نشریه تولید گیاهان زراعی
جلد هفتم، شماره سوم، پاییز ۹۳
۳۳-۵۱
http://ejcp.gau.ac.ir

بررسی عملکرد، اجزای عملکرد و تحمل به تنش خشکی در ژنوتیپ‌های گلرنگ

حمیدرضا فنایی*[۱] و محمدرضا ناروئی‌راد [۱]

[۱]استادیار بخش تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی سیستان

تاریخ دریافت: ۹۳/۱/۳۰ ؛ تاریخ پذیرش: ۹۳/۲/۲۵

چکیده

به منظور بررسی عملکرد، اجزای عملکرد و تحمل به تنش خشکی ۱۵ ژنوتیپ گلرنگ دو آزمایش جداگانه در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در ۳ تکرار طی سال زراعی ۹۰-۱۳۸۹ در ایستگاه تحقیقات کشاورزی زهک اجرا گردید. در آزمایش شاهد، از زمان کاشت تا رسیدگی فیزیولوژیک آبیاری صورت گرفت. در آزمایش تنش خشکی از زمان رسیدن به ۵۰ درصد ظهور طبق، آبیاری تا پایان فصل رشد قطع گردید. نتایج نشان داد در شرایط عدم تنش، بیشترین عملکرد دانه در رقم گلدشت و ژنوتیپ‌های TN79-582/2، TN79-634/2، TN79-562 و TN79-5325 با میانگین ٤٩٨٧، ٤٩٤٠، ٤٦٤٨، ٤٤٢٧ و ٤٤١٣ کیلو گرم در هکتار بدست آمد. تحت شرایط تنش خشکی انتهای فصل ژنوتیپ‌های TN79-5325، TN79-581، (گلدشت)، TN79-678 و اراک ۲۸۱۱ با میانگین ٢٦٢٣، ٢٥٧٢، ٢٥٥٠، ٢٥١٠ و ٢٤٣٣ کیلو گرم در هکتار بالاترین عملکرد دانه را نشان دادند. رقم شاهد گلدشت و ژنوتیپ‌های TN79-5325 و TN79-5325 ضمن داشتن بیشترین عملکرد دانه در هر دو شرایط، بالاترین مقادیر شاخص‌های، تحمل به تنش (STI)، میانگین بهره‌وری هندسی (GMP) و شاخص متوسط بهره‌وری (MP) را نشان دادند. نمودار بای پلات بر اساس آنالیز مولفه‌های اصلی نشان داد که ژنوتیپ‌های متحمل عملکرد دانه بالایی داشتند و در مجاورت شاخص‌های تحمل قرار گرفتند، لذا این ژنوتیپ‌ها و شاخص‌ها می‌توانند منابع و معیارهای مناسبی برای اصلاح و ارزیابی ارقام متحمل به خشکی در گلرنگ باشند.

واژه‌های کلیدی: تجزیه بای پلات، تنش خشکی، شاخص‌های تنش، گلرنگ

*نویسنده مسئول: fanay52@yahoo.com

مقدمه

دانه‌های روغنی پس از غلات، دومین ذخایر غذایی جهان را تشکیل می‌دهند. این محصولات علاوه بر ذخایر غنی اسید چرب، حاوی پروتئین نیز می‌باشند (کوچکی و خواجه‌حسینی، ۲۰۰۸). گلرنگ به‌عنوان یک گیاه بومی با تحمل نسبتاً بالا به شوری و خشکی و داشتن تیپ‌های بهاره و پاییزه، آینده روشنی از جهت توسعه در اکثر مناطق گرم می‌تواند داشته باشد (پاسبان اسلام، ۲۰۱۱). کمبود آب یک فاکتور مهم و تاثیرگذار بر رشد و عملکرد گیاهان به ویژه در مناطق خشک و نیمه خشک می‌باشد. برای رفع نیازهای غذایی جمعیت در حال افزایش، گسترش گیاهان متحمل به تنش خشکی و ارقام مناسب آنها ضروری می‌باشد (فاروق و همکاران، ۲۰۰۸؛ ماهاجان و توتیجا، ۲۰۰۵).

کومار (۲۰۰۰) طی ارزیابی پتانسیل توسعه کشت گلرنگ و آفتابگردان گزارش کرد که سود حاصل از تولید گلرنگ بالاتر از آفتابگردان بوده و علت آن را مقاومت بالاتر گلرنگ به کمبود آب به‌دلیل برخورداری از سیستم ریشه‌ایی گسترده و قوی برای جذب آب و مواد غذایی از اعماق خاک اعلام کرد. اگرچه گیاه گلرنگ به‌عنوان گیاهی متحمل به شرایط سخت و کم توقع از جهت تغذیه مطرح می‌باشد، اما تردیدی وجود ندارد که رشد و تولید مطلوب آن مستلزم فراهمی آب و کود کافی در مراحل حساس رشدی به‌خصوص فاز زایشی می‌باشد (کافی و رستمی، ۲۰۰۷). کاهش در عملکرد و اجزای مرتبط با عملکرد در گلرنگ تحت تاثیر تنش خشکی، توسط ورما و سینگ (۱۹۹۵)، طباطبائی و همکاران (۲۰۰۸)، امیدی (۲۰۰۹) و مجیدی و همکاران (۲۰۱۱) گزارش گردیده است. فرید (۲۰۰٤) و ابوالحسنی و سعیدی (۲۰۰٦) در مطالعات جداگانه اظهار داشتند که تنش خشکی تعداد طبق در بوته را ۳۸/۱ و ۱۳/۱ درصد به‌ترتیب کاهش داد.

امیدی (۲۰۰۹) گزارش نمود که تنش خشکی در مرحله ظهور طبق‌ها و گلدهی، بیشترین تأثیر را در کاهش عملکرد دانه نسبت به مرحله پرشدن دانه داشت و قطع آبیاری پس از پایان مرحله گلدهی یا شروع پر شدن دانه عملکرد دانه دچار افت چندانی نمی‌شود. طهماسب پور و همکاران (۲۰۱۱) نیز گزارش کردند که زمان گلدهی در گلرنگ حساسترین مرحله به کمبود آب بود.

شاخص‌های متفاوتی برای ارزیابی عکس‌العمل ژنوتیپ‌ها در شرایط محیطی مختلف و تعیین مقاومت وحساسیت ژنوتیپ‌ها ارائه شده است. روزیلـــــی وهامبلین (۱۹۸۱)، شاخص‌های تحمل[1]

1- Tolerance Index

(TOL) و میانگین حسابی[1] (MP) را معرفی کردند. فیشر و مائورر (۱۹۷۸) شاخص حساسیت به تنش[2] (SSI) را پیشنهاد کردند. فرناندز (۱۹۹۲) یک شاخص پیشرفته بنام شاخص تحمل به تنش (STI)[3]، را تعریف کرد که می‌تواند برای انتخاب ژنوتیپ‌هایی با تولید بالا در هر دو شرایط تنش و عدم تنش استفاده گردد. شناسایی شاخصی مناسب از برای مقاومت به خشکی همواره مورد توجه محققین بوده است چرا که بهترین شاخص، کار انتخاب ژنوتیپ‌های با عملکرد بالا را تا حد زیادی تسهیل می‌نماید. مناسب بودن شاخص‌های ویژه، به زمان و شدت تنش در محیط دارای تنش بستگی دارد (مجیدی و همکاران، ۲۰۱۱). رامیرز و کلی (۱۹۹۸) گزارش کردند که انتخاب بر اساس ترکیبی از شاخص‌های STI و GMP[4] می‌تواند بیشترین معیار مطلوبیت را برای اصلاح مقاومت به خشکی فراهم کند. پورداد (۲۰۰۸) گزارش کرد که STI، بهترین شاخص برای تعیین برتر بودن ژنوتیپ‌های زراعی گلرنگ در شرایط تنش و عدم تنش بود. در آزمایشات مجیدی و همکاران (۲۰۱۱) و طهماسب‌پور و همکاران (۲۰۱۱) در گلرنگ ترکیبی از شاخص‌های، MP، STI و GMP برای انتخاب ژنوتیپ‌های با عملکرد بالا تحت شرایط تنش و عدم تنش مطلوب گزارش گردیدند.

