DOI: 10.22059/ijswr.2020.299239.668552 تحقیقات آب و خاک ایران، دوره ۵۱، شماره ۷، مهر ماه ۱۳۹۹ (ص ۱۸۲۱-۱۸۱۱)

# Evaluation of Irrigation Water Salinity Tolerance Indices in New Cultivars and Lines of Safflower

**HASAN HAGHIGHATNIA[1], FARHAD ALHANI[2*]**

1. Soil and Water Research Department, Fars Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Darab, Iran.

2. Faculty Educator of Seed and Plant Improvement Research Department, Fars Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Darab, Iran.

(Received: Apr 4, 2020- Revised: May. 15, 2020- Accepted: May. 17, 2020)

## ABSTRACT

In order to evaluate the salinity tolerance indices and to select the ideal genotype among several new cultivars and lines of safflower, a factorial experiment was conducted in a completely randomized design with three replicates in Darab Agricultural and Natural Resources Research Station. The first factor, with two salinity levels of irrigation water consisted of 0.98 (as control) and 7.8 $dS.m^{-1}$, and the second factor with eight safflower genotypes included Goldasht, Parnian, Golmehr, Isfahan, Padideh and three promising lines Mec14., Mec235 and Mec248. For evaluation of salinity tolerance of cultivars and lines, some indices including stress sensitivity (SSI), harmonic mean (HM), tolerance index (TOL), stress tolerance index (STI), geometric mean productivity (GMP), index average productivity (MP), yield index (YI), yield stability index (YSI) and finally the ideal genotype selection index (SIIG) technique were used. Based on the results, MP, GMP, HM, YI and STI indices had the highest correlation with grain yield under control and salinity conditions, thus they were recognized as the most suitable indices for determining salinity tolerance. According to these indices, Mec248 line was introduced as the best genotypes in this experiment. On the other hand, based on ideal genotype selection index (SIIG), Parnian genotype with the highest value (0.683) was introduced as the most tolerant genotype to salinity stress. Therefore, this genotype is recommended for planting in similar southern areas that have salinity problems.

**Keywords:** Ideal Selection, Genotype, Safflower, Salinity Stress, Yield.

* Corresponding Author's Email: hasan.haghighatnia@yahoo.com

# ارزیابی شاخص‌های تحمل به شوری آب آبیاری در ارقام و لاین‌های جدید گلرنگ

**حسن حقیقت نیا[1*]، ابوالقاسم الحانی[2]**

۱. بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان فارس، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، داراب، ایران.

۲. بخش تحقیقات اصلاح نهال و بذر، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی فارس، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، داراب، ایران.

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱/۶- تاریخ بازنگری: ۱۳۹۹/۲/۲۶- تاریخ تصویب: ۱۳۹۹/۲/۲۸)

## چکیده

به‌منظور ارزیابی شاخص‌های تحمل به شوری و انتخاب ژنوتیپ ایده‌آل در چند رقم و لاین جدید گلرنگ، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل و در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار در ایستگاه تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی داراب به اجرا درآمد. فاکتور اول با دو سطح شوری آب آبیاری به‌ترتیب شامل ۰/۹۸ (شاهد) و ۷/۸ دسی زیمنس بر متر و فاکتور دوم با هشت ژنوتیپ گلرنگ شامل ارقام گلدشت، پرنیان، گل‌مهر، محلی‌اصفهان، پدیده و سه لاین امیدبخش Mec14، Mec235 و Mec248 بود. برای ارزیابی تحمل به شوری ژنوتیپ‌ها از شاخص‌هایی شامل حساسیت به تنش (SSI)، میانگین هارمونیک (HM)، شاخص تحمل (TOL)، شاخص تحمل به تنش (STI)، میانگین هندسی بهره‌وری (GMP)، شاخص بهره‌وری متوسط (MP)، شاخص عملکرد (YI)، شاخص پایداری عملکرد (YSI) و در نهایت از تکنیک شاخص انتخاب ژنوتیپ ایده‌آل (SIIG) استفاده گردید. بر اساس نتایج، شاخص‌های MP، GMP، HM، YI و STI بیش‌ترین همبستگی را با عملکرد دانه در شرایط شاهد و شوری داشتند، بنابراین مناسب‌ترین شاخص‌ها جهت تعیین میزان تحمل به شوری شناخته شدند. بر اساس این شاخص‌ها لاین Mec248 به‌عنوان برترین ژنوتیپ در این آزمایش معرفی گردید. از سوی دیگر بر اساس شاخص انتخاب ژنوتیپ ایده‌آل (SIIG) ژنوتیپ پرنیان با بیش‌ترین مقدار (۰/۶۸۳) به‌عنوان متحمل‌ترین ژنوتیپ به تنش شوری معرفی شد. بنابراین در نهایت این ژنوتیپ برای کاشت در مناطق جنوبی مشابه که مشکل شوری دارند توصیه می‌گردد.

**واژه‌های کلیدی:** انتخاب ایده‌آل، تنش شوری، ژنوتیپ، عملکرد، گلرنگ.

## مقدمه

گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L.) با داشتن روغنی با کیفیت عالی و تحمل نسبی به شوری خاک و خشکی (Bassil and Kaffka, 2002) همواره به‌عنوان یک گیاه روغنی با ارزش مطرح بوده است. وجود توده‌های ژنتیکی و بومی متنوع و نیز انواع تیپ-های وحشی این نبات که در سراسر کشور ایران پراکنده‌اند، نشان از سازگاری بالای گلرنگ با شرایط آب و هوایی مناطق وسیعی از کشور ما دارد (Zainali, 1999). این گیاه بیش‌تر در استان‌های آذربایجان غربی و شرقی، اردبیل، کرمانشاه، اصفهان، خوزستان، خراسان، بوشهر و فارس کشت می‌گردد. سطح زیر کشت این گیاه در سال ۲۰۱۷ میلادی در سطح جهان و ایران به‌ترتیب برابر ۸۴۱ هزار و ۵۲۱۷ هکتار و میانگین تولید ۸۲۲ و ۱۱۲۱ کیلوگرم در هکتار گزارش گردیده است (FAO, 2017)، ولی با توجه به نیاز آبی پایین و تحمل نسبی به شوری، تقاضا برای افزایش سطح زیر کشت به‌ویژه در مناطق جنوبی کشور به‌طور فزاینده‌ای در حال افزایش است. به‌طوری‌که در سال زراعی ۹۸-۱۳۹۷ سطح زیر کشت گلرنگ تنها در فارس مطابق آمار غیر رسمی سازمان جهاد کشاورزی این استان، ۱۵۷۶۶ هکتار اعلام گردیده است.

از آنجایی‌که مناطق وسیعی از ایران دارای اقلیم گرم و خشک است، بنابراین شوری گسترده خاک و آب در کشور امری طبیعی است. به‌طوری‌که ایران با دارا بودن ۶/۸ میلیون هکتار اراضی شور (Moameni, 2010) در صدر کشورهای در معرض تهدید از نظر تنش شوری محسوب می‌گردد. شوری از چندین جهت بر گیاهان زراعی تأثیرگذار است که مهم‌ترین آن‌ها شامل بروز تنش اسمزی، سمیت یونی و اختلال در تعادل یونی است (Munns *et al.*, 2006). گیاهان از نظر میزان تحمل و یا حساسیت به شوری متفاوت می‌باشند. این تفاوت‌ها در جنس‌ها و گونه‌های متفاوت و حتی میان رقم‌های یک‌گونه وجود دارد، که گلرنگ نیز از این قاعده مستثنی نیست. معمولاً ویژگی تحمل به شوری، یک ویژگی پیچیده است که به‌وسیله تعداد زیادی ژن کنترل می‌شود

* نویسنده مسئول: hasan.haghighatnia@yahoo.com

(Parida and Das, 2004; Pervaiz *et al.* 2003). از سوی دیگر به‌علت اثر متقابل ژنوتیپ در محیط، عملکرد در شرایط تنش به‌تنهایی ملاک مناسبی برای انتخاب ژنوتیپ‌های متحمل به تنش محسوب نمی‌شود و باید ژنوتیپ‌هایی مدنظر باشند که در مقایسه با سایر ژنوتیپ‌ها در شرایط محیطی یکسان، از نظر عملکرد افت کم‌تری داشته باشند (Farshadfar *et al.*, 2012). بنابراین انتخاب گونه‌ها یا ژنوتیپ‌های مناسب و متحمل برای کاشت در مناطق شور، از لحاظ اقتصادی اهمیت زیادی دارد (Kingsbury *et al.*, 1984).

