

ارزیابی عملکرد دانه و پایداری آن در ژنوتیپ‌های گندم نان در مناطق شور ایران

اشکبوس امینی*^۱، محمد تقی طباطبایی^۲، حسین اکبری مقدم^۳، ذبیح الله راوری^۴، داود امین آزر^۵، حمید تجلی^۶

۱- استادیار، موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ۲- استادیار، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان یزد، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، یزد، ۳- استادیار، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی سیستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، زابل، ۴- استادیار، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان کرمان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرمان، ۵- استادیار، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی اصفهان، ۶- کارشناس، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان خراسان جنوبی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، بیرجند، ایران
(تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۸/۲۷ - تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۱۰/۷)

چکیده

به منظور شناسایی ژنوتیپ‌های پر محصول و پایدار گندم نان برای مناطق شور کشور، ۱۷ ژنوتیپ برتر به همراه سه رقم شاهد متحمل به شوری (افق، نارین و سیستان)، در پنج منطقه بیرجند، یزد، زابل، اصفهان و کرمان، به مدت دو سال زراعی (۱۳۹۵-۹۷) تحت شرایط تنش شوری مورد ارزیابی قرار گرفتند. در تمام مناطق، آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار اجرا شد. نتایج واریانس مرکب نشان داد که اثر متقابل سال \times مکان \times ژنوتیپ برای عملکرد دانه معنی‌دار بود. به منظور ارزیابی دقیق‌تر اثر متقابل و بررسی وضعیت ژنوتیپ‌ها از لحاظ پایداری عملکرد دانه، تجزیه AMMI انجام شد و برخی از آماره‌ها پارامتری و ناپارامتری پایداری محاسبه شد. بر اساس نتایج بای پلات AMMI2 و مقادیر هر یک آماره‌های پایداری، ژنوتیپ‌های G1، G2، G3، G6، G9، G10 و G20 به عنوان ژنوتیپ‌های پایدار شناخته شدند. نتایج تجزیه همبستگی نشان داد که در بین تمام آماره‌های پایداری، تنها ASV رابطه مثبت و معنی‌دار با عملکرد دانه داشت. به طور کلی و بر اساس نتایج به دست آمده، ژنوتیپ G9 نسبت به ارقام شاهد (G1، G2 و G3) و سایر ژنوتیپ‌ها، دارای بالاترین عملکرد دانه (۴/۶۰ تن در هکتار) بود؛ از این رو این ژنوتیپ می‌تواند به عنوان یک رقم پر محصول و پایدار برای کشت در مناطق مستعد شوری انتخاب و معرفی شود.

واژه‌های کلیدی: آماره‌های پایداری، تجزیه AMMI، تنش شوری، سازگاری.

Evaluation of grain yield and its stability in bread wheat genotypes in saline regions of Iran

Ashkboos Amini^{1*}, Mohammad Taghi Tabatabaee², Hosein Akbari Mogadam³, Zabihollah Ravari⁴, Davood Amin Azarm⁵, Hamid Tajali⁶

1. Seed and Plant Improvement Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, 2. Yazd Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Yazd, 3. Sistan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Zabol, 4. Kerman Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Kerman, 5. Isfahan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Isfahan, 6. Sout Khorasan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Birjand.

(Received: October 20, 2019 - Accepted: December 28, 2019)

ABSTRACT

To identify bread wheat genotypes with higher grain yield and stability in saline regions of Iran, 17 elite genotypes along with three salinity tolerant control (Ofogh, Narin and Sistan) were evaluated in five regions including Birjand, Yazd, Zabol, Isfahan and Kerman, during two consecutive cropping seasons (2016-2018) under saline conditions. In all regions, the experiments were performed based on the randomized complete block with four replications. The result of combined analysis of variance indicated that the interactions of year \times location \times genotype were significant. To dissection of genotype-by-environment interaction (GE) and yield stability of genotypes, AMMI analysis and several parametric and non-parametric statistics were estimated. Based on AMMI2's biplot and stability statistics, G1, G2, G3, G6, G9, G10 and G20 genotypes were identified as the most stable genotypes. The results of correlation analysis showed that among all stability statistics, only ASV had a positive and significant association with grain yield. Taken together, our results revealed that G9 genotype had the highest grain yield (4.60 t. ha⁻¹); hence, this genotype can be recommended as a high-yielding and stable genotype for cultivation in saline-prone regions of Iran.

Keywords: Adaptability, AMMI analysis, salinity stress, stability statistics.