با عنایت به تاثیر منفی خشکی در محدود نمودن تولید محصولات حتی در کشت‌های فاریاب، معرفی ارقام و ژنوتیپ‌های متحمل به تنش از طریق انجام چنین بررسی‌هایی ضروری است. یافتن ارقام با میزان تحمل بیشتر به خشکی و خسارت کمتر در عملکرد و اجزای عملکرد و معرفی معیارهای مناسب انتخاب در شرایط تنش و عدم تنش از اهداف اجرای این تحقیق بوده است.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی عملکرد، اجزای عملکرد و تحمل به تنش خشکی ۱۵ ژنوتیپ گلرنگ (جدول ۱)، دو آزمایش جداگانه در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در ۳ تکرار در ایستگاه تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی زهک واقع در ۲۵ کیلومتری جنوب شرقی شهرستان زابل در طول جغرافیایی ٦١ درجه و ٤١ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۱ درجه و ٥٤ دقیقه شمالی و ارتفاع ٤٨٣ متر از سطح دریا طی سال زراعی۹۰-۱۳۸۹ اجرا گردید. کشت به‌صورت هیرم کاری و با دستگاه پلات کار

1- Mean Productivity
2- Stress Susceptibility Index
3- Stress Tolerance Index
4- Geometric Mean Productivity

وینتراشتایگر انجام گرفت. در آزمایش اول شاهد (بدون تنش)، از زمان کاشت تا رسیدگی فیزیولوژیک بر اساس ۵۰ درصد تخلیه رطوبتی خاک، آبیاری کرت‌ها صورت گرفت. در آزمایش دوم (تنش) از زمان رسیدن به ۵۰ درصد ظهور طبق در کل ژنوتیپ‌ها آبیاری تا زمان برداشت قطع گردید. جهت تشخیص زمان آبیاری کرت‌ها با توجه به منحنی رطوبتی خاک، نمونه‌برداری از خاک به‌صورت تصادفی از دو قطعه آزمایشی در فواصل زمانی هر ۷ روز برداشت و رطوبت خاک به‌صورت وزنی مشخص گردید. هر کرت شامل ٤ ردیف به طول ۳ متر با فواصل خطوط ۵۰ سانتی‌متر و مساحت ٦ مترمربع بود. جهت جلوگیری از نشت رطوبت، فاصله بین دو قطعه آزمایش ۵ متر منظور شد. بر اساس آزمون خاک، ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار سوپر فسفات تریپل و ۲۰۰ کیلوگرم سولفات پتاسیم همزمان با آماده‌سازی زمین به خاک افزوده شد. ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن از منبع اوره به نسبت‌های ۳۰،٤۰ و ۳۰ درصد به‌ترتیب قبل از کاشت، خروج بوته‌ها از مرحله روزت (ساقه رفتن) و ظهور طبق به خاک داده شد. پس از رسیدن گیاهان، جهت اندازه گیری صفاتی از قبیل ارتفاع بوته، تعداد طبق در بوته، تعداد دانه در طبق به‌طور تصادفی تعداد ۵ بوته از هر ژنوتیپ در هر تکرار انتخاب و شمارش صورت گرفت. جهت تعیین عملکرد دانه با حذف اثرات حاشیه‌ای، برداشت از خطوط میانی هر کرت از سطح یک مترمربع انجام گردید. برای ارزیابی ژنوتیپ‌ها از نظر تحمل به خشکی از شاخص‌های تحمل به تنش (STI) و میانگین هندسی (GMP) پیشنهادی فرناندز (۱۹۹۲)، شاخص حساسیت به تنش (SSI)، پیشنهادی فیشر و مورر (۱۹۷۸)، شاخص تحمل (TOL) و شاخص بهره‌وری متوسط (MP) معرفی شده روسیلی و هامبلین (۱۹۸۱) استفاده گردید.

$$STI = \frac{Y_S \times Y_P}{\overline{Y}_P{}^2} \quad (۱)$$

$$GMP = \sqrt{Y_P \times Y_S} \quad (۲)$$

$$SSI = \frac{1 - \left(Y_S / Y_P \right)}{1 - \left(\overline{Y}_S / \overline{Y}_P \right)} \quad (۳)$$

$$TOL = Y_P - Y_S \quad (٤)$$

$$MP = \frac{Y_P + Y_S}{2} \quad (۵)$$

در این فرمول‌ها Yp، Ys، $\bar{Y}s$ و $\bar{Y}p$ به‌ترتیب عملکرد هر ژنوتیپ تحت شرایط بدون تنش، تنش، میانگین عملکرد ژنوتیپ‌ها تحت شر ایط تنش و بدون تنش را نشان می‌دهد.

برای بررسی عملکرد و اجزای عملکرد ژنوتیپ‌ها تجزیه واریانس صفات با استفاده از نرم‌افزار Mstat-C استفاده شد. روابط شاخص‌ها و عملکرد در دو محیط تنش و بدون تنش با استفاده از تجزیه همبستگی انجام و برای مقایسه میانگین تیمارها از آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال ۵ درصد استفاده شد.

جدول ۱- ژنوتیپ‌های گلرنگ مورد بررسی

ردیف	ژنوتیپ	ردیف	ژنوتیپ	ردیف	ژنوتیپ
۱	TN79-678	٦	TN79-582/2	۱۱	TN79-581
۲	TN79-753/2	۷	رقم گلدشت (شاهد ۲)	۱۲	TN79-579/2
۳	رقم اراک ۲۸۱۱ (شاهد۱)	۸	TN79-622/2	۱۳	TN79-632/
٤	TN79-562	۹	TN79-633/2	۱٤	TN79-646/2
٥	TN79-532	۱۰	TN79-634/2	۱٥	TN79-672/1

بذر هر یک از ژنوتیپ‌ها از بخش بانک ژن گیاهی ایران تهیه شده است.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس وجود اختلاف معنی‌داری در هر دو شرایط محیطی (بدون تنش و تنش رطوبتی در مرحله زایشی) بین ژنوتیپ‌ها، در اکثر صفات مورد بررسی را نشان داد. این موضوع نشان دهنده وجود تنوع ژنتیکی در بین ژنوتیپ‌های گلرنگ برای صفات مورد مطالعه می‌باشد (جدول ۲ و۳). به‌طوری که از جدول مقایسه میانگین ژنوتیپ‌ها در دو محیط تنش وعدم تنش مشخص می‌گردد، متوسط عملکرد دانه ژنوتیپ‌ها در شرایط عدم تنش خشکی از ۳۹۰٦ به ۲۰۰۹ کیلوگرم در هکتار (٤۸ درصد) تحت شرایط تنش خشکی انتهای فصل کاهش یافته است که نشان‌دهنده تاثیر معنی‌دار تنش کم آبیاری در انتهای فصل بر کاهش بیومس و اجزاء عملکرد شامل تعداد طبق در بوته، تعداد دانه در طبق و به‌خصوص وزن هزاردانه می‌باشد. در شرایط عدم تنش بیشترین عملکرد دانه در رقم شاهد گلدشت و ژنوتیپ‌های شماره ٦، ۱۰، ٤ و ٥ به‌ترتیب با میانگین ٤۹۸۷، ٤۹٤۰، ٤٦٤۸، ٤٤۲۷ و ٤٤۱۳ کیلوگرم در هکتار بدست آمد. تحت شرایط تنش خشکی انتهای فصل ژنوتیپ‌های شماره‌های ٥، ۱۱، ۱، ۷ و ۳ با میانگین ۲٦۲۳، ۲٥۷۲، ۲٥٥۰، ۲٥۱۰ و۲٤۳۳ کیلوگرم در هکتار بالاترین عملکرد دانه را

