

بررسی تحمل به شوری در رقم‌های پیاز خوراکی (*Allium cepa* L.) با استفاده از

## شاخص‌های تحمل به تنش

زهرا حسینی<sup>۱</sup>، محمدرضا زارع بوانی<sup>۲\*</sup> و احمد زارع<sup>۳</sup>

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد علوم و مهندسی باغبانی، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع

طبیعی خوزستان، ملاثانی، خوزستان، ایران

۲- استادیار گروه علوم و مهندسی باغبانی، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان،

ملاثانی، خوزستان، ایران

۳- استادیار گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی

خوزستان، ملاثانی، خوزستان، ایران

\* نویسنده مسئول: mzarebavani@asnruk.ac.ir

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۶/۲۷ - تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۱۲/۰۸)

## چکیده

تنش شوری یکی از مهم‌ترین محدودیت‌ها برای تولید محصولات کشاورزی در مناطق خشک و نیمه‌خشک است. بنابراین، بهبود ژنتیکی مقاومت به شوری در رقم‌های اصلاح‌شده ضروری می‌باشد. شناسایی و انتخاب ژنوتیپ‌های مقاوم به شوری نقطه شروع برای این اهداف اصلاحی می‌باشد. بدین منظور ۱۹ رقم پیاز خوراکی در دو سطح شوری (صفر و ۱۰۰ میلی‌مولار کلرید سدیم) در قالب طرح کاملاً تصادفی و با سه تکرار در سامانه کشت هیدروپونیک مورد ارزیابی قرار گرفتند. این آزمایش در گلخانه باغبانی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان در سال ۹۷-۱۳۹۶ انجام شد. نتایج مقایسه میانگین تفاوت معنی‌دار را برای عملکرد در شرایط بدون تنش ( $Y_p$ ) و عملکرد در تنش شوری ( $Y_s$ ) در بین رقم‌ها آشکار کرد که دلالت بر وجود تنوع ژنتیکی در بین رقم‌ها بود. بنابراین برای ارزیابی تحمل به شوری رقم‌ها، شاخص‌های مختلف تنش بر اساس  $Y_s$  و  $Y_p$  محاسبه شد. بر اساس بیشتر شاخص‌ها، رقم‌های اصفهان و آذرشهر به‌عنوان متحمل‌ترین رقم‌ها به شوری تعیین شدند. تجزیه به مؤلفه‌های اصلی نشان داد که ۹۴/۳ درصد تغییرات کل، توسط دو مؤلفه‌ی اول و دوم توجیه شدند. تجزیه خوشه‌ای بر اساس شاخص‌های تحمل به شوری رقم‌ها را در سه گروه قرار داد. در مجموع شاخص تحمل تنش، میانگین هندسی عملکرد، میانگین هارمونیک و شاخص عملکرد را می‌توان به‌عنوان مناسب‌ترین شاخص‌ها برای غربالگری رقم‌های متحمل به شوری معرفی کرد.

واژه‌های کلیدی: تجزیه به مؤلفه‌های اصلی، تجزیه خوشه‌ای، شاخص‌های انتخاب، عملکرد، همبستگی.

## مقدمه

کاهش توانایی گیاهان برای جذب آب و کاهش رشد گیاه می‌گردد. عواقب زیان‌آور غلظت زیاد نمک در محلول بیرونی سلول‌های گیاهی، شوک فوق‌العاده اسمزی و عدم تعادل یونی است (Begum, 2013).

شوری یکی از جدی‌ترین تنش‌های غیرزیستی است که مانع تولید و بهره‌وری محصولات کشاورزی می‌شود (Ekbic et al., 2017). شوری موجب

شرایط تنش (Ys) را به‌عنوان تحمل تنش (TOL) و میانگین عملکرد را در هر دو شرایط به‌عنوان میانگین بهره‌وری (MP) تعریف شده است (Asgari Golestani *et al.*, 2018). شاخص حساسیت به تنش (SSI) برای اندازه‌گیری ثبات عملکرد پیشنهاد شد که تغییرات در عملکرد پتانسیل و واقعی را در محیط متغیر نشان می‌دهد. مقدار کم این شاخص، نشان‌دهنده حساسیت کم ژنوتیپ به تنش است (Dadashi, 2011). شاخص میانگین هندسی عملکرد (GMP) و شاخص تحمل تنش (STI) پیشنهاد شدند که بیشتر بودن مقدار عددی GMP، نشانه تحمل بیشتر به تنش است همچنین STI ممکن است در انتخاب ژنوتیپ‌های با عملکرد بالا (A) در هر دو شرایط تنش و شرایط طبیعی مؤثر باشد (Dadashi, 2011; Izaddoost *et al.*, 2013). شاخص عملکرد (YI) جهت ارزیابی پایداری ژنوتیپ‌ها در شرایط تنش و عدم تنش و شاخص درصد حساسیت به تنش (SSPI) را برای غربالگری ژنوتیپ‌های مقاوم در برابر تنش در شرایط تنش و بدون تنش معرفی شده است. همچنین برای بهبود بهره‌وری از STI، شاخص تحمل تنش اصلاح شده (MSTI) نیز پیشنهاد شده است (Goodzand Chenghi *et al.*, 2016).

پیاز (*Allium cepa* L.) یکی از سبزی‌های مهم در ایران و دنیا می‌باشد که بنا به آمار جدید سطح زیر کشت سالیانه آن در ایران و جهان به ترتیب حدود ۶۲۰ و ۵۲۰۰ هزار هکتار و میزان تولید آن به ترتیب ۲/۸ و ۹۸ میلیون تن است (FAO, 2017). گیاه پیاز حساس به شوری است و هدایت الکتریکی بحرانی آن ۱/۲ دسی زیمنس بر متر گزارش شده است (Hanci & Cebeci, 2015). شوری موجب کاهش شاخص‌های رشدی و عملکرد کمی و کیفی پیاز می‌گردد و از این نظر در بین ارقام مختلف تفاوت‌هایی مشاهده شده است

استفاده از رقم‌های متحمل به شوری یکی از مهم‌ترین روش‌های مؤثر در بهره‌برداری و افزایش عملکرد در زمین‌های شور و کم‌شور نواحی خشک و نیمه‌خشک جهان محسوب می‌شود (Dadashi, 2011). در این زمینه به‌نژادگران روش‌های متنوعی برای ارزیابی گیاهان در واکنش به تنش‌های مختلف ابداع و ارائه نموده‌اند (Dadashi, 2011; Ekbic *et al.*, 2017).

عملکرد گیاهان در شرایط بهینه ممکن است کاملاً متفاوت از عملکرد آنها در شرایط تنش باشد. برنامه‌های اصلاحی در گذشته به‌طور عمده بر تولید ژنوتیپ‌های با عملکرد بالا تمرکز داشتند. اما در حال حاضر، عملکرد پایدار و پایداری عملکرد در شرایط محیطی مختلف، هدف اصلی اصلاح‌کنندگان قرار گرفته است (Badran, 2015). محققین ژنوتیپ‌های مختلف در یک گونه را به چهار گروه تقسیم کردند. گروه A: ژنوتیپ‌هایی که عملکرد بالایی در هر دو محیط بدون تنش و تنش دارند، گروه B: ژنوتیپ‌هایی که عملکرد خوبی در شرایط بدون تنش دارند اما در شرایط تنش افت عملکرد زیادی نشان می‌دهند، گروه C: ژنوتیپ‌هایی که عملکرد خوبی در شرایط بدون تنش ندارند اما در شرایط تنش افت عملکرد کمتری نشان می‌دهند و گروه D: ژنوتیپ‌هایی که در هر دو شرایط تنش و بدون تنش عملکرد پایینی نشان می‌دهند (Dadashi, 2011; Asgari Golestani *et al.*, 2013; Izaddoost *et al.*, 2018). به‌منظور ارزیابی میزان تحمل، مقاومت یا حساسیت گیاهان در شرایط محیطی مختلف توسط برخی از محققین شاخص‌هایی ارائه شده است (Krishnamurthy *et al.*, 2016). با استفاده از این شاخص‌ها، افت عملکرد در شرایط تنش در مقایسه با شرایط طبیعی مشخص و شدت تنش تعیین می‌شود. اختلاف عملکرد گیاه در شرایط بهینه (Yp) و

پس از شست‌وشوی ریشه‌ها با آب، گیاهچه‌ها به محیط هیدروپونیک منتقل گردید. از سامانه اکی‌کالچر برای انجام این پژوهش استفاده شد. محلول غذایی تغییر یافته هوگلند (Zare, 2015) جهت تغذیه گیاهان به کار رفت. پس از انتقال و استقرار نشاها در محیط هیدروپونیک، تنش شوری با اضافه کردن مقادیر لازم از کلرید سدیم به محلول غذایی برای هر تیمار اعمال شد و جهت جلوگیری از شوک اسمزی اعمال تیمارها به صورت تدریجی و با اضافه کردن ۱۲/۵ میلی‌مولار آب نمک در هر ۱۲ ساعت یک بار (روزانه ۲۵ میلی‌مولار) انجام گردید. دمای گلخانه بین ۲۰ تا ۲۵ درجه سانتی‌گراد کنترل شد. در طول دوره رشد هر روز pH و هدایت الکتریکی محلول غذایی به صورت روزانه تنظیم گردید. به منظور حفظ غلظت‌های نمک و مواد غذایی، محلول‌ها هر دو هفته یک بار تعویض شدند. محلول غذایی در طول روز به وسیله پمپ هوا تهویه گردید. در پایان آزمایش، گیاهان از محیط کشت خارج گردیدند و پس از شست‌وشوی ریشه‌ها قسمت‌های مختلف گیاه (ریشه، سوخ و برگ) تفکیک شد.

#### اندازه‌گیری عملکرد و شاخص‌های تحمل

برای تعیین عملکرد (Yp): عملکرد سوخ در شرایط بدون تنش، Ys: عملکرد سوخ در شرایط تنش)، وزن تر سوخ‌ها با استفاده از ترازوی دیجیتالی (مدل A & D Company Limited ساخت کشور ژاپن) توزین و بر اساس گرم در بوته بیان شد. شاخص‌های تحمل به تنش طبق روابط ارائه شده در جدول ۲ محاسبه شدند.

#### تجزیه آماری

تجزیه آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS نسخه ۹/۱، برآورد همبستگی پیرسون بین صفات و گروه‌بندی رقم‌ها بر اساس تکنیک مربع فاصله اقلیدوسی با استفاده از نرم‌افزار SPSS (ver. 21) و

(Hanci & Cebeci, 2015; Hanci *et al.*, 2012; Hosseini, 2019). مطالعات نشان داده که در بین ارقام پیاز تحت کشت در ایران نیز تفاوت‌های معنی‌داری در تحمل به شوری وجود دارد و برخی رقم‌های داخلی تحمل بیشتری به شوری نشان داده‌اند (Hosseini, 2019).

