مقاله پژوهشی

بررسی تنوع ژنتیکی تحمل به شوری در سه مرحله رشدی گیاه کنجد

روح‌الله نیک‌فکر[۱]، سیدکمال کاظمی‌تبار*[۱]، غلامعلی رنجبر[۱]، سید حمیدرضا هاشمی پطرودی[۲] و پویان مهربان جوبنی[۱]

[۱] گروه اصلاح نباتات، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران

[۲] پژوهشکده ژنتیک و زیست‌فناوری گیاهی طبرستان، طبرستان، ایران

(تاریخ دریافت:۱۴۰۱/۰۶/۳۰، تاریخ پذیرش نهایی:۱۴۰۱/۱۲/۰۲)

چکیده

کنجد از گیاهان روغنی است که از دیرباز کشت می‌شده است. پایین‌بودن عملکرد کنجد و تولید آسان‌تر سایر دانه‌های روغنی باعث گردیده که به کشت این گیاه کمتر توجه شود، لذا لازم است در راستای تولید ارقام پرمحصول آن اقدام شود. شوری خاک عامل مهمی است که بر رشد، نمو و بهره‌وری تقریباً تمام گیاهان از جمله کنجد تأثیر می‌گذارد. افزایش غلظت نمک در محیط رشد گیاه منجر به افزایش یون‌های Na^+ و Cl^- در گیاهان و القای استرس اکسیداتیو، استرس اسمزی و سمیت یونی می‌شود. جوانه‌زنی بذر و رشد اولیه گیاهچه دو مرحله حیاتی در چرخه زندگی گیاه هستند که تا حد زیادی عملکرد محصول را تعیین می‌کنند. در این آزمایش گیاه کنجد در سه مرحله جوانه‌زنی (شاخص‌های جوانه‌زنی)، گیاهچه‌ای (صفات فنوتیپی گیاهچه، فعالیت‌ها SOD، CAT و محتوای MDA و H_2O_2) و مرحله بلوغ بررسی گردید. لذا ۲۱ رقم مختلف کنجد هم از جهت تنوع ژنتیکی و هم وراثت‌پذیری صفات مطالعه شد. همچنین روابط بین صفات در سه مرحله و مسیر تأثیرگذاری صفات مورفولوژی در محیط مزرعه اندازه‌گیری شد و با استفاده از این صفات ارقام گروه‌بندی و ارقام متحمل و حساس به تنش شوری شناسایی شدند. ارقام مورد مطالعه به دو گروه تقسیم شدند و ژنوتیپ‌های با عملکرد بالا همچون اولتان، ۱۵۹، ناز چندشاخه، یلووایت، مغان ۴۱۸، آمریکایی و چینی در یک گروه قرار گرفتند. برای دستیابی به نوترکیب‌های جدید، ژنوتیپ‌های خوشه‌های دور به‌عنوان والدین برای برنامه هیبریداسیون استفاده می‌شوند. استفاده از صفات منتخب در برنامه اصلاح کنجد باعث افزایش عملکرد می‌شود.

کلمات کلیدی: کنجد، جوانه‌زنی، گیاهچه، عملکرد تک‌بوته، وراثت‌پذیری

مقدمه

کنجد (*Sesamum indicum* L.) یکی از گیاهان روغنی است که از دیرباز کشت می‌شده و در مناطق نیمه‌گرمسیری و گرمسیری آفریقا، آسیا و آمریکای جنوبی به‌عنوان منبع دانه‌های خوراکی و روغن با کیفیت بالا کشت می‌شود (Andargie *et al.*, 2021). منشأ کنجد به‌طور قطعی شناسایی نشده است. اگر چه آفریقا میزبان اکثر خویشاوندان وحشی کنجد است، پژوهش‌های فیلوژنتیکی نشان می‌دهد که احتمالاً منشأ این گیاه هند است. گونه هندی *S. malabaricum* (Syn. *S.*

*نویسنده مسؤل، نشانی پست الکترونیکی: sdklkr@ymail.com

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-04-17]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1402.12.56.22.6]

mulayanum) محتمل‌ترین جد کنجد زراعی است (Andargie *et al*., 2021).

کنجد در جهان باستان به‌خاطر مقاومت به خشکی، سهولت استخراج روغن از بذرها و پایداری روغن محصول ارزشمندی محسوب می‌شده است. کنجد گیاهی یکساله و دیپلوئید (۲n=۲۶) است که به‌صورت بوته‌ای رشد می‌کند. بعضی از انواع کنجد به‌صورت چندساله و علفی در طبیعت یافت می‌شود. طول دوره رشد از ۳ تا ۶ ماه و غالباً ۱۰۰ تا ۱۲۰ روز است و سیستم ریشه‌ای آن تا عمق دو متری نفوذ می‌کند. جنس سزمیوم متعلق به خانواده پدالیاسه با ۱۶ جنس است. کنجد ۳۴-۶۰ درصد روغن دارد ولی اکثر بذور دارای حدود ۵۰ درصد روغن هستند. بذر کنجد در مقایسه با اکثر گیاهان دانه روغنی کمیت و کیفیت بسیار بالایی دارد. همچنین آنتی‌اکسیدان‌های طبیعی از قبیل سزامین، سزامول و سزامولین به‌طور معمول در گیاه کنجد وجود دارند. آنتی‌اکسیدان‌ها در جلوگیری از پیری زودرس و همچنین در جهت مقابله با سمیت در گیاهان از طریق از بین‌بردن رادیکال‌های آزاد اهمیت دارند. دانه‌های روغنی کنجد، حاوی لیگنان و پروتئین، گیاهی محبوب است که فوایدی مانند اثرات آنتی‌اکسیدانی، ضدچاقی و ضدالتهابی را نشان داده است. روغن کنجد حاوی مواد مغذی از جمله لیگنان‌ها، توکوفرول‌ها، فیتواسترول‌ها، آنتی‌اکسیدان‌های طبیعی و ترکیبات فعال زیستی است. فواید مختلفی از جمله خواص کاهش کلسترول خون و تقویت‌کننده سلامت سیستم عصبی دارد (Myint *et al*., 2020).

در تحقیقات به‌نژادی گیاهی، استفاده از تنوع ژنتیکی موجود به‌طور طبیعی برای تولید پایدار محصولات مطلوب موفقیت‌های چشم‌گیری داشته است. تنوع در منابع ژنتیکی گیاه مفیدترین بخش برای به‌نژادگران است (Roy *et al*., 2022). ارزیابی تنوع ژنتیکی صفات در برنامه‌های به‌نژادی گیاهان حائز اهمیت است و با افزایش تنوع ژنتیکی در یک جامعه، بازدهی ناشی از انتخاب افزایش می‌یابد (صالحی و سعیدی، ۱۳۹۱). تلاش‌های تحقیقاتی گسترده در ابعاد مختلفی از جمله شناسایی ذخایر ژنتیکی کنجد، روابط فیلوژنتیکی، ارزیابی تنوع ژنتیکی مطلوب صورت گرفته است. پژوهش بر روی منابع ژنتیکی برای تولید انبوه کنجد یکی از راه‌های برآورده‌کردن نیازهای رو به افزایش محصولات غذایی سالم در سراسر جهان است (Monja-Mio *et al*., 2019).

سابقه کشت و پراکندگی گونه‌های مختلف کنجد در آفریقا، ایران، افغانستان، هندوستان و استرالیا آنقدر زیاد است که در رابطه با محل دقیق اهلی‌شدن آن اتفاق نظر وجود ندارد. متأسفانه پایین‌بودن عملکرد کنجد و تولید آسان‌تر سایر دانه‌های روغنی باعث گردیده که به کشت این گیاه کمتر توجه شود، لذا لازم است در راستای تولید ارقام پرمحصول آن اقدام شود. کشور ما با توجه به وضعیت اقلیمی، یکی از مراکز مهم تنوع برای بسیاری از گیاهان زراعی از جمله کنجد است. بیشترین تنوع ژنتیکی برای یک گونه گیاهی را می‌توان در نژادهای بومی و گونه‌های وحشی خویشاوند آنها مشاهده کرد (Clegg, 1997). به‌طورکلی تنوع مبنای گزینش جهت بهبود ژنتیکی است و با افزایش تنوع ژنتیکی در یک جامعه توانایی و بازدهی ناشی از انتخاب افزایش می‌یابد (Maxted *et al*., 1997) و بهتر می‌توان ژنوتیپ‌های مطلوب را انتخاب کرد. با توجه به نیاز روزافزون به محصولات کشاورزی و لزوم تولید ارقام اصلاح‌شده گیاهان، لازم است تا ذخایر ژنتیکی گیاهی مورد بررسی قرار گیرند. تنوع ژنتیکی در برنامه‌های اصلاحی هر محصول مهم است و لازم است تنوع ژنتیکی و غیرژنتیکی از هم تفکیک شده و سهم نسبی هر کدام مشخص گردد.

در پژوهشی صالحی و سعیدی (۱۳۹۱) جهت بررسی تنوع ژنتیکی برای صفات زراعی و اجزای عملکرد در لاین‌های مختلف کنجد مشاهده کردند برای تمام صفات وراثت‌پذیری عمومی بالا به‌دست آمد و اختلاف کمی بین ضرایب تنوع ژنتیکی و فنوتیپی آن‌ها وجود داشت. با توجه به مشاهدات Roy و همکاران (۲۰۲۲) که در آزمایشی به‌منظور برآورد تنوع ژنتیکی ۲۹ ژنوتیپ کنجد، ضریب تنوع ژنوتیپی و ضریب تنوع فنوتیپی براساس صفات مورفولوژیکی محاسبه کردند، نتایج نشان داد صفات تعداد شاخه در بوته و تعداد کپسول در بوته ضریب تنوع ژنوتیپی و ضریب تنوع فنوتیپی بالایی داشتند.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-04-17]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1402.12.56.22.6]

همچنین وراثت‌پذیری همراه با پیشرفت ژنتیکی بالا در صفت عملکرد دانه در بوته، تعداد شاخه در بوته و تعداد کپسول در بوته برآورد گردید که نشان‌دهنده نقش غالب اجزای ژنتیکی افزایشی برای بیان آنها و همچنین نشان‌دهنده زمینه بهتر برای استفاده از انتخاب مستقیم برای صفات مذکور است.

با ارزیابی خصوصیات مورفولوژیکی و تنوع موجود در ژنوتیپ‌های کنجد، Kalaiyarasi و همکاران (۲۰۱۹) گزارش کردند صفات تعداد شاخه در بوته، عملکرد دانه در بوته و تعداد کل کپسول در بوته ضریب تنوع ژنوتیپی و ضریب تنوع فنوتیپی بالایی دارند. همچنین صفات تعداد شاخه در بوته، تعداد کپسول در بوته، عملکرد دانه در بوته، ارتفاع بوته، عملکرد کرت، وزن هزار دانه و تعداد دانه در کپسول وراثت‌پذیری و پیشرفت ژنتیکی بالایی داشتند. صفات با وراثت‌پذیری بالا و پیشرفت ژنتیکی بالا تحت تأثیر ژن‌های افزایشی هستند که برای انتخاب ساده در برنامه‌های به‌نژادی مؤثر است. میزان تنوع فنوتیپی در ژرم‌پلاسم کنجد بر بیان صفات اقتصادی و پاسخ به انتخاب تأثیر می‌گذارد. برای تعیین مؤلفه‌های واریانس، وراثت‌پذیری و همبستگی صفات در ژرم‌پلاسم کنجد اتیوپی برای انتخاب ژنوتیپ‌های برتر Teklu و همکاران (۲۰۲۱) آزمایشی انجام دادند. یافته‌های این آزمایش حاکی از آن بود که ضریب تنوع ژنوتیپی و پیشرفت ژنتیکی برای تعداد شاخه اولیه، تعداد شاخه فرعی، وزن هزار دانه، عملکرد دانه در هکتار و عملکرد روغن در هکتار بیشتر بود. این مطلب نشان می‌دهد که دستاوردهای ژنتیکی مذکور را می‌توان از طریق انتخاب به‌دست آورد.