نشان دادند. ژنوتیپ‌های ۷ (رقم گلدشت)، ۵ و۱ بالاترین عملکرد دانـه را در هـر دو شـرایط تـنش و عدم تنش داشتند (جدول ٤). بالا بودن عملکرد دانه این ژنوتیپ‌ها به بـالا بـودن اجـزاء عملکـرد آنهـا به‌خصوص تعداد طبق در بوته و تعداد دانه در طبق مرتبط بود. کومار (۲۰۰۰) سیستم ریشه‌ایـی عمیـق و فعال را یکی از خصوصیات مهم ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی معرفـی کردنـد. سیسـتم ریشـه‌ایـی راست و گسترده گیاه به آن اجازه می‌دهد رطوبت و مواد غذایی را از اعماق خاک جذب نماید. کاهش در عملکرد و اجزای مرتبط با عملکرد در گلرنگ تحت تـاثیر تـنش خشـکی، توسـط ورمـا و سـینگ (۱۹۹۵)، طباطبائی و همکاران (۲۰۰۸)، امیدی (۲۰۰۹)، (پاسبان اسلام، ۲۰۱۱) و مجیدی و همکاران (۲۰۱۱) گزارش گردیده که با نتیجه این تحقیق مطابقت دارد. تنش انتهای فصـل سـبب کـاهش تعـداد طبق در بوته از ۲۳ طبق در شرایط عدم تنش به ۱۹ طبق در شرایط تنش گردید. بالاترین طبق در بوتـه تحت شرایط عدم تنش به ژنوتیپ‌های شماره ٦، ۵ و رقم گلدشت با میانگین ۲۵ طبق تعلـق داشـت و کمترین با میانگین ۱۸ طبق به ژنوتیپ شماره ٤ تعلق داشت (جدول٤). فرید (۲۰۰٤)، پـورداد (۲۰۰۸) و مجیدی و همکاران (۲۰۱۱) نیز بین ژنوتیپ‌های گلرنگ از نظر تعداد طبق در بوته تفاوت معنی‌داری را مشاهده نمودند، که با نتایج این تحقیق مطابقت داشت. تحت شرایط تـنش بـالاترین تعـداد طبـق را ژنوتیپ‌های شماره ۱۱، ۹ ،۵ و۷ با میانگین ۲۱،۲۱، ۲۰ و۲۰ طبق تولید کردنـد و کمتـرین تعـداد طبـق تحت تنش به رقم شاهد اراک ۲۸۱۱ و ژنوتیپ شماره ٤ با میانگین ۱۵ و ۱٦ طبق در بوته تعلق داشت (جدول ٤). اگرچه تمایز تعداد طبق در بوته در مرحله رشد رویشی گیاه انجـام مـی‌گیـرد امـا بـه نظـر می‌رسد که تنش خشکی در طی فاز زایشی می‌تواند با ایجاد محـدودیت در فتوسـنتز جـاری و تـامین مواد پرورده اسیمیلاتی زمینه سقط طبق‌های تمایز یافته و د کر نهایت کـاهش تعـداد طبـق در بوتـه را فراهم نماید (سرمدنیا و کوچکی، ۱۹۹۹). نتایج بدست آمده با نتایج امیـدی (۲۰۰۹)، فریـد (۲۰۰٤) و طهماسب پور و همکاران (۲۰۱۱) که گزارش کردند تنش خشکی در فاز گلدهی سبب کاهش معنی‌دار تعداد طبق در بوته می‌گردد، مطابقت دارد. نتایج نشان داد که عامل تنش و ژنوتیپ تاثیر معنی‌داری بـر تعداد دانه در طبق داشتند (جدول ۲ و۳). همانطور که از جـدول مقایسـه میـانگین ایـن صـفت تحـت شرایط عدم تنش و تنش استنباط می‌گردد، تعداد دانه در طبق از ۳۹ دانه در شرایط نرمال به ۳٤ دانه در شرایط تنش در فاز زایشی کاهش نشان داد. در شرایط عـدم تـنش ژنوتیـپ‌هـای شـماره ۱۰، ٤، ٦، ۷ به‌ترتیب با میانگین ٤٦، ٤٤، ٤۳، ٤۳ دانه در طبق بالاترین مقدار را داشتند و کمترین مقدار بـا میـانگین ۳۵ و ۳٦ دانه به ژنوتیپ‌های شماره ۱۵ و ۱۲ تعلق داشت (جدول٤).

جدول ۲- تجزیه واریانس صفات مختلف زراعی گلرنگ در شرایط آبیاری نرمال (عدم تنش)

منابع تغییرات	درجه آزادی	ارتفاع بوته	تعداد غوزه بوته	تعداد دانه در غوزه	وزن هزار دانه	عملکرد دانه	عملکرد بیولوژیک	شاخص برداشت
تکرار	۲	۱۳/۲۶۷	۲/۰۲۲	۲/۲۸۹	٦/٤٨	۱۹٦۱۹/۲۸۹	۸۲٦٦٦/٦٦۷	٤/۲٥۱
ژنوتیپ	۱٤	۷٥/۰۹٥**	۱۱/۸۸۹**	٤٦/۲٦۰**	۲٦/۲٥٤**	۸۰۲۰٤۹/۲۳۲**	۷۹۹٤٦٦٦/٦٦۷**	٥۲/۹٦۲**
اشتباه	۲۸	٦/۸٦۲	۳/۲۳۷	۸/٤۳۲	۹/۳٦۰	۱۱۱٤۹٥/۷٦٥	۱۸۸۹۳۳۳/۳۳۳	٤/٦۸۹
ضریب‌تغییرات (درصد)	۰/٦۱	۲/۲٦۰	۷/۹۸۰	۷/٤۹۰	۸/۱٦۰	۱٦/٦۲۰	۸/۰٥۰	۹/٤۹۰

جدول ۳- تجزیه واریانس صفات مختلف زراعی گلرنگ در شرایط تنش خشکی انتهای فصل

منابع تغییرات	درجه آزادی	ارتفاع بوته	تعداد غوزه بوته	تعداد دانه در غوزه	وزن هزار دانه	عملکرد دانه	عملکرد بیولوژیک	شاخص برداشت
تکرار	۲	۳٦/٤٦۷	٥/۳٥٦	۱٦/۹٥٦	۱/۱۳٤	٤۱٥٦٥/۰٦۷	٥٤۸۸۸/۸۸۹	٦/٤۰۲
ژنوتیپ	۱٤	٤۳/٤۸٦**	۹/٥۰۸**	٤۹/۸۳۲**	٤۲/٦٦۱**	۲٦۳۳٤۳۷/٤۸٦**	۱٥٤۳۰٦۹۸/٤۱۳**	٥٦/٤۷۹**
اشتباه	۲۸	۱۲/۷٥۲	۲/۲٦۰	۱۳/٤۳۲	٥/۷۱۱	۲٦۱۸٤/۷۸۱	۱۱۱۰٦۰۳/۱۷٥	۲۱/۷۷۱
ضریب‌تغییرات (درصد)	۰/٦۱	۳/٥۳۰	۸/۱۰۰	۱۰/۸۱۰	۸/۳۲۰	٤/۱٤۰	۱۰/٤۷۰	۲۲/۹٥۰

**معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد *معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد ns عدم اختلاف معنی دار

جدول٤- مقایسه میانگین دو ساله صفات مختلف زراعی ژنوتیپ های گلرنگ درشرایط تنش و عدم تنش