با توجه به گسترش مسئله شوری در ایران و جهان، ناگزیر به استفاده از آب‌ها و خاک‌های شور هستیم. با توجه به کارایی پایین روش‌های به‌زراعی در مواجهه با مشکلات شوری، استفاده از گیاهان مقاوم به شوری به عنوان راه‌حلی برتر برای این معضل پیشنهاد شده است (Joshi & Sawant, 2012; Hanci & Cebeci, 2015; Hosseini, 2019). پژوهش حاضر با هدف تعیین اثر شوری بر عملکرد رقم‌ها مختلف پیاز خوراکی و ارزیابی کارایی شاخص‌های تنش در شناسایی ژنوتیپ‌های متحمل‌تر پیاز به تنش شوری انجام شد.

#### مواد و روش‌ها

به منظور بررسی عملکرد و تحمل به شوری ارقام مختلف پیاز خوراکی، ۱۹ رقم که بذر آنها از مراکز مختلف تولید پیاز در ایران تهیه شده بود (جدول ۱)، در آزمایشی به صورت فاکتوریل و در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار در مجتمع گلخانه‌های تحقیقاتی گروه علوم و مهندسی باغبانی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، در سال ۱۳۹۶ به اجرا درآمد. عامل اول شامل ۱۹ رقم پیاز خوراکی (جدول ۱) و عامل دوم دو سطح شوری شامل صفر و ۱۰۰ میلی‌مولار کلرید سدیم (Hosseini, 2019) بود.

ابتدا بذرهای مورد استفاده در سینی‌های نشاء (بستری از پرلایت) کشت گردیدند. پس از جوانه‌زنی و ظهور گیاهچه از هر رقم گیاهچه‌های یک اندازه و مشابه از نظر شرایط رویشی انتخاب و

رسم نمودارها با نرم‌افزار Excel نسخه ۲۰۱۰ انجام شد. مقایسات میانگین‌ها نیز با استفاده از آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال ۵٪ انجام شد.

جدول ۱- مشخصات رقم‌های مختلف پیاز خوراکی مورد مطالعه

شماره	رقم	محل تهیه بذر	واکنش به طول روز	رنگ پیاز	قوه نامیه (درصد)
۱	کرج	تهران	روز بلند	زرد	۸۵
۲	بهبهان	خوزستان	روز متوسط	سفید	۶۰
۳	نیاگارا	اصفهان	روز بلند	زرد	۹۵
۴	نهادند	کرمانشاه	روز بلند	سفید	۹۵
۵	خرم‌آباد	لرستان	روز بلند	قرمز	۸۵
۶	تبریز	آذربایجان غربی	روز بلند	سفید	۶۷
۷	اصفهان	اصفهان	روز بلند	سفید	۱۰۰
۸	هرسین	کرمانشاه	روز بلند	قرمز	۹۵
۹	دزفول	خوزستان	روز متوسط	زرد	۹۰
۱۰	پی‌اس آمریکا	اصفهان	روز بلند	سفید	۹۲
۱۱	زرفلات	اصفهان	روز بلند	طلایی تیره	۹۸
۱۲	رامهرمز	خوزستان	روز متوسط	سفید	۱۰۰
۱۳	آذرشهر	آذربایجان شرقی	روز بلند	قرمز تیره	۸۰
۱۴	پرطلا	خراسان رضوی	روز بلند	سفید	۷۸
۱۵	گتوند	خوزستان	روز متوسط	سفید	۸۵
۱۶	کیندرسیو	اصفهان	روز بلند	سفید	۹۵
۱۷	پی‌اوبی	اصفهان	روز کوتاه	سفید	۶۶
۱۸	بلاریس	اصفهان	روز بلند	سفید	۷۵
۱۹	پریمورا	خوزستان	روز کوتاه	قرمز	۶۶

جدول ۲- شاخص‌های تحمل به تنش

شاخص‌های تنش	اصطلاح انگلیسی	فرمول
شدت تنش	Stress Index (SI)	$1 - (Y_s / Y_p)$
شاخص حساسیت به تنش	Stress susceptibility index (SSI)	$[1 - (Y_s / Y_p)] / SI$
شاخص تحمل به تنش	Stress tolerance index (STI)	$(Y_s \times Y_p) / (Y_p)^2$
میانگین هندسی عملکرد	Geometric mean productivity (GMP)	$\sqrt{(Y_p \times Y_s)}$
تحمل	Stress tolerance (TOL)	$(Y_p - Y_s)$
میانگین حسابی عملکرد	Mean productivity (MP)	$(Y_p + Y_s) / 2$
شاخص عملکرد	Yield index (YI)	$Y_s / Y_p$
میانگین هارمونیک	Harmonic mean (HM)	$(2 \times Y_p \times Y_s) / (Y_p + Y_s)$
شاخص درصد حساسیت به تنش	Stress susceptibility percentage index (SSPI)	$[Y_p - Y_s / 2Y_p] \times 100$
شاخص تحمل به تنش اصلاح شده	Modified stress tolerance index (MSTI)	$(Y_p)^2 / (Y_p)^2$

$\frac{[(Y_p - Y_s)/(Y_{\bar{p}}/Y_{\bar{s}})] \times \sqrt{Y_p \times Y_s}}{Y_s/Y_p}$	Abiotic tolerance index (ATI)	شاخص تحمل تنش‌های غیرزیستی
$\frac{\left[ \sqrt[3]{(Y_p + Y_s)/(Y_p - Y_s)} \right] \times \left[ \sqrt[3]{(Y_p \times Y_s \times Y_s)} \right]}{[(Y_s/Y_p)/(Y_{\bar{s}}/Y_{\bar{p}})]}$	Stress non-stress production index (SNPI)	شاخص تولید تنش - بدون تنش
$Y_s/Y_p$	Relative stress index (RSI)	شاخص تنش نسبی
	Yield stability index (YSI)	شاخص پایداری عملکرد

در این روابط  $Y_p$ : عملکرد سوخ در شرایط بدون تنش،  $Y_s$ : عملکرد سوخ در شرایط تنش،  $Y_{\bar{p}}$ : میانگین عملکرد سوخ در شرایط بدون تنش،  $Y_{\bar{s}}$ : میانگین عملکرد سوخ در شرایط تنش می‌باشد.

## نتایج و بحث

### عملکرد

نتایج مقایسه میانگین عملکرد رقم‌های مختلف پیاز در شرایط بدون تنش نشان داد که بیشترین عملکرد مربوط به رقم‌های هرسین (۲۴۹/۶۷ گرم در بوته)، آذرشهر (۲۳۵/۷۷ گرم در بوته) و پی‌اس (۲۲۰/۶۹ گرم در بوته) بود و کمترین عملکرد در رقم‌های زرگان‌فلات (۹۷/۶۲۱ گرم در بوته)، پریمورا (۱۰۷/۳۷ گرم در بوته) و پرطلا (۱۸۸/۹۰ گرم در بوته) مشاهده شد (جدول ۳). همچنین در شرایط تنش شوری بیشترین عملکرد مربوط به رقم‌های اصفهان، آذرشهر و کندرسو بود و کمترین عملکرد در رقم‌های کرج، بهبهان و رامهرمز مشاهده شد (جدول ۳). نتایج نشان داد که اثر شوری در رقم‌های مختلف پیاز خوراکی تأثیر بسیار معنی‌داری بر عملکرد داشت. همچنین تفاوت در میزان کاهش عملکرد در بین رقم‌های مختلف متفاوت بود. به طوری که میزان کاهش عملکرد در برخی رقم‌ها به ۹۳ درصد هم رسید (جدول ۳).

پژوهش‌های پیشین نشان داده است که شوری باعث کاهش صفات رشدی پیاز خوراکی شد و از این نظر در بین رقم‌ها تنوع وجود داشت (Hosseini, 2019; Faghfourian *et al.*, 2012; Jamshidvand *et al.*, 2014) که همسو با یافته‌های این تحقیق می‌باشد. نتایج به دست آمده از این پژوهش نشان داد که با وجود حساس بودن گیاه پیاز به تنش شوری تفاوت‌های معنی‌داری میان

رقم‌های آزمایش شده قابل مشاهده بود که می‌تواند دلیلی بر مؤثر بودن انتخاب برای تحمل به تنش شوری باشد. رشد و عملکرد به عنوان نتیجه مکانیسم‌های مختلف فیزیولوژیکی در نظر گرفته شده است و کاهش آن در اثر تنش شوری به طور گسترده‌ای در پژوهش‌های مختلف گزارش شده است. همچنین خاصیت تحمل به شوری یک ویژگی ساده نیست، بلکه نتیجه‌ای از ویژگی‌های مختلفی است که به تعامل‌های مختلف فیزیولوژیکی بستگی دارد و تعیین آن دشوار است. عوامل متعدد فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی از جمله سمیت یونی، کاهش پتانسیل اسمزی، عدم تعادل تغذیه‌ای و سایر اختلالات فیزیولوژیکی و شیمیایی و همچنین تعامل بین آنها در پاسخ و تحمل به شوری مهم است (Abdul Qados, 2011).

به علت آنکه بالاترین و پایین‌ترین میانگین عملکرد در شرایط بدون تنش و تنش متعلق به رقم‌های ثابتی نبود (جدول ۳)، بنابراین محاسبه شاخص تحمل به تنش در ارزیابی و شناسایی رقم‌های برتر مؤثر می‌باشد، همچنین برای تعیین بهترین شاخص جهت ارزیابی تحمل به شوری، همبستگی شاخص‌های تنش با عملکرد در شرایط تنش و بدون تنش ( $Y_p$  و  $Y_s$ ) بررسی گردید (Dadashi, 2011; Goodzand Chenghi *et al.*, 2016). زیرا بهترین شاخص آن است که در هر دو شرایط بدون تنش و تنش همبستگی معنی‌داری با عملکرد داشته باشد (Dadashi, 2011).