شوری خاک عامل مهمی است که بر رشد، نمو و بهره‌وری تقریباً تمام گیاهان از جمله کنجد تأثیر می‌گذارد. با این حال، اطلاعات کمی در مورد چگونگی واکنش و سازگاری کنجد به تنش شوری، به‌ویژه در میان ارقام مختلف متحمل به شوری، وجود دارد. سطوح بالای نمک باعث سمیت یونی (عمدتاً Na^{+}) و تنش‌های ثانویه مانند آسیب اکسیداتیو می‌شود (Zhu, 2002). تنش Na^{+} باعث افزایش سیتوزولی یون Ca^{+2} و سپس پروتئین‌های متصل به Ca^{+2} می‌شود و مسیرهای پایین‌دستی را فعال می‌کند (Hozayn *et al*., 2019; Deinlein *et al*., 2014).

جوانه‌زنی بذر و رشد اولیه گیاهچه دو مرحله حیاتی در چرخه زندگی گیاه هستند که تا حد زیادی عملکرد محصول را تعیین می‌کنند. جوانه‌زنی در شرایط تنش غیرزیستی یکی از عوامل تعیین‌کننده است که بر رشدونمو گیاهان تأثیر می‌گذارد و همچنین تولید تجمعی و بهره‌وری محصولات زراعی را تعیین می‌کند (Ahammed *et al*., 2020). به‌طور معمول کیفیت فیزیولوژیکی بذر به وسیله آزمون جوانه‌زنی استاندارد تعیین می‌شود، تولید گیاهچه‌های طبیعی تحت شرایط مطلوب است، اما سبزشدن و استقرار گیاهچه‌ها معمولاً در مزرعه تحت شرایط مختلف آب‌وهوایی اتفاق می‌افتد که اکثر اوقات نامطلوب است. به‌همین دلیل، آزمون‌های قدرت بذر توسعه پیدا کرده‌اند تا بتوانند پیش‌بینی خوبی از سبزشدن توده‌های بذری برای کاشت در شرایط مختلف آب‌وهوایی ارائه دهند (Tizazu *et al*., 2019). بنیه بذر شاخصی برای پیش‌بینی دقیق‌تر سبزشدن بذرها در مزرعه است. آزمون‌های بنیه بذر طراحی شده‌اند تا بسته به‌دقت پیش‌بینی، از هر کدام برای گیاهان مختلف استفاده شوند (احمدی و قرینه، ۱۳۹۷). در این راستا تحقیقات محدودی انجام شده است. با توجه به مشاهدات بخشنده و همکاران (۱۳۹۱) به‌منظور تعیین مناسب‌ترین آزمون آزمایشگاهی برای پیش‌بینی سبزشدن و استقرار گیاهچه کنجد در مزرعه، آزمایشی در دو مرحله بر روی بذر شش رقم کنجد انجام شد. بررسی نتایج آزمون‌های آزمایشگاهی مورد مطالعه با درصد سبزشدن گیاهچه‌ها در مزرعه نشان داد که آزمون‌های هدایت الکتریکی و تسریع پیری به‌خوبی می‌توانند درصد سبزشدن گیاه کنجد در مزرعه را پیش‌بینی کنند. آنها این دو آزمون را برای پیش‌بینی سبزشدن بذرهای گیاه کنجد پیشنهاد کردند. همچنین در مطالعه‌ای احمدی و قرینه (۱۳۹۷) از پنج توده بذری گلرنگ، به‌منظور بررسی آزمون‌های بنیه بذر در آزمایشگاه و ارزیابی آنها به‌عنوان معیاری جهت پیش‌بینی سبزشدن در مزرعه استفاده کردند و گزارش کردند از این آزمون‌ها می‌توان برای تفکیک

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-04-17]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1402.12.56.22.6]

توده‌های ضعیف و قوی گلرنگ و پیش‌بینی سبز شدن آنها در مزرعه استفاده کرد.

افزایش غلظت نمک در محیط رشد گیاه منجر به افزایش Na^+ و Cl^- در گیاهان و القای استرس اکسیداتیو، استرس اسمزی و سمیت یونی می‌شود (Hasanuzzaman *et al.*, 2021). استرس اکسیداتیو منجر به تجمع گونه‌های فعال اکسیژن (ROS)، از جمله پراکسید هیدروژن (H_2O_2)، سوپراکسید (O_2^-)، اکسیژن منفرد ($^1O_2$) و رادیکال هیدروکسیل (-OH) می‌شود (Bhattacharjee *et al.*, 2019). سیستم‌های دفاعی آنتی‌اکسیدانی غیرآنزیمی و آنزیمی می‌توانند به‌طور مؤثر ROS را حذف کرده و استرس اکسیداتیو را کاهش دهند. آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی عمدتاً شامل سوپراکسید دیسموتاز (SOD)، پراکسیداز (POD)، کاتالاز (CAT) و آسکوربات پراکسیداز (APX) هستند. تحت تنش غیرزیستی، این آنزیم‌ها می‌توانند سطح ROS را تا حدی کاهش دهند و رشد طبیعی گیاهان را حفظ کنند (Sachdev *et al.*, 2021). سطح بالای ROS باعث پراکسیداسیون لیپید غشا و تولید مالون دی‌آلدئید (MDA) می‌شود (Hasanuzzaman *et al.*, 2019). تنش شوری منجر به تنش اسمزی در گیاهان می‌شود و در نهایت بر رشد و نمو گیاه تأثیر می‌گذارد (Zhao *et al.*, 2021). برخی از اسمولیت‌ها مانند پرولین، پروتئین محلول، بتائین، قند محلول و پلی‌آمین می‌توانند در شرایط تنش در سلول گیاه تجمع کنند که فشار اسمزی را تنظیم می‌کند، در نتیجه پتانسیل آب را کاهش می‌دهد و رشد طبیعی گیاه را حفظ می‌کند (Sun *et al.*, 2019).

در ایران در ۲۲ استان کشور کنجد کاشته می‌شود. مناطق اصلی کشت آن عبارت از استان‌های خوزستان، فارس، خراسان شمالی و جنوبی، جیرفت (کرمان)، دشت مغان (اردبیل)، بوشهر و ایلام است. مطالعه حاضر با هدف بررسی امکان بهبود تحمل به شوری ارقام منتخب، بررسی ارتباط مراحل رشدی کنجد و انتخاب روش اصلاحی جهت بهبود تحمل ارقام کنجد به تنش شوری انجام شد.

مواد و روش‌ها

در آزمایش جوانه‌زنی بذر، ۲۰ رقم کنجد (جدول ۱) در آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار ارزیابی شدند. بذرها پس از ضدعفونی روی کاغذ صافی واتمن شماره ۱ در پتری‌دیش با قطر ۱۰ سانتی‌متر قرار داده شد. فاکتورها شامل سطوح شوری (شاهد و ۷۵ دسی‌زیمنس بر متر) (احتشامی و همکاران، ۱۳۸۹؛ رمضانی و همکاران، ۱۳۸۷) در آزمایشگاه دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری بود. برای آبیاری بذور از آب‌مقطر استفاده شد. پتری‌دیش‌ها در اتاقک رشد با دمای ثابت ۲۵ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند. بذوری جوانه‌زده تلقی شدند که طول ریشه‌چه آنها ۲ میلی‌متر بود. ثبت جوانه‌زنی در زمان‌های ۳، ۵ و ۷ روز پس از کشت صورت گرفت. بعد از گذشت ۷ روز، طول گیاهچه‌ها اندازه‌گیری شد.

درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی و متوسط زمان لازم برای جوانه‌زنی بر طبق روابط زیر بدست آمد:

$$GP = (n \times 100) / N$$

GP درصد جوانه‌زنی، n مجموع کل بذرهای جوانه‌زده در پایان آزمایش، N کل بذرها

$$GS = \sum ni / Ti$$

GS سرعت جوانه‌زنی، ni تعداد بذرهای جوانه‌زده در روز iام، Ti تعداد روزهای پس از جوانه‌زنی

$$MTG = \sum (ni) / n$$

MTG میانگین مدت جوانه‌زنی، ni تعداد بذرهای جوانه‌زده در روز iام، n مجموع کل بذرهای جوانه‌زنی در پایان آزمایش.

در آزمایش گیاهچه‌ای، ۲۰ رقم کنجد (جدول ۱) در گلخانه درون گلدان‌های حاوی ماسه بادی شسته‌شده با آب مقطر کشت گردید و از محلول هوگلند برای تأمین مواد مغذی گیاه استفاده شد. در آزمایش گلخانه‌ای نیز آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار انجام شد. اعمال تنش شوری در مرحله چهار برگی صورت گرفت. سطح شوری ۷۵ دسی‌زیمنس بود. طول ساقه‌چه، طول ریشه‌چه، وزن ریشه‌چه، وزن ساقه‌چه و سبزینگی (به‌وسیله دستگاه کلروفیل متر SPAD 502 PLUS) اندازه‌گیری شد.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-04-17]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1402.12.56.22.6]

جدول ۱- نام و منشأ ارقام گیاه کنجد مورد مطالعه

شماره	نام رقم	منشأ	شماره	نام رقم	منشأ
۱	دشتستان ۲	ایران	۱۲	ناز چندشاخه	ایران
۲	سودان	سودان	۱۳	داراب ۱	ایران
۳	TN-78-389	استان فارس	۱۴	چینی	چین
۴	TN-78-418	استان فارس	۱۵	اولتان	اردبیل
۵	TN-78-730	آذربایجان غربی	۱۶	دزفول	خوزستان
۶	TN-78-159	بوشهر	۱۷	ناز تک‌شاخه	ایران
۷	TN-78-369	استان فارس	۱۸	هلیل	ایران
۸	TN-78-714	طارم	۱۹	داراب ۱۴	ایران
۹	TN-78-41	فلستین اشغالی	۲۰	یلووایت	ایران
۱۰	TN-78-393	استان فارس	۲۱	آمریکایی	آمریکا
۱۱	مغان	ایران			

در آزمایش مزرعه‌ای ۲۱ رقم کنجد (جدول ۱) در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی ساری کشت شد. براساس آمار هواشناسی ساری، ارتفاع از سطح دریا ۱۱/۵ متر و میانگین درجه حرارت سالانه منطقه ۱۷/۵ درجه سانتی‌گراد بود. بافت خاک محل آزمایش لومی-رسی است. این آزمایش در قالب طرح بلوک کاملاً تصادفی با سه تکرار انجام شد. عملیات مربوط به آماده‌سازی زمین به‌ترتیب شامل شخم، دیسک، تسطیح و تهیه جوی و پشته بود. بذور هر ژنوتیپ روی ردیف به‌طول ۳ متر و با فاصله ردیف ۵۰ سانتی‌متر به‌طور دستی در اردیبهشت‌ماه کاشته شد و پس از استقرار گیاهچه‌ها، بوته‌ها تنک شد و بین بوته‌ها ۷ سانتی‌متر فاصله بود. عملیات داشت شامل آبیاری، کوددهی و کنترل آفات و علف‌های هرز به‌نحو مطلوبی در طی مراحل اجرای آزمایش انجام گرفت. جهت تکمیل نیتروژن مورد نیاز گیاه، کود اوره به‌میزان ۵۰ کیلوگرم در هکتار قبل از شروع گلدهی، به‌صورت سرک به زمین داده شد. صفت عملکرد هر بوته (برحسب گرم) نیز براساس میانگین آنها در ۱۰ بوته تصادفی از هر واحد آزمایشی تعیین گردید.

