



دانشگاه گندی درین سیرک

نشریه پژوهش‌های تولید گیاهی

جلد بیست و ششم، شماره چهارم، ۱۳۹۸

۱-۲۳

<http://jopp.gau.ac.ir>

DOI: 10.22069/jopp.2019.14756.2320

غربال ژنوتیپ‌های گندم نان برای شناسایی منابع ژنتیکی تحمل به تنش شوری

یوسف ارشد^۱، * مهدی زهراوی^۱ و علی سلطانی^۲

^۱بخش تحقیقات ژنتیک و بانک ژن گیاهی ملی ایران، مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران، ^۲مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان یزد، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، یزد، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۱۲/۱۲؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۶/۲۴

چکیده

سابقه و هدف: شوری یکی از مهم‌ترین تنش‌های محیطی است که رشد و عملکرد گیاهان زارعی را کاهش می‌دهد. اصلاح ژنتیکی و تولید ارقام متحمل، مؤثرترین راه مقابله با تنش شوری می‌باشد. بهبود تحمل به شوری در گیاهان زارعی نیازمند وجود منابع ژنتیکی متنوع است. تنوع ژنتیکی برای تحمل به شوری در گندم مشاهده شده است. ذخایر ژنتیکی گندم منابع با ارزشی برای تحمل به تنش‌های غیرزیستی از جمله تنش شوری محسوب می‌شوند. این پژوهش با هدف غربال و گزینش ژنوتیپ‌های متحمل به شوری در ژرم‌پلاسما گندم نان انجام شد.

مواد و روش‌ها: تعداد ۹۷ ژنوتیپ گندم نان گزینش‌یافته از پژوهش‌های قبلی به همراه ارقام متحمل شاهد کویر، روشن و ماهوتی در مزارع پژوهشی کرج (شرایط نرمال) و میبد (شرایط خاک و آب آبیاری شور با هدایت الکتریکی به ترتیب ۶/۵۵ و ۵/۶۱ دسی‌زیمنس بر متر) در قالب طرح لاتیس ۱۰×۱۰ در سه تکرار کشت گردیده و صفات زارعی مطابق با توصیف‌نامه بین‌المللی ارزیابی شدند. شاخص‌های تحمل به تنش محاسبه گردید و ژنوتیپ‌های برتر با استفاده از تجزیه به مؤلفه‌های اصلی و تجزیه خوشه‌ای، متمایز شدند. به منظور شناسایی صفات مؤثر در تغییرات شاخص‌های تحمل به تنش، از تجزیه رگرسیون مرحله‌ای استفاده شد.

یافته‌ها: از بین ارقام شاهد، عملکرد دانه رقم کویر در شرایط تنش بیش‌تر از ارقام روشن و ماهوتی بود. تعداد نه ژنوتیپ عملکرد دانه بیش‌تری نسبت به رقم شاهد برتر در شرایط تنش داشتند. ژنوتیپ KC.۴۴۱۹ دارای بیش‌ترین مقدار عملکرد دانه در شرایط نرمال (۹۶۶/۶۷ گرم در کرت)، و بیش‌ترین مقدار تحمل به تنش شوری برای شاخص‌های STI، GMP، HM و MP بود. شاخص‌های STI، GMP و MP همبستگی بالایی با هر دو صفت عملکرد دانه در شرایط نرمال و تنش داشتند. ژنوتیپ‌های مورد مطالعه در چهار ناحیه بای‌پلات مبتنی بر عملکرد دانه در شرایط نرمال و تنش از یکدیگر تفکیک شدند و تعداد ۳۸ ژنوتیپ به همراه هر سه رقم شاهد در گروه A با عملکرد دانه بالاتر در شرایط نرمال و تنش قرار گرفتند. در تجزیه به مؤلفه‌های اصلی براساس صفات ارزیابی‌شده به همراه شاخص STI، سه مؤلفه اصلی اول در مجموع ۷۴/۷۹ درصد از واریانس داده‌ها را شامل شدند. مؤلفه اصلی اول بر افزایش عملکرد دانه در شرایط تنش از طریق افزایش طول دوره پرشدن دانه و تولید دانه‌های

* مسئول مکاتبه: mehdizahravi@yahoo.com

درشت‌تر و مؤلفه اصلی دوم بر تجمع ماده خشک در اندام‌های رویشی تأکید داشت. نتایج تجزیه رگرسیون مرحله‌ای برای شاخص STI نشان داد که صفت شاخص برداشت در هر دو مدل رگرسیون مربوط به شرایط نرمال و تنش شوری و صفت ارتفاع بوته به‌طور اختصاصی وارد مدل رگرسیون مربوط به تنش شد.

نتیجه‌گیری: ژنوتیپ‌های KC.۱۵۱۴، KC.۴۳۸۲، KC.۴۴۱۹ و KC.۴۴۰۷ (از اصفهان)، KC.۱۴۲ (از خوی)، KC.۳۱۰۰ (از مشهد)، KC.۱۱۴۳ و KC.۳۸۸ (از ایران با منشأ داخلی ناشناخته) و KC.۷۱۰۶ (از ایالات متحده آمریکا) با عملکرد دانه برتر در شرایط تنش نسبت به ارقام شاهد انتخاب شدند. با توجه به همبستگی بالای شاخص‌های STI، GMP و MP با صفات عملکرد دانه در شرایط نرمال و تنش، این شاخص‌ها به‌عنوان مناسب‌ترین معیارهای گزینش برای ژنوتیپ‌های گندم نان متحمل به تنش شوری شناسایی شدند.

واژه‌های کلیدی: خزانه زنی، ذخایر ژنتیکی، ژنوتیپ‌های بومی گندم نان، شوری

مقدمه

گندم غذای اصلی بیش از یک‌سوم از جمعیت جهان و منبع تأمین حدود ۲۰ درصد از کالری رژیم غذایی بشر می‌باشد (۱۷). براساس برآورد فائو (۹ و ۱۰) و رزگران و همکاران (۲۶) تولید جهانی گندم باید با رشد سالانه حداقل ۱/۶ درصد طی سال‌های ۲۰۲۰-۲۰۱۰ ادامه یابد تا بتواند تقاضای ۷۶۰ میلیون تنی را در سال ۲۰۲۰ تأمین نماید. از بین تنش‌های غیرزیستی، شوری یکی از مهم‌ترین عوامل محدودکننده رشد و عملکرد گیاهان در جهان است (۳۱). شوری مسأله جدی در تخریب خاک به‌شمار می‌رود و تولید کشاورزی را در بسیاری از نواحی جهان با مشکل مواجه ساخته است (۲۵). حدود ۸۰۰ میلیون هکتار از اراضی جهان تحت‌تأثیر شوری می‌باشند (۹ و ۳۲). شوری سبب ایجاد تنش اسمزی و سمیت یونی می‌شود که از جوانه‌زنی بذر و رشد مطلوب گیاهچه جلوگیری کرده و بنیه گیاه را ضعیف می‌کند (۱۴). مدیریت شوری از طریق احیاء اراضی پرهزینه بوده و اغلب راه‌حلهایی کوتاه‌مدت برای غلبه بر شوری ارائه می‌دهد (۷ و ۳۰). بهره‌گیری از دانش اصلاح نباتات و توسعه ارقامی که بتوانند در شرایط شوری متوسط رشد کرده و عملکرد اقتصادی

حاصل نمایند، رویکردی تکمیلی و دائمی برای به حداقل رساندن آثار سوء شوری می‌باشد (۱۲). برای گیاهان زراعی که در اراضی متأثر از شوری کشت می‌شوند، منابع جدید تحمل به شوری مورد نیاز می‌باشد (۲۱). افزایش تحمل به شوری در گیاهان زراعی، بهره‌برداری کارآمدتر از آب آبیاری با کیفیت پایین را میسر می‌سازد. اصلاح تحمل در گیاهان زراعی نیازمند دستیابی به تنوع ژنتیکی جدید می‌باشد. پژوهش‌ها نشان می‌دهد که تنوع ژنتیکی برای تحمل به شوری در بین ژنوتیپ‌ها وجود دارد (۱۱).

در بررسی ۸۲۳ نمونه ژنتیکی با مبدأ متفاوت از کلکسیون گندم نان بانک ژن گیاهی ملی ایران برای تحمل به شوری، صفات وزن دانه پنج سنبله و تعداد پنجه بیش‌ترین ضریب تغییرات را داشتند (۵). مجموع نتایج این پژوهش بیانگر تنوع ژنتیکی بالا و امکان گزینش برای تحمل به شوری در ذخایر ژنتیکی گندم نان بود. نتایج حاصل از تجزیه مرکب صفات ارزیابی‌شده در ۱۰۰ لاین گندم نان در شرایط مزرعه‌ای شوری و بدون شوری در یزد و کرمان، اختلاف معنی‌داری را بین ژنوتیپ‌ها نشان داد (۲۸). با بررسی تحمل به شوری گندم نان در مراحل مختلف رشد در محیط کنترل شده (شرایط لایسیمتری)

مشاهده شد که کاربرد آب شور از مرحله استقرار بوته به بعد، عملکرد دانه را بیش‌تر از مراحل بعدی اعمال آب شور، کاهش داد. بر اساس نتایج این پژوهش، کاهش عملکرد ماده خشک و کاهش تعداد بوته در واحد سطح، از دلایل اصلی کاهش عملکرد دانه تحت شرایط کاربرد آب شور بود (۲۳). براساس نتایج پژوهشی که بر روی ۱۱۴ ژنوتیپ گندم نان بهاره انجام گرفت پیشنهاد شد که به‌منظور معرفی ارقام برای اراضی شور استان گلستان بهتر است انتخاب از بین ژنوتیپ‌های پیشرفته ساحلی خزر در محیط شور انجام شود و ژنوتیپ‌هایی که در هر دو محیط غیرشور و شور عملکرد بالایی دارند، برای آزمایش در شرایط مزرعه انتخاب شوند (۲۷). ارزیابی تحمل به تنش شوری در ۳۵۲ نمونه ژنتیکی از کلکسیون گندم نان بانک ژن گیاهی ملی ایران (دریافت‌شده از ۲۴ کشور) منجر به شناسایی ۱۴ نمونه ژنتیکی به‌عنوان نمونه‌های متحمل برتر شد و نشان داد که ژرم‌پلاسم گندم نان بانک ژن گیاهی ملی ایران به‌عنوان منبع ژنتیکی غنی برای تحمل به شوری، قابل بهره‌برداری می‌باشد (۶). در بررسی ۳۳ ژنوتیپ گندم ایرانی نان در شرایط تنش شوری در مزرعه تحقیقاتی مرکز ملی شوری ایران واقع در استان یزد، صفات عملکرد دانه، زیست‌توده و شاخص برداشت دارای تنوع ژنتیکی در شرایط نرمال و تنش شوری بودند که از این تنوع می‌توان در برنامه‌های اصلاحی گندم برای تحمل به شوری استفاده کرد (۱). نتایج ارزیابی ۲۵ ژنوتیپ گندم نان شامل ارقام بومی، تجاری و لاین‌های امیدبخش در شرایط تنش شوری آب و خاک در ایستگاه تحقیقاتی خراسان جنوبی- بیرجند نشان داد که خصوصیتی مانند عملکرد زیستی، شاخص برداشت، نسبت پتاسیم به سدیم، میزان یون سدیم، طول سنبله، محتوای کلروفیل، محتوای آب نسبی و وزن هزاردانه را می‌توان به‌عنوان معیارهایی

برای انتخاب در جهت بهبود عملکرد دانه در ژنوتیپ‌های گندم در شرایط تنش شوری معرفی کرد (۲). نتایج بررسی شاخص‌های مورد استفاده جهت کفایت برازش الگوی رگرسیون لجستیک نشان داد که مدل رگرسیون لجستیک یک مدل مناسب برای تعیین ویژگی‌های مرتبط با تحمل شوری در ژنوتیپ‌های گندم نان می‌باشد (۱۳). نتایج پژوهش روی ۱۶۷ لینه اینبرد نوترکیب گندم در شرایط تنش شوری نشان داد که صفات عملکرد زیستی، شاخص برداشت، تعداد سنبله در واحد سطح، تعداد دانه در سنبله و وزن هزاردانه از مهم‌ترین اجزای عملکرد دانه می‌باشد (۱۸). براساس شاخص‌های تحمل به تنش و نسبت پتاسیم به سدیم بالا تحت هر دو شرایط بدون تنش و تنش شوری در مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی کرمان، ارقام طبسی، ارگ، اکبری، بم، سرخ‌تخم، بولانی، سیستان، کارچیا و روشن، به‌عنوان متحمل‌ترین ارقام نسبت به تنش شوری انتخاب شدند (۲۴). بررسی ارقام متحمل به شوری مناطق مختلف کشور و ارقام مناسب برای شرایط دیم و لاین‌های امیدبخش آبی و دیم، به شناسایی ژنوتیپی که برای هر دو شرایط تنش و بدون تنش در میان ژنوتیپ‌ها مناسب باشد منجر نگردید، اما ژنوتیپ $N=87-20$ برای شوری متوسط و رقم کریم برای شرایط دیم، مناسب شناخته شدند (۱۹). تعداد ۱۴ لاین و رقم امیدبخش گندم، تحت شرایط شور منطقه زرین دشت در استان فارس ارزیابی شدند و از بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی، یوجی ۵۲۰ با صفات بیش‌ترین عملکرد، زودرسی و شاخص‌های شیمیایی مناسب، به‌عنوان رقم مناسب برای کاشت در منطقه زرین‌دشت توصیه شد (۲۲).