ردیف	صفات	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)		تعداد طبق در بوته		تعد اد دانه در طبق		وزن هزاردانه (گرم)	
	ژنوسیت	عدم تنش	تنش	عدم تنش	تنش	عدم تنش	تنش	عدم تنش	تنش
١	TN79-678	٤٣٨٧bc	٢٥١٠ a	٢٢bc	١٨c-e	٣٧de	٣٤b-e	٤٣a	٣٠/٤٣ bc
٢	TN79-753/2	٤٢١٢c	٢٤٢٠ a	٢٢bc	١٩a-d	٣٧de	٢٩ef	٣٧b-e	٣٤/٧ ab
٣	رقم اراک ٢٨١١ (شاهد١)	٣٦٤٠d	٢٤٣٣ a	٢١cd	١٥f	٣٩c-e	٢٩ef	٣٤e	٣١/٨٣ab
٤	TN79-562	٤٣٢٠c	٢٣٤٥ a	١٨d	١٦ef	٤٤ab	٣٧a-c	٣٤de	٢٧/٧٧cd
٥	TN79-5325	٤٤١٣bc	٢٦٢٣ a	٢٥ab	٢٠a-c	٣٧de	٣٩ab	٤١ab	٢٦/٠٧d
٦	TN79-582/2	٤٩٤٠ab	١٧٠٣bc	٢٦a	١٨c-e	٤٣a-c	٣٥b-d	٤٠ac	٢٥/٢٧d
٧	رقم گلدشت (شاهد ٢)	٤٩٨٧a	٢٥٥٠a	٢٥ab	٢٠a-c	٤٣a-c	٤١a	٣٧b-e	٢٧/١٣cd
٨	TN79-622/2	٤٤٢٧bc	١٥٣٥c	٢٣a-c	١٩a-c	٣١f	٣٣c-f	٣٦b-e	٢٧/١٣cd
٩	TN79-633/2	٤٣٥٣c	١٤٤٢c	٢٤a-c	٢١ab	٣٨de	٣٤a-c	٣٧b-e	٢٥/٠٧d
١٠	TN79-634/2	٤٦٤٨a-c	٢٢٣٦ab	٢٤a-c	٢٠ac	٤٦a	٣٨b-d	٣٦b-e	٢٥/٨٧d
١١	TN79-581	٤٢٧٥c	٢٥٧٢a	٢٤bc	٢١a	٤٠b-d	٣٥b-e	٣٦c-e	٢٤/٩٠d
١٢	TN79-579/2	٢٢٩٣e	١٤٩٣c	٢٣cd	١٨b-e	٣٦d-e	٣٤b-e	٣٥c-e	٢٥d
١٣	TN79-632/1	٢٧٧٨e	١٦٠٦c	٢١cd	١٩a-d	٣٩c-e	٣٤b-e	٤٢a	٣٣/٢٣ab
١٤	TN79-646/2	٢٥٦١ e	١٢٧٠c	٢٢bc	١٧d-f	٣٧d-e	٢٨f	٣٥c-e	٣٣/٧٠ab
١٥	TN79-672/1	٢٣٦١ e	١٣٩٤c	٢٢bc	١٧d-f	٣٥ef	٢٩d-f	٣٩a-d	٤/٦٣a

در هر ستون برای هر ویژگی میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند (بر اساس آزمون حداقل LSD) در سطح پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

جدول ۵- مقایسه میانگین دو ساله صفات مختلف زراعی ژنوتیپ‌های گلرنگ درشرایط تنش و عدم تنش

ردیف	صفات	ارتفاع بوته (سانتی متر)		عملکرد بیولوژیک (کیلوگرم در هکتار)		شاخص برداشت درصد	
		عدم تنش	تنش	عدم تنش	تنش	عدم تنش	تنش
۱	TN79-678	۱۱۳c-e	ab۱۰۶	۱۷۶۰۰b-e	۱۱۵۳۳ a-c	۲۶a-c	۲۲a-c
۲	TN79-753/2	۱۱۲c-e	۱۰۲b-d	۱۶۷۳۳d-e	۱۲۳۳۳ ab	۲۵a-d	۲۰a-c
۳	رقم اراک ۲۸۱۱ (شاهد۱)	۱۱۳cd	۱۰۵a-c	۱۶۹۳۳c-e	۱۲۲۰۰ ab	۲۲d	۲۰ a-c
٤	TN79-562	۱۱۹b	۹۷de	۱۸۶۶۷a-c	۱۲۶۶۶ a	۲۳cd	۱۹ a-c
٥	TN79-5325	۱۱٤cd	۹٦e	۱٦٦٦۷e	۱۱۳۳۳ a-c	۲۸a	۲٤ ab
٦	TN79-582/2	۱۲٤a	۱۰۹a	۱۸۹۳۳ab	۱۰۳۳۳ b-d	۲٦a-c	۱۷ bc
۷	رقم گلدشت (شاهد ۲)	۱۲۸a	۱۰٤a-c	۱۹۸٦۷a	۹۸۰۰ c-e	۲۵a-d	۲٦ a
۸	TN79-622/2	۱۱۹b	۱۰۱b-e	۱۸٤٦۷a-d	٦۳۳۳ g	۲٤cd	۲٤ a
۹	TN79-633/2	۱۱۷bc	۱۰۱b-e	۱۸۱۳۳a-e	٦٥۳۳ g	۲٤b-d	۲۲ a-c
۱۰	TN79-634/2	۱۱٥b-d	۹٦e	۱٦۸۰۰de	۱۱٥۳۳ a-c	۲۸ab	۱۹ a-c
۱۱	TN79-581	۱۰۹e	۹۹c-e	۱۷۲۰۰b-e	۱۰۷۳۳ a-d	۲٥a-d	۲٥ a
۱۲	TN79-579/2	۱۱٤cd	۹۹c-e	۱٤۸۰۰fg	٦۹۳۳ fg	۱٦e	۲۱ a-c
۱۳	TN79-632/1	۱۱۱de	۱۰۱b-e	۱٦٥۳۳ef	۷٥٦٦ e-g	۱۷e	۲۱ a-c
۱٤	TN79-646/2	۱۱٤cd	۱۰۰c-e	۱٤۸٦۷fg	۱۲۳۳۳ ab	۱۷e	۹ d
۱٥	TN79-672/1	۱۱٦bc	۹۸de	۱٤۰۰۰g	۸۸٦٦ d-f	۱۷e	۱٦ cd

در هر ستون برای هر ویژگی میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند (بر اساس LSD) در سطح پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند

تحت شرایط تنش رطوبتی بالاترین مقدار دانـه در طبـق بـه ژنوتیـپ‌هـای شـماره ۷، ۵،۱۰ و٤ بـا میانگین ٤۱، ۳۹، ۳۸ و۳۷ دانه وجود داشت و کمتـرین میـزان بـا میـانگین ۲۸ و ۲۹ دانـه در طبـق بـه ژنوتیپ‌های شماره ١٤، ١٥، ٢ و٣ تعلق داشت (جدول ٤). ثبات و عدم تغییر زیاد دانه در طبق در رقـم شاهد گلدشت و ژنوتیپ‌های شماره ۱۰ و٤ تحت شرایط تنش و عدم تنش می‌تواند نشـان‌دهنـده ایـن باشد که تعداد دانه در طبق از ژنتیک ژنوتیپ‌ها تاثیر بیشتری می‌پذیرد. تعداد دانه در طبق مـی‌توانـد از قبل از شروع گرده افشانی تا مدتی پس از آن تغییر کند. ماده خشک ذخیره شده در بذر عمـدتاً نتیجـه فتوسنتز جاری می‌باشد که به‌نظـر مـی‌رسـد. بـه‌دلیـل کـاهش در اسـیمیلات تولیـدی ناشـی از ایجـاد

محدودیت در فتوسنتز جاری تعداد گلچه‌های بارور کاهش که اثرش در افت تعداد دانه در طبق مشهود می‌باشد (سرمدنیا و کوچکی، ۱۹۹۹).

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که عامل ژنوتیپ و تنش بر وزن هزار دانه تأثیر معنی‌دار داشت (جداول ۲ و ۳). میانگین این صفت از ۳۷/۵ گرم در شرایط عدم تنش به ۲۸/۷ گرم تحت شرایط تنش انتهای فصل کاهش یافت. تحت شرایط عدم تنش بالاترین مقدار وزن هزار دانه با میانگین ٤۳/۱، ٤۰/۹٦ و ۳٦/۹ گرم به‌ترتیب به ژنوتیپ‌های شماره ۱، ۵ و۲ تعلق داشت و تحت شرایط تنش بیشترین وزن هزار دانه در ژنوتیپ‌های شماره ۱۳ و ٦ با میانگین ٤۲/۵ و۳۹/۹۳ گرم بدست آمد (جدول ٤). نتیجه بدست آمده در وزن هزار دانه ژنوتیپ‌ها نشان می‌دهد که مکانیزم جبرانی اجزای عملکرد درگلرنگ نیز می‌تواند رخ دهد. با ایجاد تعداد طبق و تعداد دانه کمتر امکان اختصاص مواد فتوسنتزی بیشتر به تک دانه فراهم شده و این منجر به افزایش وزن دانه در قیاس با ژنوتیپ‌های با تعداد طبق و دانه بالاتر خواهد شد. نتایج بدست آمده با نتایج گزارش شده توسط محمودیه عجم‌پیری (۲۰۰۳)، ابوالحسنی و سعیدی (۲۰۰٦) مبنی بر تفاوت معنی‌دار بین ژنوتیپ‌های گلرنگ از نظر وزن هزار دانه مطابقت دارد. امیدی (۲۰۰۹) علی‌رغم عدم وجود اختلاف معنی‌دار وزن هزار دانه ارقام در آزمایش خود اعلام داشت که وزن هزار دانه کمتر تحت تأثیر شرایط محیطی قرار می‌گیرد و کنترل آن بیشتر ژنتیکی است.