تجزیه آماری داده‌ها شامل تجزیه واریانس و مقایسه میانگین صفات با استفاده از آزمون دانکن انجام شد. دامنه تغییرات، ضرایب تنوع ژنتیکی و فنوتیپی و وراثت‌پذیری عمومی براساس اجزای واریانس و امید ریاضی میانگین مربعات برای هر صفت برآورد شد.

ضریب تغییرات ژنتیکی

$$CV_g=\frac{\upsilon_g}{\bar{x}}$$

ضریب تغییرات فنوتیپی

$$CV_p=\frac{\upsilon_p}{\bar{x}}$$

واریانس ژنتیکی

$$\sigma_g^2=\frac{MS_g-MS_e}{r}$$

واریانس فنوتیپی

$$\sigma_p^2=\sigma_g^2+\frac{\sigma_e^2}{r}$$

وراثت‌پذیری

$$h^2=\frac{\sigma_g^2}{\sigma_p^2}$$

ارزیابی فیزیولوژیکی: این آزمایش در گلخانه تحقیقاتی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری انجام شد. ۲۰ رقم مورد مطالعه در گلدان پلاستیکی (قطر ۲۴ سانتی‌متر و عمق ۱۶ سانتی‌متر) پر از ماسه ریز تمیز کاشته شد. در هر گلدان شش بذر کاشته شد و گیاهچه‌ها تا زمان سبز شدن روزی یک بار با محلول هوگلند آبیاری شدند.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-04-17]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1402.12.56.22.6]

برای گیاهچه‌های کنجد در مرحله چهار برگ حقیقی تنش شوری (۷۵ میلی‌مولار NaCl) اعمال شد. هر کدام از شرایط نرمال و تنش شوری پنج تکرار داشت. پس از شش روز اعمال تنش، مقدار MDA، فعالیت آنزیم آنتی‌اکسیدانی و سبزینگی تعیین شد.

اندازه‌گیری محتوای H_2O_2 و مالون دی‌آلدئید (MDA): نمونه‌های منجمد به میزان ۰/۱ گرم در پنج میلی‌لیتر (TCA) (کلروتری اسید استیک) ۰/۱٪ عصاره‌گیری شدند. عصاره حاصل با استفاده از دستگاه سانتریفوژ به‌مدت پنج دقیقه در 10000×g سانتریفوژ شد. سپس به یک میلی‌لیتر از سوسپانسیون صاف‌شده پنج میلی‌لیتر تری‌کلرو اسید استیک ۲۰ درصدی اضافه شد و در حمام آب گرم ۱۰۰ درجه به مدت ۳۰ دقیقه قرار گرفت. از بعد ۳۰ دقیقه لوله‌ها از حمام خارج شده و پس از سرد شدن دوباره محلول به‌مدت ۱۰ دقیقه در ۱۰۰۰۰×g سانتریفوژ شد. میزان مالون دی‌آلدهید با اندازه‌گیری جذب در طول‌موج ۵۳۲ خوانده شد (Hodges *et al.*, 1999).

مقدار پراکسید هیدروژن براساس واکنش H_2O_2 با یدید پتاسیم (KI) انجام شد. در این روش ۰/۵ گرم از بافت تازه گیاه در TCA (تری‌کلرو استیک اسید) ۰/۱٪ سائیده شد. عصاره حاصل به‌مدت ۱۵ دقیقه در ۱۲۰۰۰×g سانتریفیوژ شد. سپس به ۵۰۰ میکرولیتر از محلول رویی ۵۰۰ میکرولیتر بافر فسفات پتاسیم ۱۰۰mM (pH=۷) و ۲ میلی‌لیتر یدید پتاسیم ۱ M اضافه شد. محتوای H_2O_2 با استفاده از اسپکتروفتومتر، تعیین شد و جذب در ۴۱۵ نانومتر ثبت شد (Zheng *et al.*, 2017).

تعیین فعالیت آنزیم آنتی‌اکسیدان: برای اندازه‌گیری فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی از برگ‌های ۰/۵ گرمی گیاهچه‌های کنجد استفاده شد. فعالیت سوپراکسید دیسموتاز (SOD) با روش نیترو بلو تترازولیوم (NBT) (Henry *et al.*, 1977). با تغییرات جزئی تعیین شد. فعالیت‌های کاتالاز (CAT) با روش‌های گزارش‌شده قبلی تعیین شد (Chance *et al.*, 1955). فعالیت CAT با اندازه‌گیری کاهش H_2O_2 در ۲۴۰ نانومتر به مدت دو دقیقه تعیین شد.

داده‌های به‌دست‌آمده برای محاسبه میزان تنوع، گروه‌بندی و بررسی واکنش ژنوتیپ‌ها در سطوح مختلف شوری مورد استفاده قرار گرفت. تجزیه خوشه‌ای ژنوتیپ‌ها نیز با استفاده از روش وارد و بر مبنای فاصله اقلیدسی با استفاده از صفات مورد مطالعه به‌منظور تشریح تنوع ژنتیکی انجام شد. همچنین جهت اطمینان از صحت گروه‌بندی انجام شده و انجام مقایسه بین میانگین گروه‌ها از نظر صفات اندازه‌گیری‌شده، تجزیه واریانس براساس طرح کاملاً تصادفی نامتعادل و با در نظر گرفتن گروه‌ها به‌عنوان تیمار و ژنوتیپ‌های داخل هر گروه به عنوان تکرار انجام شد. تجزیه آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزارهای Excel، SPSS، Minitab، ImageJ انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان‌دهنده این است که ژنوتیپ‌های مورد بررسی از جهت صفات اندازه‌گیری‌شده دارای تنوع معنی‌داری بودند (جدول ۲ و ۳). بجز صفت درصد جوانه‌زنی اثر متقابل ژنوتیپ در تنش شوری برای سایر صفات معنی‌دار بود که نشان‌دهنده اثرگذاری تنش شوری بر روی این صفات است (جدول ۲).

بین صفت عملکرد تک بوته با صفات وزن تک بوته، تعداد کپسول در شاخه اصلی، تعداد کپسول در بوته، وزن یک کپسول، عرض کپسول، طول کپسول، تعداد دانه در یک کپسول، وزن صد دانه، وزن کل کپسول‌ها و تعداد دانه در بوته همبستگی قوی تا نسبتاً قوی و مثبت وجود داشت (جدول ۴). همبستگی‌های بالای بین صفات ممکن است ناشی از هم مکانی QTLهای کنترل‌کننده آنها باشد (Li *et al.*, 2020). علاوه بر این ممکن است تنوع یک صفت تنوع صفات دیگر را تشریح نماید. همچنین صفت عملکرد تک بوته با درصد جوانه‌زنی در شرایط تنش شوری و صفت طول ریشه‌چه گیاهچه در شرایط نرمال آزمایشگاهی همبستگی مثبت و معنی‌داری داشت (جدول ۳). تنش شوری موجب کاهش رشد گیاه شد. نتایج آزمایش Li و همکاران (۲۰۲۲) نشان داد که

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-04-17]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1402.12.56.22.6]

جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس آزمون جوانه‌زنی و رشد گیاهچه ژنوتیپ‌های کنجد

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات						
		درصد جوانه‌زنی	سرعت جوانه زنی	وزن جوانه	کلروفیل گیاهچه	وزن ریشه‌چه	وزن ساقه‌چه	طول ریشه‌چه	طول ساقه‌چه
تنش	۱	۱۲۵۴/۵۳**	۱۲۷/۱۸**	۰/۰۰۰۰۱**	۱۲۰/۹۳**	۰/۰۰۲**	۰/۰۰۰۴**	۴۴۸/۸۱**	۲۰/۴۶**
ژنوتیپ	۱۹	۸۳۹/۰۹**	۳۸/۰۴**	۰/۰۰۰۰۰۱**	۶۶/۵۶**	۰/۰۰۱**	۰/۰۰۰۳**	۱۱۴/۰۸**	۵/۸۵**
تنش × ژنوتیپ	۱۹	۹۴/۶۷$^{n.s}$	۶/۷۳**	۰/۰۰۰۰۰۲**	۷/۴۷**	۰/۰۰۰۳**	۰/۰۰۰۲**	۴۷/۰۱**	۱/۴۶*
خطا	۸۰	۶۳/۸۷	۰/۶۶	۰/۰۰۰۰۰۰۳	۰/۷۹	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۱	۱۵/۹۰	۰/۸۵

ns غیر معنی‌دار و ** و * به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال خطای ۱ و ۵ درصد

جدول ۳- تجزیه واریانس صفات مورفولوژی در برخی ژنوتیپ‌های کنجد

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات						
		وزن تک بوته	تعداد کپسول در شاخه اصلی	تعداد شاخه فرعی	میانگین کپسول در شاخه	تعداد کپسول در بوته	وزن یک کپسول	عرض کپسول
بلوک	۲	۲۷۶/۵۱**	۶۰۴/۷۸**	۱۰/۶۸**	۸۳/۶۵**	۱۹۷۴/۴۹**	۰/۰۵**	۱/۹۷**
ژنوتیپ	۲۰	۵۲۶/۰۲**	۱۵۳۶/۲۵**	۱۲/۵۵**	۴۶/۷۶**	۱۵۲۱/۶۵**	۰/۰۲**	۱/۳۳**
خطا	۴۰	۸/۲۵	۱۱/۶۳	۰/۵۳	۲/۵۰	۶۵/۰۳	۰/۰۰۲	۰/۰۵
C.V		۱۲/۱۹	۱۱/۹۶	۲۹/۶۶	۲۴/۸۰	۱۷/۶۸	۲۲/۰۸	۳/۲۸

**** و * به‌ترتیب معنی‌داری در سطح احتمال یک و پنج درصد**

ادامه جدول ۳-

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات					
		طول کپسول	تعداد دانه در یک کپسول	وزن صددانه	وزن کل کپسول‌ها	ارتفاع	تعداد دانه در بوته	عملکرد
بلوک	۲	۸۴/۵۰**	۹۷۸/۹۰**	۰/۰۲**	۱۱۵۲/۷۸**	۱۲۷۳/۸۹**	۱۴۳۴۳۴۶۷/۷۰**	۱۱۲/۵۲**
ژنوتیپ	۲۰	۱۶/۱۵**	۲۴۷/۰۲**	۰/۰۱**	۶۳۰/۳۵**	۱۰۹۱/۴۷**	۷۰۹۴۱۹۲/۲۰**	۷۷/۰۹**
خطا	۴۰	۱/۵۰	۳۲/۴۴	۰/۰۰۰۵	۵۳/۰۱	۱۰/۴۱	۴۷۴۶۳۱/۷۰	۲/۱۸
C.V		۴/۸۲	۸/۷۹	۹/۰۳	۳۹/۱۳	۲/۵۷	۲۲/۷۳	۱۹/۳۲

**** و * به‌ترتیب معنی‌داری در سطح احتمال یک و پنج درصد**

تنش شوری به‌طور قابل‌توجهی باعث کاهش رشد در گیاه بادام زمینی شد.