* Corresponding author E-mail: ashk.amini@areeo.ac.ir

مقدمه

شروع قرن ۲۱ با تغییرات اقلیمی گسترده‌ای همزمان بود که به دنبال آن، آلودگی محیطی، کمبود منابع آبی و شور شدن خاک و آب افزایش یافت. در سال‌های اخیر، افزایش جمعیت جهان از یک سو و کاهش زمین‌های قابل کشت از سوی دیگر، به دو تهدید جدی برای کشاورزی پایدار تبدیل شده‌اند (Shahbaz & Ashraf, 2013). در بین تنش‌های غیرزنده، شوری یکی از مهم‌ترین عوامل محدود کننده رشد است و به‌طور چشمگیری، منجر به کاهش تولیدات گیاهان زراعی مختلف می‌شود (Ahmadi *et al.*, 2018). بر اساس گزارشات فائو (FAO)، آزمایشگاه‌های مرتبط با شوری امریکا (USSL) و دیگر مراکز دخیل در بررسی تنش شوری، بخش زیادی از اراضی کل دنیا، تحت تاثیر شوری قرار دارد و هر ساله نزدیک به ۱۰ میلیون هکتار به آن افزوده می‌شود (Anonymous, 2019). از این‌رو، به‌نظر می‌رسد که تا سال ۲۰۵۰، نیمی از اراضی دنیا با تهدید شوری خاک مواجه شوند (Nachshon, 2018). طبق گزارشات موجود، بیش از ۹۰ درصد ایران جزو اقلیم خشک طبقه‌بندی شده است و با توجه به بارندگی کم و تبخیر زیاد در سطح وسیعی از کشور، پدیده شوری خاک بسیار گسترده و جدی می‌باشد. بر این اساس، گزارش شده است که ۲۵/۵ میلیون هکتار از اراضی کشور، دارای شوری کم تا متوسط و حدود ۸/۵ میلیون هکتار، دارای شوری شدید هستند که در مجموع، ۳۴ میلیون هکتار از کل مساحت کشور را شامل می‌شود (Khorsandi & Hasheminezhad, 2019).

گندم نان (*Triticum aestivum* L.) یکی از مهم‌ترین گیاهان زراعی است که بیش از ۲۱ درصد پروتئین مصرفی و ۱۹ درصد انرژی مردم سراسر دنیا را تأمین می‌کند (FAO, 2011). بر اساس آمار وزارت جهاد کشاورزی در سال زراعی ۹۶-۱۳۹۵، از حدود ۱۱ میلیون هکتار سطح برداشت محصولات زراعی، حدود ۷/۶۵ میلیون هکتار به غلات اختصاص داشته است که از این مقدار، ۷۱/۱ درصد متعلق به گندم بوده است

(Anonymous, 2018). یکی از مهم‌ترین اهداف برنامه‌های اصلاحی، توسعه سطح زیرکشت از طریق دستیابی به ارقام پرمحصول و پایدار می‌باشد. اثر متقابل ژنوتیپ در محیط در مورد عملکرد دانه موجب شده است که نتوان یک رقم اصلاحی پرمحصول را برای مناطق مختلف توصیه کرد؛ بنابراین بررسی اثر متقابل ژنوتیپ در محیط، قبل از معرفی ارقام جدید پرمحصول با پایداری و سازگاری بالا، ضروری است. تاکنون روش‌های آماری متعددی برای بررسی اثر متقابل ژنوتیپ در محیط و همچنین برای شناسایی ارقام پایدار معرفی شده است که در بین آن‌ها، روش آثار اصلی جمع‌پذیر و اثر متقابل ضرب‌پذیر^۱ به‌عنوان یکی از روش‌های چندمتغیره پرکاربرد در ارزیابی‌های پایداری و سازگاری شناخته شده است (Zobel *et al.*, 1998). در واقع این روش، یک مدل ادغام شده از تجزیه واریانس و تجزیه به مؤلفه‌های اصلی می‌باشد. در این روش، ابتدا با استفاده از تجزیه واریانس، اثرات اصلی ژنوتیپ‌ها و محیط‌ها و سپس اجزای ژنوتیپی و محیطی اثر متقابل، برای ماتریس انحراف از اثر افزایشی محاسبه می‌شود (Crossa, 1990; Aghaee-Sarbarzeh *et al.*, 2014). از این روش، در بررسی اثر متقابل ژنوتیپ در محیط و همچنین ارزیابی پایداری ژنوتیپ‌های مختلف گیاهان زراعی گوناگون نظیر گندم (Esmailzadeh Moghaddam *et al.*, 2010; Aghaee-Sarbarzeh *et al.*, 2014)، جو (Khalili & Pour-Aboughadareh, 2016; Vaezi *et al.*, 2017)، گلرنگ (Jamshid-Moghaddam & Pourdard, 2013)، کلزا (Bocianowski *et al.*, 2019) و نخود (Pouresmael *et al.*, 2018) استفاده شده است.