تنش خشکی به‌طور مستقیم بر فرآیندهای شیمیایی فتوسنتز اثر گذاشته و به‌طور غیرمستقیم تبادلات روزنه ای را کاهش می‌دهد، به‌طوری‌که سهم دانه در دریافت مقدار کربوهیدارت ذخیره شده و مواد فتوسنتزی کم شده و وزن هزار دانه در تیمارهای تحت تنش خشکی کاهش می‌یابد. نتایج بدست آمده با نتایج طهماسب‌پور و همکاران (۲۰۱۱)، امیدی (۲۰۰۹) و فرید (۲۰۰٤) که گزارش کردند تنش خشکی در فاز گلدهی سبب کاهش در میانگین وزن هزار دانه گلرنگ می‌گردد، مطابقت داشت.

اثر ژنوتیپ و تنش بر عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت از لحاظ آماری اختلاف معنی‌دار داشت (جدول ۲ و ۳). میانگین عملکرد بیولوژیک برای ژنوتیپ‌های مورد بررسی از ۱۷۰۸۰ کیلوگرم در هکتار در شرایط عدم تنش به ۱۰۰٦۹ کیلوگرم در هکتار در تنش انتهای فصل کاهش یافت (جدول ۵). مقدار این کاهش برای شاخص برداشت از ۲۳ به ۲۰ درصد در شرایط تنش رطوبتی بود که نشان‌دهنده تاثیر منفی محدودیت آبی در فاز زایشی بر این صفات می‌باشد. در میان ژنوتیپ‌های مورد بررسی تحت شرایط نرمال رطوبتی رقم گلدشت (شاهد ۲) و ژنوتیپ‌های شماره ٦، ۸، ٤ و ۹ با

میانگین ۱۹۸٦۷، ۱۸۹۳۳، ۱۸٦٦۷، ۱۸٤٦۷ و ۱۸۱۳۳ کیلوگرم در هکتار و در شرایط شرایط تنش رطوبتی ژنوتیپ‌های شماره ٤، ۱٤،۲و۳ با میانگین ۱۲٦٦۷، ۱۲۳۳۳، ۱۲۳۳۳ و۱۲۲۰۰ کیلوگرم در هکتار بالاترین عملکرد بیولوژیک را به‌ترتیب داشتند (جدول ۵). نادری و همکاران (۲۰۰٤) اعلام داشتند که احتمالاً کاهش شاخص سطح برگ در تیمارهای تنش خشکی جذب نور توسط کانوپی را کاهش داده و به تبع آن ماده خشک گیاهی کاهش یافته است. از جهت شاخص برداشت در شرایط عدم تنش ژنوتیپ‌های شماره ۵، ٦، ۷ و۱ با میانگین ۲۸، ۲٦ و ۲۵ درصد و در شرایط تنش خشکی رقم گلدشت (شاهد ۲) و ژنوتیپ شماره ۸ با میانگین ۲٦/۰٦ و ۲٤/۲٤ درصد بالاترین مقدار شاخص برداشت را به‌ترتیب داشتند. می‌توان استنباط کرد ضمن اینکه تنش در کاهش سهم تخصیص یافته از مواد فتوسنتزی به بخش اقتصادی گیاه تأثیرگذار بوده، ژنوتیپ‌ها نیز از جهت کارائی انتقال مواد فتوسنتزی به دانه متفاوت بودند. پاک نیت و اشکانی (۲۰۰۳) گزارش کردند که عملکرد بیولوژیک ارقام تحت تاثیر تنش و عدم تنش متاثر می‌گردد و این صفت برای تشخیص ژنوتیپ‌های با عملکرد بالا در شرایط تنش رطوبتی و شرایط بدون تنش می‌تواند موثر باشد. فنایی و همکاران (۲۰۰۹) کاهش شاخص برداشت را در شرایط تنش کم آبی، ناشی از عدم کارایی گونه‌های جنس براسیکا در انتقال مواد فتوسنتزی به دانه در طول دوره پر شدن دانه اعلام داشتند.

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر تنش و ژنوتیپ بر ارتفاع بوته اختلاف معنی‌دار داشت (جداول ۲ و ۳). ژنوتیپ‌های شماره ۵، ۱۰و ٤ به‌ترتیب با میانگین ۹٦، ۹٦، ۹۷، سانتی‌متر کمترین و ژنوتیپ شماره ٦ با ۱۰۹ سانتی‌متر بالاترین ارتفاع بوته را به خود اختصاص دادند. نتایج تغییرات این صفت میان دو محیط آزمایش نشان داد که با قطع آبیاری از طبق‌دهی به بعد ارتفاع بوته از ۱۱۳/۵ سانتی‌متر در شرایط نرمال رطوبتی به ۱۰۱ سانتی‌متر در شرایط تنش رطوبتی کاهش یافت (جدول۵). مرحله تکمه‌زنی (ظهور طبق) مرحله‌ای است که غنچه‌ها در انتهای ساقهٔ گیاه ظاهر می‌شوند. بنابراین تا این مرحله گیاه تقریباً رشد طولی خود را انجام داده و دیگر مریستم انتهایی رشدی ندارد و اگر رشد طولی هم باشد مربوط به رشد میانگره‌ها است. با قطع آبیاری از مرحله ظهور طبق احتمالاً رشد میانگره‌ها کاهش یافته و باعث کاهش ارتفاع بوته شده است (امیدی، ۲۰۰۹).

ارزیابی شاخص‌های تحمل به خشکی: بر اساس شاخص STI هرچه اختلاف بین عملکرد دانه در شرایط نرمال و تنش بیشتر باشد، میزان شاخص کوچکتر می‌شود. علاوه بر این شاخص در دو شاخص میانگین بهره‌وری (MP) و شاخص میانگین هندسی عملکرد (GMP)، بالا بودن مقادیر عددی

حاکی از تحمل بیشتر ژنوتیپ‌ها به تنش است. در بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی در این آزمایش رقم گلدشت و ژنوتیپ‌های شماره‌های ۵، ۱، ۱۰ و ۱۱، بالاترین مقادیر از سه شاخص STI، GMP و MP را داشتند (جدول ٦). دانشیان و همکاران (۲۰۰۹) در سویا، مظفری و همکاران (۱۹۹٦) در آفتابگردان، فنایی و همکاران (۲۰۱۲)، رضایی‌زاده و همکاران (۲۰۱۱) در کلزا و پورداد (۲۰۰۸)، مجیدی و همکاران (۲۰۱۱)، طهماسب‌پور و همکاران (۲۰۱۱) و ضرغامی و همکاران (۲۰۱۱) در گلرنگ با استفاده از این سه شاخص ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی را معرفی کردند که با نتایج این تحقیق مطابقت داشت. فرناندز (۱۹۹۲) بیان کرد که به علت حساسیت کمتر شاخص میانگین هندسی GMP به مقادیر عملکرد در شرایط تنش و عدم تنش، این شاخص دارای برتری نسبت به شاخص MP می‌باشد. شاخص SSI و TOL نشان می‌دهند که هر چه مقدار آنها کمتر باشد، حساسیت به تنش کمتر و تحمل نسبی ژنوتیپ به تنش بیشتر است. اگر چه ژنوتیپ‌هایی با مقدار پایین SSI یافت می‌شوند که دارای حساسیت پایینی به خشکی هستند اما از نظر عملکرد ژنوتیپ‌های مطلوبی نیستند. ژنوتیپ‌های شماره ۳ و ۱۲ با داشتن مقادیر کمتر از این شاخص در مقایسه با سایر ژنوتیپ‌ها از حساسیت کمتر و تحمل به تنش بیشتری برخوردار بودند. بر اساس شاخص TOL ژنوتیپ‌های شماره ۱۲، ۱۵ و ۱۳ به‌عنوان ژنوتیپ‌های با تحمل بیشتر به تنش شناخته شدند (جدول ٦).