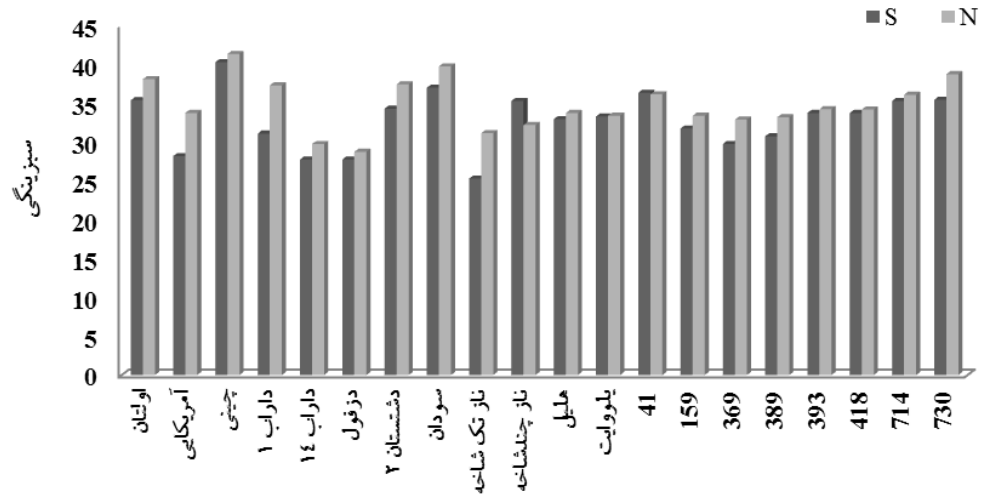
محتوای کلروفیل: مقایسه میانگین برهمکنش تنش شوری و ژنوتیپ حاکی از آن بود که ژنوتیپ چینی بیشترین مقدار کلروفیل را در هر دو شرایط تنش و عدم تنش دربرداشت که به ترتیب میانگین آن‌ها ۴۱/۳۵ و ۴۰/۳ (میلی‌گرم بر گرم وزن تر) به‌دست آمد. به‌طورکلی در ژنوتیپ‌های مقاوم (مانند ژنوتیپ‌های ۷۳۰، اولتان و سودان) میزان کلروفیل نسبت به دیگر ژنوتیپ‌ها بیشتر بود و کمترین میزان کلروفیل نیز مربوط به ژنوتیپ حساس ناز تک شاخه با میانگین ۲۵/۳۰ (میلی‌گرم

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-04-17]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1402.12.56.22.6]

جدول ۴- نتایج حاصل از تجزیه همبستگی صفات در سه مرحله رشدی گیاه کنجد، قطر بالا روابط بین صفات در شرایط نرمال و قطر پایین روابط بین صفات در شرایط تنش شوری

	(۱)	(۲)	(۳)	(۴)	(۵)	(۶)	(۷)	(۸)	(۹)
درصد جوانه‌زنی (۱)	۱	۰/۵۷۱**	-۰/۱۸	۰/۲۵	۰/۱۶	۰/۱۶	۰/۲۴	۰/۳۰	۰/۱۷
سرعت جوانه‌زنی (۲)	۰/۶۹۳**	۱	-۰/۰۶	۰/۳۳	۰/۴۶۶*	۰/۲۹	۰/۳۴	۰/۷۳۳**	۰/۱۹
وزن جوانه (۳)	-۰/۰۷	۰/۰۸	۱	-۰/۳۰	-۰/۱۴	۰/۱۵	-۰/۱۰	۰/۰۰۳	-۰/۲۵
کلروفیل گیاهچه (۴)	۰/۱۹	۰/۰۴	۰/۲۵	۱	-۰/۰۳	۰/۱۴	۰/۱۵	۰/۲۶	۰/۰۶
وزن ریشه‌چه گیاهچه (۵)	۰/۳۳	۰/۵۷۶**	۰/۱۴	۰/۲۰	۱	۰/۴۱	۰/۶۰۳**	۰/۶۸۴**	-۰/۰۹
وزن ساقه‌چه گیاهچه (۶)	۰/۰۹	۰/۳۱	۰/۰۷	۰/۰۶	۰/۳۸	۱	۰/۰۹	۰/۴۹۳*	-۰/۴۳
طول ریشه‌چه گیاهچه (۷)	۰/۳۹	۰/۶۸۶**	۰/۳۵	۰/۱۵	۰/۷۹۵**	۰/۳۰	۱	۰/۵۹۳**	۰/۵۴۷*
طول ساقه‌چه گیاهچه (۸)	۰/۱۱	۰/۴۳	۰/۰۹	۰/۲۰	۰/۵۰۵*	۰/۴۰	۰/۴۷۰*	۱	۰/۱۲
عملکرد (۹)	۰/۶۴۷**	۰/۳۱	۰/۰۰۳	۰/۱۷	۰/۳۵	۰/۱۶	۰/۳۵	۰/۲۵	۱

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

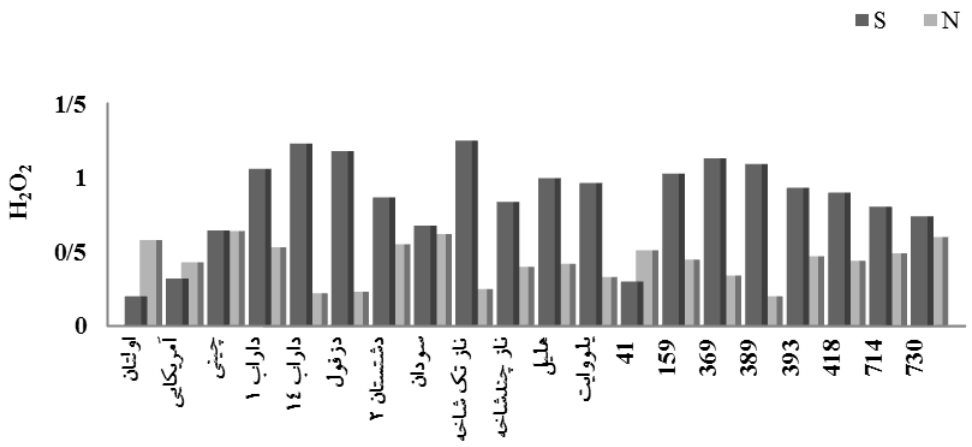


شکل ۱- میانگین مقدار سبزینگی گیاهچه‌های کنجد در شرایط تنش شوری و شرایط نرمال (S: شرایط تنش و N: شرایط نرمال)

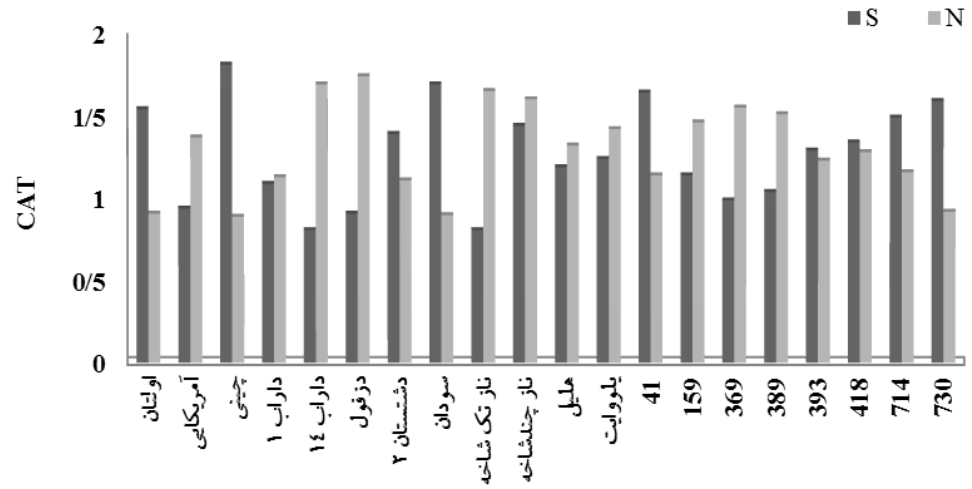
بر گرم وزن تر) در شرایط تنش مشاهده شد (شکل ۱). این نتایج با نتایج موسوی‌زاده و همکاران (۱۳۹۵) مطابقت دارد. آزمایشات آن‌ها روی کلروفیل برنج نشان داد که در ساعت‌های اولیه تنش مقدار کلروفیل کاهش می‌یابد اما در ادامه با افزایش ساعات تنش، با ضخیم‌تر شدن برگ‌ها و افزایش مقدار کلروفیل در واحد سطح برگ مقدار آن افزایش می‌یابد.

فعالیت آنزیم‌های پراکسیداز و کاتالاز: مقایسه میانگین‌ها نشان داد که در شرایط تنش میزان H_2O_2 بسیار افزایش می‌یابد. تنها در دو ژنوتیپ اولتان و آمریکایی در شرایط عدم تنش میزان H_2O_2 بیشتر بود و در ژنوتیپ چینی تفاوتی در مقدار H_2O_2 بین شرایط تنش و عدم تنش مشاهده نشد. بیشترین مقدار H_2O_2 در شرایط تنش و در ژنوتیپ‌های ناز تک‌شاخه و داراب ۱۴ (به‌ترتیب با میانگین ۱/۲۵ و ۱/۲۳ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) و کمترین مقدار H_2O_2 در شرایط تنش در ژنوتیپ مقاوم اولتان (با میانگین ۰/۲ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) و در شرایط عدم تنش در ژنوتیپ‌های حساس ۳۸۹، داراب ۱۴،

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-04-17]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1402.12.56.22.6]



شکل ۲- میانگین مقدار H_2O_2 گیاهچه‌های کنجد در شرایط تنش شوری و شرایط نرمال (S: شرایط تنش و N: شرایط نرمال)



شکل ۳- میانگین مقدار کاتالاز گیاهچه‌های کنجد در شرایط تنش شوری و شرایط نرمال (S: شرایط تنش و N: شرایط نرمال)

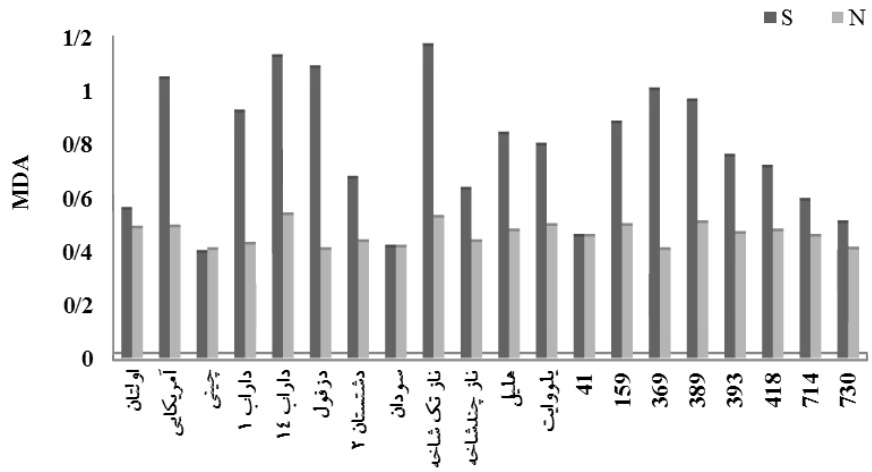
دزفول و ناز تک‌شاخه (به‌ترتیب با میانگین‌های ۰/۲، ۰/۲۲، ۰/۲۳ و ۰/۲۵ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) دیده شد (شکل ۲).

تحت تنش‌های غیرزیستی، تجمع بیش از حد ROS شامل رادیکال آنیون سوپراکسید (O^{2-}) و پراکسید هیدروژن (H_2O_2)، می‌تواند باعث آسیب اکسیداتیو سلولی گیاه شود. در آزمایش Li و همکاران (۲۰۲۲) نیز پس از اعمال تنش شوری، محتوای H_2O_2 بیشتر از شاهد بود.