انجام اصلاح ژنتیکی نیازمند وجود منابع ژرم‌پلاسم گسترده است تا تنوع کافی را برای گزینش فراهم آورد (۳۳). تأکید بر افزایش تنوع گیاهان

تحت شرایط بدون تنش و \bar{Y}_s به‌عنوان میانگین عملکرد دانه ژنوتیپ‌ها تحت تنش شوری، با استفاده از روابط مربوطه به شرح ذیل محاسبه گردید:

الف- شاخص تحمل تنش:

$$STI = \left(\frac{Y_p}{\bar{Y}_p} \right) \left(\frac{Y_s}{\bar{Y}_s} \right) \left(\frac{\bar{Y}_s}{\bar{Y}_p} \right) = \frac{(Y_p)(Y_s)}{(\bar{Y}_p)^2} \quad (1)$$

ب- شاخص حساسیت به تنش:

$$SSI = \frac{1 - \left(\frac{Y_s}{Y_p} \right)}{SI} \quad (2)$$

که در آن، $SI = 1 - \left(\frac{\bar{Y}_s}{\bar{Y}_p} \right)$ ، شدت تنش می‌باشد.

ج- شاخص تحمل:

$$TOL = Y_p - Y_s \quad (3)$$

د- شاخص میانگین حسابی بهره‌وری:

$$MP = \frac{Y_s + Y_p}{2} \quad (4)$$

ه- شاخص میانگین هندسی بهره‌وری:

$$GMP = \sqrt{(Y_s)(Y_p)} \quad (5)$$

و- شاخص میانگین هارمونیک:

$$HM = \frac{2(Y_p \cdot Y_s)}{Y_p + Y_s} \quad (6)$$

زراعی، نیاز به غربال گسترده کلکسیون‌های ژرم‌پلاسم را برانگیخت (۲۹). دامنه وسیعی از تنوع ژنتیکی در کلکسیون‌های ژرم‌پلاسم موجود است که ناشناخته باقی مانده یا مورد استفاده قرار نگرفته است (۲۱). بنابراین این پژوهش با هدف شناسایی منابع تحمل به تنش شوری در ژرم‌پلاسم گندم نان انجام شد.

مواد و روش‌ها

به‌منظور دستیابی به ژرم‌پلاسم متحمل به شوری ۹۷ ژنوتیپ گندم (جدول ۱) انتخاب شده از پژوهش‌های سابق (۴) به همراه ارقام شاهد کویر، روشن و ماهوتی در مزارع پژوهشی مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر واقع در کرج (شرایط نرمال بدون تنش شوری) و مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی یزد (ایستگاه تحقیقات میبد در شرایط خاک و آب آبیاری شور با هدایت الکتریکی به‌ترتیب ۶/۵۵ و ۵/۶۱ دسی‌زیمنس بر متر) در کرت‌های چهار ردیفی به طول ۲/۵ متر و به فاصله ۶۰ سانتی‌متر از یکدیگر در قالب طرح لاتیس ساده در سه تکرار کشت گردیده و مورد مطالعه قرار گرفتند. صفات طول خوشه، وزن صددانه، ارتفاع بوته، تعداد دانه در خوشه، روز تا گلدهی، روز تا رسیدن کامل، طول دوره پرشدن دانه، عملکرد دانه، زیست‌توده و شاخص برداشت طبق استاندارد توصیف‌نامه بین‌المللی (۱۵) ارزیابی شدند. به‌منظور محاسبه شاخص‌های تحمل به تنش، پس از رسیدن کامل بوته‌ها، عملکرد دانه با حذف ۲۵ سانتی‌متر از هر طرف از خطوط کشت اندازه‌گیری شد. شاخص‌های تحمل به تنش با در نظر گرفتن Y_p به‌عنوان عملکرد دانه تحت شرایط بدون تنش، Y_s به‌عنوان عملکرد دانه در شرایط تنش شوری، \bar{Y}_p به‌عنوان میانگین عملکرد دانه ژنوتیپ‌ها

جدول ۱- مبدأ جغرافیایی ژنوتیپ‌های گندم نان در آزمایش ارزیابی برای شناسایی منابع متحمل تنش شوری.

Table 1. Geographical origins of bread wheat genotypes in the experiment of evaluation for identification of tolerance sources to salinity.

شماره No	کد دسترسی KC	کشور/ ناحیه Country/Region	شماره No	کد دسترسی KC	کشور/ ناحیه Country/Region
1	142	Iran/Khoy	26	4207	Iran/Kashmar
2	2560	Iran	27	4210	Iran/Torbat Heydarieh
3	1411	Iran	28	4283	Iran/Mashahd
4	3324	Iran/Mashahd	29	3825	Iran
5	2035	Iran	30	4327	Iran/Bojnord
6	2348	Iran	31	4338	Iran/Esfahan
7	1143	Iran	32	4344	Iran/Esfahan
8	3100	Iran/Mashahd	33	4355	Iran/Esfahan
9	3166	Iran/Mashahd	34	4369	Iran/Esfahan
10	3289	Iran/Mashahd	35	4379	Iran/Esfahan
11	3322	Iran/Mashahd	36	4382	Iran/Esfahan
12	1514	Iran/Esfahan	37	4383	Iran/Esfahan
13	3649	Iran	38	4386	Iran/Esfahan
14	3653	Iran/Kermanshah	39	4387	Iran/Esfahan
15	3691	Iran/Mashahd	40	4388	Iran/Esfahan
16	3700	Iran	41	4389	Iran/Esfahan
17	4285	Iran/Mashahd	42	4399	Iran/Esfahan
18	3827	Iran/Esfahan	43	4401	Iran/Esfahan
19	3877	Iran/Shiraz	44	4405	Iran/Esfahan
20	3888	Iran	45	4406	Iran/Esfahan
21	3927	Iran/Sabzevar	46	4454	USA
22	4004	Iran	47	4418	Iran/Esfahan
23	4027	Iran/Mashahd	48	4419	Iran/Esfahan
24	4117	China	49	4442	Russia
25	4125	China	50	4448	Mexico
51	4449	Mexico	76	7090	USA
52	4450	Mexico	77	7093	USA
53	4407	Iran/Esfahan	78	7096	USA
54	4455	USA	79	7097	USA
55	4486	USA	80	7106	USA
56	4492	Uruguay	81	7121	Argentina
57	4499	Uruguay	82	7122	Argentina
58	4503	USA	83	7132	USA
59	4527	USA	84	7157	USA
60	4545	USA	85	7160	USA

ادامه جدول ۱-

Continue Table 1.

شماره No	کد دسترسی KC	کشور/ ناحیه Country/Region	شماره No	کد دسترسی KC	کشور/ ناحیه Country/Region
61	4571	USA ایالات متحده آمریکا	86	7170	USA ایالات متحده آمریکا
62	5047	Spain اسپانیا	87	7177	USA ایالات متحده آمریکا
63	5492	Italy ایتالیا	88	7179	USA ایالات متحده آمریکا
64	5704	Japan ژاپن	89	7184	USA ایالات متحده آمریکا
65	5746	Peru پرو	90	7191	USA ایالات متحده آمریکا
66	5747	Peru پرو	91	7073	USA ایالات متحده آمریکا
67	5857	Yugoslavia یوگسلاوی	92	7258	USA ایالات متحده آمریکا
68	5858	Russia روسیه	93	7316	USA ایالات متحده آمریکا
69	5917	Ethiopia اتیوپی	94	11610	Afghanistan افغانستان
70	6773	China چین	95	11719	Afghanistan افغانستان
71	6899	USA ایالات متحده آمریکا	96	11720	Afghanistan افغانستان
72	6910	USA ایالات متحده آمریکا	97	11725	Afghanistan افغانستان
73	7000	USA ایالات متحده آمریکا			
74	7008	USA ایالات متحده آمریکا			
75	7197	USA ایالات متحده آمریکا			

ژنوتیپ‌های مورد بررسی از لحاظ تمام صفات ارزیابی شده در سطح احتمال یک درصد در هر دو شرایط تنش و بدون تنش بود (نتایج ارائه نشده است). شدت تنش (SI) به میزان ۰/۳۹ برآورد شد که به معنی متوسط ۴۰ درصد کاهش عملکرد دانه در شرایط تنش در مقایسه با شرایط نرمال می‌باشد که بیانگر اعمال تنش شدید است. نتایج بررسی میانگین صفات ارزیابی شده در ژرم‌پلاسِم مورد مطالعه نشان داد که ژنوتیپ ۴۸ (KC.۴۴۱۹، از اصفهان) دارای بیش‌ترین مقدار عملکرد دانه در شرایط نرمال و بیش‌ترین مقدار برای شاخص‌های STI، GMP، HM و MP می‌باشد (جدول ۲).

ژنوتیپ ۲۰ (KC.۳۸۸۸، از ایران) با مبدأ نامشخص دارای بیش‌ترین مقدار عملکرد دانه و زیست‌توده در شرایط تنش شوری بود. کم‌ترین مقدار شاخص‌های HM و MP که نشان‌دهنده تحمل بیش‌تر نسبت به شرایط تنش می‌باشد به ژنوتیپ ۴۵ (KC.۴۴۰۶، از اصفهان) تعلق داشت. ژنوتیپ ۴۵

به‌منظور بررسی ارتباط بین شاخص‌های تحمل به تنش و عملکرد دانه در دو شرایط تنش و بدون تنش، ضریب همبستگی بین آن‌ها محاسبه گردید. برای گزینش ژنوتیپ‌ها براساس ترکیبی از شاخص‌های تحمل به مؤلفه‌های اصلی انجام شد. روابط بین شاخص‌های تحمل به تنش با صفات ارزیابی شده با استفاده از رگرسیون مرحله‌ای مورد بررسی قرار گرفت. از روش تجزیه خوشه‌ای با تعداد K میانگین، به‌منظور گروه‌بندی ژنوتیپ‌های مورد بررسی استفاده شد. محاسبات آماری و رسم نمودارها با استفاده از نسخه ۳/۲/۲ نرم‌افزار R انجام شد.