علاوه بر روش AMMI، سایر آمارهای پارامتری و ناپارامتری نیز به وفور در جهت شناسایی ژنوتیپ‌های پایدار مورد توجه محققان قرار گرفته‌اند. به عنوان مثال، Vaezi *et al.* (2019) از ۱۹ آماره پارامتری و ناپارامتری برای شناسایی ژنوتیپ‌های جو استفاده کردند. نتایج مطالعه این محققان نشان داد که این آماره‌ها، الگوی

¹ Additive Main Effects and Multiplicative Interaction; AMMI

شوری آب آبیاری و خاک در هر یک از ایستگاه‌های ذکر شده، به ترتیب برابر با ۱۲-۸ و ۱۴-۱۰ دی‌سی‌زیمنس بود. هر کرت آزمایشی شامل هشت خط کاشت با فاصله خطوط ۱۵ سانتی‌متری بود و ابعاد کلیه کرت‌ها در تمام مناطق، ثابت و مساحت کاشت و برداشت، به ترتیب سه (۱/۲ × ۲/۵ متر) و (۲/۴ × ۱/۲ متر) متر مربع در نظر گرفته شد. میزان کود مصرفی، مطابق با فرمول کودی مناطق استفاده شد. میزان بذر هر ژنوتیپ بر اساس ۴۵۰ دانه در متر مربع در نظر گرفته شد. جهت کنترل علف‌های هرز پهن برگ و باریک برگ، به ترتیب از سموم شیمیایی پوماسوپر و گرانستار استفاده شد. در پایان فصل رشد و پس از حذف اثر حاشیه، محصول هر کرت برداشت شد و در نهایت عملکرد هر ژنوتیپ بر حسب تن در هکتار تعیین شد.

پس از جمع‌آوری و بررسی داده‌های آزمایشی از نظر صادق بودن فرض‌های تجزیه واریانس اعم از نرمال بودن داده‌های آزمایشی، مستقل بودن خطاهای آزمایشی و یکنواختی واریانس خطاها، تجزیه واریانس مرکب بر اساس داده‌های مربوط به دو سال و پنج مکان با فرض تصادفی بودن عامل سال و مکان و ثابت بودن اثر ژنوتیپ، با استفاده از نرم افزار Minitab انجام شد (MINITAB, 2010). با توجه به معنی‌دار بودن اثر متقابل سه جانبه سال × مکان × ژنوتیپ، برای تعیین سازگاری و پایداری ژنوتیپ‌های ارزیابی شده از تجزیه AMMI و سایر آماره‌های پایداری استفاده شد. تجزیه AMMI با استفاده از نرم افزار GenStat انجام شد (GENSTAT, 2008) و بر اساس مقادیر مجموع مربعات و ضرایب هر یک از دو مؤلفه نخست آن (IPCAs)، آماره ارزش پایداری AMMI (ASV) بر اساس روش Purchase *et al.* (2000) محاسبه شد. سایر آماره‌های پایداری محاسبه شده در این تحقیق عبارت بودند از: روش شیب خط رگرسیون (Finlay & b; Wilkinson (1963)، انحراف از خط رگرسیون (Eberhart & Russell (1966)، میانگین واریانس-ها (Plaiisted & Peterson (1959)، θ_i ، واریانس اثر متقابل ژنوتیپ و محیط (Plaiisted (1960)، $\theta_{(i)}$ ، اکووالانس ریک (Wricke (1962)، W_i^2 ، واریانس