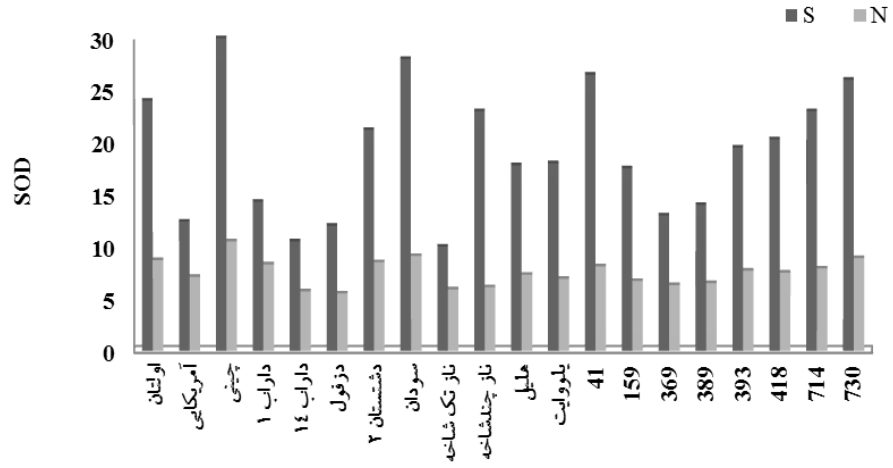
همچنین بیشترین فعالیت آنزیم کاتالاز در شرایط تنش در ژنوتیپ‌های چینی، سودان و داراب ۴۱ (به‌ترتیب با میانگین ۱/۸، ۱/۶۸ و ۱/۶۳ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) و در شرایط عدم تنش در ژنوتیپ دزوفول و داراب ۱۴ (به‌ترتیب با میانگین ۱/۷۳ و ۱/۶۸ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) مشاهده شد. کمترین میزان آنزیم نیز در شرایط تنش در ژنوتیپ‌های ناز تک‌شاخه و داراب ۱۴ (با میانگین ۰/۸ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) برآورد شد (شکل ۳).

میزان مالون دی‌آلدهید: در تمامی ژنوتیپ‌ها بجز ژنوتیپ چینی با اعمال تنش میزان MDA افزایش یافت. در ژنوتیپ چینی در شرایط تنش و عدم تنش تغییر محسوسی در میزان MDA ایجاد نشد. نتایج مقایسه میانگین تأثیر ژنوتیپ بر میزان مالون دی‌آلدئید (MDA) نشان داد که بیشترین میزان MDA در

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-04-17]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1402.12.56.22.6]



شکل ۴- میانگین مقدار مالون دآلدهید گیاهچه‌های کنجد در شرایط تنش شوری و شرایط نرمال (S: شرایط تنش و N: شرایط نرمال)



شکل ۵- میانگین مقدار سوپراکسید دیسموتاز گیاهچه‌های کنجد در شرایط تنش شوری و شرایط نرمال (S: شرایط تنش و N: شرایط نرمال)

ژنوتیپ حساس ناز تک‌شاخه (با میانگین ۱/۱۶ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) و سپس داراب ۱۴ (با میانگین ۱/۱۲ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) هر دو در شرایط تنش به‌دست آمد و در شرایط عدم تنش بین ژنوتیپ‌های مختلف کنجد تغییر محسوسی مشاهده نشد (شکل ۴).

فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز: با اعمال تنش، میزان فعالیت آنزیم SOD در تمامی ژنوتیپ‌ها به‌شدت افزایش یافت، به‌طوریکه در ژنوتیپ چینی به سه برابر شرایط عدم تنش رسید. بیشترین مقدار فعالیت SOD در شرایط تنش در ژنوتیپ‌های چینی و سودان (به ترتیب با میانگین ۳۰ و میلی-گرم بر گرم وزن تر ۲۸) و کمترین میزان در شرایط عدم تنش در ژنوتیپ‌های دزفول و داراب ۱۴ (به‌ترتیب با میانگین ۵/۵ و ۵/۷ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) مشاهده شد (شکل ۵).

نتایج آزمایش نشان داد تحت تنش شوری، محتوای MDA در گیاه کنجد بالاتر از شرایط نرمال بود، اما این تفاوت بین ارقام تفات معنی‌داری داشت و در ارقام حساس بیش از ارقام متحمل بود. تفاوت معنی‌داری در فعالیت SOD در بین تیمارهای مختلف پس از یک هفته از اعمال تنش مشاهده نشد این به‌دلیل افزایش ناگهانی و سپس کاهش معنی‌دار آن در یکی دو روز اول تنش است که پس از گذشت مدتی گیاه به شرایط نسبتا ثابتی می‌رسد و تلاش می‌کند هموستازی درون سلول را حفظ نماید. در مقابل، در مقایسه با شرایط نرمال، فعالیت

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-04-17]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1402.12.56.22.6]

جدول ۵- نتایج حاصل از تجزیه همبستگی صفات مورفولوژی گیاه کنجد در شرایط مزرعه

	(۱)	(۲)	(۳)	(۴)	(۵)	(۶)	(۷)
وزن تک بوته (۱)	۱						
تعداد کپسول در شاخه اصلی (۲)	۰/۶۹**	۱					
تعداد شاخه فرعی (۳)	۰/۰۷	-۰/۳۳**	۱				
میانگین کپسول در شاخه (۴)	۰/۲۶*	-۰/۱۰	۰/۳۵**	۱			
تعداد کپسول در بوته (۵)	۰/۷۹**	۰/۸۲**	۰/۱۷	۰/۳۰*	۱		
وزن یک کپسول (۶)	۰/۷۲**	۰/۶۷**	۰/۰۴	۰/۳۶**	۰/۷۹**	۱	
عرض کپسول (۷)	۰/۶۹**	۰/۶۰**	-۰/۰۷	-۰/۱۰	۰/۵۳**	۰/۶۷**	۱

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

ادامه جدول ۵-

	(۱)	(۲)	(۳)	(۴)	(۵)	(۶)	(۷)
طول کپسول (۱)	۱						
تعداد دانه در یک کپسول (۲)	۰/۷۴**	۱					
وزن صد دانه (۳)	۰/۶۳**	۰/۴۱**	۱				
وزن کل کپسول‌ها (۴)	۰/۶۰**	۰/۳۷**	۰/۷۰**	۱			
ارتفاع (۵)	۰/۲۱	۰/۳۶**	۰/۲۲	۰/۲۱	۱		
تعداد دانه در بوته (۶)	۰/۷۴**	۰/۶۱**	۰/۶۹**	۰/۸۷**	۰/۲۷*	۱	
عملکرد (۷)	۰/۶۹**	۰/۵۱**	۰/۸۲**	۰/۹۱**	۰/۲۷*	۰/۹۵**	۱

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

CAT در شرایط تنش شوری افزایش یافت. تیمار NaCl منجر به کاهش جزئی در کلروفیل a و کاروتنوئیدها در مقایسه با شرایط نرمال می‌شود، اما پس از مدتی با افزایش سطح و قطر برگ برای حفظ پتانسیل اسمزی گیاه میزان سبزینگی گیاه در شرایط تنش شوری افزایش می‌یابد (Khalid *et al.*, 2016).

تحت تنش شوری، آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان در قسمت‌های مختلف سلول‌های گیاهی قرار گرفته و ROS اضافی را حذف می‌کنند (You and Chan, 2015). گزارش شده است تحمل تنش شوری در گیاهچه‌های خیار با افزایش فعالیت‌های SOD، CAT و POD بهبود یافت (Fariduddin *et al.*, 2014). در چچم چند ساله، کاهش محتوای ROS و بهبود تحمل تنش شوری با افزایش فعالیت CAT صورت پذیرفت (Sun *et al.*, 2015)، که با نتایج ما مطابقت داشت.

تحت تنش شوری، سنتز کلروفیل گیاه مهار شده (Ahammed *et al.*, 2015) و سبزینگی کاهش می‌یابد. در پژوهش Sharma و همکاران (۲۰۱۵) تنش شوری و آفت‌کش منجر به کاهش قابل‌توجهی در محتوای کلروفیل در برنج شد، درحالیکه محتوای کلروفیل a، کلروفیل b و کلروفیل کل در گیاهچه‌های تحت تنش شوری و HBL به‌طور قابل‌توجهی افزایش یافت. در مطالعه حاضر، در مقایسه با تیمار نمک، سبزینگی به‌وضوح پس از اعمال تنش شوری پس از گذشت یک هفته در ارقام متحمل افزایش یافت. نتایج مشابهی نیز در سویا (Alam *et al.*, 2019) و چچم (Wu *et al.*, 2017) به دست آمد.

واریانس ژنتیکی و فنوتیپی، ضریب تغییرات فنوتیپی و ژنوتیپی، وراثت‌پذیری و پیشرفت ژنتیکی به‌عنوان درصدی از

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-04-17]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1402.12.56.22.6]

جدول ۶- پارامترهای ژنتیکی برای صفات آزمون جوانه‌زنی، رشد گیاهچه و عملکرد تک بوته ژنوتیپ‌های کنجد

	درصد جوانه‌زنی	سرعت جوانه‌زنی	وزن جوانه	کلروفیل	وزن ریشه‌چه	وزن ساقه‌چه	طول ریشه‌چه	طول ساقه‌چه
واریانس ژنوتیپی	۲۵۸/۴۱	۱۲/۴۶	۰/۰۰۰۰۰۰۳	۲۱/۹۲	۰/۰۰۰۲	۰/۰۰۰۱	۳۲/۷۲	۱/۶۷
واریانس فنوتیپی	۲۷۹/۷۰	۱۲/۶۸	۰/۰۰۰۰۰۰۴	۲۲/۱۹	۰/۰۰۰۲	۰/۰۰۰۱	۳۸/۰۳	۱/۹۵
وراثت پذیری	۰/۹۲	۰/۹۸	۰/۷۹	۰/۹۹	۰/۸۳	۰/۸۲	۰/۸۶	۰/۸۵
ضریب تغییرات ژنوتیپی	۰/۱۸	۰/۲۹	۰/۲۳	۰/۱۴	۰/۸۶	۰/۴۲	۰/۷۰	۰/۳۴
ضریب تغییرات فنوتیپی	۰/۱۸	۰/۲۹	۰/۲۶	۰/۱۴	۰/۹۵	۰/۴۶	۰/۷۶	۰/۳۷

ادامه جدول ۶-

	وزن تک بوته	تعداد کپسول در شاخه اصلی	تعداد شاخه فرعی	میانگین کپسول در شاخه	تعداد کپسول در بوته	وزن یک کپسول	عرض کپسول
واریانس ژنوتیپی	۱۷۲/۵۹	۵۰۸/۲۱	۴/۰۱	۱۴/۷۵	۴۸۵/۵۴	۰/۰۱	۰/۴۳
واریانس فنوتیپی	۱۷۵/۳۴	۵۱۲/۰۸	۴/۱۸	۱۵/۵۹	۵۰۷/۲۲	۰/۰۱	۰/۴۴
وراثت‌پذیری	۰/۹۸	۰/۹۹	۰/۹۶	۰/۹۵	۰/۹۶	۰/۹۱	۰/۹۷
ضریب تغییرات ژنوتیپی	۰/۵۶	۰/۷۹	۰/۸۱	۰/۶۰	۰/۴۸	۰/۳۹	۰/۱۰
ضریب تغییرات فنوتیپی	۰/۵۶	۰/۷۹	۰/۸۳	۰/۶۲	۰/۴۹	۰/۴۱	۰/۱۰

ادامه جدول ۶-

	طول کپسول	تعداد دانه در یک کپسول	وزن صددانه	وزن کل کپسول‌ها	ارتفاع	تعداد دانه در بوته	عملکرد
واریانس ژنوتیپی	۴/۸۸	۷۱/۵۳	۰/۰۰۲۳	۱۹۲/۴۵	۳۶۰/۳۵	۲۲۰۶۵۲۰/۱۷	۲۴/۹۷
واریانس فنوتیپی	۵/۳۸	۸۲/۳۴	۰/۰۰۲۵	۲۱۰/۱۲	۳۶۳/۸۲	۲۳۶۴۷۳۰/۷۳	۲۵/۷۰
وراثت‌پذیری	۰/۹۱	۰/۸۷	۰/۹۴	۰/۹۲	۰/۹۹	۰/۹۳	۰/۹۷
ضریب تغییرات ژنوتیپی	۰/۰۹	۰/۱۳	۰/۲۰	۰/۷۵	۰/۱۵	۰/۴۹	۰/۶۵
ضریب تغییرات فنوتیپی	۰/۰۹	۰/۱۴	۰/۲۱	۰/۷۸	۰/۱۵	۰/۵۱	۰/۶۶

میانگین برای صفات مختلف ارزیابی می‌شود. ضرایب ژنوتیپی و فنوتیپی و وراثت‌پذیری برای صفات متفاوت در جدول ۶ نمایش داده شده است، در مرحله جوانه‌زنی صفت درصد جوانه‌زنی، در مرحله گیاهچه‌ای طول ریشه‌چه و در شرایط مزرعه صفت تعداد دانه در بوته از بالاترین مقدار واریانس ژنوتیپی و فنوتیپی برخوردار بودند، اما کمترین مقدار در مرحله جوانه‌زنی وزن جوانه در مرحله گیاهچه‌ای وزن ریشه‌چه و وزن ساقه‌چه و در شرایط مزرعه مربوط به صفت وزن صد دانه بود. بالابودن ضریب تغییرات ژنوتیپی و فنوتیپی صفات گویای این است که بیان این صفات تا حدود زیادی تحت تأثیر محیط قرار می‌گیرد (Begum and Dasgupta, 2014).