تا کنون شاخص‌های متفاوتی جهت انتخاب ژنوتیپ‌ها بر اساس تظاهر آن‌ها در محیط‌های تنش و بدون تنش ارائه شده است (Fernandez, 1992). Rosielle and Hamblin (1981)، شاخص‌های تحمل (TOL)[1] و متوسط تولید یا بهره‌وری (MP)[2] را معرفی کردند. Fernandez (1992)، شاخص‌های میانگین هندسی عملکرد (GMP)[3]، میانگین هارمونیک (HM)[4] و تحمل به تنش (STI)[5] را برای بررسی تحمل به خشکی ژنوتیپ‌ها معرفی کرد. Fischer and Maurer (1978)، شاخص حساسیت به تنش (SSI)[6] را بر مبنای عملکرد در شرایط تنش و بدون تنش، مطرح نمودند. شاخص عملکرد (YI)[7] و شاخص پایداری عملکرد (YSI)[8] به‌ترتیب توسط Gavuzzi *et al.* (1997) و Bouslama and Schapaugh (1984) برای ارزیابی ژنوتیپ‌ها به تنش معرفی گردید. معمولاً در هنگام ارزیابی، شاخص‌هایی که در هر دو شرایط تنش و بدون تنش، همبستگی بالایی با عملکرد دارند، به‌عنوان بهترین شاخص‌ها معرفی می‌شوند، چون در این‌صورت این شاخص‌ها قادرند ژنوتیپ‌های با عملکرد بالا در هر محیط را شناسایی کنند و می‌توان از آن‌ها برای تخمین عملکرد استفاده کرد. برای مثال Jaafari Rad *et al.* (2015) در ارزیابی شاخص‌های تحمل به شوری هفت ژنوتیپ برنج نتیجه گرفتند که در بین شاخص‌های مورد استفاده، شاخص‌های STI و MP توانایی بهتری در شناسایی ژنوتیپ‌های برنج متحمل به شوری داشتند. در تحقیق دیگری برای ارزیابی شاخص‌های تحمل و حساسیت به کلر و سولفات آب آبیاری شاخص‌هایی نظیر شاخص تحمل به تنش، شاخص حساسیت به تنش، میانگین هندسی عملکرد همبستگی مثبت و بسیار معنی‌داری را با عملکرد دانه جو نشان داد (Torbaghan *et al.*, 2009 Eskandary). Ali *et al.* (2017) برای ارزیابی ۲۵ اکوتیپ یونجه در شرایط آبیاری شور و غیر شور و تعیین اکوتیپ‌های متحمل و حساس، از شاخص‌های تحمل به تنش استفاده نمودند. نتایج ایشان نشان داد که عملکرد در شرایط بدون‌تنش با شاخص‌های MP، TOL و STI و در شرایط تنش با MH، STI و YI دارای همبستگی مثبت و بالایی بودند. درمجموع، چنین عنوان گردیده، ارقام یا ژنوتیپ‌هایی که YSI، YIT، STI ، HM و GMP بیش‌تر و SSI و TOL کم‌تری داشته باشند، متحمل‌تر می‌باشند.

برای انتخاب ارقام متحمل یا حساس به تنش استفاده از یک شاخص به تنهایی ممکن است منجر به نتایج مطلوبی نشود، ولی با ارزیابی ژنوتیپ‌ها با استفاده از شاخص‌های مختلف، احتمال پیدا کردن ژنوتیپ‌های ایده‌آل افزایش می‌یابد. بر همین اساس تکنیک انتخاب ژنوتیپ ایده‌آل (SIIG)[9]، برای اولین بار برای ادغام شاخص‌های مختلف تحمل به خشکی (Zali *et al.*, 2016) و روش‌های مختلف تجزیه پایداری (Zali *et al.*, 2015)، برای افزایش کارایی انتخاب ژنوتیپ‌های ایده‌آل استفاده شده است. به کمک تکنیک SIIG تمام شاخص‌ها و صفات به‌صورت یک شاخص واحد درآمده و لذا رتبه‌بندی و تعیین ژنوتیپ‌های برتر، بسیار راحت‌تر می‌شود. به‌عبارت دیگر، می‌توان از شاخص‌های منفی و مثبت به شکل ترکیبی در این تکنیک استفاده نمود. بر اساس این تکنیک، بهترین ژنوتیپ، نزدیک‌ترین ژنوتیپ به ژنوتیپ ایده‌آل و دورترین از ژنوتیپ غیرایده‌آل است. در اینجا منظور از ژنوتیپ ایده‌آل، ژنوتیپی فرضی است که بیش‌ترین تحمل به تنش و کم‌ترین حساسیت به تنش را داراست، درحالی‌که ژنوتیپ غیر ایده‌آل، برعکس بیش‌ترین حساسیت به تنش و کم‌ترین تحمل به تنش را دارد. به‌طور خلاصه، ژنوتیپ ایده‌آل و غیر ایده‌آل به‌ترتیب از مجموع مقادیر ایده‌آل و غیر ایده‌آل هر یک از شاخص‌ها به‌دست می‌آید (Zali *et al.*, 2015 ;Zali *et al.*, 2016).

در تحقیقات شوری، شاخص‌های مختلفی برای بررسی تحمل به شوری وجود دارد و هر کدام از شاخص‌ها مزایا و معایب خود را دارند. هرکدام از شاخص‌ها را می‌توان در نهایت به‌صورت تک به تک، با عملکرد در شرایط تنش و غیرتنش در یک نمودار سه بعدی بررسی کرد. ولی در روش SIIG می‌توان با توجه به نظر محقق از تمام شاخص‌ها به‌طور هم‌زمان برای تصمیم‌گیری در مورد انتخاب ژنوتیپ متحمل به تنش استفاده نمود.

از آنجایی که تقاضا برای کشت این محصول کم توقع (نیاز آبی و غذایی) و تا حدی متحمل به شوری (آستانه تحمل (۳/۴ تا

1. Tolerance Index
2. Mean Productivity
3. Geometric Mean Productivity
4. Harmonic Mean
5. Stress Tolerance Index
6. Stress Susceptibility Index
7. Yield Index
8. Yield Stability Index
9. Selection Index of Ideal Genotype

۶/۸ دسی‌زیمنس بر متر در ارقام مختلف)، در مناطق شور رو به افزایش بوده و در مناطق جنوبی کشور تاکنون مطالعه‌ای در خصوص یافتن رقم متحمل به شوری صورت نگرفته است و از طرفی با توجه به نیاز شدید کشور به تولید روغن خام و سیاست وزارت جهاد کشاورزی در جهت استفاده از تمام ظرفیت‌ها به‌منظور افزایش تولید روغن در کشور، لذا این پژوهش با هدف بررسی تحمل به شوری تعدادی از ارقام و لاین‌های جدید معرفی شده گلرنگ با استفاده از شاخص‌های مختلف تحمل به شوری و در نهایت استفاده از روش SIIG که در راستای انتخاب ایده‌آل‌ترین ژنوتیپ می‌باشد، طراحی گردیده است.

## مواد و روش‌ها

به‌منظور ارزیابی شاخص‌های تحمل به تنش شوری در ارقام و لاین‌های جدید گلرنگ، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل و در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در ایستگاه تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی داراب اجرا گردید ولی به‌دلیل عدم معنی‌داری بلوک‌ها به‌صورت طرح کاملاً تصادفی تجزیه گردید. متوسط بارندگی سالیانه این ایستگاه ۲۴۵ میلی‌متر، متوسط تبخیر سالیانه ۲۲۰۰ میلی‌متر، حداقل دما ۳- در زمستان و حداکثر دما ۴۸ درجه سانتی‌گراد در تابستان می‌باشد. فاکتور اول هشت ژنوتیپ شامل ارقام گلدشت، پرنیان، گل مهر، محلی اصفهان و پدیده و سه لاین در دست معرفی Mec14، Mec235 و Mec248 گلرنگ و فاکتور دوم دو سطح شوری آب آبیاری شامل غیرشور (شاهد: ۰/۹۸ دسی‌زیمنس بر متر و شور: ۷/۸ دسی‌زیمنس بر متر) و مجموعاً شامل ۴۸ پلات آزمایشی بود.