مشابهی با روش گرافیکی GGE داشتند و توانستند ژنوتیپ‌های یکسانی را به عنوان ژنوتیپ‌های پرمحصول و پایدار معرفی کنند. در مطالعه Najafi-Mirak *et al.* (2019) از روش‌های رتبه (R) و انحراف رتبه (Sd-R)، ضریب تغییرات محیطی (CV) و روش AMMI برای شناسایی ژنوتیپ پایدار گندم دوروم استفاده شد. نتایج نشان داد که آماره‌های مختلف، به خوبی قادر به شناسایی ژنوتیپ‌های پایدار بودند. Amini *et al.* (2010) نیز با بررسی همبستگی رتبه‌ای بین آماره‌های مختلف پایداری و عملکرد، روش ناپارامتری رتبه‌بندی و معیار کانگ (YS) را معیارهای مناسبی برای گزینش ژنوتیپ‌های پرمحصول و پایدار معرفی کردند. به‌طور کلی و با توجه به این‌که گزینش بر اساس هر یک از روش‌های پایداری با نتایج متناقضی همراه است و محققان از روش‌های متفاوتی در شناسایی ارقام پایدار استفاده می‌کنند، تاکنون روش کاملاً قابل قبولی در این زمینه وجود نداشته است (Vaezi *et al.*, 2015).

با توجه به این‌که گندم در کلیه اقلیم‌های کشور کشت می‌شود و نظر به این‌که قسمت‌های وسیعی از استان‌های یزد، اصفهان، خراسان جنوبی و رضوی، کرمان، قم، سمنان، تهران (ورامین تا گرمسار) و سیستان و بلوچستان، به نحوی متأثر از شوری (آب و خاک) هستند (Amini *et al.*, 2010)، اصلاح و معرفی ارقام متحمل به شوری، یکی از اولیتهای اصلی در برنامه‌های به‌نژادی گندم می‌باشد. بنابراین، این تحقیق با هدف ارزیابی عملکرد دانه و تعیین پایداری ژنوتیپ‌های گندم نان در شرایط تنش شوری و همچنین بررسی روابط بین آماره‌های مختلف پایداری اجرا شد.

مواد و روش‌ها

در این تحقیق، ۲۰ ژنوتیپ گندم شامل ۱۷ لاین امید بخش و سه رقم متحمل به شوری به عنوان شاهد (نارین، افق و سیستان) مورد ارزیابی قرار گرفتند (جدول ۱). آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار، در پنج ایستگاه تحقیقاتی برخوردار از آب و خاک شور واقع در مناطق معتدل و گرم شامل بیرجند، یزد، زابل، اصفهان و کرمان، طی دو سال زراعی ۹۶-۱۳۹۵ و ۹۷-۱۳۹۶ اجرا شد. میزان

مجموع رتبه کانگ ((Kang (1988); KR)). کلیه آماره-های فوق با استفاده از نرم افزار STABILITYSOFT محاسبه شدند (Pour-Aboughadareh *et al.*, 2019) و روابط بین آماره‌های پایداری، بر اساس ضریب همبستگی پیرسون و با استفاده از کنسول R محاسبه شد (Warnes *et al.*, 2014).

پایداری شوکلا ((Shukla (1972); σ_i^2), ضریب تغییرات محیطی (Francis & Kannenberg CV; (1978)), آماره‌های ناپارامتری نصار و هان (($S^{(1,2,3,6)}$), (Nassar & Huehn, (1987); Huehn (1990) آماره‌های ناپارامتری تنازرو ((Thennarasu (199) $NP^{(1-4)}$) و

جدول ۱- شجره و نام ژنوتیپ‌های گندم مورد بررسی در این تحقیق

Table 1. Pedigree and names of evaluated wheat genotypes in this study

| Code | Pedigree/Name |
|------|---|
| G1 | Narin (Check-1) |
| G2 | Ofogh (Check-2) |
| G3 | Sistan (Check-3) |
| G4 | Vee/Nac//Tabasi /3/IRENAB/BABAX//PASTOR |
| G5 | WEEBILL 1//Rsh*2/10120 /3/Chamran |
| G6 | WEEBILL 1/Kharchia //Bam |
| G7 | Kavir /WEEBILL 1//FALAT |
| G8 | Bam/WEEBILL 1//Sistan |
| G9 | Bam/3/IRENAB/BABAX//PASTOR/4/Neishabour |
| G10 | Bam/3/IRENAB/BABAX//PASTOR/4/Neishabour |
| G11 | Marvdasht/6/M-70-4/5/Alborz/4/K 6290914/Cno//K58/Tob/3/Wa/7/OASIS/SKAUZ//4*BCN*2/3/PASTOR |
| G12 | T.AEST./SPRW"S"//CA8055/3/BACANORA 86/5/Omid/4/Bb/Kal//Ald/3/ Y50E/3*Kal//Emu/6/OASIS/SKAUZ//4*BCN*2/3/PASTOR |
| G13 | Nik.N/3/Kj1//Maya"S"//Mon"S"//2/5/Omid/4/Bb/Kal//Ald/3/Y50E/3*Kal//Emu |
| G14 | Marvdasht/6/M-70-4/5/Alborz/4/K 6290914/Cno//K58/Tob/3/Wa/7/OASIS/SKAUZ//4*BCN*2/3/PASTOR |
| G15 | Pishtaz/7/T.Aest/5/Ti/4/La/3/Fr/Kad//Gb/6/F13471/Crow" |
| G16 | 1-66-22//Bow"s"//Crow"s"//3/Kavir/5/Omid/4/Bb/Kal//Ald/3/ Y50E/3*Kal//Emu/6/Pishtaz |
| G17 | Nik.N/3/Kj1//Maya"S"//Mon"S"//2/5/Omid/4/Bb/Kal//Ald/3/Y50E/3*Kal//Emu |
| G18 | Maya/Sap//CHAMRAN |
| G19 | TEVEE-1/GRU90-207476//2*CHAMRAN |
| G20 | S-93-20 |