نتایج و بحث

تجزیه طرح لاتیس نشان‌دهنده عدم تفاوت بین بلوک‌های ناقص بود، بنابراین مشاهدات در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار مورد تجزیه واریانس و مقایسه میانگین‌ها قرار گرفتند. نتایج تجزیه واریانس نشان‌دهنده وجود تفاوت بین

گلدهی و رسیدگی کامل و بیشترین طول دوره پرشدن دانه در شرایط تنش بود و بنابراین به‌عنوان زودرس‌ترین ژنوتیپ در شرایط تنش شوری شناسایی شد. ژنوتیپ ۵۷ (KC.۴۴۹۹)، از اروگوئه) از کم‌ترین تعداد روز تا گلدهی و بیشترین طول دوره پرشدن دانه در شرایط نرمال برخوردار بود، با این‌حال ژنوتیپ ۱۱ (KC.۳۳۲۲)، از مشهد) به‌عنوان زودرس‌ترین ژنوتیپ در شرایط نرمال شناسایی گردید. از بین ژنوتیپ‌های دارای عملکرد دانه بیشتر در شرایط تنش شوری نسبت به رقم کویر، ژنوتیپ‌های ۱ (KC.۱۴۲)، از خوی)، ۷ (KC.۱۱۴۳)، از ایران با مبدأ نامشخص)، ۸ (KC.۳۱۰۰)، از مشهد)، ۴۸ (KC.۴۴۱۹)، از اصفهان) و ۵۳ (KC.۴۴۰۷)، از اصفهان) دارای روز تا گلدهی کم‌تر و ژنوتیپ‌های ۷۹ (KC.۷۰۹۷)، از آمریکا)، ۳۶ (KC.۴۳۸۲)، از اصفهان)، ۲۰ (KC.۳۸۸۸)، از ایران با مبدأ نامشخص) و ۱۲ (KC.۱۵۱۴)، از اصفهان) دارای روز تا گلدهی بیشتری نسبت به این رقم در شرایط تنش بودند. تمام ژنوتیپ‌های نام‌برده‌شده از روز تا رسیدگی کامل بیشتری نسبت به رقم کویر در شرایط تنش شوری برخوردار بودند. در ارزیابی لاین‌ها و ارقام امیدبخش گندم تحت شرایط شور، کوتاه‌ترین و طولانی‌ترین زمان برای ظهور سنبله به‌ترتیب متعلق به رقم به‌رنگ و یوجی ۵۲۰ بود و نتایج مشابهی نیز برای زمان تا رسیدگی فیزیولوژیک مشاهده شد (۲۲).

نتایج بررسی همبستگی بین شاخص‌های تحمل به تنش (جدول ۳) نشان داد که شاخص‌های STI، GMP و MP، همبستگی بالایی با صفت عملکرد دانه در شرایط نرمال و تنش داشتند و بنابراین به‌عنوان مناسب‌ترین معیارهای گزینش برای ژنوتیپ‌های گندم نان برتر در شرایط تنش شوری قابل توصیه می‌باشند. شاخص‌های TOL و SSI هر دو، دارای همبستگی منفی و معنی‌داری با صفت عملکرد دانه در شرایط نرمال و تنش بودند که رابطه عکس مقادیر عددی این

(KC.۴۴۰۶، از اصفهان) همچنین دارای کم‌ترین مقدار طول سنبله در شرایط نرمال بود. ژنوتیپ ۷۶ (KC.۷۰۹۰)، از ایالات متحده آمریکا) دارای کم‌ترین مقدار عملکرد دانه در شرایط تنش، کم‌ترین مقدار شاخص‌های STI، GMP و HM و بیشترین مقدار شاخص SSI بود و بنابراین به‌عنوان حساس‌ترین ژنوتیپ نسبت به تنش شوری شناسایی شد. از بین ارقام شاهد، رقم ماهوتی در شرایط نرمال عملکرد دانه بالاتری نسبت به ارقام روشن و کویر داشت در صورتی‌که در شرایط تنش، عملکرد دانه رقم کویر بیش‌تر از روشن و ماهوتی بود. تعداد ۱۵ ژنوتیپ شامل ژنوتیپ‌های ۴۸ (KC.۴۴۱۹)، از اصفهان)، ۳۷ (KC.۴۳۸۳)، از اصفهان)، ۹۲ (KC.۷۲۵۸)، از ایالات متحده آمریکا)، ۳ (KC.۱۴۱۱)، از ایران با مبدأ نامشخص)، ۲۱ (KC.۳۹۲۷)، از سبزوار)، ۶۱ (KC.۴۵۷۱)، از ایالات متحده آمریکا)، ۷۹ (KC.۷۰۹۷)، از ایالات متحده آمریکا)، ۱۲ (KC.۱۵۱۴)، از اصفهان)، ۹۵ (KC.۱۱۷۱۹)، از افغانستان)، ۲۸ (KC.۴۲۸۳)، از مشهد)، ۱۸ (KC.۳۸۲۷)، از اصفهان)، ۸۲ (KC.۷۱۲۲)، از آرژانتین)، ۷ (KC.۱۱۴۳)، از ایران با مبدأ نامشخص)، ۲۹ (KC.۳۸۲۵)، از ایران با مبدأ نامشخص) و ۵۹ (KC.۴۵۲۷)، از ایالات متحده آمریکا) در شرایط نرمال، عملکرد دانه بیش‌تری نسبت به رقم شاهد برتر در شرایط نرمال (ماهوتی) داشتند. همچنین تعداد نه ژنوتیپ شامل ژنوتیپ‌های ۲۰ (KC.۳۸۸۸)، از ایران با مبدأ نامشخص)، ۱ (KC.۱۴۲)، از خوی)، ۴۸ (KC.۴۴۱۹)، از اصفهان)، ۵۳ (KC.۴۴۰۷)، از اصفهان)، ۷ (KC.۱۱۴۳)، از ایران با مبدأ نامشخص)، ۷۹ (KC.۷۰۹۷)، از ایالات متحده آمریکا)، ۱۲ (KC.۱۵۱۴)، از اصفهان)، ۸ (KC.۳۱۰۰)، از مشهد) و ۳۶ (KC.۴۳۸۲)، از اصفهان) در شرایط تنش، از عملکرد دانه بیش‌تری نسبت به رقم شاهد برتر در شرایط تنش (کویر) برخوردار بودند. ژنوتیپ ۵۶ (KC.۴۴۹۲)، از اروگوئه) دارای کم‌ترین تعداد روز تا

شاخص‌ها را با تحمل به تنش نشان می‌دهد. شاخص TOL همچنین دارای همبستگی مثبت و معنی‌داری با صفت عملکرد دانه در شرایط نرمال بود، ولی شاخص SSI همبستگی معنی‌داری با این صفت نداشت.

شاخص‌های TOL و SSI دارای ضریب همبستگی معنی‌دار بزرگی بودند که ارتباط نزدیک بین این دو شاخص را نشان می‌دهد.

جدول ۲- مقادیر شاخص‌های تحمل به تنش برای ژنوتیپ‌های برتر گندم نان در ارزیابی تحت شرایط تنش شوری.

Table 2. Values of stress tolerance indices in superior bread wheat genotypes through the assessment under salinity stress condition.

Genotype No	Grain yield in normal condition عملکرد دانه در شرایط نرمال Yp	Grain yield in stress condition عملکرد دانه در شرایط تنش Ys	Tolerance Index شاخص تحمل TOL	Stress Tolerance Index شاخص تحمل تنش STI	Geometric Mean Productivity میانگین هندسی بهره‌وری GMP	Stress Susceptibility Index شاخص حساسیت به تنش SSI	Harmonic mean میانگین هارمونیک HM	Mean Productivity میانگین حسابی بهره‌وری MP
1	650.00	605.75	44.25	0.97	627.49	0.17	627.10	627.88
3	823.33	542.77	280.56	1.11	668.49	0.88	654.24	683.05
6	656.67	548.90	107.77	0.89	600.37	0.42	597.97	602.79
7	751.67	579.48	172.19	1.08	659.98	0.59	654.44	665.58
8	636.67	563.62	73.05	0.89	599.03	0.29	597.92	600.15
12	780.00	576.72	203.28	1.11	670.70	0.67	663.13	678.36
15	733.33	450.90	282.43	0.82	575.03	0.99	558.44	592.12
17	666.67	472.33	194.34	0.78	561.15	0.75	552.92	569.50
18	753.33	498.93	254.40	0.93	613.07	0.87	600.29	626.13
19	728.33	484.55	243.78	0.87	594.06	0.86	581.94	606.44
20	718.33	619.48	98.85	1.10	667.08	0.35	665.25	668.91
21	823.33	426.18	397.15	0.87	592.36	1.24	561.64	624.76
28	756.67	457.42	299.25	0.86	588.32	1.02	570.17	607.05
33	676.67	489.48	187.19	0.82	575.51	0.71	568.05	583.08
34	705.00	453.05	251.95	0.79	565.16	0.92	551.62	579.03
35	626.67	553.20	73.47	0.86	588.79	0.30	587.65	589.94
36	738.33	560.72	177.61	1.02	643.43	0.62	637.38	649.53
37	876.67	540.25	336.42	1.17	688.20	0.99	668.52	708.46
48	966.67	598.72	367.95	1.43	760.77	0.98	739.45	782.70
53	633.33	594.78	38.55	0.93	613.75	0.16	613.45	614.06
56	686.67	539.47	147.20	0.92	608.64	0.55	604.23	613.07
57	720.00	445.62	274.38	0.79	566.43	0.98	550.52	582.81
58	731.67	471.83	259.84	0.85	587.56	0.91	573.70	601.75
59	748.33	479.65	268.68	0.89	599.11	0.92	584.60	613.99
61	805.00	440.10	364.90	0.88	595.21	1.16	569.08	622.55
63	701.67	515.38	186.29	0.90	601.35	0.68	594.27	608.53
66	648.33	481.62	166.71	0.77	558.79	0.66	552.68	564.98
79	781.67	577.13	204.54	1.12	671.66	0.67	664.01	679.40
82	753.33	470.95	282.38	0.88	595.63	0.96	579.57	612.14
92	865.00	520.23	344.77	1.11	670.82	1.02	649.71	692.62
کویر Kavir	685.00	558.65	126.35	0.95	618.61	0.47	615.41	621.83
ماهوتی Mahooti	746.67	426.77	319.90	0.79	564.50	1.10	543.11	586.72
روشن Roshan	731.67	495.47	236.20	0.90	602.10	0.83	590.84	613.57

جدول ۳- ضرایب همبستگی بین شاخص‌های تحمل به تنش در ارزیابی ژنوتیپ‌های گندم نان تحت شرایط تنش شوری.

Table 3. Coefficient of correlations between stress tolerance indices in the assessment of bread wheat genotypes under salinity stress condition.

	میانگین حسابی بهره‌وری Mean Productivity	میانگین هارمونیک Harmonic mean	شاخص حساسیت به تنش Stress Susceptibility Index	میانگین هندسی بهره‌وری Geometric Mean Productivity	شاخص تحمل تنش Stress Tolerance Index	شاخص تحمل Tolerance Index	عملکرد دانه در شرایط تنش Grain yield in stress condition
	MP	HM	SSI	GMP	STI	TOL	Ys
Yp	0.81**	0.73**	0.08 ^{ns}	0.80**	0.82**	0.40**	0.59**
Ys	0.89**	0.97**	-0.75**	0.94**	0.94**	-0.46**	
TOL	-0.003	-0.24*	0.91**	-0.14 ^{ns}	-0.14 ^{ns}		
STI	0.98**	0.99**	-0.49**	0.99**			
GMP	0.99**	0.99**	-0.50**				
SSI	-0.38**	-0.59**					
HM	0.97**						

** معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد، ^{ns} غیرمعنی‌دار.

** Significant at confidence level of 1%, ^{ns} non-Significant.

بررسی شده، STI و GMP با Yp و Ys و SSI با Yp همبستگی مثبت و معنی‌دار داشتند (۱۹). نتایج بررسی ۲۵ ژنوتیپ گندم نان در شرایط تنش شوری نشان داد که شاخص‌های STI، MP و GMP برای شناسایی ژنوتیپ‌های با عملکرد بالا در هر دو شرایط تنش و بدون تنش مناسب هستند و از بین آن‌ها STI مناسب‌ترین شاخص شناخته شد (۳).