آزمایش در یک خاک غیرشور اجرا شد که ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی خاک مطابق جدول (۱) بود. مبنای انتخاب این سطح شوری بدین دلیل بود که اولاً شوری انتخاب شده بیش از حد تحمل این گیاه به شوری آب آبیاری بوده (Singh et al., 2014; Feizi *et al.*, 2010) و ثانیاً بر اساس برآورد صورت گرفته، اغلب شوری‌های آب آبیاری در مناطق جنوبی مشابه، دامنه‌ای بین ۸-۴ دسی‌زیمنس بر متر دارند.

برای جبران کمبودهای مواد غذایی بر اساس دستورالعمل موسسه تحقیقات خاک و آب، میزان ۱۰۰ کیلوگرم فسفات آمونیوم، ۱۰۰ کیلوگرم سولفات پتاسیم و ۱۲۵ کیلوگرم اوره در هکتار مصرف شد. مطابق نقشه کاشت، بذور گلرنگ روی خطوط با فاصله ۵۰ سانتی‌متر و فاصله بوته روی هر خط ۱۰ سانتی‌متر در تاریخ ۲۵ آذرماه کشت گردید. مساحت هر کرت ۶ متر مربع شامل ۴ خط کاشت به طول ۳ متر بود. پس از برداشت گیاه در تاریخ ۲۹ خردادماه، عملکرد هر پلات بر حسب کیلوگرم بر هکتار به‌کمک ترازوی دیجیتالی تعیین گردید. آب مورد استفاده مربوط به دو چاه متفاوت بود که ویژگی‌های شیمیایی آن‌ها در جدول (۲) ارائه گردیده است. آبیاری با روش کرتی و به میزان مرسوم در منطقه به تعداد ۸ نوبت و با احتساب میزان بارندگی در محدوده مورد نظر، حدود ۶۰۰۰ متر مکعب در هکتار در طول فصل رشد بود. میزان آب مورد نیاز هر کرت با توجه به مساحت آن و تعیین دبی ورودی (اندازه‌گیری به کمک پارشال فلوم) و نیز تنظیم زمان مورد نیاز، محاسبه و اعمال گردید. همچنین تعیین زمان آبیاری با توجه به نمونه‌برداری خاک و تعیین رطوبت وزنی با قرار دادن در دستگاه آون در درجه حرارت ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد تا رسیدن به وزن ثابت و بر اساس میزان مجاز تخلیه رطوبتی بود. اعمال تیمار شوری از نوبت دوم آبیاری یعنی پس از سبز شدن گیاه تا پایان فصل رشد انجام شد.

به‌منظور بررسی تحمل ارقام و لاین‌های جدید گلرنگ به تنش شوری، از شاخص‌های مختلف استفاده شد (جدول ۳).

**جدول ۱- برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مورد آزمایش**

| بافت | سیلت | شن | نیتروژن | کربن آلی | مس | منگنز | روی | آهن | پتاسیم | فسفر | اسیدیته | هدایت الکتریکی |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | % | | | | mg/kg | | | | | | - | dS/m |
| لوم | ۴۰ | ۳/۵<br>۴ | ۰/۰۱ | ۰/۱۵ | ۰/۲ | ۳/۰۴ | ۰/۳ | ۳/۰ | ۲۲۸ | ۱۰ | ۷/۹ | ۱/۳۴ |

**جدول ۲- تجزیه شیمیایی آب آبیاری**

| آب آبیاری | هدایت الکتریکی | اسیدیته | بی‌کربنات | کلر | سولفات | کلسیم+ منیزیم | پتاسیم | سدیم |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | dS/m | - | meq/lit | | | | | |
| غیرشور (شاهد) | ۰/۹۸ | ۷/۶ | ۳/۶ | ۰/۷ | ۰/۵۱ | ۴/۲ | ۰/۰۲ | ۰/۶۱ |
| شور | ۷/۸ | ۷/۱ | ۱۷ | ۱۸ | ۰/۸۵ | ۳۲/۸ | ۰/۳۴ | ۱/۶ |

**جدول ۳- شاخص‌های مختلف تحمل به شوری**

| نام شاخص | *روابط | منبع |
|---|---|---|
| شاخص تحمل | $TOL = Y_p - Y_s$ | Rosielle and Hamblin, 1981 |
| شاخص میانگین تولید | $MP = (Y_p + Y_s)/2$ | Rosielle and Hamblin, 1981 |
| شاخص حساسیت به تنش | $SSI = 1 - \frac{Y_s}{Y_p}/SI \quad SI = 1 - (\overline{Y}_s/\overline{Y}_p)$ | Fischer and Maurer, 1978 |
| میانگین هندسی | $GMP = \sqrt{Y_p \times Y_s}$ | Fernandez, 1992 |
| شاخص تحمل به تنش | $STI = (Y_p \times Y_s)/\overline{Y}_p^2$ | Fernandez, 1992 |
| میانگین هارمونیک عملکرد | $HM = \frac{2 \times Y_p \times Y_s}{Y_p + Y_s}$ | Fernandez, 1992 |
| شاخص پایداری عملکرد | $YSI = Y_s/Y_p$ | Bouslama and Schapaugh, 1984 |
| شاخص عملکرد | $YI = Y_p/\overline{Y}_s$ | Gavuzzi et al., 1997 |

*: در این روابط $Y_p$ و $Y_s$ به‌ترتیب عملکرد یک ژنوتیپ در شرایط تنش و بدون تنش و $\overline{Y}_s$ و $\overline{Y}_p$ به‌ترتیب میانگین عملکرد همه ژنوتیپ‌ها در شرایط تنش و بدون تنش می‌باشد.

به‌منظور ادغام شاخص‌های مختلف از روش SIIG استفاده شد که نحوه محاسبه این شاخص به شرح ذیل می‌باشد (Zali et al., 2015, 2016):

۱- تشکیل ماتریس داده‌ها

با توجه به تعداد ژنوتیپ‌ها و تعداد شاخص‌ها یا صفات مختلف مورد بررسی، ماتریس داده‌ها به صورت زیر تشکیل می شود.

$$D = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \cdots & x_{1m} \\ x_{21} & x_{22} & & x_{2m} \\ \vdots & & \ddots & \vdots \\ x_{n1} & x_{n2} & \cdots & x_{nm} \end{bmatrix} \quad \text{(رابطه ۱)}$$

در این ماتریس $x_{ij}$ مقدار شاخص (صفت) iام ($i = 1, 2, \dots n$) در رابطه با ژنوتیپ jام ($j = 1, 2, \dots m$) می‌باشد.

۲- تبدیل ماتریس داده‌ها به یک ماتریس نرمال

از رابطه ذیل برای نرمال کردن داده‌ها استفاده می‌شود:

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^{n} x_{ij}^2}} \quad \text{(رابطه ۲)}$$

ماتریس R به‌صورت زیر تعریف می‌شود:

$$R = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \cdots & r_{1m} \\ r_{21} & r_{22} & & r_{2m} \\ \vdots & & \ddots & \vdots \\ r_{n1} & r_{n2} & \cdots & r_{nm} \end{bmatrix} \quad \text{(رابطه ۳)}$$

۳- پیدا کردن ژنوتیپ ایده‌آل و ژنوتیپ غیر ایده‌آل (ضعیف)

در این مرحله برای هر شاخص یا صفت به‌طور جداگانه، بهترین ژنوتیپ و ضعیف‌ترین انتخاب می‌شود.