(2015).

نتایج و بحث

به منظور بررسی اثر متقابل ژنوتیپ × محیط (ترکیب سال و مکان)، تجزیه AMMI انجام شد که نتایج آن در جدول ۳ نشان داده شده است. همان گونه که ملاحظه می‌شود، اثرات E، G و GE به ترتیب ۵۴، شش و ۲۵ درصد از کل تغییرات مدل را توجیه کردند. سهم اثر GE نسبت به G، بیش از چهار برابر بود که این نتیجه به خوبی با بررسی دامنه تغییرات میانگین عملکرد دانه ژنوتیپ‌های ارزیابی شده در محیط‌های مختلف، مورد تأیید قرار گرفت، به طوری که کمترین (۱/۲ تن در هکتار) و بیشترین (۷/۲ تن در هکتار) عملکرد دانه، به ژنوتیپ G8 در منطقه یزد تعلق داشت. تجزیه اثر GE، منجر به استخراج شش مؤلفه معنی دار شد، به طوری که در مجموع، ۹۵ درصد از مجموع مربعات اثر متقابل و ۲۴ درصد از مجموع مربعات کل را توجیه نمودند.

نتایج تجزیه واریانس مرکب نشان داد که اثر مکان (L)، سال (Y) × مکان، ژنوتیپ (G) و تمام اثرات متقابل دو جانبه $Y \times G$ ، $Y \times L$ و سه جانبه $G \times Y \times L$ بر عملکرد دانه ژنوتیپ‌های ارزیابی شده معنی دار بود (جدول ۲). از طرف دیگر، معنی دار بودن اثرات متقابل بین L، Y و G نیز نشان دهنده پاسخ متفاوت ژنوتیپ‌ها در سال‌ها و مکان‌های مختلف بود، به طوری که در سال‌ها و مکان‌های مختلف، ژنوتیپ‌های متفاوتی دارای بیشترین عملکرد دانه بودند. بنابراین، تنها بر اساس مقایسه میانگین ژنوتیپ‌ها نمی‌توان ژنوتیپ با عملکرد بیشتر را تعیین کرد، بلکه باید تجزیه پایداری صورت گیرد تا ژنوتیپ‌های سازگار با محیط‌های گوناگون، که ضمن داشتن عملکرد بالا، نوسانات عملکرد آن‌ها در سال‌های مختلف نیز کمتر باشد، شناسایی شوند (Vaezi *et al.*).

جدول ۲- تجزیه واریانس مرکب عملکرد ژنوتیپ های گندم تحت شرایط تنش شوری طی دو سال زراعی (۱۳۹۷-۱۳۹۵)

Table 2. Combined variance analysis of the grain yield of bread wheat genotypes in 2016-2018

| S.O.V. | DF | Ms |
|--------|-------|-----------|
| Y | 1 | 0.081 ns |
| L | 4 | 114.69 ns |
| Y×L | 4 | 41.01 ** |
| E1 | 30 | 1.31 |
| G | 19 | ** 3.410 |
| G×L | 76 | ns 1.912 |
| G×Y | 19 | ns 1.194 |
| G×L×Y | 76 | 1.587 ** |
| E2 | 570 | 0.229 |
| C.V.% | 11.53 | |

* و **: به ترتیب معنی دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد.

* and **: significant at 0.05 and 0.01 of probability levels, respectively.

جدول ۳- تجزیه واریانس مدل AMMI برای عملکرد دانه ژنوتیپ های گندم نان.