با توجه به این‌که براساس نتایج تجزیه همبستگی شاخص‌های STI، GMP و MP، عنوان مناسب‌ترین شاخص شناخته شدند، ژنوتیپ‌ها براساس این شاخص‌ها مورد گروه‌بندی قرار گرفتند و نتایج نشان داد که سه گروه متمایز در مواد ژنتیکی مورد بررسی، قابل تفکیک می‌باشد. گروه اول که ارقام شاهد روشن، کویر و ماهوتی را نیز در برداشت به‌طور متوسط دارای بالاترین مقدار عددی از لحاظ این شاخص‌های نام‌برده شده و همچنین بیش‌ترین میانگین عملکرد دانه

تحلیل همبستگی بین شاخص‌ها و میانگین عملکرد ۴۱ رقم گندم توسط کنفی لسکوکلایه و همکاران (۲۰۱۵) نشان داد که چهار شاخص GMP، MP، HM و STI، مناسب‌ترین شاخص‌ها برای گزینش ارقام مورد بررسی برای تحمل به تنش شوری بودند (۱۶). راوری و همکاران (۲۰۱۶) در ارزیابی ۴۱ ژنوتیپ گندم نان، شاخص‌های MP، GMP، HM و STI را به‌عنوان معیاری مناسب جهت انتخاب ارقام پرمحصول و متحمل به تنش شوری توصیه نمودند (۲۴). در پژوهش محمدنژاد و همکاران (۲۰۱۶) روی ارقام متحمل به شوری و لاین‌های امیدبخش آبی و دیم، همبستگی بین عملکرد ژنوتیپ‌ها در شرایط بدون تنش با تنش شوری شدید (شدت تنش ۰/۷۶) معنی‌دار نبود، اما در دو حالت دیگر یعنی بدون تنش شوری و با تنش شوری متوسط (شدت تنش ۰/۵۱) معنی‌دار بود. همچنین در بین شاخص‌های

در شرایط نرمال و تنش بود و بنابراین به‌عنوان گروه ژنوتیپ‌های متحمل شناسایی شد. این گروه ژنوتیپ‌های ۳ (KC.۱۴۱۱)، ۵ (KC.۲۰۳۵)، ۶ (KC.۲۳۴۸)، ۷ (KC.۱۱۴۳)، ۱۳ (KC.۳۶۴۹)، ۲۰ (KC.۳۸۸۸) و ۲۹ (KC.۳۸۲۵) (از ایران با مبدأ نامشخص)، ۱۲ (KC.۱۵۱۴)، ۱۸ (KC.۳۸۲۷)، ۳۳ (KC.۴۳۵۵)، ۳۴ (KC.۴۳۶۹)، ۳۵ (KC.۴۳۷۹)، ۳۶ (KC.۴۳۸۲)، ۳۷ (KC.۴۳۸۳)، ۴۸ (KC.۴۴۱۹) و ۵۳ (KC.۴۴۰۷) (از اصفهان)، ۸ (KC.۳۱۰۰)، ۱۵ (KC.۳۶۹۱)، ۱۷ (KC.۴۲۸۵) و ۲۸ (KC.۴۲۸۳) از مشهد)، ۱ (KC.۱۴۲) (از خوی)، ۲۱ (KC.۳۹۲۷) از سبزوار)، ۱۹ (KC.۳۸۷۷) (از شیراز)، ۸۲ (KC.۷۱۲۲) از آرژانتین)، ۶۳ (KC.۵۴۹۲) (از ایتالیا)، ۶۶ (KC.۵۷۴۷) (از پرو)، ۵۶ (KC.۴۴۹۲) و ۵۷ (KC.۴۴۹۹) از اروگوئه)، و ۵۴ (KC.۴۴۵۵)، ۵۸ (KC.۴۵۰۳)، ۵۹ (KC.۴۵۲۷)، ۶۱ (KC.۴۵۷۱) و ۷۹ (KC.۷۰۹۷) از ایالات متحده آمریکا) را در بر گرفت. گروه دوم مقدار متوسطی از شاخص‌های STI، GMP و MP را دارا بود و از لحاظ میانگین عملکرد دانه در شرایط نرمال و تنش بعد از گروه اول و بالاتر از گروه سوم قرار گرفت و بنابراین به‌عنوان گروه ژنوتیپ‌های نیمه‌متحمل قابل شناسایی می‌باشد. ژنوتیپ‌های ۳۲ (KC.۴۳۴۴)، ۳۸ (KC.۴۳۸۶)، ۳۹ (KC.۴۳۸۷) و ۴۰ (KC.۴۳۸۸) از اصفهان)، ۹۴ (KC.۱۱۶۱۰) (از افغانستان)، ۶۹ (KC.۵۹۱۷) (از اتیوپی)، ۵۲ (KC.۴۴۵۰) (از مکزیک)، ۶۸ (KC.۵۸۵۸) از روسیه)، ۶۲ (KC.۵۰۴۷) (از اسپانیا)، و ۷۴ (KC.۴۴۸۶)، ۷۱ (KC.۶۸۹۹)، ۷۲ (KC.۶۹۱۰)، ۷۸ (KC.۷۰۰۸)، ۷۶ (KC.۷۰۹۰) و ۷۷ (KC.۷۰۹۳) (KC.۷۰۹۶)، ۸۰ (KC.۷۱۰۶)، ۸۴ (KC.۷۱۵۷)، ۸۷ (KC.۷۱۷۷) و ۸۹ (KC.۷۱۸۴) و ۹۰ (KC.۷۱۹۱) از ایالات متحده آمریکا) در گروه دوم قرار گرفتند. گروه

سوم بقیه ژنوتیپ‌ها را در برگرفت و از کم‌ترین میانگین شاخص‌های STI، GMP و MP و کم‌ترین میانگین عملکرد دانه در شرایط نرمال و تنش برخوردار بود و بنابراین به‌عنوان گروه ژنوتیپ‌های حساس شناسایی شد.

در تجزیه به مؤلفه‌های اصلی شاخص‌های تحمل به تنش، دو مؤلفه اصلی ۹۹/۶۱ درصد از تغییرات داده‌ها را شامل شدند (جدول ۴). در مؤلفه اصلی اول تمام متغیرها به‌جز TOL و SSI دارای ضریب مثبت بزرگی بودند. شاخص‌های TOL و SSI در این مؤلفه اصلی، ضریب منفی داشتند. بنابراین مقادیر عددی بالاتر از لحاظ این مؤلفه اصلی، ژنوتیپ‌های دارای تحمل بیش‌تر به شرایط تنش را متمایز می‌سازد. در مؤلفه اصلی دوم شاخص‌های TOL و SSI دارای بزرگ‌ترین ضریب مثبت بودند بنابراین گزینش ژنوتیپ‌های دارای حساسیت کم‌تر به تنش شوری را باید براساس مقادیر عددی کوچک‌تر در این مؤلفه اصلی انجام داد. براساس این ویژگی‌های مؤلفه‌های اصلی، ژنوتیپ‌های برتر از لحاظ تحمل به تنش، در ربع پائین و سمت راست بای‌پلات مبتنی بر مؤلفه‌های اصلی قرار خواهند گرفت (شکل ۱). ژنوتیپ‌های ۱ (KC.۱۴۲)، ۵ (KC.۲۰۳۵)، ۶ (KC.۲۳۴۸)، ۷ (KC.۱۱۴۳)، ۸ (KC.۳۱۰۰)، ۹ (KC.۳۱۶۶)، ۱۳ (KC.۳۶۴۹)، ۱۶ (KC.۳۷۰۰)، ۱۷ (KC.۴۲۸۵)، ۲۰ (KC.۳۸۸۸)، ۳۳ (KC.۴۳۵۵)، ۳۵ (KC.۴۳۷۹)، ۳۶ (KC.۴۳۸۲)، ۵۳ (KC.۴۴۰۷)، ۵۴ (KC.۴۴۵۵)، ۵۶ (KC.۴۴۹۲)، ۶۳ (KC.۵۴۹۲)، ۶۶ (KC.۵۷۴۷) و ۹۳ (KC.۷۳۱۶) به همراه رقم کویر در این ناحیه از بای‌پلات واقع شدند. در این بای‌پلات، بردارهای Yp، Ys، MP، GMP، HM و STI در یک سمت از نمودار واقع شده و غیرهمسو با بردار شاخص‌های TOL و SSI و دارای زاویه منفرجه با آنها بودند که بیانگر ضریب همبستگی منفی بین آنها می‌باشد.

ژنوتیپ‌های ۳ (KC.۱۴۱۱)، ۱۵ (KC.۳۶۹۱)، ۱۸ (KC.۳۸۲۷)، ۱۹ (KC.۳۸۷۷)، ۲۸ (KC.۴۲۸۳)، ۳۴ (KC.۴۳۶۹)، ۳۷ (KC.۴۳۸۳)، ۴۸ (KC.۴۴۱۹)، ۵۷ (KC.۴۴۹۹)، ۵۸ (KC.۴۵۰۳)، ۵۹ (KC.۴۵۲۷)، ۸۲ (KC.۷۱۲۲)، ۹۱ (KC.۷۰۷۳)، ۹۲ (KC.۷۲۵۸) و روشن در حد فاصل دو بردار Y_p و Y_s واقع شدند که بیانگر عملکرد بالاتر آنها در هر دو شرایط نرمال و تنش نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها می‌باشد.

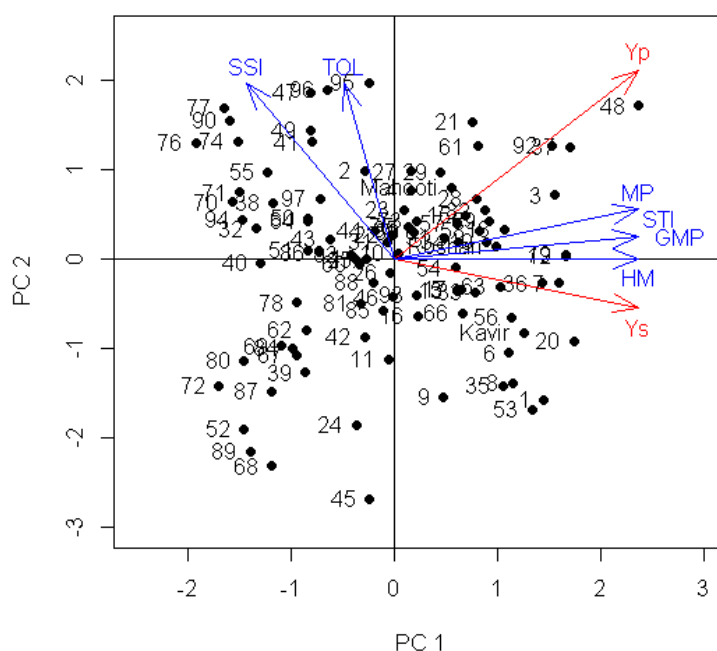
جدول ۴- مقادیر و بردارهای ویژه دو مؤلفه اصلی مبتنی بر شاخص‌های تحمل به تنش در ارزیابی ژنوتیپ‌های گندم نان تحت شرایط تنش شوری.

Table 4. Eigen values and vectors of principal components based on stress tolerance indices in the assessment of bread wheat genotypes under salinity stress condition.

شاخص Index	مؤلفه اصلی Principal Component	
	اول First	دوم Second
Y_p	0.76	0.65
Y_s	0.97	-0.23
TOL	-0.24	0.97
STI	0.99	0.10
GMP	0.99	0.10
SSI	-0.59	0.80
HM	1.00	0.00
MP	0.97	0.24
مقدار ویژه Eigen value	5.83	2.14
درصد واریانس تجمعی Cumulative variance (%)	72.88	99.61

در شرایط تنش و بدون تنش شد و مؤلفه دوم حساسیت ژنوتیپ‌ها به تنش را نشان داد (۱۹). همچنین نتایج بررسی ۲۵ ژنوتیپ گندم نان در شرایط تنش شوری نشان داد که ژنوتیپ‌های شماره ۲۵، ۲۲، ۲۰ و ۱۳ در ناحیه با پتانسیل تولید بالا و حساسیت پایین به شوری در مجاورت بردارهای مربوط به شاخص‌های GMP ، MP و STI قرار گرفته و به‌عنوان ژنوتیپ‌های متحمل و برتر از ارقام شاهد و ژنوتیپ‌های شماره ۱۶، ۱۷، ۹ (مغان ۳) و ۱۰ (شیرودی) به‌عنوان ژنوتیپ‌های حساس به شوری شناسایی شدند (۳).