تعیین ضریب همبستگی یک روش آماری با اهمیت برای ارزیابی برنامه‌های اصلاحی جهت عملکرد بالا می‌باشد (محمد و همکاران، ۲۰۰۲). نتایج همبستگی فنوتیپی بین شاخص‌های اندازه‌گیری شده و عملکرد در شرایط تنش و عدم تنش در جدول (۷) ارائه شده است. همبستگی مثبت و معنی‌دار عملکرد دانه با شرایط تنش و عدم تنش نشان‌دهنده تاثیرپذیری این صفت در بین ژنوتیپ‌ها است. نتایج ضرایب همبستگی نشان داد که در شرایط مطلوب آبیاری شاخص TOL همبستگی مثبت و معنی‌دار و شاخص SSI همبستگی مثبت با عملکرد دانه داشتند.

جدول ٦- مقایسه عملکرد دانه ژنوتیپ‌های گلرنگ بر اساس شاخص‌های تحمل به خشکی

ردیف	ژنوتیپ	عملکرد مطلوب (کیلوگرم در هکتار)	عملکرد تنش (کیلوگرم در هکتار)	شاخص حساسیت به تنش	شاخص تحمل	میانگین بهره‌وری	میانگین هندسی بهره وری	شاخص تحمل به تنش
١	TN79-678	٤٣٨٧	٢٥١٠	٠/٨٨١	١٨٧٧	٣٤٤٩	٣٣١٨	٠/٧٢١
٢	TN79-753/2	٤٢١٢	٢٤٢٠	٠/٨٧٦	١٧٩٢	٣٣١٦	٣١٩٣	٠/٦٦٨
٣	رقم اراک ٢٨١١ (شاهد١)	٣٦٤٠	٢٤٣٣	٠/٦٨٣	١٢٠٧	٣٠٣٦	٢٩٧٦	٠/٥٨٠
٤	TN79-562	٤٣٢٠	٢٣٤٥	٠/٩٤١	١٩٧٥	٣٣٣٢	٣١٨٣	٠/٦٦٤
٥	TN79-5325	٤٤١٣	٢٦٢٣	٠/٨٣٥	١٧٩١	٣٥١٨	٣٤٠٢	٠/٧٥٨
٦	TN79-582/2	٤٩٤٠	١٧٠٣	١/٣٤٩	٣٢٣٧	٣٣٢١	٢٩٠٠	٠/٥٥١
٧	رقم گلدشت (شاهد ٢)	٤٩٨٧	٢٥٥٠	١/٠٠٦	٢٤٣٧	٣٧٦٨	٣٥٦٦	٠/٨٣٣
٨	TN79-622/2	٤٤٢٧	١٥٣٥	١/٣٤٤	٢٨٩١	٢٩٨١	٢٦٠٧	٠/٤٤٥
٩	TN79-633/2	٤٣٥٣	١٤٤٢	١/٣٧٧	٢٩١١	٢٨٩٨	٢٥٠٥	٠/٤١١
١٠	TN79-634/2	٤٦٤٨	٢٢٣٦	١/٠٦٨	٢٤١٢	٣٤٤٢	٣٢٢٤	٠/٦٨١
١١	TN79-581	٤٢٧٥	٢٥٧٢	٠/٨٢٠	١٧٠٣	٣٤٢٤	٣٣١٦	٠/٧٢٠
١٢	TN79-579/2	٢٢٩٣	١٤٩٣	٠/٧١٨	٨٠٠	١٨٩٣	١٨٥٠	٠/٢٢٤
١٣	TN79-632/1	٢٧٧٨	١٦٠٦	٠/٨٦٨	١١٧٢	٢١٩٢	١٢١٢	٠/٢٩٢
١٤	TN79-646/2	٢٥٦١	١٢٧٠	١/٠٣٧	١٢٩١	١٩١٦	١٨٠٤	٠/٢١٣
١٥	TN79-672/1	٢٣٦١	١٣٩٤	٠/٨٤٣	٩٦٧	١٨٧٨	١٨١٤	٠/٢١٦

جدول ٧- ضرایب همبستگی بین عملکرد در شرایط تنش و عدم تنش و شاخص‌های تحمل به تنش

	عملکرد مطلوب YP	عملکرد تنش YS	شاخص تحمل TOL	شاخص تحمل به تنش STI	میانگین بهره روی هندسی GMP	میانگین حسابی MP	شاخص حساسیت تنش SSI
YP	١						
YS	٠/٦٠١*	١					
TOL	٠/٨٣٥**	٠/٠٦٢ns	١				
STI	٠/٨٤٩**	٠/٩٢٧**	٠/٤٢١ns	١			
GMP	٠/٨٤٧**	٠/٩١٤**	٠/٤٦٢ns	٠/٩٩*	١		
MP	٠/٩٤٩**	٠/٨٨٢**	٠/٦١٩*	٠/٩٧**	٠/٩٨**	١	
SSI	٠/٤٧١ ns	-٠/٤١٢ns	٠/ ٨٧٣**	-٠/٠٥١ns	-٠/٠١٠ns	٠/١٧٤ns	١

* * و * به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ٥ و ١ درصد و ns نسان‌دهنده عدم معنی‌داری است.

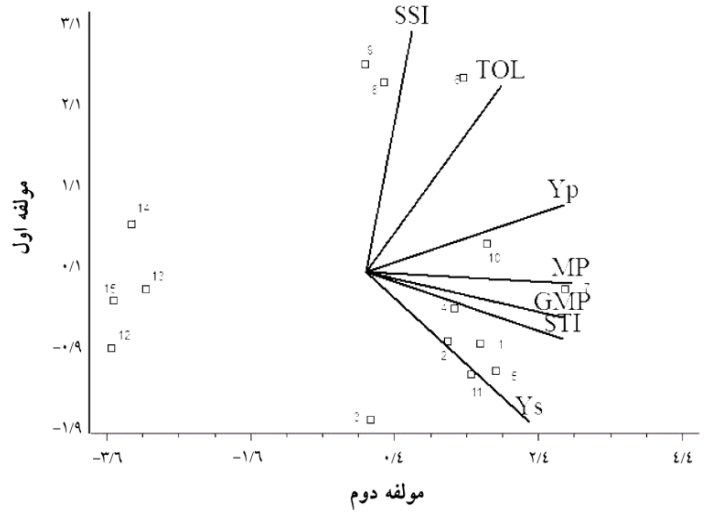
این نوع روابط نشان دهنده این موضوع می‌تواند باشد که ژنوتیپ‌هایی با پتانسیل عملکرد بالا تحت شرایط عدم تنش از کاهش بیشتری در اثر تنش برخوردار هستند. ژنوتیپ‌های شماره ٦، ٨ و ٩ که از پتانسیل عملکرد بالایی در شرایط عدم تنش برخوردار بودند در اثر تنش به‌ترتیب ٦٥، ٦٦ و ٦٧ درصد کاهش عملکرد داشتند (جدول ٦). به‌نظر می‌رسد این دو شاخص برای گزینش ارقام با عملکرد بالا در محیط‌های مختلف برای گلرنگ مناسب نباشند. رضایی‌زاده و همکاران (٢٠١١) و فنایی و همکاران (٢٠١٢) در کلزا و مجیدی و همکاران (٢٠١١) در گلرنگ گزارش کردند که شاخص SSI با عملکرد دانه در شرایط مطلوب همبستگی مثبت و در شرایط تنش همبستگی منفی و معنی‌دار نشان داده که با نتایج این آزمایش مطابقت داشت. عملکرد دانه در هر دو شرایط تنش و عدم تنش با شاخص‌های STI، GMP و MP همبستگی مثبت و معنی‌داری نشان داد. نتایج تحقیقات انجام گرفته در گیاهان مختلف، دانشیان و همکاران (٢٠٠٩) در سویا، مظفری و همکاران (١٩٩٦) در آفتابگردان، ضرغامی و همکاران (٢٠١١)، مجیدی و همکاران (٢٠١١)، طهماسب‌پور و همکاران (٢٠١١) در گلرنگ، گل‌آبادی و همکاران (٢٠٠٦) در گندم، رضایی‌زاده و همکاران (٢٠١١) و فنایی و همکاران (٢٠١٢) در کلزا نشان داده که شاخص‌های STI، GMP و MP مناسبترین شاخص‌ها برای ارزیابی ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی هستند. در شرایط این آزمایش نیز مشخص گردید که شاخص‌های STI، GMP و MP دارای چنین ویژگی بوده و می‌توانند شاخص‌های مناسبی برای گزینش ژنوتیپ‌های برتر باشند.