جدول ۳- مقایسه میانگین Ys, Yp و شاخص‌های مختلف تنش (۱۹ رقم پیاز)

کیندر سیو	پی‌اویی	باریس	پرماورا	گتوند	پرطلا	آذرشهر	رامهرمز	زرگان فلات	پتاس	دزفول	هرسین	اصفهان	تبریز	خرم‌آباد	نهادند	نیاگارا	بهبهان	کرج	
۱۰۷ <sup>kl</sup>	۱۳۳ <sup>jk</sup>	۱۸۴ <sup>ef</sup>	۱۷۹ <sup>fg</sup>	۱۳۴ <sup>jk</sup>	۱۸۸ <sup>jk</sup>	۳۳۵ <sup>ab</sup>	۱۳۳ <sup>jk</sup>	۶۹۷ <sup>l</sup>	۲۲۰ <sup>bc</sup>	۱۶۵ <sup>gh</sup>	۳۴۹ <sup>a</sup>	۲۰۹ <sup>cd</sup>	۱۳۶ <sup>ij</sup>	۲۱۵ <sup>dc</sup>	۲۰۱ <sup>de</sup>	۱۸۸ <sup>ef</sup>	۱۴۹ <sup>hi</sup>	۱۷۰ <sup>fg</sup>	Yp
۰/۹۵ <sup>e-h</sup>	۱/۰۳ <sup>b-d</sup>	۰/۹۶ <sup>d-g</sup>	۰/۹۹ <sup>c-f</sup>	۰/۹۴ <sup>f-i</sup>	۰/۹۵ <sup>e-h</sup>	۰/۹۵ <sup>e-h</sup>	۱/۰۳ <sup>b-d</sup>	۰/۹۷ <sup>d-f</sup>	۱/۰۶ <sup>ab</sup>	۱/۰۱ <sup>b-e</sup>	۱/۰۵ <sup>a-c</sup>	۰/۸۸ <sup>i</sup>	۰/۸۹ <sup>hi</sup>	۱/۰۶ <sup>ab</sup>	۱/۰۴ <sup>bc</sup>	۱/۰۵ <sup>a-c</sup>	۱/۰۷ <sup>ab</sup>	۱/۱۱ <sup>a</sup>	SSI
۲۱ <sup>e-g</sup>	۱۷ <sup>f-h</sup>	۳۶ <sup>cd</sup>	۴۳ <sup>bc</sup>	۲۰ <sup>f-h</sup>	۳۴ <sup>ef</sup>	۴۶ <sup>ab</sup>	۱۶ <sup>f-h</sup>	۱۷ <sup>f-h</sup>	۳۴ <sup>ef</sup>	۲۵ <sup>ef</sup>	۲۹ <sup>de</sup>	۵۴ <sup>a</sup>	۳۴ <sup>d</sup>	۳۳ <sup>e-g</sup>	۳۴ <sup>ef</sup>	۲۱ <sup>e-g</sup>	۱۴ <sup>gh</sup>	۱۳ <sup>h</sup>	Ys
۰/۰۸ <sup>gh</sup>	۰/۰۸ <sup>h</sup>	۰/۰۳ <sup>bc</sup>	۰/۰۳ <sup>b</sup>	۰/۰۹ <sup>f-h</sup>	۰/۱۱ <sup>e-h</sup>	۰/۰۳ <sup>a</sup>	۰/۰۷ <sup>h</sup>	۰/۰۶ <sup>h</sup>	۰/۱۹ <sup>cd</sup>	۰/۱۵ <sup>d-f</sup>	۰/۲۶ <sup>b</sup>	۰/۴۱ <sup>a</sup>	۰/۱۷ <sup>de</sup>	۰/۱۸ <sup>cd</sup>	۰/۱۸ <sup>cd</sup>	۰/۱۴ <sup>d-g</sup>	۰/۰۸ <sup>gh</sup>	۰/۰۷ <sup>h</sup>	STI
۸۵ <sup>gh</sup>	۱۴۸ <sup>d-f</sup>	۱۰۵ <sup>g</sup>	۱۳۵ <sup>f</sup>	۱۰۳ <sup>g</sup>	۹۴ <sup>gh</sup>	۱۸۹ <sup>b</sup>	۱۰۵ <sup>g</sup>	۸۰ <sup>h</sup>	۱۹۶ <sup>b</sup>	۱۴۰ <sup>ef</sup>	۲۲۰ <sup>a</sup>	۱۵۴ <sup>d-f</sup>	۱۰۳ <sup>e</sup>	۱۹۳ <sup>b</sup>	۱۷۶ <sup>bc</sup>	۱۶۷ <sup>cd</sup>	۱۳۴ <sup>f</sup>	۱۵۸ <sup>c-f</sup>	TOL
۶۴ <sup>jk</sup>	۱۱۰ <sup>de</sup>	۷۰ <sup>j</sup>	۱۱۱ <sup>de</sup>	۷۳ <sup>ij</sup>	۷۱ <sup>ij</sup>	۱۴۱ <sup>a</sup>	۶۹ <sup>j</sup>	۵۷ <sup>k</sup>	۱۲۳ <sup>bc</sup>	۹۵ <sup>fg</sup>	۱۳۹ <sup>a</sup>	۱۳۳ <sup>ab</sup>	۸۵ <sup>gh</sup>	۱۱۹ <sup>cd</sup>	۱۱۳ <sup>c-e</sup>	۱۰۵ <sup>ef</sup>	۸۱ <sup>hi</sup>	۹۱ <sup>gh</sup>	MP
۴۷ <sup>fg</sup>	۸۱ <sup>bc</sup>	۴۶ <sup>fg</sup>	۸۸ <sup>b</sup>	۵۰ <sup>fg</sup>	۵۴ <sup>ef</sup>	۱۰۴ <sup>a</sup>	۴۴ <sup>fg</sup>	۴۱ <sup>g</sup>	۷۱ <sup>cd</sup>	۶۴ <sup>de</sup>	۸۵ <sup>b</sup>	۱۰۰ <sup>۷<sup>a</sup></sup>	۶۸ <sup>d</sup>	۷۰ <sup>cd</sup>	۷۰ <sup>cd</sup>	۶۳ <sup>de</sup>	۴۶ <sup>fg</sup>	۴۵ <sup>fg</sup>	GMP
۳۵ <sup>g-j</sup>	۳۰ <sup>h-k</sup>	۷۰ <sup>bc</sup>	۷۰ <sup>bc</sup>	۳۵ <sup>g-k</sup>	۴۱ <sup>fi</sup>	۷۷ <sup>ab</sup>	۲۹ <sup>i-k</sup>	۲۹ <sup>i-k</sup>	۴۲ <sup>e-h</sup>	۴۳ <sup>e-h</sup>	۵۱ <sup>d-f</sup>	۸۶ <sup>a</sup>	۵۴ <sup>de</sup>	۹۴ <sup>e-i</sup>	۴۴ <sup>e-g</sup>	۳۸ <sup>g-j</sup>	۲۶ <sup>jk</sup>	۲۳ <sup>k</sup>	HM
۰/۸۰ <sup>e-g</sup>	۱/۳۴ <sup>cd</sup>	۰/۶۶ <sup>f-h</sup>	۱/۶۴ <sup>bc</sup>	۰/۷۷ <sup>f-h</sup>	۰/۹۳ <sup>ef</sup>	۱/۷۴ <sup>ab</sup>	۰/۶۳ <sup>f-h</sup>	۰/۶۵ <sup>f-h</sup>	۰/۹۰ <sup>ef</sup>	۰/۹۴ <sup>ef</sup>	۱/۱۰ <sup>de</sup>	۲/۰۴ <sup>h</sup>	۱/۲۹ <sup>d</sup>	۰/۸۷ <sup>e-g</sup>	۰/۹۳ <sup>ef</sup>	۰/۸۰ <sup>e-g</sup>	۰/۵۵ <sup>gh</sup>	۰/۴۵ <sup>h</sup>	YI
۲۵ <sup>gh</sup>	۴۴ <sup>d-f</sup>	۳۱ <sup>g</sup>	۴۰ <sup>f</sup>	۳۰ <sup>g</sup>	۲۷ <sup>gh</sup>	۵۶ <sup>b</sup>	۳۱ <sup>g</sup>	۲۳ <sup>h</sup>	۵۸ <sup>b</sup>	۴۱ <sup>ef</sup>	۶۵ <sup>a</sup>	۴۵ <sup>d-f</sup>	۳۰ <sup>g</sup>	۵۷ <sup>b</sup>	۳۲ <sup>bc</sup>	۴۹ <sup>cd</sup>	۳۹ <sup>f</sup>	۴۷ <sup>c-e</sup>	SSPI
۰/۴۱ <sup>k</sup>	۱/۲۱ <sup>e-g</sup>	۰/۵۴ <sup>i-k</sup>	۱/۱۳ <sup>fg</sup>	۰/۵۵ <sup>i-k</sup>	۰/۵۰ <sup>jk</sup>	۱/۹۷ <sup>ab</sup>	۰/۵۳ <sup>i-k</sup>	۰/۳۴ <sup>k</sup>	۱/۷۳ <sup>bc</sup>	۰/۹۷ <sup>gh</sup>	۲/۲۰ <sup>a</sup>	۱/۵۵ <sup>cd</sup>	۰/۶۶ <sup>ij</sup>	۱/۶۴ <sup>cd</sup>	۱/۴۴ <sup>de</sup>	۱/۲۶ <sup>ef</sup>	۰/۷۸ <sup>hi</sup>	۱/۰۳ <sup>f-h</sup>	MSTI
۶۵ <sup>۷<sup>ij</sup></sup>	۱۹۲ <sup>cd</sup>	۷۸ <sup>d-h</sup>	۱۹۱ <sup>cd</sup>	۸۴ <sup>g-j</sup>	۸۱ <sup>g-j</sup>	۳۱۶ <sup>a</sup>	۷۵ <sup>ij</sup>	۵۲ <sup>۳<sup>c</sup></sup>	۲۲۰ <sup>۷<sup>c</sup></sup>	۱۴۳ <sup>۸<sup>ef</sup></sup>	۲۹۹ <sup>۹<sup>a</sup></sup>	۲۶۴ <sup>۱۰<sup>b</sup></sup>	۱۱۱ <sup>۱۱<sup>f-h</sup></sup>	۲۱۶ <sup>۱۲<sup>c</sup></sup>	۱۹۷ <sup>۱۳<sup>cd</sup></sup>	۱۶۹ <sup>۱۴<sup>de</sup></sup>	۱۰۰ <sup>۱۵<sup>g-i</sup></sup>	۱۱۴ <sup>۱۶<sup>fg</sup></sup>	ATI
۴۱ <sup>f-h</sup>	۷۰ <sup>cd</sup>	۳۷ <sup>gh</sup>	۸۲ <sup>bc</sup>	۴۲ <sup>f-h</sup>	۴۸ <sup>fg</sup>	۹۱ <sup>gh</sup>	۳۵ <sup>gh</sup>	۳۴ <sup>gh</sup>	۵۳ <sup>ef</sup>	۵۲ <sup>ef</sup>	۶۴ <sup>de</sup>	۱۰۰ <sup>۲<sup>a</sup></sup>	۶۵ <sup>de</sup>	۵۳ <sup>ef</sup>	۵۴ <sup>ef</sup>	۴۷ <sup>fg</sup>	۳۴ <sup>gh</sup>	۳۰ <sup>h</sup>	SNPI
۱/۲۵ <sup>b-e</sup>	۱/۲۳ <sup>c-f</sup>	۰/۹۰ <sup>fi</sup>	۱/۵۴ <sup>a-c</sup>	۱/۰۳ <sup>d-g</sup>	۱/۳۱ <sup>a-d</sup>	۱/۲۵ <sup>b-e</sup>	۰/۸۹ <sup>fi</sup>	۱/۱۴ <sup>d-f</sup>	۰/۶۹ <sup>h-j</sup>	۰/۹۶ <sup>e-h</sup>	۱/۷۴ <sup>g-j</sup>	۱/۶۴ <sup>a</sup>	۱/۵۸ <sup>ab</sup>	۰/۶۸ <sup>h-j</sup>	۰/۷۹ <sup>g-i</sup>	۰/۷۱ <sup>g-j</sup>	۰/۶۲ <sup>ij</sup>	۰/۴۵ <sup>j</sup>	RSI
۰/۲۰ <sup>b-d</sup>	۰/۱۹ <sup>c-e</sup>	۰/۱۴ <sup>e-i</sup>	۰/۲۵ <sup>ab</sup>	۰/۱۷ <sup>c-g</sup>	۰/۲۱ <sup>ab</sup>	۰/۲۰ <sup>b-d</sup>	۰/۱۴ <sup>fi</sup>	۰/۱۸ <sup>c-f</sup>	۰/۱۱ <sup>h-j</sup>	۰/۱۵ <sup>d-h</sup>	۰/۱۳ <sup>g-j</sup>	۰/۰۲ <sup>a</sup>	۰/۲۵ <sup>a</sup>	۰/۱۱ <sup>h-j</sup>	۰/۱۳ <sup>g-i</sup>	۰/۱۱ <sup>h-j</sup>	۰/۱۰ <sup>ij</sup>	۰/۰۷ <sup>j</sup>	YSI