۴- محاسبه فاصله از ژنوتیپ ایده‌آل و ژنوتیپ ضعیف

در این مرحله برای هر شاخص، فاصله از ژنوتیپ ایده‌آل ($d_i^+$) و ژنوتیپ ضعیف ($d_i^-$) به‌ترتیب از روابط زیر محاسبه می شوند:

$$d_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^{m} (r_{ij} - r_j^+)^2} \qquad i = 1, \dots, n \quad \text{(رابطه ۴)}$$

$$d_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^{m} (r_{ij} - r_j^-)^2} \qquad i = 1, \dots, n \quad \text{(رابطه ۵)}$$

در روابط فوق $r_{ij}$ مقدار نرمال شده شاخص (صفت) iام ($i = 1, 2, \dots n$) در رابطه با ژنوتیپ jام ($j = 1, 2, \dots m$) می‌باشد. $r_i^+$ و $r_i^-$ به‌ترتیب مقدار نرمال شده ژنوتیپ ایده‌آل و ژنوتیپ ضعیف برای هر شاخص (صفت) iام ($i = 1, 2, \dots n$) است. هم‌چنین $d_i^+$ فاصله از ژنوتیپ ایده‌آل و $d_i^-$ فاصله از ژنوتیپ ضعیف می‌باشد.

۵- محاسبه شاخص انتخاب ژنوتیپ ایده‌آل (SIIG)

در آخرین مرحله شاخص انتخاب ژنوتیپ ایده‌آل از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$SIIG = \frac{d_i^-}{d_i^+ + d_i^-} \quad i = 1, 2 \dots, m, \quad 0 \le SIIG \le \quad \text{(رابطه ۶)}$$

مقدار SIIG بین صفر و یک تغییر می‌کند و هر چه گزینه مورد نظر به ژنوتیپ ایده‌آل نزدیک‌تر باشد مقدار SIIG آن به یک نزدیک‌تر خواهد بود. بر اساس این روش، بهترین ژنوتیپ، نزدیک‌ترین ژنوتیپ به ژنوتیپ‌های ایده‌آل و دورترین از ژنوتیپ-های ضعیف است. در اینجا منظور از ژنوتیپ ایده‌آل، ژنوتیپی فرضی است که بیش‌ترین تحمل به شوری را داشته باشد، درحالی که ژنوتیپ ضعیف، ژنوتیپی فرضی است که کم‌ترین تحمل به شوری را داشته باشد (Zali et al., 2015, 2016). به‌طور خلاصه، ژنوتیپ ایده‌آل از مجموع مقادیر ایده‌آل هر یک از شاخص‌های تحمل به شوری به دست می‌آید، درحالی‌که ژنوتیپ ضعیف از مجموع مقادیر ضعیف هر یک از شاخص‌های تحمل به شوری حاصل می‌گردد. به‌عنوان مثال در مورد عملکرد، حداکثر عملکرد یک ژنوتیپ، مقدار ایده‌آل و عملکرد پایین، به‌عنوان مقدار ضعیف در نظر گرفته می‌شود. هم‌چنین در مورد SSI، مقدار ایده‌آل برابر کم‌ترین مقدار SSI برای ژنوتیپ‌ها و مقدار ضعیف برابر با حداکثر مقدار SSI برای ژنوتیپ‌ها می‌باشد.

در این تحقیق، برای انجام تجزیه واریانس مرکب از نرم افزار

SAS و برای محاسبه شاخص‌های تحمل به شوری و شاخص انتخاب ژنوتیپ ایده‌آل (SIIG) از نرم‌افزار Excel و برای تجزیه به مولفه‌های اصلی و رسم بای‌پلات و تری‌پلات از نرم‌افزار Statistica استفاده شد.

## نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس (جدول ۴) نشان داد که تأثیر عوامل ژنوتیپ-ها و شوری بر عملکرد دانه در سطح یک درصد و برهمکنش دو عامل مذکور در سطح پنج درصد معنی‌دار بودند، که بیانگر تفاوت واکنش ارقام یا لاین‌ها تحت شرایط شور و غیرشور در تولید دانه گلرنگ است. این نتایج با یافته‌های برخی محققین دیگر نیز مطابقت دارد (Feizi *et al*., 2010; Kamali *et al*., 2011 ).

برای شناسایی بهتر ژنوتیپ‌ها از نظر تحمّل یا حساسیت به شوری، شاخص‌های MP، GMP، STI، SSI، TOL، YI، YSI و HM بر پایه عملکرد دانه محاسبه و مقایسه میانگین‌ها انجام شد (جدول ۵). نتایج نشان داد که بر اساس شاخص SSI، رقم پدیده با بالاترین مقدار این شاخص جزء حساس‌ترین ارقام بوده که البته با سایر ارقام و لاین‌ها در یک گروه آماری قرار گرفتند، به‌جز رقم گل‌مهر که با کم‌ترین مقدار این شاخص، با تفاوت معنی‌دار نسبت به سایر ارقام و لاین‌ها به‌عنوان رقم مقاوم شناخته شد. زیرا پایین بودن مقدار این شاخص نشان دهنده تحمل بیش‌تر این ژنوتیپ به تنش می باشد. از نظر شاخص TOL که مقدار بالای آن نشانگر حساسیت بیش‌تر به تنش و لذا مقدار کم‌تر آن مطلوب است، ارقام گل‌مهر و پرنیان بیش‌ترین تحمل را دارا بوده و بقیه در یک گروه آماری قرار گرفتند. انتخاب بر اساس شاخص TOL اغلب موجب گزینش ژنوتیپ‌هایی می‌گردد که در شرایط معمول دارای عملکردهای نسبتاً پایین هستند. به‌عبارت دیگر شاخص مذکور قادر به تفکیک ژنوتیپ‌های متحمل به تنش از ژنوتیپ‌هایی که پتانسیل عملکرد کمتر دارند، نیست. بنابراین انتخاب بر اساس شاخص تحمل زمانی ارزشمند است که گیاه برای محیط‌های دارای تنش مد نظر باشد. محاسبه و مقایسه شاخص STI وMP برای ژنوتیپ‌ها نشان داد که لاین Mec248 بیش‌ترین و رقم پدیده کم‌ترین مقدار این دو شاخص را به خود اختصاص داده‌اند (جدول ۵). با این حال انتخاب ژنوتیپ‌ها بر اساس شاخص MP زمانی سودمند است که شدت تنش و اختلاف بین عملکرد در شرایط بدون تنش و دارای تنش زیاد نباشد ( Sio-se mardeh *et al.*, 2006). نتایج مقایسه میانگین شاخص‌های GMP،YS و HM (جدول ۵) نیز حاکی از آن بود که لاین Mec248 بیش‌ترین مقدار این شاخص‌ها را داشته، در حالی‌که رقم پدیده کم‌ترین مقدار این سه شاخص را به خود اختصاص داده است. همچنین لاین Mec248 هم در شرایط شور و هم غیرشور بیش‌ترین مقدار عملکرد را نشان داد (جدول ۵). بیش‌ترین و کم‌ترین مقدار عددی شاخص YSI به‌ترتیب مربوط به ارقام پرنیان و پدیده بود و تنها این دو رقم دارای اختلاف معنی‌داری با سایر ژنوتیپ‌ها بودند. به‌عبارت دیگر رقم پرنیان و سایر ژنوتیپ‌ها در یک گروه آماری قرار داشته و تنها رقم پدیده با رقم پرنیان در گروه آماری متفاوت و دارای اختلاف معنی‌داری هستند. بنابراین بر اساس یافته‌های جدول (۵) می‌توان اظهار نمود که با توجه به شاخص‌های STI، MP، GMP، HM وYS، لاین Mec248 مقاوم‌ترین و رقم پدیده حساس‌ترین ژنوتیپ بودند، لیکن مقادیر پایین‌تر SSI و TOL در ارقام گل‌مهر و در درجه دوم پرنیان، آنها را به عنوان رقم مقاوم‌تر مطرح می‌نماید.

