4.00 def	99.23 de	19.90 c	28.91 e	1622.20 b
Local Isfahan	G11	6.53 bc	69.93 ab	4.73 fg	7.40 d	24.60 f	0.64 de	3.05 h	100.91 de	15.23 g	26.15 i	1044.40 fg
Hartman	G12	6.32 de	64.73 d	5.26 de	7.20 def	22.33 g	0.64 de	3.51 g	94.44 ef	18.20 de	28.20 fg	1067.70 fg
Varamin 295	G13	6.74 ab	69.80 ab	7.06 a	9.13 b	24.00 fg	0.65 de	3.75 fg	121.09 bc	15.39 g	24.34 j	777.90 h
Cyprus	G14	6.75 ab	66.46 c	6.86 a	10.7 a	29.93 b	0.77 c	6.00 a	150.99 a	19.87 c	26.20 i	760.30 h
CW-74	G15	6.08 fg	69.53 ab	5.66 bcd	6.00 g	20.06 h	0.61 e	2.45 i	81.66 g	15.26 g	26.55 hi	1335.60 d

حروف مشابه در هر ستون بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری نشان نمی‌دهند

Similar letters in each column show non-significant differences at 5% probability level

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۵- مقایسه میانگین صفات ژنوتیپ‌های گلرنگ تحت شرایط تنش خشکی با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن

Table 5- Mean comparison of safflower genotypes traits under drought stress condition using Duncan's multiple range test

ژنوتیپ genotype	کد code	قطر ساقه Stem Diameter (cm)	ارتفاع بوته Plant Height (cm)	تعداد شاخه فرعی در بوته No. of secondary branches per plant	تعداد طبق در بوته No. of head per plant	تعداد دانه در طبق No. of seed per head	وزن دانه در طبق Weight of seed per head (g)	وزن دانه در بوته Weight of seed per plant (g)	عملکرد بیولوژیک Biological Yield (Kg/ha)	شاخص برداشت Harvest index	وزن هزار دانه 1000-grain weight (g)	عملکرد دانه(Kg/ha) Grain yield
IL-111	G1	5.80 g	62.60 cd	4.47 e	5.13 h	27.80 a	0.92 a	3.38 a	87.4 bcde	18.64 a	34.71 a	969.40 b
LRV-51-51	G2	6.41 de	65.20 b	4.0 g	5.80 gh	26.73 a	0.69 b	2.13 efg	84.66 bcde	12.50 e	24.73 j	846.50 de
S-541	G3	6.36 e	58.0 f	4.13 fg	6.47 ef	19.87 def	0.62 cd	2.20 def	89.99 bcd	12.91 de	29.86 c	822.70 de
Lesaf	G4	5.78 g	68.13 a	3.73 h	5.13 h	20.60 bcde	0.54 efg	2.84 bc	78.41 de	18.3 a	28.77 d	862.80 cd
Dincer	G5	6.25 ef	61.26 de	4.13 fg	7.73 bc	19.33 ef	0.59 de	2.13 efg	80.38 de	13.18 de	27.51 f	984.50 b
Syrian	G6	7.25 a	62.40 cd	4.33 fe	9.40 a	22.33 bc	0.53 efg	3.71 a	118.80 a	14.79 bc	34.23 b	1218.50 a
Gila	G7	6.40 de	62.20 cde	4.53 e	7.7 de	19.47 def	0.51 fg	2.96 b	96.53 b	14.41 bcd	26.60 gh	937.30 bc
Kino-76	G8	5.66 g	67.80 a	5.53 a	5.60 h	22.67 b	0.58 def	2.69 bc	83.87 cde	15.20 b	28.43 e	991.20 b
Yenice	G9	6.86 b	66.0 b	5.27 b	8.7 bc	22.93 b	0.57 def	1.54 i	96.47 b	8.48 g	25.76 i	870.0 cd
Zargan 279	G10	6.71 bc	60.66 e	4.33 ef	8.40 b	17.93 f	0.51 fg	2.48 cde	93.38 bc	12.50 e	28.77 d	852.30 d
Local Isfahan	G11	6.40 de	65.33 b	4.73 d	7.47 cd	27.27 a	0.68 bc	2.57 bcd	86.42 bcde	14.44 bcd	26.29 h	712.70 f
Hartman	G12	6.6 f	63.66 c	4.80 cd	6.87 def	19.27 ef	0.59 de	2.7 efgh	76.59 e	13.47 cde	27.81 f	771.70 ef
Varamin 295	G13	6.62 cd	55.53 g	3.73 h	8.20 b	20.0 cdef	0.41 h	1.97 fgh	95.37 bc	10.53 f	26.76 g	721.40 f
Cyprus	G14	6.8 f	57.46 f	4.93 c	6.67 ef	20.60 bcde	0.48 g	1.76 ghi	79.52 de	10.92 f	24.8 k	605.60 g
CW-74	G15	6.5 f	58.93 f	3.73 h	6.27 fg	21.87 bcde	0.40 h	1.69 hi	83.78 cde	10.10 f	23.8 k	6110.9 g