در بررسی ۴۱ رقم گندم نان تحت تنش شوری، تجزیه به مؤلفه‌های اصلی بر مبنای شاخص‌های تحمل و حساسیت به تنش با استفاده از دو مؤلفه اصلی، ۹۷/۱۵ درصد از تغییرات کل ارقام را توجیه کرد (۱۶). نتایج تجزیه به مؤلفه‌های اصلی روی ارقام متحمل به شوری و لاین‌های امیدبخش آبی و دیم نشان داد که در شرایط تنش شوری شدید، مؤلفه اول ژنوتیپ‌های با عملکرد بالا در شرایط بدون تنش و مؤلفه دوم، ژنوتیپ‌های با عملکرد بالا در شرایط تنش را تفکیک می‌نمود. اما در شرایط تنش متوسط، مؤلفه اول باعث انتخاب ژنوتیپ‌های با عملکرد بالا در هر

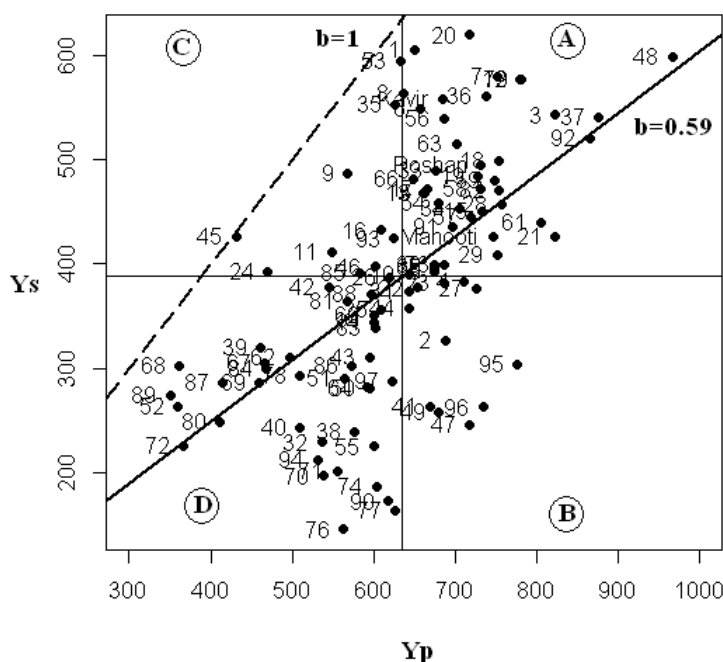


شکل ۱- توزیع ژنوتیپ‌های گندم نان در نمودار دو مؤلفه اصلی اول مبتنی بر شاخص‌های تحمل به تنش در ارزیابی تحت شرایط تنش شوری

Fig. 1. Distribution of bread wheat genotypes in biplot of the first two principal components based on stress tolerance indices in the assessment under salinity stress condition.

در هر دو شرایط نرمال و تنش اختصاص داشت. ژنوتیپ‌های ۴۵ (KC.۴۴۰۶)، ۵۳ (KC.۴۴۰۷)، ۱ (KC.۱۴۲)، ۶۸ (KC.۵۸۵۸) و ۸ (KC.۳۱۰۰) دارای کم‌ترین فاصله با خط مرجع ($b=1$) بودند که بیانگر مقدار عددی نزدیک آن‌ها برای عملکرد دانه در دو شرایط نرمال و تنش شوری و به عبارت دیگر، برتر بودن آن‌ها از لحاظ شاخص TOL می‌باشد. خط رگرسیون با معادله $Ys=0/09Yp+11/97$ تشکیل شد و در مجموع ۲۲ ژنوتیپ در گروه‌های B و C قرار گرفتند که بیش‌ترین نقش را در انحراف شیب خط رگرسیون از مقدار یک ($b=0/09$) داشتند.

ژنوتیپ‌های مورد مطالعه در چهار ناحیه بای پلات مبتنی بر عملکرد دانه در شرایط نرمال و تنش از یکدیگر تفکیک شدند (شکل ۲). تعداد ۳۸ ژنوتیپ به همراه هر سه رقم شاهد در گروه A با عملکرد دانه بالاتر در شرایط نرمال و تنش قرار گرفتند. گروه B به نمونه‌های دارای عملکرد دانه بالاتر در شرایط نرمال و عملکرد دانه پایین‌تر در شرایط تنش اختصاص داشت و ۱۲ ژنوتیپ در این گروه واقع شدند. تعداد ۱۰ ژنوتیپ با عملکرد دانه بالاتر در شرایط تنش و عملکرد دانه پایین‌تر در شرایط نرمال، در گروه C قرار گرفتند. گروه D مشتمل بر ۳۷ ژنوتیپ، به نمونه‌های دارای عملکرد پایین‌تر



شکل ۲- توزیع ژنوتیپ‌های گندم نان در مناطق چهارگانه براساس عملکرد دانه در شرایط نرمال و تنش شوری.

Fig. 2. Distribution of bread wheat genotypes in quadruple regions based on grain yield under normal and salinity stress conditions.

خصوصیات خوشه شامل طول خوشه و تعداد دانه در خوشه تأکید داشت.

نتایج تجزیه به مؤلفه‌های اصلی روی ۱۱۴ ژنوتیپ گندم نان بهاره نشان داد که ارتفاع، وزن هزاردانه و عملکرد در شرایط شور و غیرشور در سه مؤلفه اصلی انتخاب‌شده تأثیر زیادی در انتخاب ژنوتیپ‌ها داشتند (۲۷). همچنین نتایج تجزیه به مؤلفه‌های اصلی با استفاده از ۱۶ صفت ارزیابی‌شده بر روی ۸۲۳ نمونه ژنتیکی با مبدأ متفاوت از کلکسیون گندم نان بانک ژن گیاهی ملی ایران نشان داد که تعداد هفت مؤلفه اصلی، ۶۹/۱۸ درصد از تغییرات کل را توجیه نمودند و مؤلفه اصلی اول بر وزن دانه پنج سنبله، تعداد دانه در سنبله، تعداد سنبله در سنبله و تعداد گلچه در سنبله بیش‌تر تأکید داشت (۵).

در تجزیه به مؤلفه‌های اصلی براساس صفات ارزیابی شده به همراه شاخص STI، سه مؤلفه اصلی اول در مجموع ۷۴/۷۹ درصد از واریانس داده‌ها را شامل شدند (جدول ۵). در مؤلفه اصلی اول صفات شاخص برداشت، عملکرد دانه، طول دوره پرشدن دانه، وزن صدانه و شاخص STI دارای بزرگ‌ترین ضریب مثبت و صفات تعداد روز تا گلدهی و تعداد روز تا رسیدگی کامل دارای بزرگ‌ترین ضریب منفی بودند. بنابراین مؤلفه اصلی اول بر افزایش عملکرد دانه در شرایط تنش از طریق افزایش طول دوره پرشدن دانه و تولید دانه‌های درشت‌تر تأکید دارد. در مؤلفه اصلی دوم صفات زیست‌توده و ارتفاع بوته دارای بزرگ‌ترین ضریب مثبت بودند و بنابراین این مؤلفه اصلی بر تجمع ماده خشک در اندام‌های رویشی تأکید دارد. مؤلفه سوم براساس بزرگ‌ترین ضرایب، بر

جدول ۵- مقادیر و بردارهای ویژه مؤلفه‌های اصلی مبتنی بر شاخص‌های تحمل به تنش در ارزیابی ژنوتیپ‌های گندم نان تحت شرایط تنش شوری.

Table 5. Eigen values and vectors of principal components based on stress tolerance indices in the assessment of bread wheat genotypes under salinity stress condition.

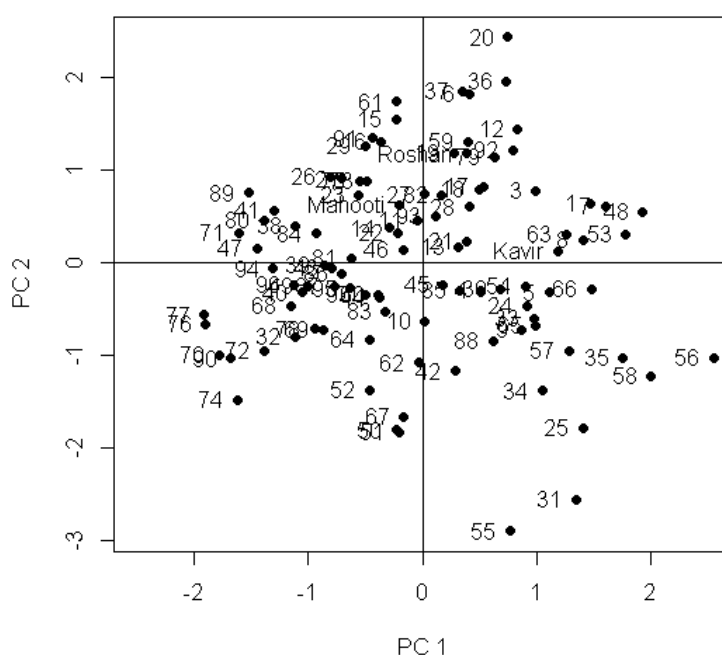
صفت	Trait	مؤلفه اصلی Principal Component		
		اول First	دوم Second	سوم Third
عملکرد دانه	Grain yield	0.83	0.50	-0.14
STI		0.76	0.54	-0.11
طول خوشه	Spike length	-0.06	0.35	0.73
وزن صد دانه	100 Grain weight	0.77	-0.07	-0.15
ارتفاع بوته	Plant height	-0.44	0.68	0.23
تعداد دانه درخوشه	Number of seeds per spike	-0.08	-0.07	0.62
روز تا رسیدگی کامل	Days to full maturity	-0.77	0.34	-0.17
روز تا گلدهی	Days to flowering	-0.87	0.31	-0.30
طول دوره پر شدن دانه	Grain filling duration	0.79	-0.24	0.34
زیست‌توده	Biomass	0.36	0.82	-0.03
شاخص برداشت	Harvest index	0.84	-0.04	-0.16
مقدار ویژه	Eigen value	4.88	2.06	1.28
درصد واریانس تجمعی	Cumulative variance (%)	44.38	63.12	74.79

۳۶، (KC.۴۲۸۳) ۲۸، (KC.۴۲۱۰) ۲۷، (KC.۳۹۲۷)
 ۵۳، (KC.۴۴۱۹) ۴۸، (KC.۴۳۸۳) ۳۷، (KC.۴۳۸۲)
 ۷۹، (KC.۴۴۰۷) ۵۹، (KC.۴۵۲۷) ۶۳، (KC.۵۴۹۲) ۷۹،
 ۹۳ و (KC.۷۲۵۸) ۹۲، (KC.۷۱۲۲) ۸۲، (KC.۷۰۹۷)
 (KC.۷۳۱۶) به همراه ارقام کویر و روشن در ربع
 سمت راست بالا قرار گرفتند که براساس ضرایب
 مؤلفه اصلی دوم، به تولید زیست‌توده بیش‌تر اختصاص
 دارد. ژنوتیپ‌های ۴ (KC.۳۳۲۴)، ۵ (KC.۲۰۳۵)، ۹
 (KC.۳۱۶۶)، ۱۰ (KC.۳۲۸۹)، ۲۴ (KC.۴۱۱۷)، ۲۵،
 (KC.۴۱۲۵)، ۳۰ (KC.۴۳۲۷)، ۳۱ (KC.۴۳۳۸)، ۳۳،
 (KC.۴۳۵۵)، ۳۴ (KC.۴۳۶۹)، ۳۵ (KC.۴۳۷۹)، ۴۲،
 (KC.۴۳۹۹)، ۴۵ (KC.۴۴۰۶)، ۵۴ (KC.۴۴۵۵)، ۵۵،
 (KC.۴۴۸۶)، ۵۶ (KC.۴۴۹۲)، ۵۷ (KC.۴۴۹۹)، ۵۸