میانگین‌هایی با حرف مشابه در هر ستون بر اساس آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

Yp: عملکرد سوخ در شرایط بدون تنش، Ys: عملکرد سوخ در شرایط تنش، SSI: شاخص حساسیت به تنش، STI: شاخص تحمل به تنش، MP: میانگین حساسی عملکرد، GMP: میانگین هندسی عملکرد، HM: میانگین هارمونیکی، YI: شاخص عملکرد، SSPI: شاخص درصد حساسیت به تنش، MSTI: شاخص تحمل به تنش اصلاح شده، ATI: شاخص تحمل تنش‌های غیرزیستی، SNPI: شاخص تولید تنش - بدون تنش، RSI: شاخص تنش نسبی، YSI: شاخص پایداری عملکرد شاخص عملکرد.

رقم‌ها دارای بالاترین و رقم‌های زرگان فلات، رامهرمز، کرج، و پی‌اویی پایین‌ترین مقادیر از این شاخص‌ها بودند (جدول ۳). بر اساس STI، هر چقدر تفاوت بین عملکرد در شرایط بدون تنش و تنش بیشتر باشد، مقدار STI کوچک‌تر می‌شود و بنابراین مقادیر بالاتر STI، نشان‌دهنده تحمل بیشتر رقم‌ها به تنش می‌باشد (Izaddoost *et al.*, 2013). STI قادر به گزینش ژنوتیپ‌هایی با پتانسیل عملکرد بالا و تحمل بیشتر به تنش است (Goodzand Chenghi *et al.*, 2016). بر اساس این شاخص ژنوتیپ‌هایی گزینش می‌شوند که در محیط‌های تنش و بدون تنش عملکرد بالایی (گروه A) دارند (Izaddoost *et al.*, 2013). همبستگی مثبت و بسیار معنی‌دار این شاخص با عملکرد سوخ در شرایط بدون تنش و تنش (جدول ۴) نشان می‌دهد که می‌توان از این شاخص برای شناسایی و انتخاب رقم‌های برتر متحمل به شوری استفاده نمود. این شاخص در شناسایی و گزینش رقم‌های برتر در شرایط تنش در گیاهان زراعی مهم (Izaddoost *et al.*, 2013; Dadashi, 2011; Kumawat *et al.*, 2017)، فلفل (Zare, 2015) و هندوانه (Ekbic *et al.*, 2017) مورد استفاده قرار گرفته است.

رقم‌های زرگان فلات، پرمورا و پر طلا کمترین و رقم‌های هرسین، پی‌اس، آذرشهر و خرم‌آباد دارای بیشترین مقادیر TOL بودند (جدول ۳). همچنین شاخص TOL همبستگی مثبت و بسیار معنی‌داری با  $Y_p$  ( $p \geq 0.01$ ) داشت (جدول ۴). شاخص TOL به‌صورت تفاوت بین عملکرد در شرایط بدون تنش و تنش تعریف شده است. در این شاخص رقم‌های متحمل‌تر دارای مقادیر عددی کمتری می‌باشند (Dadashi, 2011). مقادیر زیاد TOL بیان‌کننده حساسیت بیشتر به تنش است. انتخاب بر مبنای مقادیر کمتر TOL منجر به گزینش رقم‌هایی

شاخص‌های تحمل به تنش و بررسی ضرایب همبستگی کمترین مقادیر SSI در رقم‌های اصفهان، تبریز و کندرسو و بیشترین مقادیر در رقم‌های کرج، بهبهان، خرم‌آباد و پی‌اس مشاهده شد (جدول ۳). بر اساس SSI هر رقمی که دارای مقادیر پایین‌تری از این شاخص باشد، در برابر تنش متحمل‌تر است (Goodzand Chenghi *et al.*, 2016). محاسبه ضرایب همبستگی نشان داد که SSI تنها همبستگی منفی و بالایی با  $Y_s$  داشت (جدول ۴). عدم همبستگی بین ضریب SSI و  $Y_p$  نشان می‌دهد که این معیارها اجزای مستقلی هستند و می‌توان از هر دو در گزینش رقم‌های متحمل‌تر به تنش استفاده نمود. در صورتی‌که این دو معیار دارای همبستگی مثبت و معنی‌داری باشند گزینش همزمان برای  $Y_p$  و شاخص حساسیت به تنش ممکن است به خنثی شدن یکدیگر منجر شود (Dadashi, 2011). همچنین همبستگی منفی و بسیار معنی‌دار این شاخص با  $Y_s$  در شرایط تنش نشان می‌دهد که انتخاب بر اساس مقادیر کم این شاخص منتج به انتخاب رقم‌هایی با عملکرد بالاتر تحت تنش می‌گردد. این شاخص تنها برای یافتن رقم‌های متحمل کارایی بالایی دارد، اما نمی‌تواند ژنوتیپ‌های گروه A و C را از یکدیگر جدا سازد (Asgari Golestani *et al.*, 2018; Dadashi, 2011). گزارش شده است، ژنوتیپ‌هایی که از نظر ژنتیکی عملکرد پایینی دارند و از نظر زراعی نامطلوب می‌باشند مقادیر SSI کمتری دارند. به‌عبارت دیگر، شاخص حساسیت به تنش به تنهایی نمی‌تواند ژنوتیپ‌های متحمل به تنش را از ژنوتیپ‌هایی که پتانسیل عملکرد پایینی دارند متمایز کند (Dadashi, 2011).

محاسبه STI برای رقم‌های مورد مطالعه در تنش شوری نشان داد که رقم‌های اصفهان، قرمز آذرشهر، کندرسو و هرسین در مقایسه با سایر

شناسایی و گزینش رقم‌های برتر جو پوشینه‌دار (Dadashi, 2011)، ذرت (Collado *et al.*, 2015)، فلفل (Zare, 2015) و عدس (Kumawat *et al.*, 2017) مورد استفاده قرار گرفته است.

محاسبه GMP برای رقم‌های مورد مطالعه در تنش شوری نشان داد که رقم‌های اصفهان، قرمز آذرشهر، کندرسیو و هرسین در مقایسه با سایر رقم‌ها دارای بالاترین و رقم‌های زرگان فلات، رامهرمز، کرج، و پی‌اویی پایین‌ترین مقادیر از این شاخص‌ها بودند (جدول ۳). GMP برخلاف MP که بر اساس میانگین حسابی محاسبه می‌گردد و در صورت زیاد بودن تفاوت بین Yp و Ys به سمت Yp اریب می‌شود، به مقادیر زیاد Yp و Ys حساسیت کمتری دارد و در گزینش ژنوتیپ‌های گروه‌هایی که دارای عملکرد بالا در هر دو شرایط تنش و بدون تنش هستند مؤثرتر عمل می‌کند (Dadashi, 2011). GMP همبستگی مثبت و بسیار معنی‌داری با Yp و Ys، نشان دادند (جدول ۴) که مؤثر بودن این شاخص را جهت گزینش رقم‌ها برتر (گروه A) نشان می‌دهد (Dadashi, 2011; Kumawat *et al.*, 2017; Asgari *et al.*, 2018).

از این شاخص در شناسایی و گزینش رقم‌های برتر جو پوشینه‌دار (Dadashi, 2011)، عدس (Kumawat *et al.*, 2017)، ذرت (Collado *et al.*, 2015)، فلفل (Zare, 2015) و هندوانه (Ekbic *et al.*, 2017) مورد استفاده قرار گرفته است.

در مورد شاخص HM، رقم‌های اصفهان، آذرشهر و کندرسیو بیشترین و رقم‌های کرج، بهبهان و زرگان فلات کمترین مقادیر را به خود اختصاص دادند (جدول ۳).

مقادیر بالاتر این شاخص نیز تحمل نسبی رقم‌ها را نشان می‌دهد (Dadashi, 2011). همچنین

می‌شود که پتانسیل عملکرد آنها در محیط دارای تنش نسبت به محیط بدون تنش کاهش کمتری نشان می‌دهد (Goodzand Chenghi *et al.*, 2016; Dadashi, 2011)، اما همیشه تغییرات کمتر دلیل بر بهتر بودن رقم نیست زیرا برخی رقم‌ها ممکن است در هر دو شرایط تنش و بدون تنش دارای عملکرد پایینی باشند (گروه C) و در نتیجه اختلاف کمی نشان دهند در حالی که این رقم‌ها از نظر زراعی مناسب نیستند. انتخاب بر اساس شاخص TOL منجر به انتخاب ژنوتیپ‌هایی می‌شود که عملکرد آنها در شرایط بدون تنش کم است و دارای مقادیر MP پایین‌تری می‌باشند. این شاخص بیشتر پایداری عملکرد را در رقم‌ها نشان می‌دهد اما برای گزینش رقم‌های برتر (گروه A) مناسب نیست و گزینش بر اساس این شاخص به تنهایی منجر به انتخاب رقم‌های گروه C می‌گردد (Goodzand Chenghi *et al.*, 2016; Asgari *et al.*, 2018). با این وجود TOL همراه با STI و HM برای شناسایی رقم‌های برتر جو در شرایط تنش شوری پیشنهاد شده است (Allel *et al.*, 2019).

بر اساس شاخص MP رقم‌های آذرشهر، هرسین و اصفهان بیشترین و زرگان فلات، پرمورا و رامهرمز کمترین مقادیر را داشتند (جدول ۳).

مقادیر بالاتر شاخص MP تحمل نسبی به تنش را نشان می‌دهد (Dadashi, 2011). همچنین MP همبستگی مثبت و بسیار معنی‌داری با Yp و Ys ( $p \geq 0.01$ )، نشان داد (جدول ۴). شاخص MP در گزینش رقم‌هایی که دارای عملکرد بالا در شرایط تنش هستند، مناسب نیست. استفاده از این شاخص به تنهایی برای گزینش منجر به انتخاب ژنوتیپ‌هایی با پتانسیل عملکرد بالا، ولی دارای تحمل کمتر به تنش می‌گردد (Asgari *et al.*, 2018). از این شاخص در

شاخص‌ها معتبرتر خواهد بود ( Goodzand Chenghi *et al.*, 2016).