همچنین بالا بودن ضریب تغییرات ژنوتیپی و فنوتیپی برای صفات نشان‌دهنده دامنه وسیع تغییرات برای این صفات است (Imran *et al.*, 2018). در بررسی روابط تعدادی از ژنوتیپ-های کنجد از مجموعه ارقام بومی و اصلاح‌شده ایرانی و غیرایرانی، مشخص شد که بالاترین ضریب تغییرات فنوتیپی و

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-04-17]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1402.12.56.22.6]

ژنوتیپی مربوط به صفت تعداد دانه در بوته و کمترین مقدار ضریب تغییرات ژنوتیپی و فنوتیپی برای صفت وزن جوانه بود (جدول ۶). به‌طورکلی نزدیک‌بودن مقدار ضریب تغییرات فنوتیپی و ژنوتیپی در برخی صفات نشان‌دهنده ناچیز بودن اثرات محیطی بر بیان صفات است درحالیکه زمانی که ضریب تغییرات فنوتیپی بسیار بیشتر از ضریب تغییرات ژنوتیپی باشد دلالت بر بالا بودن میزان اثرات محیطی است. این مطلب نشان می‌دهد که این صفات بیشتر توسط عوامل ژنتیکی کنترل می‌شود و انتخاب والدین براساس این صفات جهت دو رگ‌گیری مطلوب است (Hika *et al.*, 2015). اما این تفاوت برای تعداد دانه در بوته، تعداد کپسول در بوته، درصد جوانه‌زنی، وزن کل کپسول‌ها، تعداد دانه در یک کپسول و طول ریشه‌چه بالاترین مقدار را به‌خود اختصاص داد که احتمالاً نشان‌دهنده تأثیر عوامل محیطی در کنترل این صفات است. در بررسی ژنوتیپ‌های مختلف کنجد مشخص شد ضریب تغییرات ژنوتیپی و فنوتیپی تخمینی برای صفت وزن جوانه در مرحله جوانه‌زنی، وزن ریشه‌چه و وزن ساقه‌چه در مرحله گیاهچه‌ای و صفت وزن صد دانه در شرایط مزرعه تفاوت کمی با هم دارند که بیان‌گر تأثیر نسبتاً کم محیط بر این صفات است. وراثت‌پذیری مهمترین پارامتر در مطالعات ژنتیکی صفات کمی است و در تصمیم‌گیری برای گزینش نقش حیاتی دارد. در این پژوهش بالاترین مقدار وراثت‌پذیری به‌ترتیب برای صفات تعداد کپسول در شاخه اصلی (۹۹/۲ ٪)، ارتفاع (۹۹ ٪)، عملکرد (۹۸/۹ ٪)، کلروفیل (۹۸/۸ ٪)، سرعت جوانه زنی (۹۸/۴ ٪) و وزن یک بوته (۹۸/۲ ٪) محاسبه شد. وراثت‌پذیری به‌عنوان شاخصی از انتقال‌پذیری صفات از والدین به فرزندان مورد توجه است. بالابودن مقدار وراثت‌پذیری صفات نشان از پایین‌بودن اثرات محیطی بر صفات مورد بررسی است. بالا بودن وراثت‌پذیری این صفات نسبت به سایر صفات نشان‌دهنده پایین‌بودن تأثیر محیط روی این صفات است. تأثیر محیط بر صفاتی که دارای وراثت‌پذیری بالایی هستند، ناچیز بوده و انتخاب براساس فنوتیپ در این صفات مؤثر است. در پژوهش‌های مشابهی تغییرپذیری و وراثت‌پذیری برای صفات مختلف در کنجد که توسط Manjeet و Avtar (۲۰۲۰) و منصوری (۱۳۹۵) انجام شد پیشرفت ژنتیکی بالا همراه با وراثت‌پذیری بالا برای تعداد شاخه در بوته، عملکرد بیولوژیکی بوته، شاخص برداشت، عملکرد دانه تک بوته و تعداد کپسول در شاخه اصلی مشاهده شد و پیشنهاد کردند انتخاب براساس این صفات که حاکی از بازده بالای انتخاب برای این صفات بود، برای برنامه بهبود محصول کنجد در آینده مؤثر است. همچنین در مشاهدات پزشک‌پور و افکار (۱۳۹۵) که با هدف بررسی تنوع از طریق تخمین ضریب تغییرات فنوتیپی و ژنوتیپی، وراثت‌پذیری و پیشرفت ژنتیکی صفات کمی در نخود انجام دادند. آنها گزارش کردند صفت عملکرد بیولوژیکی می‌تواند مهم‌ترین معیار برای انتخاب لاین‌های والدینی در برنامه‌های اصلاحی محسوب گردد. در مشاهدات قلی‌نژاد و همکاران (۱۴۰۰) نیز استفاده از صفات شاخص کلروفیل و عملکرد پروتئین دانه را برای انتخاب در شرایط تنش را برای گزینش در برنامه اصلاحی پیشنهاد کردند. بالا بودن وراثت‌پذیری نشان می‌دهد که انتخاب ژنوتیپ‌های مطلوب با توجه به فنوتیپ قابل اطمینان است (غریب عشقی و مظفری، ۱۳۹۶).

تجزیه رگرسیون روشی است که برای برآورد ارزش یک متغیر کمی با توجه به رابطه آن با یک یا چند متغیر کمی دیگر به‌کار گرفته می‌شود. این روابط به‌گونه‌ای است که با استفاده از یک متغیر می‌توان تغییرات دیگری را پیش‌بینی کرد (فرشادفر، ۱۳۸۹). به‌منظور تعیین نقش اجزای عملکرد دانه در بالا بردن عملکرد دانه و افزایش کارایی انتخاب توسط تعداد کمی از خصوصیات به‌عنوان شاخص‌های مؤثر در دستیابی به اهداف اصلاحی، از رگرسیون مرحله‌ای استفاده می‌شود (Acquaah *et al.*, 1992; Walton, 1971). آنالیز رگرسیون گام به گام برای حذف متغیرهایی که هیچ اثری بر مدل رگرسیون عملکرد دانه ندارند و مطالعه تنها صفاتی که به‌طور قابل‌توجهی بر عملکرد دانه مؤثر هستند به‌کار گرفته می‌شود (زکی‌زاده و همکاران، ۱۳۸۹). معادله رگرسیونی و حذف متغیرهایی که تأثیر چندانی بر عملکرد دانه ندارند و تعیین متغیرهایی که تأثیر زیادی بر

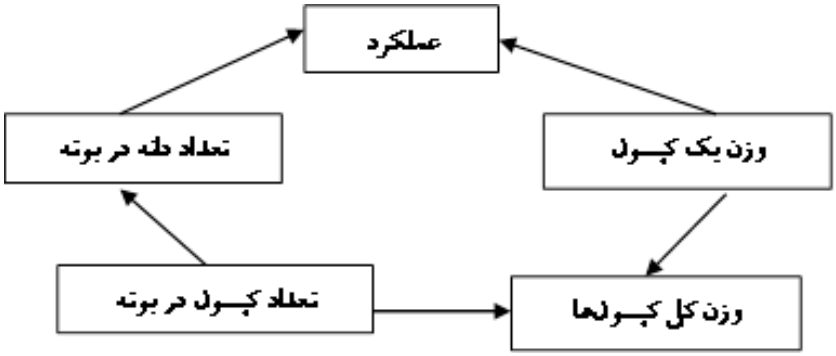
[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-04-17]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1402.12.56.22.6]

جدول ۷- تجزیه واریانس رگرسیون صفات مورفولوژی گیاه کنجد

مدل	d.f	M.S
رگرسیون	۱۳	۱۳۹/۸۳۴**
باقی‌مانده	۴۹	۰/۷۴۲
کل	۶۲	

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



شکل ۶- مسیر اثرگذاری صفات مورفولوژی بر عملکرد به‌صورت مستقیم و غیرمستقیم

عملکرد دانه دارند و همچنین مطالعه دقیق اثر صفات بر عملکرد دانه و تعیین سهم اثر تجمعی صفات در تعیین عملکرد دانه تجزیه رگرسیون گام به گام در مورد لاین‌های مورد مطالعه با استفاده از مدل رگرسیون خطی چندگانه زیر انجام گرفت.

معادله (۱)

$$Y=b_0+b_1X_1+\ldots+b_nX_n$$

$$Y= -0.950 - 0.033X1 - 14.822X2 - 0.005X3 + 0.011X4$$

R^2=۰/۹۸

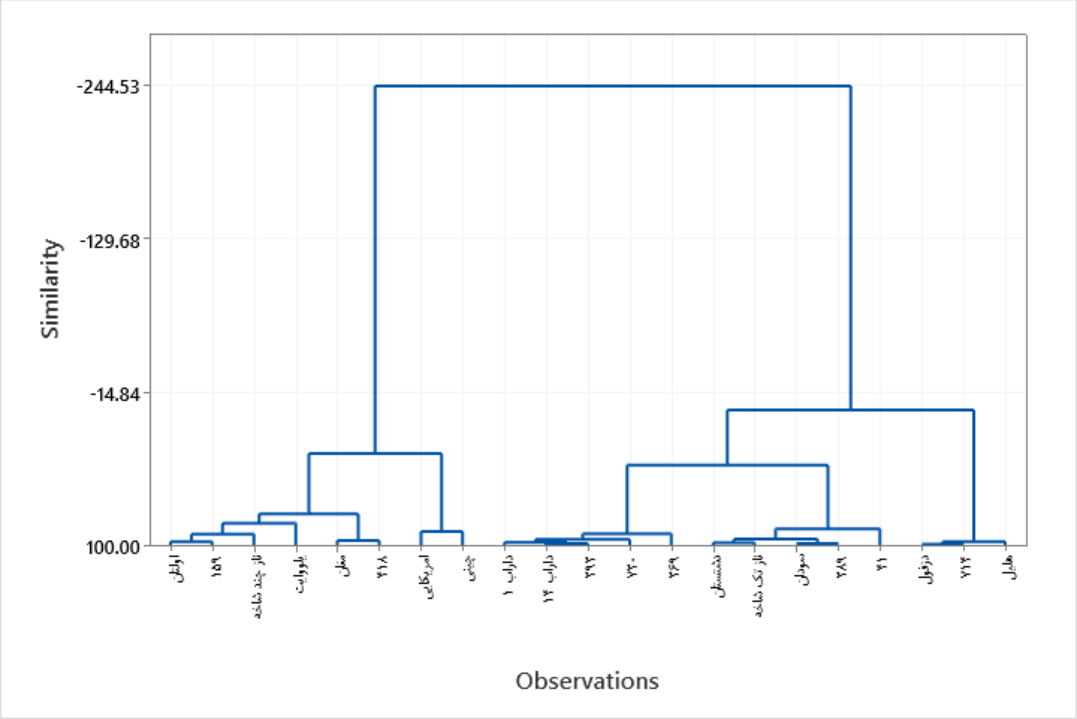
b0 برابر با مقدار ثابت (شیب خط یا ضریب رگرسیون) و b1 تابn نیز ضرایب مستقل هستند. در این تجزیه عملکرد دانه به‌عنوان متغیر وابسته و سایر صفات به‌ترتیب X1 تا X4 تعداد کپسول در بوته، وزن یک کپسول، تعداد دانه در یک کپسول و تعداد دانه در بوته وارد مدل شدند (جدول ۷).