حروف مشابه در هر ستون بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری نشان نمی‌دهند

Similar letters in each column show non-significant differences at 5% probability level

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۶- همبستگی فنوتیپی (بالای قطر جدول) و ژنوتیپی (پایین قطر جدول) بین صفات اندازه‌گیری شده ژنوتیپ‌های گلرنگ در شرایط بدون تنش

Table 6- The phenotypic (top of diameter table) and genotypic (bottom of diameter table) correlation between safflower genotypes traits in non-stress condition

صفات Traits	قطر ساقه Stem diameter	ارتفاع بوته Plant height	تعداد شاخه فرعی در بوته No. of secondary branches per plant	تعداد طبق در بوته No. of head per plant	تعداد دانه در طبق No. of seed per head	وزن دانه در طبق Weight of seed per head	وزن دانه در بوته Weight of seed per plant	عملکرد بیولوژیک Biological yield	شاخص برداشت Harvest index	وزن هزار دانه 1000-grain weight	عملکرد دانه Grain yield
قطر ساقه Stem diameter	1.00	0.26 ns	0.34 ns	0.50 *	0.14 ns	0.15 ns	0.54 *	0.34 ns	18.0 ns	-0.38 ns	-0.40 ns
ارتفاع بوته plant height	0.40 ns	1.00	0.33 ns	0.19 ns	-0.21 ns	-0.18 ns	-0.13 ns	0.49 *	-0.42 ns	-0.34 ns	-0.04 ns
تعداد شاخه فرعی در بوته No. of secondary branches per plant	0.79 **	0.55 *	1.00	0.47 *	-0.05 ns	-0.04 ns	0.29 ns	0.39 ns	-0.08 ns	-0.22 ns	-0.24 ns
تعداد طبق در بوته No. of head per plant	0.69 **	0.16 ns	0.86 **	1.00	0.26 ns	-0.15 ns	0.53 *	0.24 ns	0.11 ns	-0.43 ns	-0.35 ns
تعداد دانه در طبق No. of seed per head	0.75 **	-0.30 ns	0.31 ns	0.28 ns	1.00	0.41 ns	0.54 *	0.44 ns	0.33 ns	0.14 ns	0.10 ns
وزن دانه در طبق Weight of seed per head	0.46 *	0.15 ns	0.14 ns	-0.22 ns	0.58 *	1.00	0.47 *	0.35 ns	0.45 *	0.38 ns	0.27 ns
وزن دانه در بوته Weight of Grain per plant	0.58 *	-0.16 ns	0.63 **	0.55 *	0.73 **	0.72 **	1.00	0.55 *	0.61 **	0.19 ns	-0.03 ns
عملکرد بیولوژیک Biological yield	0.92 **	0.36 ns	0.73 **	0.66 **	1.00 **	0.82 **	0.98 **	1.00	-0.20 ns	0.07 ns	0.47 *
شاخص برداشت Harvest index	0.18 ns	-0.50 *	0.24 ns	0.34 ns	0.42 ns	0.91 **	0.80 **	0.44 ns	1.00	0.44 ns	0.16 ns
وزن ۱۰۰۰ دانه 1000- seed weight	-0.61 **	-0.51 *	-0.42 ns	-0.51 *	0.17 ns	0.54 *	0.19 ns	0.19 ns	0.63 **	1.00	0.65 **
عملکرد دانه Grain yield	-0.71 **	0.07 ns	-0.30 ns	-0.42 ns	0.01 ns	0.35 ns	-0.14 ns	0.51 *	0.26 ns	0.74 **	1.00