بر اساس MSTI، رقم‌های زرگان فلات، پریمورا و پرتلا کمترین و رقم‌های هرسین، پی‌اس، آذرشهر و خرم‌آباد دارای بیشترین مقادیر از این شاخص بودند (جدول ۳). Goodzand Chenghi (۲۰۱۶) همکاران بیان داشتند رقم‌هایی که بیشترین مقادیر MSTI را داشته باشند تحمل به تنش بیشتری نشان می‌دهند. MSTI همبستگی مثبت و بسیار معنی‌داری با Yp نشان داد و با Ys نیز همبستگی مثبت و معنی‌داری داشت (جدول ۴). برای بهبود کارایی STI، شاخص تحمل به تنش اصلاح شده (MSTI) پیشنهاد شد که STI را به‌صورت وزنی اصلاح می‌کند و موجب رفع مشکل تأثیر دامنه‌ی اختلاف بیشترین و کمترین عملکرد هر رقم در دو محیط جداگانه می‌شود و به‌خوبی دیگر شاخص‌های معتبر، نتایج معتبری می‌دهد.

رقم‌های آذرشهر، هرسین و اصفهان بیشترین و زرگان فلات، پریمورا و رامهرمز کمترین مقادیر ATI بودند (جدول ۳). ATI در حقیقت، ثبات نسبی عملکرد را با تغییر شرایط نشان می‌دهد و هرچه ATI بزرگتر باشد، تحمل به تنش محصول بیشتر است ( Goodzand Chenghi *et al.*, 2016). ATI همانند MP همبستگی مثبت، معنی‌دار و بالایی ( $p \geq 0.01$ ) را با عملکرد سوخ در شرایط بدون تنش و تنش نشان دادند (جدول ۴).

در مورد شاخص‌های SNPI، رقم‌های اصفهان، آذرشهر و کندرسو بیشترین و رقم‌های کرج، بهبهان و زرگان فلات کمترین مقادیر را به خود اختصاص دادند (جدول ۳). همچنین SNPI همبستگی مثبت و بسیار معنی‌داری با Yp و Ys ( $p \geq 0.01$ )، نشان داد (جدول ۴). SNPI به‌عنوان شاخص مناسب‌تر برای انتخاب ژنوتیپ‌هایی با عملکرد بالاتر و پایدارتر در شرایط تنش پیشنهاد

HM همبستگی مثبت و بسیار معنی‌داری با Yp و Ys نشان دادند (جدول ۴). از این شاخص در شناسایی و گزینش رقم‌های برتر جو پوشینه‌دار (Dadashi, 2011)، فلفل (Zare, 2015) و جو (Allel *et al.*, 2019) مورد استفاده قرار گرفته است.

بر اساس YI، رقم‌های اصفهان، آذرشهر و کندرسو دارای بالاترین و رقم‌های کرج، بهبهان و رامهرمز پایین‌ترین مقادیر بودند (جدول ۳). برخی محققین گزارش کردند ارقامی که دارای YI بالاتری باشند تحمل بیشتری به تنش نشان می‌دهند (Kumawat *et al.*, 2017). YI همبستگی مثبت و بسیار بالایی با Ys و همبستگی مثبت و معنی‌داری با Yp نشان داد (جدول ۴). YI می‌تواند به‌عنوان معیار انتخاب مورد استفاده قرار گیرد، اما رقم‌ها را فقط بر اساس عملکرد آنها در شرایط تنش رتبه‌بندی می‌کند و بنابراین ژنوتیپ‌های گروه A را از گروه‌های دیگر متمایز نمی‌کند (Kumawat *et al.*, 2017). این شاخص برای شناسایی و گزینش رقم‌های برتر جو و گندم پیشنهاد شده است.

رقم‌های زرگان فلات، پریمورا و پرتلا کمترین و رقم‌های هرسین، پی‌اس، آذرشهر و خرم‌آباد دارای بیشترین مقادیر SSPI بودند (جدول ۳) و بر این اساس تحمل بیشتری به تنش داشتند. SSPI همانند TOL همبستگی مثبت و بسیار معنی‌داری با عملکرد سوخ در شرایط بدون تنش ( $p \geq 0.01$ ) داشت (جدول ۴). SSPI مشابه با شاخص TOL عمل می‌کند (Kumawat *et al.*, 2017). این شاخص قادر به جداسازی ژنوتیپ‌های گروه C می‌باشد و برای شناسایی و انتخاب اولیه والدین جهت تلاقی در برنامه‌های اصلاحی و تولید رقم‌ها با ثبات عملکرد بالا پیشنهاد شده است. SSPI، با وجود محاسبه اختلاف بین محیط‌های تنش و بدون تنش، برای غربالگری ژنوتیپ‌ها همراه با دیگر

رقم‌ها به کار رود ( Goodzand Chenghi *et al.*, 2016). بنابراین پیش‌بینی می‌شود رقم‌ها با YSI بالا عملکرد مطلوبی در هر دو شرایط تنش و بدون تنش داشته باشند. در مطالعه حاضر، رقم‌ها با بالاترین میزان YSI رقم‌های نبودند که بالاترین عملکرد را در شرایط تنش و بدون تنش داشته باشند و برعکس رقم‌های که کمترین YSI را داشتند رقم‌های نبودند که کمترین عملکرد را در شرایط تنش و بدون تنش داشته باشند (جدول ۳).

### روش رتبه‌بندی

مقادیر برآورد شده برای شاخص‌های تحمل به شوری (جدول ۵) نشان داد که شناسایی رقم‌های متحمل به شوری بر اساس یک معیار واحد نتایج متناقضی را ارائه می‌دهد و شاخص‌های مختلف رقم‌های مختلف را به‌عنوان متحمل به شوری معرفی کردند. برای تعیین مطلوب‌ترین رقم متحمل به شوری مطابق با تمام شاخص‌ها، رتبه کلی شاخص‌های تحمل به شوری محاسبه شد و بر اساس این معیار مطلوب‌ترین رقم‌های متحمل به شوری مشخص شد. با توجه به تمامی شاخص‌ها، رقم‌های اصفهان، آذرشهر و کندرسو به‌عنوان رقم‌های متحمل‌ترین و رقم‌های بهبهان، رامهرمز و زرگان‌فلات به‌عنوان حساس‌ترین رقم‌ها به شوری شناخته شدند. استفاده از شاخص‌های تحمل به تنش متفاوت و الگوی رتبه‌بندی برای غربالگری ژنوتیپ‌های متحمل در سایر محصولات، توسط محققین دیگر از قبیل Farshadfar و همکاران (۲۰۱۲)، Farshadfar و همکاران (۲۰۱۴) و Mohammed و Kadhem (۲۰۱۷) نیز استفاده شده است.

شده است (Goodzand Chenghi *et al.*, 2016). همچنین انتخاب با استفاده از این شاخص می‌تواند برای شناسایی رقم‌هایی با عملکرد مطلوب در شرایط تنش و بدون تنش (گروه A) مفید باشد. این شاخص توسط برخی محققین برای انتخاب ژنوتیپ‌هایی با ثبات عملکرد بالا در گیاهان زراعی پیشنهاد شده است ( Goodzand Chenghi *et al.*, 2016).

بیشترین مقادیر RSI در رقم‌های اصفهان، تبریز و کندرسو و کمترین مقادیر این شاخص در رقم‌های کرج، بهبهان، خرم‌آباد و پی‌اس مشاهده شد (جدول ۳). RSI همبستگی مثبت و بسیار معنی‌داری با  $Y_s$  ( $p \geq 0.01$ )، نشان داد (جدول ۴). RSI شاخص مثبتی برای نشان دادن تحمل تنش است (Goodzand Chenghi *et al.*, 2016). Goodzand Chenghi و همکاران (۲۰۱۶) بیان داشتند که RSI برای شرایط تنش مناسب‌تر بوده و بیشتر منجر به گزینش ژنوتیپ‌هایی با سازگاری بیشتر و پایداری در شرایط تنش می‌گردد و بیشتر متأثر از محیط تنش بوده و در محیط بدون تنش کارایی مناسبی ندارند.

در مطالعه حاضر کمترین مقادیر YSI در رقم‌های اصفهان، تبریز و کندرسو و بیشترین مقادیر در رقم‌های کرج، بهبهان، خرم‌آباد و پی‌اس مشاهده شد (جدول ۳). YSI همبستگی مثبت و بسیار معنی‌داری با  $Y_s$  داشت اما با  $Y_p$  همبستگی منفی و غیرمعنی‌داری ( $p \geq 0.01$ )، نشان دادند (جدول ۴). پژوهشگران اظهار داشتند YSI عملکرد یک رقم را تحت شرایط تنش نسبت به عملکرد در شرایط بدون تنش ارزیابی می‌کند و می‌تواند به‌عنوان یک شاخص برای ارزیابی تحمل به تنش در



جدول ۵- رتبه‌بندی رقم‌ها بر اساس عملکرد و شاخص‌های مختلف تحمل به تنش در شرایط تنش و بدون تنش