به‌منظور بررسی کاراتر تحمل به شوری ژنوتیپ‌ها با استفاده از تمام شاخص‌های مختلف به‌طور هم‌زمان، از شاخص انتخاب ژنوتیپ ایده‌آل (SIIG) استفاده شد (جدول ۶). شاخص SIIG، بر مبنای ۸ شاخص تحمل به شوری جدول (۵)، شامل TOL، SSI، MP، GMP، STI، HM، YI و YSI محاسبه شد (جدول ۶). در واقع این روش، نتایج شاخص‌های مختلف تحمل به شوری را ادغام نموده و تبدیل به یک شاخص واحد می‌نماید و کارایی تصمیم گیری را افزایش می‌دهد. از آن‌جایی که میزان تغییرات این شاخص بین صفر و یک می‌باشد، هر چه مقدار SIIG برای ژنوتیپی به یک نزدیک‌تر باشد آن ژنوتیپ از تحمل به شوری بالاتری برخوردار می‌باشد و هر چه مقدار SIIG برای ژنوتیپی به صفر نزدیک‌تر باشد ژنوتیپ مورد بررسی نسبت به شوری حساس‌تر است. در واقع به‌کمک شاخص SIIG، محقق تصمیم نهایی را در انتخاب بهترین و ضعیف‌ترین ژنوتیپ‌ها از نظر تحمل به شوری می‌گیرد (Zali *et al*., 2015, 2016).

بر اساس شاخص SIIG، ژنوتیپ‌های پرنیان، Mec295، گل مهر و Mec248 به‌ترتیب با بیش‌ترین مقدار SIIG (به‌ترتیب، ۰/۶۸۳، ۰/۵۷۸، ۰/۵۲۲ و ۰/۴۹۹) جزء متحمل‌ترین ژنوتیپ‌ها به تنش شوری بودند. از طرفی ژنوتیپ‌های پدیده، محلی اصفهان و گلدشت به‌ترتیب با کم‌ترین مقدار SIIG (به‌ترتیب، ۰/۲۶۵، ۰/۳۰۵ و ۰/۳۳۵)، جزء حساس‌ترین ژنوتیپ‌ها از نظر حساسیت به شوری بودند و بنابراین رقم پرنیان به‌عنوان برترین ژنوتیپ در این آزمایش معرفی گردید (جدول ۶).

**جدول ۴- تجزیه واریانس عملکرد ژنوتیپ‌های گلرنگ تحت تاثیر تنش شوری**

| منابع تغییرات | درجه آزادی | میانگین مربعات | فاکتور F |
|---|---|---|---|
| ژنوتیپ | ۷ | ۷۴۹۶۵۰ ** | ۳۲ حذف خط زیر اعداد |
| شوری آب آبیاری | ۱ | ۲۹۹۸۵۰۰** | ۱۲۸ |
| ژنوتیپ× شوری | ۷ | ۶۲۸۴۷* | ۲/۶۸ |
| خطا | ۳۲ | ۲۳۴۲۰ | |
| ضریب تغییرات (درصد) | | ۷/۳۴ | - |

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

**جدول ۵- شاخص‌های تحمل و عملکرد دانه گلرنگ تحت محیط‌های بدون تنش و تنش شوری**

| نام ژنوتیپ | YP | YS | TOL | SSI | STI | GMP | MP | HM | YI | YSI |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| گلدشت | ۲۱۵۹$^{de}$ | ۱۶۳۱$^{c}$ | ۵۲۸$^{ab}$ | ۱/۰۱$^{ab}$ | ۰/۶۴۳$^{de}$ | ۱۸۷۰$^{cd}$ | ۱۸۹۵$^{d}$ | ۱۸۵۸$^{d}$ | ۰/۸۸۹$^{c}$ | ۰/۷۶۷$^{ab}$ |
| پرنیان | ۲۳۲۳$^{bcd}$ | ۲۰۶۹$^{b}$ | ۲۵۳$^{b}$ | ۰/۶۳۹$^{ab}$ | ۰/۸۸۲$^{bc}$ | ۲۲۹۱$^{b}$ | ۲۱۹۶$^{c}$ | ۲۱۸۹$^{bc}$ | ۱/۱۳۱$^{b}$ | ۰/۸۹۱$^{a}$ |
| پدیده | ۱۹۳۷$^{ef}$ | ۱۳۹۹$^{d}$ | ۵۳۸$^{ab}$ | ۱/۳۹۲$^{a}$ | ۰/۵۰۲$^{f}$ | ۱۶۴۶$^{e}$ | ۱۶۶۸$^{e}$ | ۱۶۲۵$^{e}$ | ۰/۷۶۲$^{d}$ | ۰/۷۲۳$^{b}$ |
| گل مهر | ۱۸۴۳$^{f}$ | ۱۶۲۴$^{c}$ | ۲۱۹$^{b}$ | ۰/۵۲۶$^{b}$ | ۰/۵۵۰$^{ef}$ | ۱۷۳۰$^{de}$ | ۱۷۳۴$^{e}$ | ۱۷۲۷$^{e}$ | ۰/۸۸۶$^{c}$ | ۰/۸۸۶$^{ab}$ |
| محلی اصفهان | ۲۲۵۸$^{cd}$ | ۱۶۶۶$^{c}$ | ۵۹۱$^{ab}$ | ۱/۰۸۸$^{ab}$ | ۰/۶۸۹$^{d}$ | ۱۹۳۲$^{c}$ | ۱۹۶۲$^{d}$ | ۱۹۱۷$^{d}$ | ۰/۹۰۷$^{c}$ | ۰/۷۴۹$^{ab}$ |
| Mec 14 | ۲۴۰۱$^{bc}$ | ۱۸۹۶$^{b}$ | ۵۰۵$^{ab}$ | ۰/۹۱۸$^{ab}$ | ۰/۸۳۷$^{c}$ | ۲۱۳۰$^{b}$ | ۲۱۴۸$^{c}$ | ۲۱۱۹$^{c}$ | ۱/۰۳۲$^{b}$ | ۰/۷۷۸$^{ab}$ |
| Mec 295 | ۲۵۵۲$^{b}$ | ۲۰۶۶$^{b}$ | ۴۸۶$^{ab}$ | ۰/۹۵۳$^{ab}$ | ۰/۹۷۳$^{b}$ | ۲۲۹۶$^{b}$ | ۲۳۰۹$^{b}$ | ۲۲۸۳$^{b}$ | ۱/۱۲۶$^{b}$ | ۰/۸۰۹$^{ab}$ |
| Mec 248 | ۳۲۰۲$^{a}$ | ۲۳۲۴$^{a}$ | ۸۷۸$^{ab}$ | ۱/۲۶۳$^{ab}$ | ۱/۳۶۸$^{a}$ | ۲۷۲۳$^{a}$ | ۲۷۶۳$^{a}$ | ۲۶۹۳$^{a}$ | ۱/۲۶۷$^{a}$ | ۰/۷۳۱$^{ab}$ |

در هر ستون میانگین هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند بر اساس آزمون دانکن دارای اختلاف معنی داری در سطح ۵٪ نیستند.