ns، * و **: به‌ترتیب غیرمعنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

Similar letters in each column show non-significant differences at 5% probability level

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۷- همبستگی فنوتیپی (بالای قطر جدول) و ژنوتیپی (پایین قطر جدول) بین صفات اندازه‌گیری شده ژنوتیپ‌های گلرنگ در شرایط تنش خشکی

Table 7- The phenotypic (top of diameter table) and genotypic (bottom of diameter table) correlation between safflower genotypes traits in drought stress condition

صفات Traits	قطر ساقه Stem diameter	ارتفاع بوته Plant height	تعداد شاخه فرعی در بوته No. of secondary branches per plant	تعداد طبق در بوته No. of head per plant	تعداد دانه در طبق No. of seed per head	وزن دانه در طبق Weight of seed per head	وزن دانه در بوته Weight of seed per plant	عملکرد بیولوژیک Biological yield	شاخص برداشت Harvest index	وزن هزار دانه 1000-grain weight	عملکرد دانه Grain yield
قطر ساقه Stem diameter	1.00	-0.13 ns	-0.12 ns	0.72 **	-0.11 ns	-0.16 ns	-0.01 ns	0.40 ns	-0.39 ns	0.10 ns	0.29 ns
ارتفاع بوته plant height	-0.34 ns	1.00	0.36 ns	-0.24 ns	0.23 ns	0.24 ns	0.17 ns	0.52 *	0.25 ns	0.09 ns	0.36 ns
تعداد شاخه فرعی در بوته No. of secondary branches per plant	-0.50 *	0.43 ns	1.00	0.40 ns	0.10 ns	0.14 ns	-0.06 ns	0.11 ns	-0.07 ns	-0.20 ns	0.9 ns
تعداد طبق در بوته No. of head per plant	0.97 **	-0.41 ns	0.20 ns	1.00	-0.12 ns	-0.21 ns	0.01 ns	0.36 ns	-0.38 ns	0.08 ns	0.19 ns
تعداد دانه در طبق No. of seed per head	-0.15 ns	0.64 **	0.21 ns	-0.68 **	1.00	0.68 **	0.31 ns	0.7 ns	0.30 ns	0.15 ns	0.14 ns
وزن دانه در طبق Weight of seed per head	-0.37 ns	0.54 *	0.25 ns	-0.63 **	0.75 **	1.00	0.33 ns	-0.21 ns	0.49 *	0.42 ns	0.24 ns
وزن دانه در بوته Weight of Grain per plant	0.12 ns	0.24 ns	0.20 ns	-0.30 ns	0.14 ns	0.50 *	1.00	0.10 ns	0.78 **	0.60 **	0.61 **
عملکرد بیولوژیک Biological yield	0.99 **	-0.50 ns	0.30 ns	0.95 **	-0.49 *	-0.90 **	0.21 ns	1.00	-0.34 ns	-0.11 ns	0.19 ns
شاخص برداشت Harvest index	-0.51 *	0.66 **	-0.40 ns	-0.55 *	0.27 ns	0.69 **	0.88 **	-0.55 *	1.00	0.53 *	51.0 *
وزن ۱۰۰۰ دانه 1000- seed weight	0.11 ns	0.13 ns	-0.10 ns	0.05 ns	0.16 ns	0.57 *	0.93 **	-0.23 ns	0.81 **	1.00	0.60 **
عملکرد دانه Grain yield	0.30 ns	0.41 ns	0.18 ns	0.26 ns	-0.02 ns	0.39 ns	0.90 **	0.41 ns	0.60 **	0.84 **	1.00