در انطباق با نتایج همبستگی‌ها، وزن تعداد دانه در بوته اولین متغیری بود که وارد مدل رگرسیون مرحله‌ای گردید بعد از این صفت، تعداد کپسول در بوته، در گام سوم صفت تعداد دانه در یک کپسول و در گام چهارم صفت وزن یک کپسول وارد مدل شدند (شکل ۶).

با بررسی نتایج حاصل از ضرایب رگرسیون مشاهده شد که عملکرد دانه با صفات وارد شده در مدل همبستگی مطابقت دارد. می‌توان توجیه کرد تغییرات عملکرد دانه تابع صفات است به‌طوریکه عملکرد دانه با صفات تعداد دانه در بوته، وزن کل کپسول‌ها، تعداد کپسول در بوته همبستگی مثبت و معنی‌داری دارد. می‌توان براساس بزرگ بودن مقادیر ضرایب رگرسیون استانداردشده استنباط کرد که کدام صفت اثر بیشتری در توجیه عملکرد دانه دارد. با توجه به علامت ضرایب رگرسیون استانداردشده (Beta) صفات تعداد دانه در بوته، تعداد کپسول در بوته، وزن کل کپسول‌ها و وزن یک کپسول از اهمیت بیشتری برخوردارند و افزایش این صفات که دارای ضرایب بالاتر و همبستگی بالایی با عملکرد دانه هستند باعث افزایش عملکرد دانه می‌شود.

تجزیه خوشه‌ای روشی است که می‌تواند برای پیداکردن شباهت بین ژنوتیپ‌ها مورد استفاده قرار گیرد. هدف از تجزیه خوشه‌ای اولاً پیداکردن دسته واقعی افراد و یا ژنوتیپ‌های مشابه و ثانیاً کاهش تعداد داده‌های آزمایش است. تعیین مشخصات و گروه‌بندی ژرم‌پلاسم به به‌نژادگران این امکان را

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-04-17]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1402.12.56.22.6]



شکل ۷- دندروگرام حاصل از تجزیه خوشه‌ای به‌روش وارد بر مبنای فاصله اقلیدسی در ژنوتیپ‌های کنجد

می‌دهد تا در نمونه‌گیری از جمعیت‌ها از دوباره‌کاری خودداری کنند و به‌میزان زیادی از حجم کارهای اصلاحی کاسته و در زمان و هزینه صرفه‌جویی شود (Chandy and Sharma, 1993). در این تجزیه با استفاده از تمام صفات اندازه‌گیری‌شده ارقام مورد مطالعه به دو گروه تقسیم شدند و ژنوتیپ‌های با عملکرد بالا همچون اولتان، ۱۵۹، ناز چندشاخه، یلووایت، مغان ۴۱۸، آمریکایی و چینی در یک گروه قرار گرفتند (شکل ۷). برای دستیابی به نوترکیب‌های جدید، ژنوتیپ‌های خوشه‌های دور به‌عنوان والدین برای برنامه هیبریداسیون استفاده می‌شوند. استفاده از صفات منتخب در برنامه اصلاح کنجد باعث افزایش عملکرد می‌شود(Abate and Mekbib, 2015).

نتیجه‌گیری

تنوع ابزار قدرتمندی در اختیار پژوهشگر است تا امکان انتخاب براساس صفات فنوتیپی را داشته باشد بدین ترتیب با انجام تجزیه همبستگی صفت عملکرد تک بوته با سایر صفات اندازه‌گیری شده صفات صفات وزن تک بوته، تعداد کپسول در شاخه اصلی، تعداد کپسول در بوته، وزن یک کپسول، عرض کپسول، طول کپسول، تعداد دانه در یک کپسول، وزن صد دانه، وزن کل کپسول‌ها و تعداد دانه در بوته همچنین درصد جوانه‌زنی در شرایط تنش شوری و صفت طول ریشه‌چه گیاهچه در شرایط نرمال آزمایشگاهی دارای همبستگی قوی تا نسبتاً قوی و مثبت بودند. در مرحله جوانه‌زنی صفت درصد جوانه‌زنی، در مرحله گیاهچه‌ای طول ریشه‌چه و در شرایط مزرعه صفت تعداد دانه در بوته از بالاترین مقدار واریانس ژنوتیپی و فنوتیپی برخوردار بودند، وراثت‌پذیری بالا موجب مؤثربودن گزینش می‌شود. بالاترین میزان وراثت‌پذیری به ترتیب برای صفات تعداد کپسول در شاخه اصلی، ارتفاع، عملکرد، کلروفیل، سرعت جوانه‌زنی و وزن یک بوته محاسبه شد. انتخاب برای صفاتی که همزمان وراثت‌پذیری و پیشرفت ژنتیکی بالایی دارند می‌تواند موفقیت‌آمیز باشد. واردشدن صفات تعداد کپسول در بوته، وزن یک کپسول، تعداد دانه در یک کپسول و تعداد دانه در بوته در مدل رگرسیونی نیز دلیل دیگری بر استفاده از این صفات برای انتخاب در برنامه‌های به‌نژادی آینده این جمعیت است. به‌طورکلی یافته‌های این

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-04-17]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1402.12.56.22.6]

تحقیق نشان داد امکان بهبود ژنتیکی ژنوتیپ‌های مورد مطالعه کنجد در برنامه‌های اصلاحی متفاوت به‌منظور گسترش ژنوتیپ‌های مطلوب از طریق دورگ‌گیری وجود دارد. در ضمن می‌توان از صفات مذکور به‌علت بالا بودن مقدار وراثت‌پذیری به‌عنوان شاخص مناسب برای انتخاب والدین در برنامه‌های دورگ‌گیری برای بهبود عملکرد کنجد در شرایط نرمال و تنش شوری استفاده کرد. همچنین ارقام آمریکایی، یلووایت و چینی به‌عنوان ژنوتیپ‌های پرعملکرد در شرایط نرمال و تنش شوری شناسایی شدند.

منابع

احتشامی، محمدرضا.، فروزی، متین و شهبازی، مریم (۱۳۸۹). تأثیر هیدروپرایمینگ بذر بر اجزای جوانه‌زنی و رشد گیاهچه کلزا در شرایط تنش شوری. *تحقیقات زراعی (تنش‌های محیطی در علوم گیاهی)*، ۲(۲)، ۱۱۸-۱۰۷.

احمدی، ایمان، و قرینه، محمد حسین (۱۳۹۷). تعیین بهترین آزمایش آزمایشگاهی قدرت بذر برای پیش‌بینی ظهور توده‌های گلرنگ در مزرعه. *پژوهشنامه اصلاح گیاهان زراعی*، ۸(۲۷)، ۸۴-۷۳.

پزشک‌پور، پیام، و افکار، سهیلا (۱۳۹۵). بررسی تنوع ژنتیکی، وراثت‌پذیری و پیشرفت ژنتیکی صفات مورفولوژیکی، اجزای عملکرد و عملکرد دانه در ژنوتیپ‌های مختلف نخود (*Cicer arietinum*). *پژوهشنامه اصلاح گیاهان زراعی*، ۹(۲۴)، ۶۸-۶۱.

رمضانی گسک، مهدی، تقوایی، منصور، مسعودی، مسعود، ریاحی اکبر و بهبهانی، نیلوفر (۱۳۸۷). بررسی اثرات تنش شوری و خشکی بر جوانه‌زنی و رشد نهال‌های کور (*Capparis spinosa* L.). *نشریه: مرتع*، ۲(۴)، ۴۲۰-۴۱۱.

صالحی، مینا (۱۳۹۱). تنوع ژنتیکی برخی صفات زراعی و اجزای عملکرد در لاین‌های اصلاحی کنجد. *پژوهشنامه اصلاح گیاهان زراعی*، ۴(۹)، ۹۲-۷۷.

غریب عشقی، امیر، و مظفری، جواد (۱۳۹۶). تنوع ژنتیکی ژنوتیپ‌های کنجد و استفاده همزمان از شاخص‌های تنش و صفات مورفولوژیکی برای انتخاب در شرایط تنش خشکی. *تحقیقات علوم زراعی در مناطق خشک*، ۱(۱)، ۱۰۸-۸۹.

فرشادفر، عزت اله. (۱۳۸۰). اصول و روش‌های پیشرفته (تحلیل رگرسیون)، چاپ اول، کرمانشاه، انتشارات تفک بستان.

Abate, M., & Mekbib, F. (2015). Study on genetic divergence in low-altitude sesame (*Sesamum indicum* L.), germplasm of Ethiopia based on agro morphological traits. *Journal of Advanced Studies in Agricultural, Biological and Environmental Sciences (JABE)*, *23*(23), 201578-90.

Acquaah, G., Adams, M. W. & Kelly, J. D. (1992). A factor analysis of plant variables associated with architecture and seed in dry bean. *Euphytica*, *60*, 171-177.

Ahammed, G. J., Gantait, S., Mitra, M., Yang, Y. and Li, X. (2020). Role of ethylene crosstalk in seed germination and early seedling development: A review. *Plant Physiology and Biochemistry*, *151*, 124-131. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2020.03.016.

Ahammed, G. J., Li, X., Xia, X. J., Shi, K., Zhou Y. H., & Yu, J. Q. (2015). Enhanced photosynthetic capacity and antioxidant potential mediate brassinosteriod-induced phenanthrene stress tolerance in tomato. *Environmental Pollution*, *201*, 58-66.

Alam, P., Albalawi, T. H., Altalayan, F. H., Bakht, M. A., Ahanger, M. A., Raja, V., Ashraf, M., & Ahmad, P. (2019). 24-Epibrassinolide (EBR) confers tolerance against NaCl Stress in soybean plants by up-regulating antioxidant system, sscorbate-glutathione cycle, and glyoxalase system. *Biomolecules*, *9*, 640.

Andargie, M., Vinas, M., Rathgeb, A., Moller, E., & Karlovsky, P. (2021). Lignans of sesame (*Sesamum indicum* L.): A comprehensive review. *Molecules and Cells*, *26*(4), 883.

Bedigian, D. (2003). Evolution of sesame revisited: Domestication, diversity and prospects. *Genetic Resources & Crop Evolution*, *50*, 779-787.

Begum, T., & Dasgupta, T. (2014). Nduced genetic variability, heritability and genetic advance in sesame (*Sesamum indicum* L.). *SABRAO Journal of Breeding & Genetics*, *46*.

Bhattacharjee, S. (2019). ROS and oxidative stress: Origin and implication. In: Reactive Oxygen Species in Plant Biology, Pp. 1-31. Springer, New Delhi, India.

Chance, B., & Maehly, A. C. (1955). Assay of catalases and peroxidases. *Methods in Enzymology*, *2*, 764-775.