Yp: عملکرد در شرایط بدون تنش، Ys: عملکرد در شرایط تنش، TOL: شاخص تحمل، SSI: شاخص حساسیت به تنش، STI: شاخص تحمل به تنش، GMP: میانگین هندسی بهره‌وری، MP: شاخص میانگین تولید، HM: میانگین هارمونیک، YI: شاخص عملکرد و YSI: شاخص پایداری عملکرد

**جدول ۶- شاخص انتخاب ژنوتیپ ایده‌آل (SIIG) بر مبنای شاخص‌های مختلف تحمل به خشکی و فواصل از ژنوتیپ‌های ایده‌آل ($d^+$) و غیرایده‌آل ($d^-$)**

| نام ژنوتیپ | فاصله از ژنوتیپ‌های مطلوب $^{(d+)}$ | فاصله از ژنوتیپ‌های نامطلوب $^{(d-)}$ | شاخص انتخاب ژنوتیپ ایده‌آل | رتبه |
|---|---|---|---|---|
| گلدشت | ۰/۲۵۹ | ۰/۵۱۲ | ۰/۳۳۵ | ۶ |
| پرنیان | ۰/۵۶۲ | ۰/۲۶۱ | ۰/۶۸۳ | ۱ |
| پدیده | ۰/۲۲۵ | ۰/۶۲۱ | ۰/۲۶۵ | ۸ |
| گل مهر | ۰/۵۱۲ | ۰/۴۶۹ | ۰/۵۲۲ | ۳ |
| محلی اصفهان | ۰/۲۳۰ | ۰/۵۲۴ | ۰/۳۰۵ | ۷ |
| Mec 14 | ۰/۳۵۰ | ۰/۳۸۷ | ۰/۴۷۵ | ۵ |
| Mec 295 | ۰/۴۲۳ | ۰/۳۰۹ | ۰/۵۷۸ | ۲ |
| Mec 248 | ۰/۵۱۳ | ۰/۵۱۵ | ۰/۴۹۹ | ۴ |

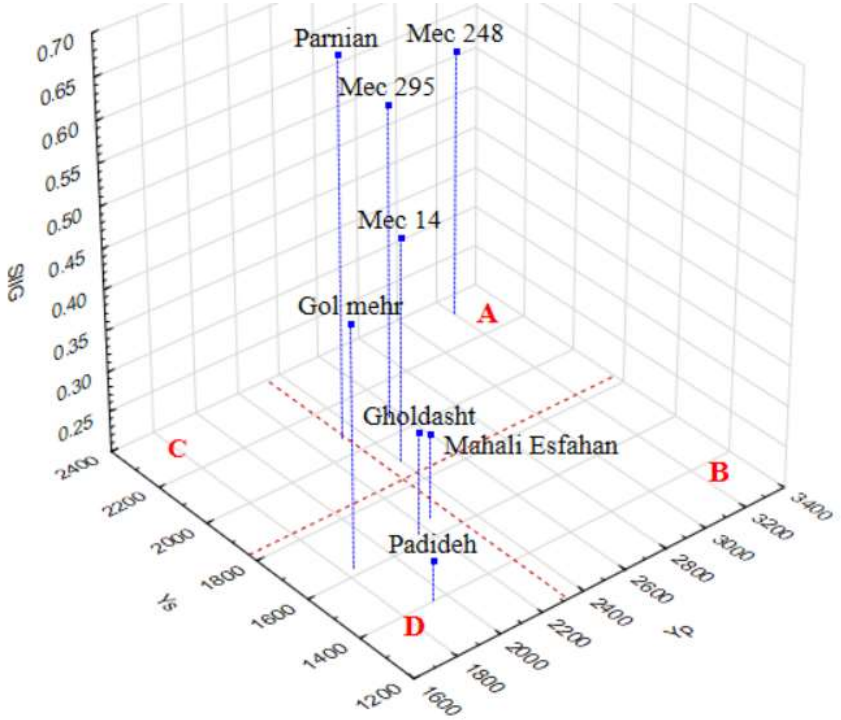
از آنجایی که علاوه بر تحمل به شوری ژنوتیپ‌ها، میزان عملکرد آن‌ها در شرایط تنش و بدون تنش نیز مهم است، بنابراین از نمودار سه‌بعدی استفاده شد. پراکندگی ژنوتیپ‌ها براساس عملکرد دانه در شرایط بدون تنش (Yp) و تنش (Ys) و شاخص SIIG در نمودار سه‌بعدی نشان داده شده است (شکل ۱). شاخص SIIG ژنوتیپ‌ها را به دو گروه تقسیم نمود. ژنوتیپ‌های Mec248، Mec295، Mec14 و پرنیان در گروه A قرار گرفتند که نشان می‌دهد این ژنوتیپ‌ها دارای عملکرد بالا در شرایط تنش و بدون‌تنش هستند. ژنوتیپ‌های گل‌مهر، گل‌دشت، محلی اصفهان و پدیده در گروه D (عملکرد پایین در شرایط بدون‌تنش و تنش) قرار گرفتند. در مجموع نتایج نشان داد ژنوتیپ‌های Mec295 و Mec248 جزء متحمل‌ترین ژنوتیپ‌ها و با عملکرد بالا در شرایط تنش و بدون تنش بودند. از طرفی ژنوتیپ‌های گلدشت، محلی‌اصفهان و پدیده علاوه بر حساسیت به شوری (مقدار SIIG پایین) از عملکرد پایین در هر دو شرایط تنش و بدون تنش برخوردار بودند. ژنوتیپ گل‌مهر هر چند جزء ژنوتیپ-های متحمل به شوری بود ولی دارای عملکرد پایین در هر دو شرایط تنش و بدون‌تنش بود. رقم پرنیان با بیش‌ترین مقدار SIIG متحمل‌ترین ژنوتیپ به تنش شوری بود. این ژنوتیپ دارای عملکرد متوسط در شرایط نرمال بود ولی عملکرد آن در شرایط تنش بالا بود و به‌عنوان ایده‌آل‌ترین ژنوتیپ در این آزمایش معرفی گردید.

Najafi Mirak *et al.*, (2018) از شاخص SIIG به‌منظور ادغام روش‌های مختلف تجزیه پایداری ناپارامتری در گندم دوروم استفاده نمودند و با استفاده از شاخص SIIG و عملکرد در یک نمودار دو بعدی توانستند ژنوتیپ‌های پایدار با عملکرد بالا را

معرفی نمایند. در تحقیقی دیگر Yagoutipour *et al.* (2017) از شاخص SIIG به‌منظور ادغام شاخص‌های مختلف تحمل به خشکی در گندم نان استفاده نمودند و بیان داشتند که شاخص SIIGیک روش ترکیبی جدید و کارا در انتخاب موثرتر ژنوتیپ‌های مطلوب می‌باشد. Zali *et al.*, (2016) صفات مختلف تحمل به خشکی را با استفاده از شاخص SIIG ادغام نموده و بیان نمودند که شاخص SIIG با ادغام صفات یا شاخص‌های مختلف، انتخاب ژنوتیپ‌های مطلوب را بهتر و موثرتر انجام می‌دهد. Zali *et al.*, (2015) از شاخص SIIG به‌منظور ادغام روش‌های مختلف تجزیه پایداری پارامتری و ناپارامتری در کلزا استفاده نمودند. آن‌ها شاخص SIIG را روشی مناسب به‌منظور ادغام صفات مرفولوژیکی و فیزیولوژیکی و هم‌چنین سایر شاخص‌های تجزیه پایداری معرفی نمودند.

نمودار سه بعدی (شکل ۱) برای مطالعه روابط سه متغیر استفاده گردید، در حالی‌که چنانچه بیش از سه متغیر مد نظر باشد، می‌توان هم از ترسیم گرافیکی بای‌پلات (شکل ۲) و هم از جدول ضرایب همبستگی ناپارامتری اسپیرمن (جدول ۷) به‌منظور بررسی هم‌زمان کلیه شاخص‌های تحمل به تنش و عملکرد دانه در شرایط بدون‌تنش و تنش، همچنین بررسی دقیق تر تحمل به تنش ژنوتیپ‌ها کمک گرفت.