رقم	کرج	بهبان	نیاکارا	نهایند	خرم‌آباد	تبریز	اصفهان	هرسین	دزفول	پاس	زرگان	کیندر	رقم						
											فلات	رامهرمز	آدرشهر	پرطلا	گتوند	پسایوی	بلاریس	پریماورا	
Yp	۱۷/۶	۱۴/۹	۱۸۸/۹	۲۰/۱۵	۲۱۵/۸	۱۳۶/۹	۲۰۹/۴	۲۴۹/۶	۲۲۰/۷	۱۶۵/۳	۹۷/۶۲	۱۲۲/۲	۲۳۵/۷	۱۲۴/۵	۱۸۸/۹	۱۷۹/۲	۱۳۳/۲	۱۸۴/۹	۱۰۷/۴
رتبه	۱۰	۱۲	۷	۶	۴	۱۳	۵	۱	۳	۱۱	۱۹	۲	۱۷	۱۴	۹	۱۵	۸	۱۸	
Ys	۱۲/۱۲	۱۴/۸	۲۱/۵	۲۴/۹	۲۳/۳	۳۴/۵	۵۴/۸	۲۹/۵	۲۴/۱	۲۵/۲	۱۷/۴	۴۶/۶	۱۶/۹	۲۴/۸	۳۴/۹	۴۳/۹	۱۷/۷	۳۶/۱	۲۱/۴
رتبه	۱۹	۱۸	۱۲	۸	۱۱	۵	۱	۶	۱۰	۷	۱۶	۲	۱۷	۹	۳	۱۵	۴	۱۳	
SSI	۱/۱۱	۱/۰۷	۱/۰۵	۱/۰۴	۱/۰۵	۰/۸۹	۰/۸۸	۱/۰۵	۱/۰۶	۱/۰۱	۰/۹۷	۰/۹۵	۰/۹۴	۰/۹۹	۰/۹۰	۱/۰۲	۰/۹۶	۰/۹	۰/۹
رتبه	۱۹	۱۸	۱۵	۱۳	۱۷	۲	۱	۱۴	۱۶	۱۰	۸	۶	۱۲	۹	۳	۱۱	۷	۵	
STI	۰/۰۷	۰/۰۸	۰/۱۴	۰/۱۸	۰/۱۸	۰/۱۷	۰/۴۱	۰/۲۶	۰/۱۹	۰/۱۵	۰/۰۶	۰/۰۴	۰/۱۱	۰/۰۹	۰/۰۳	۰/۰۸	۰/۰۲	۰/۰۸	۰/۰۸
رتبه	۱۷	۱۵	۱۱	۸	۷	۹	۱	۴	۶	۱۰	۱۹	۲	۱۲	۱۳	۳	۱۶	۵	۱۴	
TOL	۱۵۸	۱۳۴/۲	۱۶۷	۱۷۶	۱۹۲	۱۰۲	۱۵۴	۲۲۰	۱۹۶	۱۴۰	۸۰	۱۸۹	۱۰۵	۹۴	۱۰۳	۱۰۵	۱۴۸	۹۸	۹۸
رتبه	۷	۱۲	۶	۵	۳	۱۶	۸	۱	۲	۱۰	۱۹	۴	۱۷	۱۵	۱۱	۱۳	۹	۱۸	
MP	۹۱/۳	۸۱/۹	۱۰۵/۲۰	۱۱۳/۲	۱۱۹/۵	۸۵/۷	۱۳۲/۱	۱۳۹/۶	۱۲۲/۴	۹۵/۳	۵۷/۵	۶۹/۶	۱۴۱/۲	۷۲/۶	۱۱۱/۶	۷۰/۵	۱۱۰/۴	۶۴/۴	۶۴/۴
رتبه	۱۹	۱۸	۱۲	۷	۱۰	۵	۱	۶	۹	۸	۱۷	۲	۱۶	۳	۱۵	۱۳	۴	۱۳	
GMP	۴۵/۵	۴۶/۹	۶۳/۶	۷۰/۵	۷۰/۷	۶۸/۵	۱۰۷/۱	۸۵/۵	۷۱/۳	۶۴/۴	۴۱/۰	۱۰۴/۷	۴۴/۹	۵۴/۲	۸۸/۷	۴۶/۷	۴۶/۹	۴۷/۹	۴۷/۹
رتبه	۱۷	۱۵	۱۱	۸	۷	۹	۱	۴	۶	۱۰	۱۹	۲	۱۲	۳	۱۶	۱۴	۵	۱۴	
HM	۲۲/۶	۲۶/۹	۳۸/۵	۴۴/۲	۴۱/۹	۵۴/۹	۸۶/۹	۵۲/۶	۴۲/۸	۴۳/۶	۲۹/۴	۷۷/۷	۴۱/۰	۳۵/۳	۳۰/۹	۷۰/۵	۵۹/۹	۳۵/۷	۳۵/۷
رتبه	۱۹	۱۸	۱۲	۷	۱۰	۵	۱	۶	۹	۸	۱۷	۲	۱۴	۴	۱۵	۱۳	۴	۱۳	

Yp: عملکرد سوخ در شرایط بدون تنش، Ys: عملکرد سوخ در شرایط تنش، SSI: شاخص حساسیت به تنش، STI: شاخص تحمل به تنش، TOL: تحمل، MP: میانگین حساسی عملکرد،

GMP: میانگین هندسی عملکرد، HM: میانگین هارمونیک، YI: شاخص عملکرد

ادامه جدول ۵- رتبه‌بندی رقم‌ها بر اساس عملکرد و شاخص‌های مختلف تحمل به تنش در شرایط تنش و بدون تنش

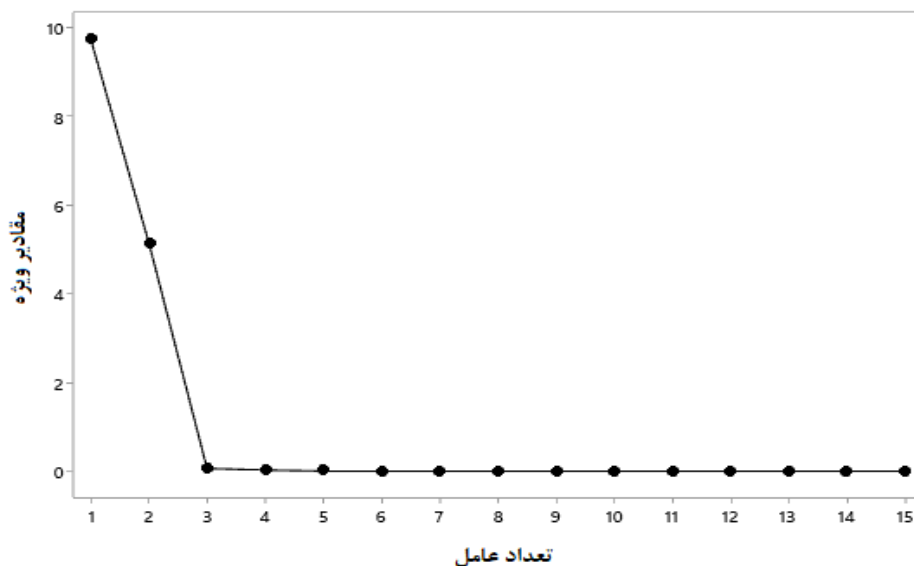
رقم	کرج	بهبهان	نیاگرا	نهادند	خرم‌آباد	تبریز	اصفهان	هرسین	دزفول	پلاس	زرگان	رامهرمز	آذرشهر	پرطلا	گتوند	کیندر	پیاویی	بلاریس	پرمالورا
YI	۰/۴	۰/۵۵	۰/۸۰	۰/۹۳	۰/۸۷	۱/۲۹	۲/۰۴	۱/۱۰	۰/۹۴	۰/۹۰	۰/۶۵	۰/۶۳	۱/۷۴	۰/۹	۰/۷	۱/۶	۰/۶	۱/۳	۰/۸
رتبه	۱۹	۱۸	۱۲	۸	۱۱	۵	۱	۶	۷	۱۰	۱۶	۱۷	۲	۹	۱۴	۳	۱۵	۴	۱۳
SSPI	۴۷/۰	۳۹/۸	۴۹/۶	۵۲/۳	۵۷/۱۱	۳۰/۴۰	۴۵/۳۳	۴۱/۵۸	۵۸/۳۳	۳۱/۲۵	۲۳/۷۹	۳۱/۲۵	۵۶/۱۲	۲۷/۹	۳۰/۸	۴۰/۱	۳۱/۳	۴۴/۱	۲۵/۱
رتبه	۷	۱۲	۶	۵	۳	۱۶	۱	۲	۱۰	۱۹	۱۹	۱۴	۴	۱۷	۱۵	۱۱	۱۳	۹	۱۸
MSTI	۱/۰	۰/۷	۱/۲۶	۱/۴۴	۱/۶۴	۰/۶۶	۱/۵۵	۲/۲۰	۰/۹۷	۱/۷۲	۰/۳۴	۰/۵۳	۱/۹۷	۰/۵	۰/۵	۱/۱	۰/۵	۱/۳	۰/۴
رتبه	۱۰	۱۲	۷	۶	۴	۱۳	۵	۱	۱۱	۳	۱۹	۱۶	۲	۱۷	۱۴	۹	۱۵	۸	۱۸
ATI	۱۱۴۹	۱۰۰۶	۱۶۹۸	۱۹۷۵	۲۱۶۸	۱۱۱۴	۲۶۴۷	۲۹۹۴	۱۴۳۸	۲۲۰۷	۵۲۳	۷۵۰	۳۱۶۲	۸۱۶	۴۸۴	۹۱۶	۷۸۵	۱۹۲۵	۶۵۷
رتبه	۱۱	۱۳	۹	۶	۵	۱۲	۳	۲	۱۰	۴	۱۷	۱	۱۵	۱۴	۸	۱۶	۷	۱۸	۱۱
SNPI	۳۰/۶	۳۴/۱	۴۷/۸	۵۴/۲	۵۲/۵	۶۵/۰	۶۴/۹	۶۴/۹	۵۲/۲	۵۳/۶	۳۴/۸	۳۵/۷	۹۱/۴	۴۸/۳	۴۲/۰	۸۲/۹	۳۷/۲	۴۱/۹	۴۱/۹
رتبه	۱۹	۱۸	۱۲	۷	۹	۵	۱	۶	۸	۱۶	۱۷	۲	۱۱	۱۳	۳	۱۵	۴	۱۴	۱۹
RSI	۰/۴	۰/۶۲	۰/۷۱	۰/۷۹	۰/۶۸	۱/۵۸	۱/۶۴	۱/۷۴	۰/۹۶	۰/۶۹	۱/۱۴	۰/۸۹	۱/۲۵	۱/۳	۱/۰	۱/۵۴	۰/۹	۱/۲	۱/۲
رتبه	۱۹	۱۸	۱۵	۱۳	۱۷	۲	۱	۱۴	۱۰	۱۶	۸	۱۲	۶	۴	۹	۳	۱۱	۵	۱۳
YSI	۰/۰۷	۰/۱۰	۰/۱۱	۰/۱۳	۰/۱۱	۰/۲۵	۰/۲۶	۰/۱۲	۰/۱۵	۰/۱۱	۰/۱۸	۰/۱۴	۰/۲۰	۰/۲	۰/۱	۰/۲۵	۰/۱	۰/۱	۰/۲۰
رتبه	۱۹	۱۸	۱۵	۱۳	۱۷	۲	۱	۱۴	۱۰	۱۶	۸	۱۲	۶	۴	۹	۳	۱۱	۵	۱۳
مجموع رتبه	۲۳۱	۲۳۵	۱۶۲	۱۲۰	۱۳۵	۱۱۹	۸۶	۱۴۲	۱۴۲	۱۲۰	۲۴۰	۲۳۱	۴۵	۱۷۰	۱۹۴	۷۸	۲۱۲	۱۹۹	۱۹۹
رتبه نهایی	۱۶	۱۸	۱۱	۷	۹	۶	۱	۴	۸	۱۹	۱۹	۱۷	۲	۱۲	۱۳	۳	۱۵	۱۴	۱۶

YI: شاخص عملکرد، SSPI: شاخص درصد حساسیت به تنش، MSTI: شاخص تحمل به تنش اصلاح شده، ATI: شاخص تحمل تنش‌های غیرزیستی، SNPI: شاخص تولید تنش - بدون تنش، RSI: شاخص تنش نسبی، YSI: شاخص پایداری عملکرد

### تجزیه به عامل‌های اصلی و نمایش بای پلات

الگوریتم‌های آماری چند متغیره روش‌های بسیار مؤثر برای توصیف مواد ژنتیکی و روشن شدن روابط ژنتیکی در بین آنهاست (Ekbic et al., 2017). پس از شناسایی بهترین شاخص‌های کمی تحمل به شوری، برای گزینش رقم‌های متحمل و حساس به شوری در دو محیط بدون تنش و تنش، از تحلیل عاملی بر مبنای روش تجزیه به مؤلفه‌های اصلی استفاده شد تا ضمن کاهش ابعاد با توجه بیشترین تغییرات و با استفاده از نمودار بای پلات، رقم‌ها را در گروه‌های مشخصی قرار داده و رقم‌های متحمل، حساس و بینابین نسبت به شوری تعیین شود.