جهت ارائه روابط بین ژنوتیپ‌ها و شاخص‌های تحمل به خشکی در یک شکل واحد (ترسیم بای پلات) ابتدا بر اساس داده‌های جدول (٦)، تجزیه به مؤلفه‌های اصلی انجام شد. همان‌گونه که در جدول (٨) ملاحظه می‌گردد دو مؤلفه اول با داشتن مقادیر ویژه بزرگتر از یک جمعاً ٠/٩٨ درصد از تغییرات کل داده‌ها را بیان نمودند. در این تحقیق اولین مولفه ٦٩ درصد از تغییرات کل داده‌ها را بیان نمود (جدول ٨). مؤلفه اول با شاخص‌های Ys، Yp، MP، GMP و STI همبستگی مثبت بالایی داشت. لذا این مؤلفه به نام مؤلفه پتانسیل و پایداری عملکرد و تحمل به خشکی نام گذاری گردید. بنابراین انتخاب بر اساس این مؤلفه، ژنوتیپ‌هایی را گزینش می‌کند که عملکرد بالایی در هر دو محیط دارای تنش و بدون تنش دارند. مؤلفه دوم ٢٩ درصد از تغییرات کل شاخص‌ها را بیان نمود. این مؤلفه با شاخص‌های SSI و TOL همبستگی مثبت بالایی و همبستگی منفی و بسیار ضعیفی با عملکرد تنش و شاخص‌های MP، GMP و STI داشت (جدول ٨)، بنابراین مؤلفه مذکور را می‌توان مؤلفه تحمل یا حساسیت به تنش نامید. انتخاب بر اساس مقادیر بیشتر این مؤلفه موجب گزینش ژنوتیپ‌های حساس‌تر به تنش محیطی می‌شود. بر اساس بای پلات ترسیم شده بر مبنای مولفه‌های اصلی اول و

دوم (شکل ۱) ژنوتیپ‌ها به گروه‌هایی تقسیم شدند. همان‌گونه که در شکل (۱) ملاحظه می‌گردد، ژنوتیپ‌های شماره ۱، ۱۱، ۵ ، ۲ ، ۷، ۱۰ و ٤ در ناحیه با پتانسیل بالا و حساسیت پایین به خشکی و در مجاورت بردارهای مربوط به شاخص‌های مهم تحمل به خشکی STI، GMP و MP قرار گرفته‌اند و ژنوتیپ‌های شماره ٦، ۸، ۹ و ١٤ در ناحیه حساسیت به تنش و عملکرد پایین در مجاورت شاخص‌های حساسیت قرار گرفته‌اند. این عکس‌العمل‌های متفاوت نشانگر تنوع ژنتیکی ژنوتیپ‌ها نسبت به شرایط خشکی است.

جدول ۸- مقادیر ویژه، درصد واریانس، واریانس تجمعی و ضرایب بردارهای ویژه شاخص‌های تحمل به خشکی برای عملکرد دانه ژنوتیپ‌های گلرنگ

مولفه	مقادیر ویژه	درصد واریانس	درصد واریانس تجمعی	عملکرد مطلوب (YP)	عملکرد تنش (YS)	شاخص تحمل (TOL)	شاخص حساسیت تنش (SSI)	میانگین بهره‌روی هندسی (GMP)	میانگین حسابی (MP)	شاخص تحمل به تنش (STI)
مولفه اول	٤/۸٥	٦۹/۳۲	٦۹/۳۲	۰/٤٤	۰/۳٦	۰/۲۹	۰/۱۰	۰/٤۳	۰/٤٥	۰/٤۳
مولفه دوم	۲/۰٦	۲۹/٤٦	۹۸/۷۸	۰/۱۹	-۰/٤۲	۰/٥۲	۰/٦۸	-۰/۱۳	-۰/۰۳	-۰/۱۹



شکل ۱- نمودار بای پلات شاخص‌های تحمل به خشکی در ژنوتیپ‌های گلرنگ بر اساس دو مولفه اول

SST= شاخص حساسیت تنش، Tol= شاخص تحمل، Ys= عملکرد در تنش شرایط، Yp= عملکرد در شرایط مطلوب، Mp= میانگین حسابی، Gmp= میانگین بهره‌وری هندسی، STI= شاخص تحمل به تنش.

استفاده از تجزیه به مؤلفه‌های اصلی و نمودار بای پلات برای انتخاب ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی با مطالعات مجیدی و همکاران (۲۰۱۱)، ضرغامی و همکاران (۲۰۱۱)، ملک شاهی و همکاران (۲۰۰۹) و رضایی زاده و همکاران (۲۰۱۱) در تطابق است.

نتیجه‌گیری کلی

براساس نتایج بدست آمده از این تحقیق مشخص گردید که اگرچه تحت تأثیر تنش خشکی در انتهای فصل در فاز زایشی گلرنگ عملکرد دانه به‌واسطه تحت تأثیر قرار گرفتن، صفات زراعی و اجزاء عملکرد کاهش می‌یابد، اما ژنوتیپ‌ها می‌توانند عکس‌العمل متفاوت نشان دهند. بالا بودن عملکرد دانه ژنوتیپ‌های شماره ۷ (رقم گلدشت) و ٦ تحت شرایط عدم تنش و همچنین ژنوتیپ‌های شماره ۵(TN79-5325)، ۱۱(TN79-581)، ۷ (رقم گلدشت) و ۱ (TN79-678) در شرایط تنش انتهای فصل به بالا بودن اجزاء عملکرد آنها به‌خصوص تعداد طبق در بوته و تعداد دانه در طبق مرتبط بود. با بررسی و مقایسه مقادیر بدست آمده از شاخص‌ها برای هر یک از ژنوتیپ‌ها و نتایج حاصله از شکل (۱) ژنوتیپ‌های شماره ۱(TN79-678)، ۱۱(TN79-581)، ۵ (TN79-5325)، ۲ (TN79-753/2)، ۷ (رقم گلدشت)، ۱۰ (TN79-634/2) و ٤ (TN79-562) ضمن قرار گرفتن در ناحیه پتانسیل و پایداری عملکرد و تحمل به خشکی از بیشترین مقادیر شاخص‌های STI، GMP و MP برخوردار بودند و بعنوان متحمل‌ترین ژنوتیپ‌ها با عملکرد بالا تعیین شدند و برای بررسی بیشتر از جهت کارائی‌های فیزیولوژیکی و مطالعه ریشه قابل توصیه می‌باشند. بر اساس نتایج به‌دست آمده از این تحقیق مشاهده شد که شاخص‌های STI، GMP و MP در تفکیک ارقام متحمل به خشکی به‌طور مشابه‌ای عمل کردند وژنوتیپ‌های یکسانی را در ارتباط با تنش شناسایی نمودند. بنابراین شاخص‌های مذکور که در شرایط اجرای این آزمایش همبستگی بسیار بالایی با عملکرد در شرایط تنش و بدون تنش داشتند به‌عنوان مناسب ترین شاخص‌ها برای شناسایی ارقام پر محصول با کمترین حساسیت نسبت به تنش خشکی در برنامه‌های اصلاحی معرفی می‌گردند.