ns، * و **: به‌ترتیب غیرمعنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

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

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۸- نتایج رگرسیون گام به گام مرحله‌ای برای صفات پیش‌بینی کننده عملکرد ژنوتیپ‌های گلرنگ در شرایط بدون تنش

Table 8- Results of sequential stepwise regression for yield predicting traits of safflower genotypes undernon-stress condition

صفت پیش‌بینی کننده Predictor trait	صفت وابسته Dependent trait	عرض از مبدأ Intercept	ضریب رگرسیون R^2	ضریب تبیین تصحیح‌شده Adjusted R^2	ضریب تحمل Tolerance coefficient	عامل تورم واریانس Inflation variance factor
وزن هزار دانه 1000- grain weight	عملکرد دانه Grain yield	-4182.27	0.890	0.50	0.80	1.23
قطر ساقه Stem diameter			0.415	0.64	0.80	1.23
تعداد طبق در بوته No. of head per plant	وزن هزار دانه 1000-grain weight	50.73	0.28	0.82	0.43	2.29
ارتفاع بوته plant height			0.03	0.88	0.39	2.53
تعداد دانه در طبق No. of seed per head	قطر ساقه Stem diameter	3.24	0.01	0.83	0.503	1.98
ارتفاع بوته Plant height			0.02	0.91	0.43	2.29

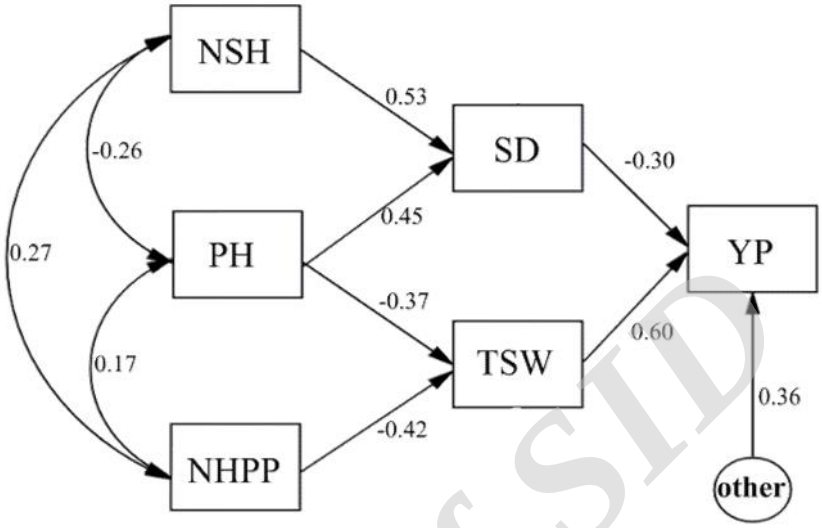
جدول ۹- نتایج رگرسیون گام به گام مرحله‌ای برای صفات پیش‌بینی کننده عملکرد ژنوتیپ‌های گلرنگ در شرایط تنش خشکی

Table 9- Results of sequential stepwise regression for yield predicting traits of safflower genotypes under drought stress condition