به‌منظور تمایز نمونه‌های برتر در شرایط تنش
 شوری از لحاظ تمام صفات ارزیابی‌شده، پراکنش
 ژنوتیپ‌ها در بای‌پلات دو مؤلفه اصلی اول مورد
 بررسی قرار گرفت (شکل ۳). براساس ضرایب
 مؤلفه‌های اصلی، ژنوتیپ‌های واجد تحمل بیش‌تر به
 تنش شوری با عملکرد دانه و اجزای عملکرد دانه
 برتر همراه با ویژگی زودگل‌دهی و زودرسی، در
 بخش سمت راست نمودار قرار می‌گیرند. تعداد ۴۸
 ژنوتیپ در این ناحیه قرار گرفتند. از بین این نمونه‌ها،
 ژنوتیپ‌های ۱ (KC.۱۴۲)، ۳ (KC.۱۴۱۱)، ۶
 (KC.۲۳۴۸)، ۷ (KC.۱۱۴۳)، ۸ (KC.۳۱۰۰)، ۱۲
 (KC.۱۵۱۴)، ۱۳ (KC.۳۶۴۹)، ۱۷ (KC.۴۲۸۵)، ۱۸
 (KC.۳۸۲۷)، ۱۹ (KC.۳۸۷۷)، ۲۰ (KC.۳۸۸۸)، ۲۱

۷۹، (KC.۵۴۹۲) ۶۳، (KC.۴۵۲۷) ۵۹، (KC.۴۴۱۹) و (KC.۷۰۹۷) ۸۲، (KC.۷۱۲۲) و (KC.۷۲۵۸) و ارقام کویر و روشن با نمونه‌های واقع در ناحیه سمت راست بالا و ژنوتیپ‌های ۱۰ (KC.۳۲۸۹)، ۳۰ (KC.۴۳۲۷) ۳۳، (KC.۴۳۵۵) ۳۴، (KC.۴۳۶۹) ۵۴، (KC.۴۴۵۵) ۵۶، (KC.۴۴۹۲) ۵۷، (KC.۴۴۹۹) ۵۸، (KC.۴۵۰۳) ۶۵، (KC.۵۷۴۶) و (KC.۵۷۴۷) ۶۶ با نمونه‌های واقع در ناحیه سمت راست پایین بای‌پلات مؤلفه‌های اصلی در تطابق می‌باشند. بنابراین دو بای‌پلات مذکور از لحاظ تمایز ژنوتیپ‌های متحمل، مطابقت دارند علاوه بر این‌که بای‌پلات مؤلفه‌های اصلی تمایز بیشتری را نیز در درون ژنوتیپ‌های برتر حاصل نموده است.

(KC.۴۵۰۳) ۶۵، (KC.۵۷۴۶) ۶۶، (KC.۵۷۴۷) ۸۵، (KC.۷۱۶۰) و (KC.۷۱۷۹) ۸۸ در ربع سمت راست پایین قرار گرفتند که براساس ضرایب مؤلفه اصلی دارای ویژگی عملکرد دانه و اجزای عملکرد دانه برتر، تولید زیست‌توده کم‌تر به همراه زودگل‌دهی و زودرسی می‌باشند. با مقایسه نتایج بای‌پلات مبتنی بر عملکرد دانه در شرایط نرمال و تنش (شکل ۲) با بای‌پلات مؤلفه‌های اصلی نام‌برده شده (شکل ۳) مشاهده می‌شود که از بین ژنوتیپ‌های ناحیه A، نمونه‌های ۱ (KC.۱۴۲) ۳، (KC.۱۴۱۱) ۶، (KC.۲۳۴۸) ۷، (KC.۱۱۴۳) ۸، (KC.۳۱۰۰) ۱۲، (KC.۱۵۱۴) ۱۳، (KC.۳۶۴۹) ۱۷، (KC.۴۲۸۵) ۱۸، (KC.۳۸۲۷) ۱۹، (KC.۳۸۷۷) ۲۰، (KC.۳۸۸۸) ۲۱، (KC.۳۹۲۷) ۲۸، (KC.۴۲۸۳) ۳۶، (KC.۴۳۸۲) ۳۷، (KC.۴۳۸۳) ۴۸



شکل ۳- توزیع ژنوتیپ‌های گندم نان در نمودار دو مؤلفه اصلی اول مبتنی بر صفات ارزیابی شده تحت شرایط تنش شوری.

Fig. 3. Distribution of bread wheat genotypes in biplot of the first two principal components based on the evaluated traits under salinity stress condition.

اینبرد نوترکیب گندم، چهار صفت عملکرد زیستی، وزن هزاردانه، شاخص برداشت و تعداد روز تا سنبله‌دهی به‌عنوان صفات تأثیرگذار در شرایط نرمال وارد مدل شدند که ۹۸ درصد از تغییرات عملکرد دانه را توضیح دادند. در حالی‌که در شرایط تنش شوری چهار صفت عملکرد زیستی، شاخص برداشت، تعداد بوته در واحد سطح و ارتفاع بوته وارد مدل شدند. نتایج این پژوهش نشان داد که شاخص برداشت و عملکرد زیستی را می‌توان از معیارهای مهم مرتبط با عملکرد دانه معرفی کرد که می‌تواند در انتخاب ارقام و لاین‌های پرمحصول گندم کاربرد مطلوبی داشته باشد (۱۸). نتایج حاصل از تجزیه رگرسیون لجستیک بر روی ۱۱ ژنوتیپ گندم نان نشان داد که پنج متغیر تعداد پنجه بارور، تعداد سنبلچه در سنبله، وزن صدانه، ارتفاع بوته و طول پدانکل از مهم‌ترین متغیرهای مرتبط با تحمل به شوری هستند (۱۳). در پژوهش روی ۳۵۲ نمونه ژنتیکی از کلکسیون گندم نان پنج صفت تعداد دانه در سنبله، وزن صدانه، تعداد گلچه در سنبلچه، تعداد گره ساقه و ارتفاع بوته، به‌عنوان متغیر مستقل، وارد مدل رگرسیون مرحله‌ای شدند و ۹۸ درصد از تغییرات وزن دانه پنج سنبله را توجیه نمودند (۶). تجزیه رگرسیون چندگانه به روش مرحله‌ای روی ۱۰۰ لاین گندم نان نشان داد که در تنش شوری صفات تعداد دانه در سنبله، وزن دانه در سنبله و تعداد روز تا پنجه زدن، بیش‌ترین عوامل مؤثر در عملکرد بودند (۲۸).

تجزیه رگرسیون مرحله‌ای برای شاخص STI با حذف عملکرد دانه و به‌منظور شناسایی صفات مؤثر در تغییرات این شاخص در دو شرایط نرمال و تنش شوری انجام شد (جدول ۶). نتایج این تجزیه نشان داد که صفت شاخص برداشت در هر دو مدل مربوط به شرایط نرمال و تنش شوری وارد شد که نشان‌دهنده اهمیت تأثیر تغییرات این صفت بر شاخص STI می‌باشد. همچنین دو صفت طول دوره پرشدن دانه (با ضریب مثبت) و تعداد دانه در سنبله (با ضریب منفی) نیز وارد مدل رگرسیون STI مربوط به صفات ارزیابی‌شده در شرایط نرمال شدند. براساس ضرایب رگرسیون از بین سه صفت وارد شده در مدل رگرسیون مربوط به شرایط نرمال، صفت طول دوره پرشدن دانه بیش‌ترین تأثیر را بر تغییرات STI داشت. در رگرسیون STI مربوط به صفات ارزیابی‌شده در شرایط تنش، علاوه بر شاخص برداشت، صفت ارتفاع بوته نیز وارد مدل رگرسیون شد که براساس ضرایب این متغیرها، اهمیت صفت شاخص برداشت بر تغییرات STI بیش‌تر از ارتفاع بوته بود.

نتایج تجزیه رگرسیون بر روی ۲۵ ژنوتیپ گندم نان شامل ارقام بومی، تجاری و لاین‌های امیدبخش نشان داد که در شرایط تنش شوری صفاتی مانند عملکرد زیستی، شاخص برداشت، نسبت پتاسیم به سدیم، میزان یون سدیم، طول سنبله و عرض برگ پرچم اثر معنی‌داری بر عملکرد دانه داشته و سهم قابل‌توجهی از تغییرات عملکرد دانه را تبیین می‌کنند (۳). در تجزیه رگرسیون مرحله‌ای بر روی ۱۶۷ لینه

جدول ۶- ضرایب رگرسیون مرحله‌ای برای شاخص STI براساس صفات ارزیابی شده در ژنوتیپ‌های گندم نان تحت شرایط آزمایش نرمال و تنش شوری.

Table 6. Coefficient of stepwise regression of STI based on the evaluated traits in bread wheat genotypes under normal and salinity stress conditions.

شرایط آزمایش Experiment condition	مرحله Step	متغیر Variable	ضریب Coefficient	انحراف استاندارد Standard deviation	t	ضریب تبیین تصحیح شده Adjusted R ²	
نرمال Normal	1	عرض از مبدأ Constant	-1.86	0.34	-5.54	0.35	
		طول دوره پر شدن دانه Grain filling duration (x ₁)	0.05	0.01	7.44		
	2	عرض از مبدأ Constant	-1.73	0.32	-5.35	0.41	
		طول دوره پر شدن دانه Grain filling duration (x ₁)	0.05	0.01	8.10		
		تعداد دانه درخوشه Number of seeds per spike (x ₂)	-0.01	0.00	-3.22		
	3	عرض از مبدأ Constant	-1.42	0.32	-4.51	0.48	
		طول دوره پر شدن دانه Grain filling duration (x ₁)	0.04	0.01	4.72		
		تعداد دانه درخوشه Number of seeds per spike (x ₂)	-0.01	0.00	-3.84		
		شاخص برداشت Harvest index (x ₃)	0.02	0.01	3.71		
	مدل Model				STI=-1.42+0.04x ₁ -0.01x ₂ +0.02x ₃		
	تنش Stress	1	عرض از مبدأ Constant	-0.25	0.09	-2.88	0.52
			شاخص برداشت Harvest index (x ₁)	0.04	0.00	10.44	
2		عرض از مبدأ Constant	-0.97	0.18	-5.42	0.6	
		شاخص برداشت Harvest index (x ₁)	0.04	0.00	12.24		
		ارتفاع بوته Pant height (x ₂)	0.01	0.00	4.49		
مدل Model				STI = -0.97+0.04x ₁ -0.01x ₂			

عملکرد دانه، طول دوره پر شدن دانه و زیست توده در هر دو شرایط نرمال و تنش و کم‌ترین میانگین صفت ارتفاع بوته در شرایط تنش بود. تعداد ۱۶ نمونه شامل ژنوتیپ‌های ۳۱ (KC.۴۳۳۸)، ۳۲ (KC.۴۳۴۴)، ۴۰

تجزیه خوشه‌ای به روش K میانگین، ژنوتیپ‌های مورد بررسی را در پنج گروه از یکدیگر تفکیک نمود (جدول ۷). گروه اول با بیش‌ترین فاصله از سایر گروه‌ها (جدول ۸) و دارای کم‌ترین میانگین صفات