منابع

1.Abolhasani, Kh., and Saeidi, A.M. 2006. Evaluation of agronomic traits of safflower under two irrigation regimes in Isfahan. J. Agric. Sci. Natur. Resour., 13: 54-43.

2.Danshian, J., Hadi, H., and Jonobi, P. 2009. Study of quantitative and quality characteristic of soybean genotypes in deficit irrigation conditions. Iran. J. Crop Sci., 44:393-409.
3.Fanaei, H.R., Galavi, M., Kafi, M., Ghanbari Bonjar, A., and Shirani-rad, A.H. 2009. Effect of potassium fertilizer and irrigation on yield and water use efficiency of Canola and Indian mustard species (*B. napus* L. and *B. juncea* L.) Iran. J. Crop Sci., 11:273-291.
4.Fanaei, H.R., Akbarimoghaddam, H., and Narouirad, M.R. 2012. Evaluation response of different genotypes of spring canola to water deficit. Inter. Res. J. Applied Basic Sci., 3: 2327-2332.
5.Farid, N. 2004. Comparison of photosynthetic contribution inflorescence and surrounding leaves of safflower in the formation and seed production under different conditions of moisture farm. M. Sc. of Thesis. Agriculture faculty. University of Industrial Esfahan.
6.Farooq, M., Wahid, A., Kobayashi, N., Fujita, D., and Basra, S.M.A. 2008. Plant drought stress: Effects, mechanisms and management. Agron. Sustain. Dev., 10:1051.
7.Fernandez, G.C.J. 1992. Effective selection for criteria assessing plant stress tolerance. Proceedings of the international symposium on adaptation of vegetables and other food Crops in temperature and water stress publication, Tainan, Taiwan. 257-270.
8.Fischer, R.A., and Maurer, R. 1978. Drought resistance in spring wheat cultivars. I. Grain yield responses. Aus. J. Agric. Res., 29:897-912.
9.Golabadi, M., Arzani, A., and Mirmohammadi Maibody, S.A.M. 2006. Assessment of drought tolerance in segregating populations in durum wheat. Afric J. Agri. Res., 1: 162-171
10.Kafi, M., and Rostami, M. 2007. Yield characteristics and oil content of three safflower (*Carthamus tinctorius*) cultivars under drought in reproductive stage and irrigation with saline water. Iran. J. Field Crops Res., 1: 121-131.
11-Koocheki, A.R., and Khajeh Hosseini, M. 2008. Modern Agronomy. Jehad-e University of Mashhad press. Pp: 96.
12.Kumar, H. 2000. Development potential of safflower in comparison to sunflower. Sesame and Safflower Newsletter. Institute of Sustainable Agriculture. Spain. 15: 86-89.
13.Majidi, M.M., Tavakoli, V., Mirlohi, A., and Sabzali, M.R. 2011. Wild safflower species: A possible source of drought tolerance for arid environments. Aust. J. Crop Sci., 5:1055-1063.
14.Mahajan, S., and Tuteja, N. 2005. Cold, salinity and drought stresses. Archives Biochem. and Biophysic., 444: 139.158.
15.Mahmodiajampiree, R. 2003. Photosynthesis share of above leaves and florescence of four safflower varieties in grain yield and yield components in

Esfahan. M. Sc. of Thesis. Agriculture faculty. University of Industrial Esfahan.
16. Mozaffari, K., Arshi, D., and Zeynali khaneghah, H. 1996. Study of drought stress on some of morpho– physiological traits and yield components of sunflower. Seed and plant, 3:24-33.
17. Mohammad, S., Fida, M., and Mohammad, T. 2002. Path coefficient analysis in wheat. J. Agric. 18: 383-388.
18. Naderi, D.M.R., Nour Mohammadi, G., Majidi, E., Darvish, F., Shrani Rad, A. H., and Madani, H. 2004. Effects of drought stress and plant density on echophysiological traits of three safflower lines in summer planting in Isfahan. Journal of Seed and Plant, 20: 281-296.
19. Omidi, A.H. 2009. Effect of drought stress at different growth stages on seed yield and some agro-physiological traits of three spring safflower cultivars. Seed and Plant Prod. J., 25: 15-31.
20. Pakniyat, H., and Ashkani, J. 2003. Genetic investigation of quantitative indices of drought resistance in spring safflower (*Carthamus tinctorius*). Agri. Sci. and Technol. J., 17: 31-35.
21. Pasban Eslam, B. 2011. Evaluation of physiological indices for improving water is tolerance in spring safflower. J. Agric. Sci. Technol., 8: 327-338.
22. Pourdad, S.S. 2008. Study of drought resistance indices in spring safflower. Acta. Agr. Hun., 56: 03–212
23. Ramirez, P., and Kelly, J.D. 1998. Traits related to drought resistance in bean. Euphytica., 99:127-136.
24. Rezai Zadeh, A., Mohammadi,V., Zali, A.A., Zinali, A., and Mardi, M. 2011. Study of main agronomy traits and relations between these under normal irrigation and drought stress conditions in double haploid of canola. Iran. J. Field Crop Sci., 42:683-694.
25. Rosielle, A.A., and Hamblin, J. 1981. Theoretical aspects of selection for yield in stress and non stress environments. Crop Sci., 21:943-946.
26. Sarmadnia, Gh., and Koocheki, A. 1999. Physiological Aspects of Dry Land Farming. Jihad-e-Daneshgahi Mashhad Publications, Mashhad, Iran.
27. Tahmasebpour, B., Aharizad, S. Shakiba, M., and Babazade Bedostani, A. 2011. Safflower genotypes' responses to water deficit. Inter. J. Agri. Sci., 1:97-106.
28. Tabatabaei, S., Montazeri, H., Anagholei, A., and Zarahian, A. 2008. Effect drought stress on yield and components yield of safflower autumn varieties. 10th Iranian crop science congress. Karaj.
29. Verma, N., and Singh, V. 1995. Effect of irrigation and phosphorus on safflower (*Carthamus tinctorius* L.) yield in Rajasthan. Indian. J. Agric. Sci., 65:644-647.
30. Zarghami, R., Zahravi, M., Aslanzadeh, A., and Abasali, M. 2011. Evaluation of Autumn Sown Genotypes of Safflower (*Carthamus tinctorius*) for tolerance to drought stress. Seed and Plant Improv. J., 27:339-355.

EJCP., Vol. 7 (3): 33-51
http://ejcp.gau.ac.ir

Study of yield, yield components and tolerance to drought stress in safflower genotypes

H.R. Fanaei[1*] and M.R. Narouirad[1]
[1]Assistant Professor, Deptartment of Seed and Plant Improvement, Agriculture and Natural Resources Research Center of sistan, Zabol, Iran
Received: 04/19/2014 ; Accepted: 05/15/2014

Abstract

In order to study of yield, yield components and tolerance to drought stress, 15 safflower genotypes, and two separate experiments were conducted with a Randomized Complete Block Design with three replications in cropping season 2010-2011 in agriculture research station of Zahak. In non stress experiment, irrigation was applied from planting to physiologic ripening and in stress experiment, from appearance 50 % head to growth terminal, irrigation interrupted. Results showed that under non stressed condition, the highest grain yield obtained from variety Goldasht, TN79-582/2, TN79-634/2, TN79-562 and TN79-5325 genotypes with average yield of 4987, 4940, 4648, 4427 and 4413 kg ha^{-1}, respectively. Under stressed condition the highest seed yield obtained from TN79-5325, TN79-581 genotypes, Goldasht variety, TN79-678 and 2811 Arak variety with average yield of 2623, 2572, 2550, 2510 and 2433 kg ha^{-1}, respectively. Goldasht, 5-TN79-5325 and 1-TN79-678 genotypes had higher grain yield in both conditions and showed the highest rates of STI, GMP and MP indices. Biplot graph, according to principle component analysis (PCA), indicated that tolerant genotypes had high yields, and located near to tolerant indices, therefore these genotypes and indices can be suitable sources and criteria for breeding and assessment drought tolerance in safflower.

Keywords: Drought stress, Stress indices, Biplot analysis and Safflower

[*]Corresponding author; fanay52@yahoo.com