صفت پیش‌بینی کننده Predicting trait	صفت وابسته Dependent trait	عرض از مبدأ Intercept	ضریب رگرسیون R^2	ضریب تبیین تصحیح‌شده Adjusted R^2	ضریب تحمل Tolerance coefficient	عامل تورم واریانس Inflation variance factor
وزن دانه در بوته Weight of seed per plant	عملکرد دانه Grain yield	394.54	0.743	0.51	0.98	1.02
وزن هزار دانه 1000- grain weig			0.390	0.62	0.331	3.02
قطر ساقه Stem diameter	وزن دانه در بوته Weight of seed per plant	-1.07	-0.145	0.81	0.152	6.54
وزن دانه در طبق Weight of seed per head			0.352	0.89	0.65	1.53
قطر ساقه Stem diameter	وزن دانه در بوته Weight of seed per plant	3.41	0.068	0.79	0.66	1.50
وزن دانه در طبق Weight of seed per head			-0.173	0.92	0.80	1.25

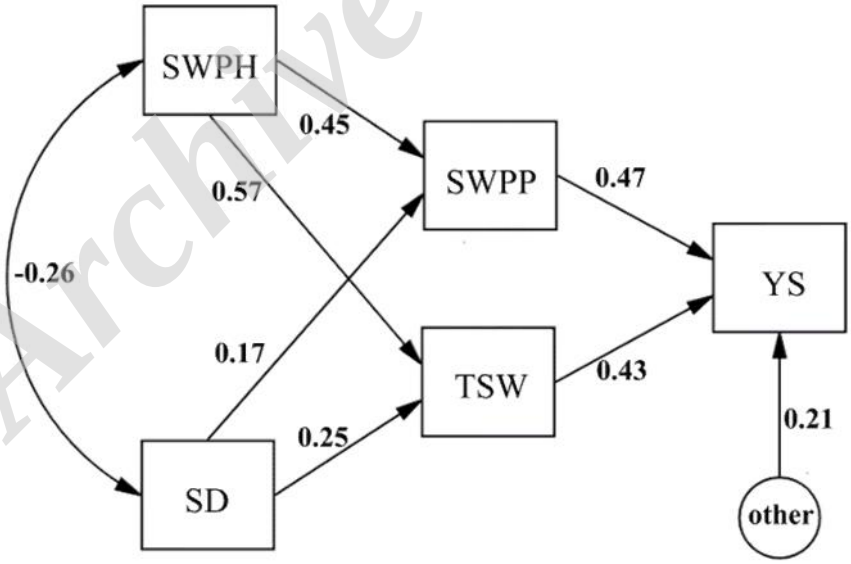
Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۱- تجزیه مسیر ژنتیکی ترتیبی صفات عملکرد و اجزای عملکرد ژنوتیپ‌های گلرنگ در شرایط بدون تنش خشکی

Figure 1- Genetical sequential pathway analysis diagram illustrating the interrelationships among various traits contributing to yield and yield component of safflower genotypes in non-stress condition



شکل ۲- تجزیه مسیر ژنتیکی ترتیبی صفات عملکرد و اجزای عملکرد ژنوتیپ‌های گلرنگ در شرایط تنش خشکی

Figure 2- Geneticla sequential pathway analysis diagram illustrating the interrelationships among various traits contributing to yield and yield component of safflower genotypes in drought stress condition

NHPP = تعداد طبق در بوته، PH = ارتفاع بوته، NSH = تعداد دانه در طبق، SD= قطر ساقه، TSW = وزن هزار دانه و YP = عملکرد دانه

NHPP= No. of head per plant, PH= Plant height, NSH= No. of seed per head, SD= Stem diameter, TSW= Thousand seed weight and YP= Grain yield under normal conditions