Clegg, M. T. (1997). Plant genetic diversity and struggle to measure selection. *Journal Heredity*, *88*, 1-7.

Deinlein, U., Stephan, A. B., Horie, T., Luo, W., Xu, G., & Schroeder, J. I. (2014). Plant salt-tolerance mechanisms.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-04-17]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1402.12.56.22.6]

Trends Plant Sciences, 19, 371-379.
Fariduddin, Q., Mir, B. A., Yusuf, M., & Ahmad, A. (2014). 24-epibrassinolide and/or putrescine trigger physiological and biochemical responses for the salt stress mitigation in *Cucumis sativus* L. *Photosynthetica, 52*, 464-474.
Gu, M., Li, N., Shao, T., Long, X., Brestic, M., Shao, H., Li, J., & Mbarki, S. (2016). Accumulation capacity of ions in cabbage (*Brassica oleracea* L.) supplied with sea water. *Plant, Soil and Environment, 62*, 314-320.
Hasanuzzaman, M., Bhuyan, M. H. M. B., Anee, T. I., Parvin, K., Nahar, K., Mahmud, J. A., & Fujita, M. (2019). Regulation of Ascorbate-Glutathione pathway in mitigating oxidative damage in plants under abiotic stress. *Antioxidants, 8*, 384.
Hasanuzzaman, M., Raihan, M. R. H., Rahman, A. A. C., Nowroz, F., Rahman, M., Nahar, K., & Fujita, M. (2021). Regulation of reactive oxygen species and antioxidant defense in plants under salinity. *International Journal of Molecular Sciences, 22*, 9326.
Henry, L., & Hall, D. O. (1977). Superoxide Dismutase in Green Algae: An Evolutionary Survey. Photosynthetic Organelles, Japanese Society of Plant Physiologists, Kyoto, Japan.
Hika, G., Geleta, N., & Jaleta, Z. (2015). Genetic variability, heritability and genetic advance for the phenotypic traits in sesame (*Sesamum indicum* L.) populations from Ethiopia. *Sciences Technol Journal for Artistic Research, 4*, 20. https://doi.org/10.4314/star.v4i1.3.
Hodges, D. M., Delong, J. M., & Prange, F. R. K. (1999). Improving the thiobarbituric acid-reactive-substances assay for estimating lipid peroxidation in plant tissues containing anthocyanin and other interfering compounds. *Planta, 207*, 604-611.
Hozayn, M., Ahmed, A., El-Saady, A., & Abd-Elmonem, A. (2019). Enhancement in germination, seedling attributes and yields of alfalfa (*Medicago sativa* L.) under salinity stress using static magnetic field treatments. *EurAsian Journal of BioSciences, 13*, 369-378.
Hu, L., Tao, H., Zhang, X., Pang, H., & Fu, J. (2012). Exogenous glycine betaine ameliorates the adverse effect of salt stress on perennial ryegrass. *Journal of the American Society for Horticultural Science, 137*, 38-46.
Imran, M., Dash, M., Das, T. R., & Kabi, M. (2018). Analysis of induced genetic variability for morphological and floral characters with male sterility in sesame (*Sesamum indicum* L.). *Electronic Journal of Plant Breeding, 9*, 801. https://doi.org/10.5958/0975-928X.2018.00100.X.
Kalaiyarasi, R., Lokeshkumar, K., Mohanraj, M., Priyadharshini, A., & Rajasekar, R. (2019). Genetic variability parameters for yield and yield related traits in sesame (*Sesamum indicum* L.). *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences, 8*(8), 819-825.
Khalid, A., & Aftab, F. (2016). Effect of exogenous application of 24-epibrassinolide on growth, protein contents, and antioxidant enzyme activities of in vitro-grown *Solanum tuberosum* L. under salt stress. *In Vitr. Cell and Developmental Biology Plant, 52*, 81-91.
Li, W., Sun, J., Zhang, X., Ahmad, N., Hou, L., Zhao, C., Pan, J., Tian, R., Wang, X., & Zhao, S. (2022). The mechanisms underlying salt resistance mediated by exogenous application of 24-Epibrassinolide in Peanut. *International Journal of Molecular Sciences*. https://doi.org/10.3390/ijms23126376.
Li, Y., Liu, Y., & Zolman, B. K. (2020). Metabolic alterations in the Enoyl-CoA Hydratase 2 mutant disrupt peroxisomal pathways in seedlings. *Plant Physiology, 180*, 1860-1876.
Manjeet, R., & Avtar, P. K. V. (2020). Evaluation of sesame (*Sesamum indicum* L.) genotypes for genetic variability based on different traits under rainfed conditions. *Electronic Journal of Plant Breeding, 11*.
Maxted, N., Ford-Liod, B. V., & Hawkes, J. G. (1997). Plant Genetic Conservation. The Insitu Approach. Chapman and Hall, London.
Monja-Mio, K. M., Herrera-Alamillo, M. A., Sanchez-Teyer, L. F., & Robert, M. L. (2019). Advances in Plant Breeding Strategies: Industrial and Food Crops. https://doi.org/10.1007/978-3-030-23265-8_10.
Myint, D., Gilani, S. A., Kawase, M., & Watanabe, K. N. (2020). Sustainable sesame (*Sesamum indicum* L.) production through improved technology an overview of production. *Challenges, and Opportunities in Myanmar*, https://doi.org/10.3390/su12093515.
Noli, E., Casarini, E., Urso, G., & Conti, S. (2008). Suitability of three vigour test procedures to predict field performance of early sown maize seed. *Seed Science and Technology, 36*, 168-176.
Roy, B., Pal, A. K., & Basu, A. K. (2022). The estimation of genetic variability and genetic divergence of some advance lines of sesame based on morphological traits. *Plant Sciences Today*, https://doi.org/10.14719/pst.1407.
Sachdev, S., Ansari, S. A., Ansari, M. I., Fujita, M., & Hasanuzzaman, M. (2021). Abiotic stress and reactive oxygen species: Generation, signaling, and defense mechanisms. *Antioxidants, 10*, 277.
Sharma, B. D., & Hore, D. K. (1993). Multivariate analysis of divergence in upland rice. *Journal of Agricultural Science, 63*, 515-517.
Sharma, I., Bhardwaj, R., & Pati, P. K. (2015). Exogenous application of 28-Homobrassinolide modulates the dynamics of salt and pesticides induced stress responses in an elite rice variety pusa basmati-1. *Journal Plant Growth Regul, 34*, 509-518.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-04-17]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1402.12.56.22.6]

Su, Q. F., Zheng, X. D., Tian, Y. K., & Wang, C. H. (2020). Exogenous brassinolide alleviates salt stress in *Malus hupehensis* Rehd. by regulating the transcription of NHX-Type $Na^+(K^+)/H^+$ antiporters. *Frontiers in Plant Science, 11*, 38.

Sun, J. K., He, L., & Li, T. (2019). Response of seedling growth and physiology of *Sorghum bicolor* (L.) Moench to saline-alkali stress. *PLoS ONE, 14*, e0220340.

Sun, S., An, M., Han, L., & Yin, S. (2015). Foliar application of 24-Epibrassinolide improved salt stress tolerance of perennial ryegrass. *HortScience, 50*, 1518-1523.

Teklu, D. H., Shimelis, H., Tesfaye, A., & Mashilo, J. (2021). Genetic diversity and association of yield-related traits in sesame. *Plant Breeding, 140*(2), 331-341.

Tizazu, Y., Ayalew, D., Terefe, G., & Assefa, F. (2019). Evaluation of seed priming and coating on germination and early seedling growth of sesame (*Sesamum indicum* L.) under laboratory condition at Gondar, Ethiopia. *In Cogent Food & Agriculture, 5*, 1. https://doi.org/10.1080/23311932.2019.1609252.

Veldhoven, P. P., Schryver, E. D., Young, S. G., An, Z., & Ael, M. B. E. V. (2020). Slc25a17 gene trapped mice: PMP34 plays a role in the peroxisomal degradation of phytanic and pristanic acid. *Frontiers in Cell and Developmental Biology Journal, 8*, 144.

Walton, P. D. (1971). The use of factor analysis in determining characters for yield selection in wheat. *Euphytica, 20*, 416-421.

Wu, W. L., Zhang, Q., Ervin, E. H., Yang, Z. P., & Zhang, X. Z. (2017). Physiological mechanism of enhancing salt stress tolerance of perennial ryegrass by 24-Epibrassinolide. *Frontiers in Plant Science, 8*, 1017.

You, J., & Chan, Z. L. (2015). ROS regulation during abiotic stress responses in crop plants. *Frontiers in Plant Science, 6*, 1092.

Yusuf, M., Fariduddin, Q., Khan, T. A., & Hayat, S. (2017). Epibrassinolide reverses the stress generated by combination of excess aluminum and salt in two wheat cultivars through altered proline metabolism and antioxidants. *South African Journal of Botany, 112*, 391-398.

Zhao, S. S., Zhang, Q. K., Liu, M. Y., Zhou, H. P., Ma, C. L., & Wang, P. P. (2021). Regulation of plant responses to salt stress. *International Journal of Molecular Sciences, 22*, 4609.

Zheng, X. D., Zhou, J. Z., Tan, D. X., Wang, N., & Wang, L. (2017). Melatonin improves waterlogging tolerance of *Malus baccata* (Linn.) borkh. seedlings by maintaining aerobic respiration, photosynthesis and ROS migration. *Frontiers in Plant Science, 8*, 483.

Zhu, J. K. (2002). Salt and drought stress signal transduction in plants. *Annual Review of Plant Biology, 53*, 247-273. https://doi.org/10.1146/annurev.arplant.53.091401.143329.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-04-17]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1402.12.56.22.6]

Investigating the Genetic Variation of Salt Tolerance in Three Growth Stages of Sesame Plant

Roohollah Nikfekr[1], Seyed Kamal Kazemitabar[1*], GholamAli Ranjbar[1], Seyed HamidReza Hashemi Petroudi[2] and Pouyan Mehraban Jubani[1]

[1] Sari University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Sari, Iran
[2] Tabarestan Genetics and Biotechnology Research Institute, Tabarestan, Iran
(Received: 2022/09/21, Accepted: 2023/02/21)

Abstract

Sesame is one of the oil plants that has been cultivated for a long time. Unfortunately, the low yield of sesame and the easier production of other oil seeds have caused less attention to be paid to the cultivation of this plant, so it is necessary to take action in the direction of producing high-yielding cultivars. Soil salinity is an essential factor that affects the growth, development, and productivity of almost all land plants, including sesame. Increasing the concentration of salt in the plant growth environment leads to an increase in Na^+ and Cl^- ions in plants and induces oxidative stress, osmotic stress, and ion toxicity. Seed germination and early seedling growth are critical stages in the plant life cycle that largely determine crop yield. In this experiment, the sesame plant was investigated in three stages: germination (germination indices), seedling (phenotypic characteristics of seedling, SOD, CAT activities, MDA and H_2O_2 content), and maturity stage. Therefore, 21 different sesame cultivars were studied for genetic diversity and heritability of traits. Also, the relationship between traits in three stages and the influence of morphological traits in the farm environment were measured. Cultivars were grouped using these traits, and cultivars tolerant and sensitive to salinity stress were identified. The cultivars studied were divided into two groups, and high-yielding genotypes such as Oltan, 159, Naz Chandshakhe, Yellowwhite, Maghan, 418, American, and Chinese were placed in one group. To obtain new recombinant, the genotypes of distant clusters are used as parents for the hybridization program. The use of selected traits in the sesame breeding program increases yield.

Keywords: Germination, Heritability, Seedling, Sesame, Yield

Corresponding author, Email: sdklkr@ymail.com

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-04-17]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1402.12.56.22.6]