همان‌طور که در شکل ۱، جدول‌های ۶ و ۷ مشاهده گردید، ۹۹/۴ درصد از تغییرات از طریق دو عامل تعیین شدند. عامل اول با توجه ۶۵ درصد تغییرات شامل YI, HM, GMP, MP, STI, Ys, Yp, ATI, MSTI, SNPI بودند و با توجه به همبستگی بالای شاخص‌های یاد شده با عملکرد در هر شرایط بدون تنش و تنش، عامل پایداری و پتانسیل عملکرد نامیده شدند، عامل دوم با توجه ۳۴/۴ درصد از تغییرات شامل شاخص‌های SSI و SSPI با بار مثبت و RSI و YSI با بار منفی بوده که می‌توان مؤلفه دوم را مؤلفه حساسیت در نظر گرفت.



شکل ۱- نمایش اسکری پلات برای تعیین عامل‌های استخراج شده

جدول ۶- مقادیر ویژه و واریانس تجمعی شاخص‌های تحمل به شوری و عملکرد در شرایط تنش و بدون تنش در رقم‌های مختلف پیاز خوراکی

شماره عامل	مقادیر ویژه	درصد واریانس نسبی	درصد واریانس تجمعی
۱	۹/۷۵۵۱	۶۵	۶۵
۲	۵/۱۵۳۷	۳۴/۴	۹۹/۴

جدول ۷- بار عاملی شاخص‌های تحمل به شوری و عملکرد در شرایط بدون تنش و تنش در رقم‌های مختلف پیاز خوراکی

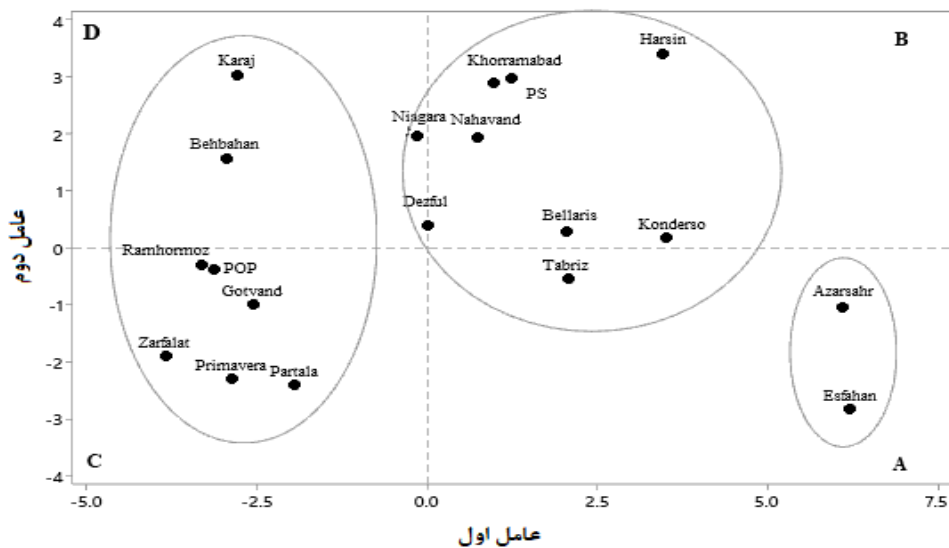
عامل	Yp	YS	SSI	STI	TOL	MP	GMP	HM	YI	SSPI	MSTI	ATI	SNPI	RSI	YSI
۱	۰/۲۶	۰/۲۹	-۰/۱۲	۰/۳۲	۰/۲۱	۰/۲۹	۰/۳۲	۰/۳۰	۰/۲۹	۰/۲۱	۰/۲۶	۰/۳۰	۰/۳۱	۰/۱۲	۰/۱۲
۲	۰/۲۵	-۰/۱۹	۰/۴۰	-۰/۰۴	۰/۳۳	۰/۱۸	-۰/۰۳	-۰/۱۶	-۰/۱۹	۰/۳۳	۰/۲۵	۰/۱۶	-۰/۱۳	-۰/۴۰	-۰/۴۰

Yp: عملکرد سوخ در شرایط بدون تنش، Ys: عملکرد سوخ در شرایط تنش، SSI: شاخص حساسیت به تنش، STI: شاخص تحمل به تنش، TOL: تحمل، MP: میانگین حسابی عملکرد، GMP: میانگین هندسی عملکرد، HM: میانگین هارمونیک، YI: شاخص عملکرد، SSPI: شاخص درصد حساسیت به تنش، MSTI: شاخص تحمل به تنش اصلاح شده، ATI: شاخص تحمل تنش‌های غیرزیستی، SNPI: شاخص تولید تنش - بدون تنش، RSI: شاخص تنش نسبی، YSI: شاخص پایداری عملکرد

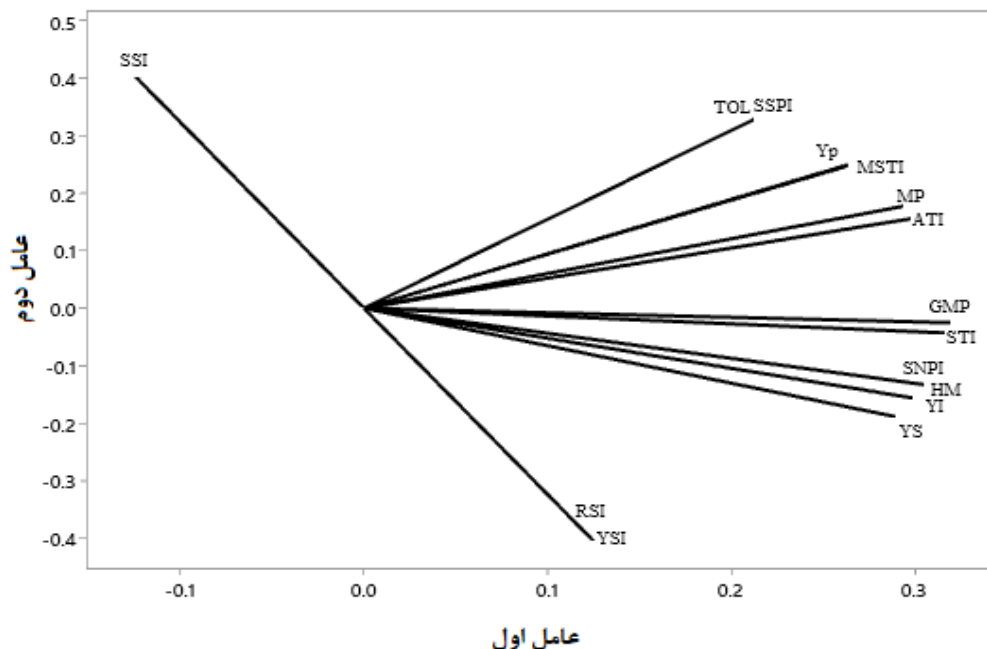
بیشتر (گروه B) یا در ناحیه با عملکرد پایین‌تر و حساسیت کمتر (گروه C) قرار گرفته‌اند. به‌طور کلی می‌توان گفت این نحوه توزیع رقم‌ها در فضای بای‌پلات را حاکی از وجود تنوع ژنتیکی نسبت به تنش شوری دانست (شکل ۳).

استفاده از تجزیه به مؤلفه‌های اصلی و نمودار بای‌پلات برای جداسازی رقم‌های متحمل به تنش توسط Mohammad Alipour Yamchi و همکاران (۲۰۱۱)، Goodzand Chenghi و همکاران (۲۰۱۶) و Ekbic و همکاران (۲۰۱۷) استفاده شده است.

نمودار مؤلفه اول روی مؤلفه دوم نشان می‌دهد رقم‌های اصفهان، آذرشهر دارای بیشترین مقادیر مؤلفه اول و مقادیر کمتر مؤلفه دوم بودند و از این‌رو در گروه A قرار داشتند (شکل ۲). نمودار بای‌پلات نیز نشان داد که رقم‌های اصفهان و آذرشهر در مجاورت شاخص‌های STI، GMP، SNPI، HM، YI بودند. رقم‌های بهبهان و کرج نیز در مجاورت شاخص SSI و دارای مقادیر بالاتر مؤلفه دوم (حساسیت به تنش) و مقادیر کمتر مؤلفه اول (عملکرد پتانسیل) D قرار گرفتند. بقیه رقم‌ها در ناحیه‌ای با عملکرد پتانسیل بالاتر و حساسیت