Archive of SID

www.SID.ir

References منابع مورد استفاده

- Abolhasani, K., and G.E. Saeidi. 2006. Valuation of drought tolerance of safflower lines based on tolerance and sensitivity indices to water stress. *Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources*. 10 (3):407-419. (In Persian).
- Ahmadzadeh, A.R., E. Majiedi, B. Alizadeh, and A. Omidi. 2010. Investigation of Study the yield, its yield components and morphological traits in the spring safflower (*Carthamus tinctorius* L.) using multivariate statistical approaches. *Journal of New Agricultural Sciences*. 6(18): 1-10. (In Persian).
- Amini, F., G. Saeidi, and A. Arzani. 2008. Relationship among seed yield and its components in genotypes of safflower (*Carthamus tinctorius* L.). *JWSS - Isfahan University of Technology*. 12(45): 525-535. (In Persian).
- AMOS. 2010. AMOS 19. Users Guied. Chicago, IL, USA
- Azeez, M.A., and J.A. Morakinyo. 2011. Path Analysis of the relationships between Single plant seed yield and some morphological traits in sesame (Genera sesamum and ceratotheca). *International Journal of Plant Breeding and Genetics*. 5: 358-368.
- Bagheri, A., B. Yazdi-Samadi, M. Taeb, and M.R. Ahmadi. 2001. Study of correlation and Relation Between plant yield and quantitative and qualitative other traits in safflower. *Iranian Journal of Agricultural Science*. 32(2): 295-307. (In Persian).
- Beyyavas, V., H. Haliloglus, O. Copur, and A. Yilmaz. 2011. Determination of seed yield and yield components of some safflower (*Carthamus tinctorius* L.) cultivars, lines and populations under the semi-arid conditions. *South African Journal of Biotechnology*. 10:527-534.
- Blum, A. 2010. Plant Breeding for Water-Limited Environments. Springer Publishing, New York, NY. 272 p.
- Burhan, A. 2007. The path analysis of yield and its components in safflower (*Carthamus tinctorius* L.). *Journal of Biological Sciences*. 7:668-672.
- Dabiri, M., M. Bahramnejad, and M. Baghbanzadeh. 2009. Ammonium salt catalyzed multicomponent transformation: simple route to functionalized spirochromenes and spiroacridines. *Tetrahedron*. 65: 9443-9447.
- Hair, J.F., W.C. Black, B.J. Babin, R.E. Anderson, and R.L. Tatham. 2006. Multivariate data analysis. 7th Eds, Prentice Hall Upper Saddle River, NJ. 816p.
- Hajghani, M., M. Saffari, and A.A. Maghsoudi Moud. 2013. Study of several important yield correlated agronomic traits in spring safflower varieties via path analysis. *Agronomy Journal* (*Pajohesh & Sazandegi*). 99: 18-23. (In Persian).
- Kar, G., A. Kumar, and M. Martha. 2007. Water use efficiency and crop coefficients of dry season oilseed crops. *Agricultural Water Management*. 87: 73-82.
- Majidi, M.M., R. Dehghan Kouhestani, R. Malekinejad, and G. Saeidi. 2015. Study of genetic diversity of grain yield-associated traits in Iranian and exotic Safflower

Archive of SID

www.SID.ir

(*Carthamus tinctorius*) germplasm. *Journal of Crop Production and Processing*. 5(16): 1-13. (In Persian).