۸۹ (KC.۷۱۸۴) به همراه رقم کویر را در بر گرفت و دارای بیش‌ترین میانگین صفت تعداد دانه در خوشه در شرایط نرمال و کم‌ترین میانگین صفات ارتفاع بوته، روز تا رسیدگی کامل و روز تا گلدهی و بیش‌ترین میانگین صفات طول دوره پرشدن دانه و شاخص برداشت در شرایط تنش بود. گروه چهارم با ۱۵ عضو شامل ژنوتیپ‌های ۱۲ (KC.۱۵۱۴)، ۱۵ (KC.۳۶۹۱)، ۱۸ (KC.۳۸۲۷)، ۱۹ (KC.۳۸۷۷)، ۲۱ (KC.۳۹۲۷)، ۲۸ (KC.۴۲۸۳)، ۳۸ (KC.۴۳۸۶)، ۴۸ (KC.۴۴۱۹)، ۶۱ (KC.۴۵۷۱)، ۷۹ (KC.۷۰۹۷)، ۸۲ (KC.۷۱۲۲)، ۹۱ (KC.۷۰۷۳)، ۹۲ (KC.۷۲۵۸) و ۹۳ (KC.۷۳۱۶) به همراه رقم روشن دارای بیش‌ترین میانگین صفات عملکرد دانه، طول دوره پرشدن دانه، وزن صد دانه و زیست‌توده و کم‌ترین میانگین صفت تعداد دانه در خوشه در شرایط نرمال و بیش‌ترین میانگین صفات شاخص برداشت و عملکرد دانه در شرایط تنش بود. براساس ویژگی‌های مذکور این خوشه به‌عنوان برترین گروه از ژنوتیپ‌های مورد بررسی شناسایی شد. همچنین تعداد ۱۵ ژنوتیپ شامل نمونه‌های ۱ (KC.۱۴۲)، ۵ (KC.۲۰۳۵)، ۶ (KC.۲۳۴۸)، ۷ (KC.۱۱۴۳)، ۱۶ (KC.۳۷۰۰)، ۱۷ (KC.۴۲۸۵)، ۲۰ (KC.۳۸۸۸)، ۲۷ (KC.۴۲۱۰)، ۳۶ (KC.۴۳۸۲)، ۳۷ (KC.۴۳۸۳)، ۴۱ (KC.۴۳۸۹)، ۴۶ (KC.۴۴۵۴)، ۵۹ (KC.۴۵۲۷)، ۶۳ (KC.۵۴۹۲) و ۸۴ (KC.۷۱۵۷) در گروه پنجم قرار گرفتند. این گروه دارای بیش‌ترین میانگین صفت شاخص برداشت و کم‌ترین میانگین صفت تعداد روز تا گلدهی در شرایط نرمال و بیش‌ترین میانگین صفات ارتفاع بوته و زیست‌توده در شرایط تنش بود.

(KC.۳۳۲۴)، ۵۰ (KC.۴۴۴۸)، ۵۱ (KC.۴۴۴۹)، ۵۲ (KC.۴۴۵۰)، ۵۵ (KC.۴۴۸۶)، ۶۲ (KC.۵۰۴۷)، ۶۴ (KC.۵۷۰۴)، ۶۷ (KC.۵۸۵۷)، ۷۰ (KC.۶۷۷۳)، ۷۲ (KC.۶۹۱۰)، ۷۴ (KC.۷۰۰۸)، ۷۸ (KC.۷۰۹۶)، ۸۳ (KC.۷۱۳۲) و ۹۰ (KC.۷۱۹۱) در این گروه قرار گرفتند که با توجه به ویژگی‌های این گروه، به‌عنوان نامطلوب‌ترین ژنوتیپ‌ها شناسایی شدند. گروه دوم مشتمل بر ۲۸ عضو شامل ژنوتیپ‌های ۳ (KC.۱۴۱۱)، ۴ (KC.۳۳۲۴)، ۱۰ (KC.۳۲۸۹)، ۱۴ (KC.۳۶۵۳)، ۲۲ (KC.۴۰۰۴)، ۲۳ (KC.۴۰۲۷)، ۲۶ (KC.۴۲۰۷)، ۲۹ (KC.۳۸۲۵)، ۳۰ (KC.۴۳۲۷)، ۴۲ (KC.۴۳۹۹)، ۴۳ (KC.۴۴۰۱)، ۴۴ (KC.۴۴۰۵)، ۴۷ (KC.۴۴۱۸)، ۴۹ (KC.۴۴۴۲)، ۵۴ (KC.۴۴۵۵)، ۶۹ (KC.۵۹۱۷)، ۷۱ (KC.۶۸۹۹)، ۷۳ (KC.۷۰۰۰)، ۷۵ (KC.۷۱۹۷)، ۷۶ (KC.۷۰۹۰)، ۷۷ (KC.۷۰۹۳)، ۸۱ (KC.۷۱۲۱)، ۸۸ (KC.۷۱۷۹)، ۹۴ (KC.۱۱۶۱۰)، ۹۵ (KC.۱۱۷۱۹)، ۹۶ (KC.۱۱۷۲۰) و ۹۷ (KC.۱۱۷۲۵) به همراه رقم ماهوتی دارای بیش‌ترین میانگین صفات ارتفاع بوته، روز تا رسیدگی کامل و روز تا گلدهی در شرایط نرمال و تنش و کم‌ترین میانگین صفت شاخص برداشت در هر دو شرایط نرمال و تنش بود. گروه سوم تعداد ۲۶ نمونه، شامل ژنوتیپ‌های ۲ (KC.۲۵۶۰)، ۸ (KC.۳۱۰۰)، ۹ (KC.۳۱۶۶)، ۱۱ (KC.۳۳۲۲)، ۱۳ (KC.۳۶۴۹)، ۲۴ (KC.۴۱۱۷)، ۲۵ (KC.۴۱۲۵)، ۳۳ (KC.۴۳۵۵)، ۳۴ (KC.۴۳۶۹)، ۳۵ (KC.۴۳۷۹)، ۳۹ (KC.۴۳۸۷)، ۴۵ (KC.۴۴۰۶)، ۵۳ (KC.۴۴۰۷)، ۵۶ (KC.۴۴۹۲)، ۵۷ (KC.۴۴۹۹)، ۵۸ (KC.۴۵۰۳)، ۶۰ (KC.۴۵۴۵)، ۶۵ (KC.۵۷۴۶)، ۶۶ (KC.۵۷۴۷)، ۶۸ (KC.۵۸۵۸)، ۸۰ (KC.۷۱۰۶)، ۸۵ (KC.۷۱۶۰) و ۸۶ (KC.۷۱۷۰)، ۸۷ (KC.۷۱۷۷) و

جدول ۷- میانگین گروه‌های تشکیل شده توسط روش تجزیه خوشه‌ای به روش K میانگین، براساس صفات ارزیابی شده در ژنوتیپ‌های گندم نان تحت شرایط آزمایش نرمال و تنش شوری.

Table 7. The average values of the groups developed through K means clustering approach based on the evaluated traits in bread wheat genotypes under normal and salinity stress conditions.

شرایط آزمایش Experiment condition	صفت Trait	خوشه Cluster					
		1	2	3	4	5	
نرمال Normal	عملکرد دانه Grain yield (g/plot)	538	649	583	758	683	
	طول خوشه Spike length (cm)	9	9	10	10	9	
	وزن صددانه 100 Grain weight (g)	5	5	5	6	5	
	ارتفاع بوته Plant height (cm)	102	116	101	111	111	
	تعداد دانه در خوشه Number of seeds per spike	46	42	47	34	40	
	روز تا رسیدگی کامل Days to full maturity	223	225	222	224	223	
	روز تا گلدهی Days to flowering	173	174	171	172	171	
	طول دوره پرشدن دانه Grain filling duration	49	51	52	52	51	
	زیست توده Biomass (g/plot)	1727	2151	1809	2418	2078	
	شاخص برداشت Harvest index	32	30	32	31	33	
	تنش Stress	عملکرد دانه Grain yield (g/plot)	264	337	419	473	477
		طول خوشه Spike length (cm)	7	8	8	8	8
		وزن صددانه 100 Grain weight (g)	3	3	3	3	3
ارتفاع بوته Plant height (cm)		91	108	96	106	108	
تعداد دانه در خوشه Number of seeds per spike		36	36	37	36	37	
روز تا رسیدگی کامل Days to full maturity		174	176	172	175	173	
روز تا گلدهی Days to flowering		144	145	137	144	142	
طول دوره پرشدن دانه Grain filling duration		30	31	35	31	31	
زیست توده Biomass (g/plot)		1125	1441	1557	1757	1974	
شاخص برداشت Harvest index		24	23	27	27	24	
تعداد عضو Number of members		16	28	26	15	15	

جدول ۸- فواصل گروه‌های تشکیل شده توسط روش تجزیه خوشه‌ای به روش K میانگین، براساس صفات ارزیابی شده در ژنوتیپ‌های گندم نان تحت شرایط آزمایش نرمال و تنش شوری.

Table 8. The distances of the groups developed through K means clustering approach based on the evaluated traits in bread wheat genotypes under normal and salinity stress conditions.

خوشه Cluster	2	3	4	5
1	545.29	469.05	984.62	954.19
2		376.75	449.38	557.00
3			666.82	509.22
4				410.30

می‌دهد که تجزیه خوشه‌ای ضمن تطابق با نتایج گروه‌بندی از طریق بای‌پلات مبتنی بر عملکرد دانه در شرایط نرمال و تنش، توانسته است تمایز بیشتری براساس سایر صفات در ژنوتیپ‌های گروه A ایجاد کند.

نتایج تجزیه کلاستر روی ۱۱۴ ژنوتیپ گندم نان بهاره نشان داد که ژنوتیپ‌هایی که دارای عملکرد بالایی در شرایط شور و غیرشور بودند و ارتفاع، طول سنبله و وزن سنبله بیشتری داشتند، در گروه یک قرار گرفتند (۲۷). در تجزیه خوشه‌ای به روش K میانگین بر روی ۸۲۳ نمونه ژنتیکی با مبدأ متفاوت از کلکسیون گندم نان بانک ژن گیاهی ملی ایران، تعداد ۳۸ نمونه ژنتیکی با عملکرد دانه پنج سنبله، وزن صدانه و تعداد دانه در سنبله بیشتر نسبت به رقم کویر در گروه دوم و سه نمونه ژنتیکی با عملکرد دانه پنج سنبله، وزن صدانه و تعداد دانه سنبله بیشتر نسبت به ارقام شاهد روشن و ماهوتی، در گروه پنجم قرار گرفتند (۵). در پژوهش روی ۴۱ رقم گندم تحت تنش شوری، براساس نمودار پراکنش سه‌بعدی، تحلیل بای‌پلات و تجزیه خوشه‌ای، ارقام شاهد، شیراز و ارگ به‌عنوان ارقام متحمل به شوری تعیین شدند (۱۶).