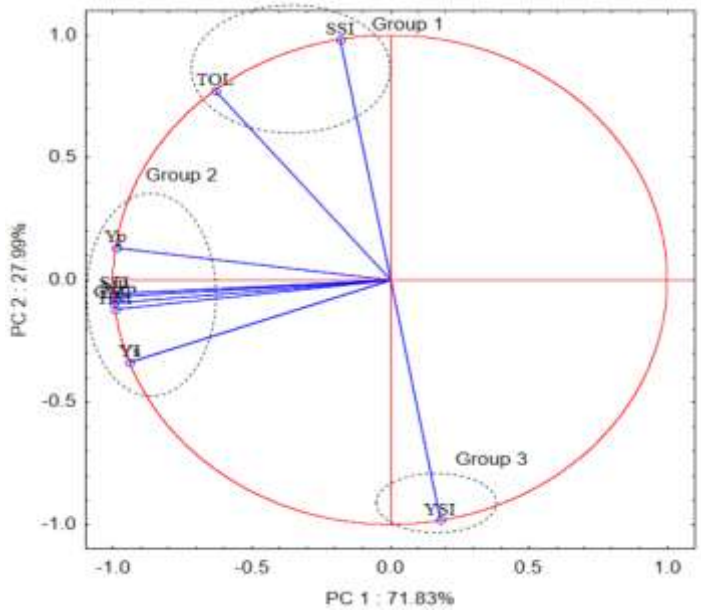
بر اساس نتایج ضرایب همبستگی ناپارامتری اسپیرمن (جدول ۷) شاخص‌های YI، HM، GMP، MP و STI همبستگی معنی‌دار بالایی با عملکرد دانه هم در شرایط بدون تنش و هم در شرایط تنش نشان دادند. این بدان معناست که این شاخص‌ها جهت انتخاب ژنوتیپ‌های برتر تحت هر دو شرایط تنش و بدون تنش مناسب‌اند. بر این اساس لاین Mec248 به‌دلیل اینکه بیش‌ترین مقدار شاخص‌های مذکور را به خود اختصاص داده و با سایر ژنوتیپ‌ها تفاوت معنی‌داری داشت (جدول ۵)، به‌عنوان برترین ژنوتیپ به‌لحاظ عملکرد تحت هر دو شرایط بدون تنش و تنش معرفی می‌گردد. هم‌چنین شاخص TOL با شاخص SSI همبستگی مثبت و معنی‌دار ولی با شاخص پایداری عملکرد (YSI) همبستگی منفی و معنی‌داری را ایجاد نمود. این بدان معنی است که شاخص های TOL و SSI جهت انتخاب ژنوتیپ‌های متحمل به تنش مناسب نیستند. به‌عبارت دیگر اختلاف عملکرد تحت شرایط بدون تنش و تنش معیار مناسبی جهت انتخاب ژنوتیپ‌های متحمل نخواهد بود.




**شکل ۱- پراکنش سه بعدی ژنوتیپ‌ها بر اساس عملکرد در شرایط بدون تنش (Yp)، تنش (Ys) و شاخص انتخاب ژنوتیپ ایده‌آل (SIIG)**

به‌منظور تعیین شاخص‌های مقاومت به تنش و به‌دست آمدن همبستگی بالا بین این شاخص‌ها و گروه‌بندی ژنوتیپ‌ها بر اساس شاخص‌های تحمل به تنش، تجزیه به مولفه‌های اصلی صورت گرفت. تجزیه مولفه‌های اصلی روی شاخص‌ها نشان داد که حدود ۹۹/۸۲ درصد از تغییرات کل، توسط دو مولفه اصلی اول توجیه می‌شود. مولفه اصلی اول ۷۱/۸۳ درصد و مولفه اصلی دوم ۲۷/۹۹ درصد از تغییرات را توجیه نمود (شکل ۲). مولفه اول با شاخص‌های YI، HM، GMP، MP و STI و نیز عملکرد در

شرایط تنش و بدون تنش همبستگی بالایی را نشان داد. این شاخص‌ها در یک گروه با زاویه بسیار کم از یکدیگر قرار گرفته‌اند و در محدوده عملکرد در حالت بدون تنش و تنش قرار دارند، لذا به‌عنوان شاخص‌های مناسب جهت تحمل به تنش محسوب می‌گردند. از طرف دیگر شاخص‌های SSI و TOL در یک گروه قرار گرفته و با فاصله نسبتاً بیشتری از یکدیگر قرار دارند ولی با سایر شاخص‌ها در یک گروه قرار ندارند، لذا در پیش‌بینی تحمل به شوری ژنوتیپ‌های گلرنگ مناسب نیستند. شاخص YSI به‌تنهایی در گروه سوم قرار گرفت که نتایج نشان داد همبستگی بالا و منفی با شاخص SSI دارد. از طرفی این شاخص با توجه به زاویه ۹۰ درجه‌ای که با شاخص‌های گروه ۲ داشت نشان داد از همبستگی پایینی با این گروه برخوردار است. این نتایج بیان می‌کنند که شاخص YSI، ممکن است شاخص مناسبی برای شناسایی ژنوتیپ‌های متحمل به تنش با عملکرد بالا در هر دو شرایط تنش و بدون تنش نباشد. Tahmasebi *et al.*, (2018) به‌منظور بررسی ارتباط بین شاخص‌های مختلف تحمل به خشکی در گندم از روش PCA استفاده نمودند. نمودار حاصل از PCA، ۹۹/۲ درصد تغییرات را توجیه نموده بود. هم‌چنین آن‌ها بیان نمودند شاخص‌های MP، GMP و STI بیش‌ترین همبستگی را با عملکرد در شرایط تنش (Ys) و بدون تنش (Yp) داشتند.




**شکل ۲- ترسیم گرافیکی بای پلات پراکنش شاخص‌های مختلف تحمل به شوری ژنوتیپ‌های گلرنگ، میانگین عملکرد در شرایط تنش و بدون تنش براساس اولین و دومین مولفه اصلی (PC)**

**جدول ۷- همبستگی بین شاخص‌های مختلف تحمل به شوری با استفاده از روش ناپارامتری اسپیرمن**

| شاخص‌ها | Ys | TOL | SSI | STI | GMP | MP | YSI | HM | YI |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Yp | ۰/۹۰۴** | ۰/۳۰۹ | ۰/۰۲۳ | ۰/۹۵۲** | ۰/۹۵۲** | ۰/۹۵۲** | -۰/۰۲۳ | ۰/۹۵۲** | ۰/۹۰۴** |
| Ys | | ۰/۱۱۹ | -۰/۲۳۸ | ۰/۹۷۶** | ۰/۹۷۶** | ۰/۹۷۶** | ۰/۲۳۸ | ۰/۹۷۶** | ۱/۰۰۰ |
| TOL | | | ۰/۹۰۴** | ۰/۱۴۲ | ۰/۱۴۲ | ۰/۱۴۲ | -۰/۹۰۴** | ۰/۱۴۲ | ۰/۱۱۹ |
| SSI | | | | -۰/۱۹۰ | -۰/۱۹۰ | -۰/۱۹۰ | -۱/۰۰۰ | -۰/۱۹۰ | -۰/۲۳۸ |
| STI | | | | | ۱/۰۰۰ | ۱/۰۰۰ | ۰/۱۹۰ | ۱/۰۰۰ | ۰/۹۷۶** |
| GMP | | | | | | ۱/۰۰۰ | ۰/۱۹۰ | ۱/۰۰۰ | ۰/۹۷۶** |
| MP | | | | | | | ۰/۱۹۰ | ۱/۰۰۰ | ۰/۹۷۶** |
| YSI | | | | | | | | ۰/۱۹۰ | ۰/۲۳۸ |
| HM | | | | | | | | | ۰/۹۷۶** |

** معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد

## نتیجه‌گیری

با توجه اهمیت کشت گلرنگ به‌عنوان گیاهی کم‌توقع و نیمه متحمل به شوری و تقاضای روزافزون جهت کشت این دانه روغنی، به‌منظور یافتن بهترین ژنوتیپ از بین ۸ ژنوتیپ جدید معرفی شده و یا در دست معرفی برای استفاده در مناطق شور و معرفی به کشاورزان این مناطق، با استفاده از دو سطح شوری آب آبیاری شامل ۰/۹۸ (شاهد) و ۷/۸ دسی‌زیمنس بر متر، این پژوهش کاربردی طرح‌ریزی گردید. بر اساس نتایج تجزیه واریانس