- Majidi, M.M., and A.F. Mirlohi. 2009. Genetic variation, heritability and correlations of agro- morpholical traits in tall fescue (*Festuca arundinacea*). *Euphytica*. 167: 323-331.
- Maleki Nejad, R., and M.M. Majidi. 2015. Association of seed yield, oil and related traits in Safflower genotypes under normal and drought stress. *Iranian Journal of Field Crops Research*. 13 (1): 109-119. (In Persian).
- Mohammadi, M., P. Sharifi, R. Karimizadeh, and M.K. Shefazadeh. 2012. Sequential path analysis for determination of relationships between yield and oil content and yield components of safflower (*Carthamus tinctorius* L.). *International Journal of Agriculture: Research and Review*. 2(4): 410-415.
- Naserirad, H., A. Soleymanifard, R. Naseri, and S. Nasiri. 2013. Study of correlation between important agronomic traits and path analysis for grain and oil yield in Safflower. *International Journal of Agronomy and Plant Production*. 4(4): 670-673.
- Neder, D.G., F.R. Costa, R.L. Edvan and L.T.S. Filho. 2013. Correlations and path analysis of morphological and yield traits of cactus pear accessions. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*. 13: 203-207.
- Nikfekr, R. and G. Saeidi. 2015. Study of the relationships among agronomic traits and yield components in some breeding lines of Safflower (*Carthamus tinctorius* L.). *Journal of Crop Production and Processing*. 5(16): 65-73. (In Persian).
- Ram, M. 2014. Plant Breeding Methods. PHI Learning Pvt. Ltd., Dehli, India. 724p.
- Rebetzke, G.J., R.A. Richards, A.G. Condonl, and G.D. Farquhar. 2006. Inheritance of carbon isotope discrimination in bread wheat (*Triticum aestivum* L.). *Euphytica*. 14: 324-341.
- Roy, D., 2012. Biometrical Genetics. Alpha Science International, Oxford, U.K. 410p.
- 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.
- Salamati, M.S. 2012. Path analysis on seed yield components on Iranian *Carthamus tinctorius* L. genotypes. *Agronomy Journal (Pajouhesh & Sazandegi)*. 97: 105-111. (In Persian).
- SAS Institute Inc. 2010. Base SAS 9.2 procedures guide: statistical procedures, third edition: Cary, NC: SAS Institute Inc.
- Sharif-Moghaddasi, M. 2009. Comparison of winter rapeseed cultivars for determination of suitable variety for Saveh region. *Dynamic Agricultural*. 6(1): 75-80. (In Persian).
- Esmaieli Monazah, A., H. Omidi, and A. Bostani. 2012. Effect of drought stress on grain yield, proline changes, photosynthetic pigments, and leaf relative water content of the

Archive of SID

www.SID.ir

new genotypes of safflower. *Journal of Water Research in Agriculture*. 26(2): 187-196. (In Persian).

- SPSS Inc. 2010. IBM SPSS statistics 19 core system user's guide. USA: SPSS Inc., an IBM Company Headquarters.
- Takeda, S., and M. Matsuoka. 2008. Genetic approaches to crop improvement: responding to environmental and population change. *Nature*. 9: 444-457.
- Tavakoli1, V., M.M. Majidi, A.F. Mirlohi, and M.R. Sabzalian. 2012. Syudy of relationships between traits and path analysis in cultivated (*Carthamus tinctorius*) and wild (*Carthamus oxyacanthus*) safflower genotypes under normal and water deficit conditions. *Electronic Journal of Crop Production*. 5(3): 45-62. (In Persian).

Archive of SID

www.SID.ir

Correlation and Path Analysis of Yield and Yield Components of Safflower Genotypes under Late Season Drought Stress Conditions

Seyedeh Zahra Hosseini[1*]

Received: September 2015, Revised: 10 September 2016, Accepted: 13 September 2016

Abstract

To calculate correlation coefficients and path analysis of some traits related to grain yield, 15 genotypes of safflower were studied under non-stress and drought stress conditions at two different sites (with 10 meter distance) in the field of College of Agriculture of Lorestan University, Iran. Each experiment was conducted in a randomized complete block design with three replications. Analysis of variance showed that there were significant differences among the genotypes for all measured traits and yield in both stress and non-stress conditions. By using stepwise regression, best model was estimated for the two conditions. Sequential path analysis of the correlation between grain yield and other traits showed that days to start flowering, 1000-seed weight and stem diameter had direct effects on grain yield under non-stress conditions, while under drought conditions, seed weight per plant and 1000-seed weight had direct and positive effects on grain yield. Thus, to obtain high yielding varieties of safflower under drought stress condition, we showed attempt to select varieties with high seed weight per plant.

Key words: Analysis of variance, Genetic correlation, Seed weight, Stepwise regression.

Archive of SID

1- Scientific Staff Member, Department of Biology, Faculty of Basic Sciences, Khatam -Alanbia University of Technology, Behbahan, Iran.
* *Corresponding Author: za_hosseini2004@yahoo.com*

www.SID.ir