شکل ۲- بای‌پلات ۱۹ رقم پیاز خوراکی بر اساس مؤلفه اول و دوم

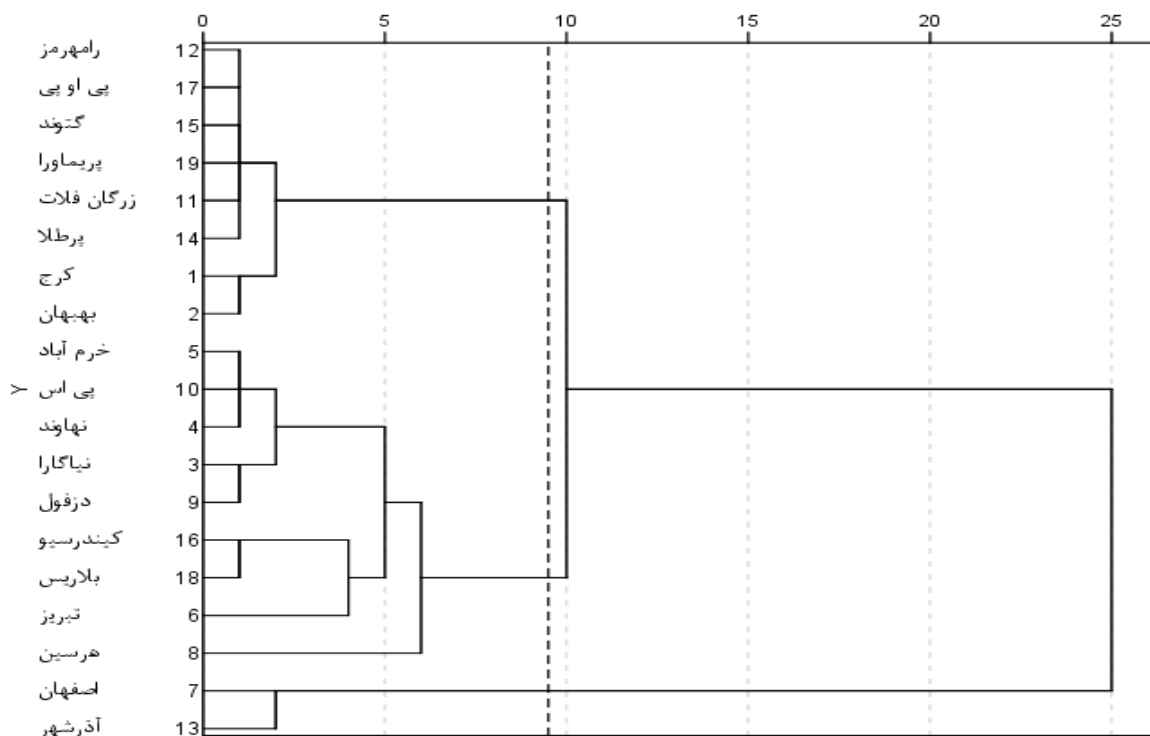


شکل ۳- بای پلات ۱۵ شاخص تحمل به شوری بر اساس مؤلفه اول و دوم

### تجزیه خوشه‌ای

تجزیه خوشه‌ای به منظور دسته‌بندی بهتر رقم‌ها بر اساس شاخص‌های تحمل به تنش که بیشترین همبستگی با  $Y_p$  و  $Y_s$  داشتند و در بخش قبل مشخص گردیدند، انجام شد تا شباهت‌ها و تفاوت میان آنها از نظر همه شاخص‌ها بررسی شود. در فاصله اقلیدسی نه، رقم‌ها بر اساس تجزیه واریانس تفاوت بسیار معنی‌داری را از نظر آماری نشان دادند و در سه خوشه قرار گرفتند (شکل ۴). نخستین گروه، هشت رقم شامل رامهرمز، پی‌اویی، گتوند، پریمورا، زرگان‌فلات، پرتلا، کرج و بهبهان را در خود جای داد. این رقم‌ها از نظر شاخص‌های اندازه‌گیری شده (نسبت به کل رقم‌ها)، شباهت‌های بسیاری با یکدیگر داشتند و مقادیر ضعیف‌تری را برای شاخص‌های مزبور نشان دادند. گروه دوم شامل

نه رقم خرم‌آباد، پی‌اس، نهاوند، نیاگارا، دزفول، کندرسیو، بلاریس، تبریز و هرسین بود که نسبت به سایر رقم‌ها مقادیر متوسطی از شاخص‌ها را داشتند. در نهایت گروه سوم شامل دو رقم به‌نام‌های آذرشهر و اصفهان بودند که مقادیر بالاتری از شاخص‌ها را به خود اختصاص داده بودند. بر اساس شاخص‌های تحمل و حساسیت به تنش و عملکرد، رقم‌های خوشه اول حساسترین رقم‌ها، خوشه دوم نیمه متحمل و خوشه سوم متحمل‌ترین بودند (شکل ۴). استفاده از تجزیه خوشه‌ای نیز برای جداسازی رقم‌های متحمل، نیمه‌متحمل و حساس به تنش در گندم (Khan & Mohammad, 2016) و نخود (Goodzand Chenghi *et al.*, 2016; ) (Mohammad Alipour Yamchi *et al.*, 2011) استفاده شده است.



شکل ۴- دندروگرام حاصل از تجزیه خوشه‌ای رقم‌های پیاز خوراکی بر اساس شاخص‌های تحمل به تنش شوری

#### نتیجه‌گیری کلی

هنگامی که یک به‌نژادگر به‌دنبال ژنوتیپی سازگار برای شرایط محیطی متغیر و با عملکرد بالاتر است، انتخاب باید بر اساس شاخص‌های تحمل به تنش محاسبه شده از عملکرد در هر دو شرایط تنش و بدون تنش باشد. گروه‌بندی بر اساس شاخص‌های تحمل به تنش مشخص کرد که رقم‌های اصفهان و قرمز آذرشهر به‌عنوان ژنوتیپ‌های متحمل‌تر به شوری بودند، بنابراین بهره‌برداری مستقیم یا غیرمستقیم از این رقم‌ها در برنامه‌های اصلاحی ضروری است. شاخص‌های STI، MP، GMP، ATI، HM و SNPI در هر دو شرایط تنش و بدون

تنش همبستگی خوب و بالایی با عملکرد داشتند و در تحلیل عاملی نیز دارای بار مثبت در عامل اول موسوم به عامل عملکرد پتانسیل و تحمل بودند و در نمودار دو وجهی نیز به‌خوبی قادر به جداسازی گروه A از دیگر گروه‌ها بودند. در مجموع تطابق خوبی بین نتایج حاصل از تجزیه خوشه‌ای و تجزیه به مؤلفه‌های اصلی وجود داشت. به‌طوری‌که با توجه به نمودار بای‌پلات پراکنش رقم‌ها در محور دو بعدی با دندروگرام همخوانی داشت. با توجه به نتایج روش‌های همبستگی، تحلیل عاملی و تجزیه خوشه‌ای می‌توان این شاخص‌ها را در ارزیابی تحمل به شوری رقم‌های پیاز خوراکی معتبر دانست.

#### References

- Abdul Qados, A. M. S. (2011). Effect of salt stress on plant growth and metabolism of beanplant *Vicia faba* (L.). *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 10, 7-15.

- Allel, D., Ben-Amar, A., Badri, M. & Abdelly, C. (2019). Evaluation of salinity tolerance indices in North African barley accessions at reproductive stage. *Czech Journal of Genetics and Plant Breeding*, 55(2), 61-69.
- Asgari Golestani, A., Ramazanpour, S. S., Barzoui, A., Soltanloo, H. & Navabpour, S. (2018). Evaluation of salinity tolerance of the fifth generation (M5) of bread wheat lines using some indices of stress tolerance. *Journal of Crop Production*, 11(2), 35-49.
- Badran, A. E. (2015). Comparative analysis of some garlic varieties under drought stress Conditions. *Journal of Agricultural Science*, 7(10), 271-280.
- Begum, M. A. J., Selvaraju, P. & Venudevan, B. (2013). Saline stress on seed germination. *Scientific Research and Essays*, 8(30), 1420-1423.
- Collado, M. B., Aulicino, M. B., Arturi, M. J. & Molina, M. C. (2015). Evaluation of salinity tolerance indices in seedling of maize (*Zea mays* L.). *Revista de la Facultad de Agronomia, La Plata*, 114(1), 27-37.
- Dadashi, M. (2011). Evaluation of salinity stress tolerance in barley lines without cover. *Crop Production in Environmental Stress*, 3(1), 99-112. (In Farsi)
- Ekbic, E., Cagran, C., Korkmaz, K., Kose, M. A. & Aras, V. (2017). Assessment of watermelon accessions for salt tolerance using stress tolerance indices. *Ciencia e Agrotecnologia*, 41(6), 616-625.
- Faghfourian, M. & Taheri, G. (2012). Investigation of the relative tolerance of edible bulbs at different concentrations of NaCl. In: Proceedings of The 1st national Conference on Solutions to Access Sustainable Development in Agriculture, Natural Resources and the Environment. 10 March, University of Tehran, Tehran, Iran, pp. 36-30. (In Farsi)
- Farshadfar, E., Jamshidi, B. & Aghae, M. (2012). Biplot analysis of drought tolerance indicators in bread wheat landraces of Iran. *International Journal of Agriculture and Crop Sciences*, 4(5), 226-233.
- Farshadfar, E., Sheibanirad, A. & Soltanian, M. (2014). Screening landraces of bread wheat genotypes for drought tolerance in the field and laboratory. *International Journal of Farming and Allied Sciences*, 3(3), 304-311.
- Food and Agriculture Organization. (2017). Production statistics. In FAOSTAT, from <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>.
- Goodzand Chenghi, K., Fotuvat, R., Bihamta, M. R., Omid, R. & Shahnejat Bushehri, A. A. (2016). Grouping of tolerance indices and response of kabuli and desi type chickpea genotypes to drought stress. *Iranian Journal of Crop Sciences*, 48(3), 647-664. (In Farsi)
- Hanci, F. & Cebeci, E. (2015). Comparison of salinity and drought stress effects on some morphological and physiological parameters in onion (*Allium cepa* L.) during early growth phase. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 21(6), 1204-1210.
- Hanci, F., Cebeci, E. & Mendi, Y. Y. (2012). Effects of NaCl and CaCl<sub>2</sub> on germination performance of some local onion (*Allium cepa* L.) cultivars in Turkey. *Acta Horticulturae*, 960, 203-209.
- Hosseini, Z. (2019). *Evaluation of salt tolerance in some cultivars of onion (Allium cepa L.)*. M.Sc. Thesis, Faculty of Agriculture, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Iran. (In Farsi)

- Izaddoost, H., Samizadeh, H., Rabiei, B. & Abdollahi, S. (2013). Evaluation of salt tolerance in rice (*Oryza sativa* L.) cultivars and lines with emphasis on stress tolerance indices. *Cereal Research*, 3(3), 167-180 (In Farsi)
- Jamshidvand, E., Zinli, H. & Arhami, A. (2014). Effects of different levels of salinity on germination and physiological traits of different indigenous onion varieties of Iran. In: Proceedings of the First National Conference on Engineering & Management of Agriculture, Environment and Natural Resources for Sustainable. 13 March, Hamedan, Iran, pp. 1-5. (In Farsi)
- Joshi, N. & Sawant, P. (2012). Response of onion (*Allium cepa* L.) seed germination and early seedling development to salt level. *International Journal of Vegetable Science*, 18(1), 3-19.
- Krishnamurthy, S., Gautam, R., Sharma, P. & Sharma, D. (2016). Effect of different salt stresses on agro-morphological traits and utilisation of salt stress indices for reproductive stage salt tolerance in rice. *Field Crops Research*, 190, 26-33.
- Kumawat, K. R., Gothwal, D. K. & Singh, D. (2017). Salinity tolerance of lentil genotypes based on stress tolerance indices. *Journal of Pharmacognosy and Photochemistry*, 6, 1368-1372.
- Mohammadalipour-Yamchi, H., Bihamta, M. R., Peighambari, S. A. & Naghavi, M. R. (2011). Evaluation of drought tolerance in Kabuli type chickpea genotypes. *Iranian Journal of Seeds and Plant Breeding*, 3, 393-409. (In Farsi)
- Mohammed, A. K. & Kadhem, F. A. (2017). Screening drought tolerance in bread wheat genotypes (*Triticum aestivum* L.) using drought indices and multivariate analysis. *The Iraqi Journal of Agricultural Sciences*, 48, 41-51.
- Zare bavani, M. R. (2015). *The study of physiological and biochemical responses of greenhouse pepper to NaCl salinity during different growth stages*. Ph.D. Dissertation, Faculty of Agriculture, University of Guilan, Iran. (In Farsi)