عملکرد، بین ژنوتیپ‌ها و سطوح شوری، اختلاف کاملاً معنی‌داری ملاحظه گردید و استفاده از آب شور سبب کاهش عملکرد در تمام ژنوتیپ‌ها شد، ولی این کاهش در همه آن‌ها یکسان نبود. برای یافتن برترین ژنوتیپ متحمل به شوری ابتدا از ۸ شاخص شامل TOL، SSI، MP، GMP، STI، HM، YI و YSI استفاده گردید و سپس با کمک تکنیک شاخص انتخاب ژنوتیپ ایده‌آل که با ادغام و بهره‌گیری از شاخص‌های مختلف تحمل، نهایتاً ایده-آل‌ترین ژنوتیپ را معرفی می‌نماید این کار صورت گرفت. بر اساس ضرایب همبستگی ناپارامتری اسپیرمن (جدول ۷) و نیز ترسیم گرافیکی بای‌پلات (شکل ۲)، از بین ۸ شاخص تحمل به شوری به‌کار رفته در این آزمایش، شاخص‌های MP، GMP، HM، YI و STI بیش‌ترین همبستگی را با عملکرد دانه در شرایط شاهد و شوری داشتند، بنابراین مناسب‌ترین شاخص‌ها جهت تعیین میزان تحمل به شوری شناخته شدند. بر اساس این شاخص‌ها، لاین Mec248 که بیش‌ترین مقدار این شاخص‌ها را به خود اختصاص داده، به‌عنوان برترین ژنوتیپ در این آزمایش معرفی گردید. از طرف دیگر با کمک شاخص انتخاب ژنوتیپ ایده‌آل (SIIG) که یک مدل گزینش‌گر بوده و با ادغام و بهره‌گیری از شاخص‌های مختلف تحمل به تنش به‌صورت یک شاخص واحد، به‌منظور انتخاب ایده‌آل‌ترین ارقام و لاین‌ها از بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی به‌کار می‌رود، رقم پرنیان با بیش‌ترین مقدار این شاخص (۰/۶۸۳) به‌عنوان برترین ژنوتیپ متحمل به شوری شناخته شد. بنابراین به‌عنوان یک نتیجه‌گیری کلی، از بین ژنوتیپ‌های به‌کار رفته در این آزمایش، رقم پرنیان برای کاشت در مناطق جنوبی مشابه، معرفی و توصیه می‌گردد.

## سپاس‌گزاری

بدین وسیله از زحمات ریاست محترم ایستگاه تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی داراب به‌خاطر در اختیار قرار دادن امکانات و لوازم تحقیق صمیمانه قدردانی می‌گردد. ضمناً مقاله حاضر برگرفته از طرح تحقیقاتی ملی موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه و بذر کرج به شماره "۰۴-۰۳-۰۳-۹۳۲۲۳" می‌باشد که ایستگاه داراب یکی از پنج منطقه اجرا بوده است.

## REFERENCES

Ali, S., Tavakoli, M., Poustini, K., Pourbabaei A. A., and Alizadeh, H. (2017). Evaluation the salt tolerance of alfalfa ecotypes according to tolerance indicator. *Iranian Journal of Field Crop Science* 47(2), 479-489. (In Persian)

Bassil, E. S., and Kaffka, S. R. (2002). Response of safflower to saline soils and irrigation: II. Crop response to salinity. *Agricultural Water Management*, 54, 81-92.

Bouslama, M., and Schapaugh, W. T. (1984). Stress tolerance in soybean. Part 1: evaluation of three screening techniques for heat and drought tolerance. *Crop Science* 24, 933-937.

Eskandary Torbaghan, M., Astaraei, A., Eskandary Torbaghan, M., Ganjali, A. (2009). Evaluation of salinity stress tolerance indices derived from Cl/SO4 anionic ratios and nitrogen fertilizer in barley (*Hordeum vulgare* L. var. *Nosrat*). *Environmental Stresses in Agricultural Sciences* 2(1), 15-27.

Farshadfar, E., Sabaghpour, S.H., and Zali, H. (2012). Comparison of parametric and non-parametric stability statistics for selecting stable chickpea (*Cicer arietinum* L.) genotypes under diverse environments. *Australian Journal of Crop Science*. 6, 514-524.

Feizi, M., Hajabbasi, M.A. and Mostafazadeh-Fard, B. (2010). Saline irrigation water management strategies for better yield of safflower in an arid region. *Australian J. Crop Sci.* 4(6), 408-414.

Fernandez, G. C. (1992). Effective selection criteria for assessing plant stress tolerance. *In:* Proceedings of the *International Symposium on Adaptation of Vegetables and other Food Crop to Temperature and Water Stress.* Taiwan. pp. 257-270.

Fischer, R.A., and Maurer, R. (1978). Drought resistance in spring wheat cultivars. I. Grain yield responses. *Aust. J. Agric. Res.* 29, 897-912.

Gavuzzi, P., Rizza, F., Palumbo, M., Campaline, R. G., Ricciardi, G. L., and Borghi, B. (1997). Evaluation of field and laboratory predictors of drought and heat tolerance in winter cereals. *Canadian Journal of Plant Science* 77, 523-531.

Food and Agriculture Organization of the United Nation (2017). [online]. Available at http:// WWW. Fao.org/*faostat/en/# data/qc.*

Jaafari Rad, S., Zavareh, M., Khaledian, M. R., Rezaei, M. (2015). Evaluation of tolerance of different rice genotypes to water irrigation salinity. *Journal of Crop Plants Production.* 17(3), 1-11. (In Persian)

Kamali, A., Shah Mohammadi Heidari, Z., Heidari, M., Feizi, M. (2011). Effect of salinity of irrigation and leaching water on soil chemical properties and safflower yield in Isfahan region. *Iranian Journal of Crop Sciences.* 42 (1), 63-70. (In Persian)

Kingsbury, R. W., Epstein, E., and Pearcy R. W. (1984). Physiological responses to salinity in selected lines of wheat. *Plant Physiology* 74(2), 417.

Moameni, A. (2010). Geographical distribution and salinity levels of soil resources of Iran. *Soil Res. J.* 24,203-215. [In Persian with English Abstract].

Munns, R., James, R. A., Lauchli, A. (2006). Approaches to increasing the salt tolerance of wheat and other cereals. *Journal of Experimental*

*Botany* 57(5), 1025-1043.

Najafi Mirak, T., Dastfal, M., Andarzian, B., Farzadi, H., Bahari, M., Zali, H., (2018). Stability analysis of grain yield of durum wheat promising lines in warm and dry areas using parametric and non-parametric methods. *Journal of Crop Production and Processing.* 8(2), 79-96. [In Persian with English Abstract].

Parida, A. K., and Das, A. B. (2004). Salt tolerance and salinity effects on plants: a review. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 60 (3), 324-349.

Pervaiz, Z., Afzal, M., Xiao, Y., and Ancheng, L. (2003). Mechanism of salt tolerance in selected wheat cultivars. *International Journal of Agriculture and Biology* 5, 141-144.

Rosiel, A. A., and Hamblin, J. (1981). Theoretical aspects of selections for yield in stress and non-stress environments. *Crop Sci*. 21, 943-946.

Singh S., Grover K., Begna S., Angadi S., Shukla M., Steiner R. and Auld D. (2014). Physiological response of diverse origin spring safflower genotypes to salinity. *Journal of Arid Land Studies*, 24(1), 169-174.

Sio-Se Mardeh, A., Ahmadi, A., Poustini, K., Mohammadi, V. (2006). Evaluation of drought resistance indices under various environmental conditions. *Field Crops Research.* 98, 222–229.

Tahmasebi, S., Dastfal, M., Zali, H., Rajaei, M. (2018). Drought tolerance evaluation of bread heat cultivars and promising lines in warm and dry climate of the south. *Cereal Research* 8(2), 209-225. (In Persian).

Yagoutipour, A., Farshadfar, E., Saeedi, M., (2017). Assessment of durum wheat genotypes for drought tolerance by suitable compound method. *Environmental Stress in Crop Sciences*. 10(2), 247-256. (In Persian)

Zainali, A. (1999). Safflower (cognition, production and consumption). (Compilation). *Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources Publications*, 144 pp.

Zali, H., Sofalian, O., Hasanloo, T., Asgharii, A., and Hoseini, S. M. (2015). Appraising of drought tolerance elying on stability analysis indices in canola genotypes simultaneously, using selection index of ideal genotype (SIIG) technique: Introduction of new method. *Biological Forum-An International Journal* 7: 703-711.

Zali, H., Sofalian, O., Hasanloo, T., Asgharii, A., and Zeinalabedini, M. (2016). Drought stress effect on physiological parameter and amino acids accumulations in canola. *Journal of Crop Breeding* 8:191-203 [In Persian with Abstract English].