از بین ۴۱ ژنوتیپ و رقم متعلق به ناحیه A (گروه برتر) از بای‌پلات مبتنی بر عملکرد دانه در شرایط نرمال و تنش، تعداد ۸ نمونه شامل ژنوتیپ‌های ۳ (KC.۱۴۱۱)، ۱۰ (KC.۳۲۸۹)، ۲۹ (KC.۳۸۲۵)، ۳۰ (KC.۴۳۲۷)، ۵۴ (KC.۴۴۵۵)، ۷۳ (KC.۷۰۰۰) و ۷۵ (KC.۷۱۹۷) و رقم ماهوتی با گروه دوم، تعداد ۱۰ نمونه شامل ژنوتیپ‌های ۸ (KC.۳۱۰۰)، ۱۳ (KC.۳۶۴۹)، ۳۳ (KC.۴۳۵۵)، ۳۴ (KC.۴۳۶۹)، ۵۶ (KC.۴۴۹۲)، ۵۷ (KC.۴۴۹۹)، ۵۸ (KC.۴۵۰۳)، ۶۵ (KC.۵۷۴۶) و ۶۶ (KC.۵۷۴۷) و رقم کویر با گروه سوم، تعداد ۱۳ ژنوتیپ شامل نمونه‌های ۱۲ (KC.۱۵۱۴)، ۱۵ (KC.۳۶۹۱)، ۱۸ (KC.۳۸۲۷)، ۱۹ (KC.۳۸۷۷)، ۲۱ (KC.۳۹۲۷)، ۲۸ (KC.۴۲۸۳)، ۴۸ (KC.۴۴۱۹)، ۶۱ (KC.۴۵۷۱)، ۷۹ (KC.۷۰۹۷)، ۸۲ (KC.۷۱۲۲) و ۹۱ (KC.۷۰۷۳) و ۹۲ (KC.۷۲۵۸) به همراه رقم روشن با گروه چهارم و تعداد ۱۰ ژنوتیپ شامل نمونه‌های ۱ (KC.۱۴۲)، ۵ (KC.۲۰۳۵)، ۶ (KC.۲۳۴۸)، ۷ (KC.۱۱۴۳)، ۱۷ (KC.۴۲۸۵)، ۲۰ (KC.۳۸۸۸)، ۳۶ (KC.۴۳۸۲)، ۳۷ (KC.۴۳۸۳)، ۵۹ (KC.۴۵۲۷) و ۶۳ (KC.۵۴۹۲) با گروه پنجم از تجزیه خوشه‌ای مشترک بود. بدین ترتیب هیچ‌کدام از ژنوتیپ‌های گروه A در خوشه اول که مربوط به نمونه‌های نامطلوب بود قرار نگرفتند. این نتایج نشان

نتیجه گیری

در مجموع نتایج این پژوهش منجر به شناسایی منابع جدید تحمل به تنش شوری در ژرم پلاسما مورد بررسی گردید. از بین نه ژنوتیپ دارای عملکرد دانه برتر از ارقام شاهد در شرایط شوری تنها یک نمونه {ژنوتیپ ۷۹ (KC.۷۰۹۷) از ایالات متحده آمریکا} دارای منشاء خارجی بود و سایر ژنوتیپ‌ها، بومی ایران بودند. این در حالی است بیش از نیمی از ژنوتیپ‌های مورد بررسی (۵۱ نمونه از ۹۷ ژنوتیپ یا ۵۲/۶ درصد) دارای منشاء خارجی بودند و انتظار می‌رفت که با احتساب نسبت، حدود نیمی از نمونه‌های برتر را تشکیل دهند. این موضوع، اهمیت استفاده از ذخایر ژنتیکی بومی را در برنامه‌های اصلاحی برای شرایط سخت از جمله تنش شوری را نشان می‌دهد. همچنین مشخص شد که برخی از این ژنوتیپ‌ها دارای روز تا گلدهی کم‌تر و برخی دیگر، دارای روز تا گلدهی بیش‌تری نسبت به ارقام شاهد این رقم در شرایط تنش بودند. این موضوع علاوه بر این‌که تنوع ارزشمندی را در اختیار به‌نژادگر برای گزینش قرار مطابق اهداف اصلاحی می‌دهد نشان‌دهنده این است که تحمل به تنش در این ژنوتیپ‌ها واقعی بوده و تظاهر برتر آن‌ها، از فرار از شرایط تنش ناشی

نشده است. ژنوتیپ‌های گروه A دارای عملکرد دانه بالاتر در شرایط نرمال و تنش بودند و بنابراین به‌عنوان ژنوتیپ‌های برتر در این پژوهش شناسایی شدند. این ژنوتیپ‌ها با توجه به تنوع از لحاظ تعداد (۳۸ ژنوتیپ) و وجود صفات متنوع (که در تجزیه خوشه‌ای مشخص شد)، به‌عنوان یک خزانه ژنتیکی، بسته به اهداف اصلاحی و شرایط بوم‌شناختی منطقه در برنامه‌های اصلاحی تحمل به شوری قابل استفاده می‌باشند. همچنین ۱۰ ژنوتیپ در گروه C قرار گرفتند که مختص به ژنوتیپ‌های با عملکرد دانه بالاتر در شرایط تنش و عملکرد دانه پایین‌تر در شرایط نرمال می‌باشد. این ژنوتیپ‌ها به احتمال زیاد دارای سازوکارهای اختصاصی تحمل به شوری هستند که در شرایط نرمال تظاهر نیافته و یا کارایی ندارند، بنابراین گزینه مناسبی برای مطالعات ژنتیکی در این زمینه می‌باشند. نتایج تجزیه رگرسیون بر نقش شاخص برداشت در هر دو شرایط تنش و نرمال و همچنین بر اهمیت ویژه‌ی ارتفاع بوته در شرایط تنش شوری تاکید داشت که بیانگر لزوم توجه به این صفات در گزینش ژنوتیپ‌های برتر برای تحمل به شوری می‌باشد.

منابع

1. Akbarpour, O.A., Dehghani, H., Rousta, M.J. and Amini, A. 2015. Evaluation of some properties of Iranian wheat genotypes in normal and salt-stressed conditions using Restricted Maximum Likelihood (REML). Iran. J. Field Crop Sci. 46: 57-69. (In Persian)
2. Amini, A., Amirnia, R. and Gazvini, H. 2016. Evaluation of relationship between physiological and agronomic traits related to salinity tolerance in bread wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes. Iran. J. Field Crop Sci. 17: 329-348. (In Persian)
3. Amini, A., Amirnia, R. and Ghazvini, H. 2015. Evaluation of salinity tolerance in bread wheat genotypes under field conditions. Seed Plant Improve. J. 31: 95-115. (In Persian)
4. Arshad, Y. and Soltani, A. 2011. Identification of salt tolerant germplasm in wheat collection of National Plant Gene Bank of Iran. Final Report of Project: Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO). Project No. 100-12-82007.

5. Arshad, Y., Zahravi, M. and Soltani, A. 2013. Selection for tolerance to salt stress in wheat genetic resources. *Environ. Stress Plant Sci.* 5: 13-21. (In Persian)
6. Arshad, Y., Zahravi, M. and Soltani, A. 2014. A study on relationship among agronomical traits under salt stress in bread wheat germplasm. *Environ. Stress Plant Sci.* 6: 189-203. (In Persian)
7. Ashraf, M. 1994. Breeding for salinity tolerance in plant. *Crit. Rev. Plant Sci.* 13: 17-42.
8. Ashraf, M., Rahmatullah, S., Kanwal, M.A., Sarwar Tahir, A. and Ali, L. 2007. Differential salt tolerance of sugarcane genotypes. *Pak. J. Agri. Sci.* 44: 50-57.
9. FAO. 2006. World Agriculture towards 2030/2050 Interim report. Global Perspective Studies Unit, FAO, Rome.
10. FAO. 2007. Retrieved September, 2007. <http://faostat.fao.org/faostat/>
11. Farooq, M.A., Haq, M.A., Akhtar, J., Randhawa, M.A. and Maqsood, T. 2008. Comparative response of wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes to brackish water at seedling stage. *Pak. J. Agri. Sci.* 45: 439-443.
12. Flowers, T.J. and Yeo, A.R. 1995. Breeding for salinity resistance in crop plants: where next? *Aust. J. Plant Physiol.* 22: 875-884.
13. Gholizadeh, A. and Dehghani, H. 2015. Determination of the characteristics associated with salinity tolerance of wheat genotypes in Yazd province using logistic regression. *Electron. J. Crop Prod.* 8: 63-77. (In Persian)
14. Hasegawa, P.M., Bressan, A.R., Zhu, K.J. and Bohnert, J.H. 2000. Plant cellular and molecular responses to high salinity. *Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.* 51: 463-499.
15. International Board for Plant Genetic Resources. 1978. Descriptors for wheat and Aegilops. IBPGR, Rome, Italy.
16. Kanafi Laskoukelayeh, M., Dehghani, H. and Dvorak, J. 2015. Response of salt stress in some bread wheat varieties by tolerance indices. *Cereal Res.* 5: 107-119. (In Persian)
17. Khan, M.A., Shirazi, M.U., Shereen, A., Mujtaba, S.M., Khan, M.A., Mumtaz, S. and Mahboob, W. 2017. Identification of some wheat (*Triticum aestivum* L.) lines for salt tolerance on the basis of growth and physiological characters. *Pak. J. Bot.* 49: 397-403.
18. Mahdi Nezhad, N., Omidi, M., Jalal Kamali, M.R., Naghavi, M.R. and Fakheri, B. 2015. Effect of salinity stress on some agronomic characteristics, grain yield and its components in Seri/Babax recombinant inbred lines wheat. *Iran. J. Field Crop Sci.* 46: 37-48. (In Persian)
19. Mohamadnezhad, Y., Galeshi, S., Soltani, A., Ghaderifar, F. and Noorikia, A. 2016. Study of stress indices for selecting tolerant wheat genotypes in rain-fed conditions and moderate and severe salinity stress in Golestan province. *Electron. J. Crop Prod.* 9: 127-144. (In Persian)
20. Mohammadi, R., Armion, M., Kahrizi, D. and Amri, A. 2010. Efficiency of screening techniques for evaluating durum wheat genotypes under mild drought conditions. *Int. J. Plant Prod.* 4: 11-24.
21. Munns, R. and James, R.A. 2003. Screening methods for salinity tolerance: a case study with tetraploid wheat. *Plant Soil.* 253: 201-218.
22. Rajaie, M. and Dastfal, M. 2017. Evaluation of yield and salinity tolerance indices in wheat lines and cultivars under saline condition. *Env. Stresses Crop Sci.* 10: 139-150. (In Persian)
23. Ranjbar, G.H., Pirasteh Anosheh, H., Emam, Y. and Hosseinzadeh, S.H. 2013. Effect of salinity on different growth stages of wheat, cv. Roshan. *Crop Prod. Environ. Stress.* 5: 23-31. (In Persian)
24. Ravari, S.Z., Dehghani, H. and Naghavi, H. 2016. Assessing salinity tolerance of bread wheat varieties using tolerance indices based on K^+/Na^+ ratio of flag leaf. *Cereal Research.* 6: 133-144. (In Persian)

25. Rengasamy, P. 2006. World salinization with emphasis on Australia. *J. Exp. Bot.* 57: 1017-1023.
26. Rosegrant, M., Paisner, M., Meijer, S., and Witcover, J. 2001. Global food projections to 2020.
27. Salehi, M., Kalateh Arabi, M. and Mosavat, S.A. 2014. Evaluation of Genetic Variation in Spring Bread Wheat Genotypes to Salinity in the North of Golestan Province. *Seed Plant Improve. J.* 30: 305-325. (In Persian)
28. Sardouie-Nasab, S., Mohammadi Nejad, G., Zebarjadi, A.R., Nakhoda, Mardi, M., Tabatabaie, S.M.T., Sharifi, G.R., Amini, A. and Majidi Heravan, E. 2013. Response of bread wheat (*Triticum aestivum* L.) lines to salinity stress. *Seed Plant Improve. J.* 29: 81-102. (In Persian)
29. Sayed, H.I. 1985. Diversity of salt tolerance in a germplasm collection of wheat (*Triticum* spp.). *Theor. Appl. Genet.* 69: 651-657.
30. Singh, S. and Singh, M. 2000. Genotypic basis of response to salinity stress in some crosses of spring wheat *Triticum aestivum* L. *Euphytica.* 115: 209-219.
31. Singh, S., Sengar, R.S., Kulshreshtha, N., Datta, D., Tomar, R.S., Rao, V.P., Garg, D. and Ojha, A. 2015. Assessment of multiple tolerance indices for salinity stress in bread wheat (*Triticum aestivum* L.). *J. Agric. Sci.* 7: 49.
32. Zafar, S., Ashraf, M.Y., Niaz, M., Kausar, A. and Hussain, J. 2015. Evaluation of wheat genotypes for salinity tolerance using physiological indices as screening tool. *Pak. J. Bot.* 47: 397-405.
33. Zhu, M., Shabala, S., Shabala, L., Fan, Y. and Zhou, M.X., 2016. Evaluating predictive values of various physiological indices for salinity stress tolerance in wheat. *J. Agron. Crop Sci.* 202: 115-124.