Table 2. AMMI variance analysis of the grain yield of bread wheat genotypes.

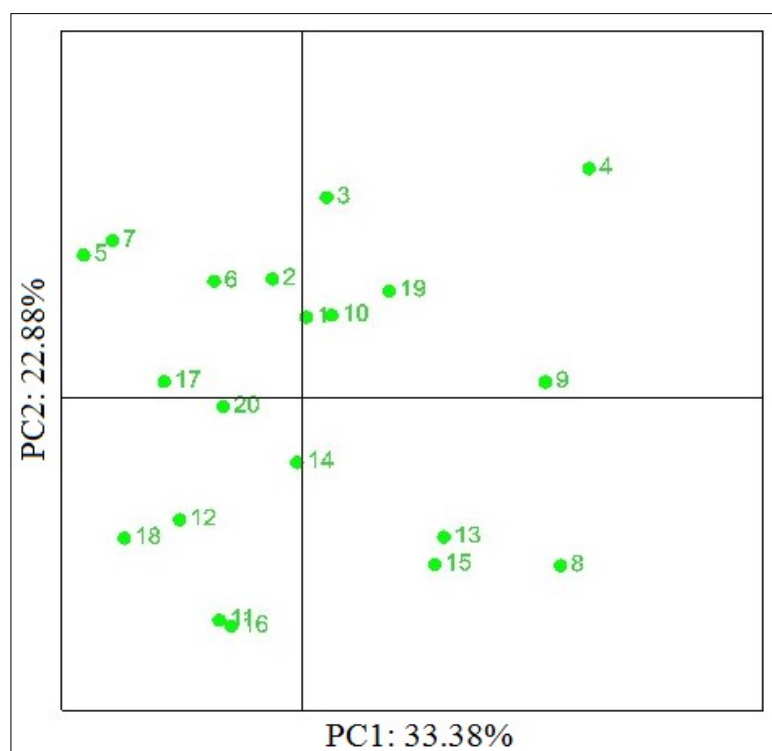
| Source | df | SS | MS | % (G + E + GE) | % GE |
|--------------|-----|--------|----------|----------------|------|
| Total | 799 | 1146.3 | 1.435 | | |
| Treatments | 199 | 976.3 | 4.906** | 85 | |
| Genotypes | 19 | 64.8 | 3.41** | 6 | |
| Environments | 9 | 622.9 | 69.211** | 54 | |
| Block | 30 | 39.4 | 1.313 | | |
| Interactions | 171 | 288.6 | 1.688** | 25 | |
| IPCA1 | 27 | 93 | 3.445** | 8 | 32 |
| IPCA2 | 25 | 67.4 | 2.698** | 6 | 23 |
| IPCA3 | 23 | 43.5 | 1.89** | 4 | 15 |
| IPCA4 | 21 | 27.9 | 1.33** | 2 | 10 |
| IPCA5 | 19 | 24.5 | 1.291** | 2 | 8 |
| IPCA6 | 17 | 16.6 | 0.976* | 1 | 6 |
| Residuals | 39 | 15.7 | 0.402 | 1 | |
| Error | 570 | 130.6 | 0.229 | 24 | |

* و **: به ترتیب معنی دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد.

* and **: significant at 0.05 and 0.01 of probability levels, respectively.

مکانها قابل توصیه می باشند. در مقابل، ژنوتیپ هایی که از مرکز دور هستند، دارای بیشترین میزان GE بودند و بنابراین دارای سازگاری خصوصی می باشند (Gauch & Zobel, 1997). بر این اساس، ژنوتیپ های G1، G2، G3، G6، G10، G14، G17، G19 و G20 با کمترین میزان تغییرات و نزدیکی به مرکز بای پلات، به عنوان ژنوتیپ های پایدار شناخته شدند (شکل ۱). Aghaee- Sarbarzeh *et al* (2014) نیز با استفاده از روش بای- پلات AMMI، اثر GE را بررسی کردند و در نهایت، موفق به شناسایی ژنوتیپ های پایدار گندم دوروم برای مناطق گرم و خشک شدند.

Ghodrati-Niari & Abdolshahi (2014) نیز در ارزیابی پایداری ۴۰ ژنوتیپ گندم نان، از روش AMMI استفاده کردند و بر اساس نتایج آنها مشخص شد که پنج مؤلفه نخست، در مجموع ۱۰۰ درصد از مجموع مربعات اثر GE را توجیه کردند. با توجه به این که در مطالعه حاضر، سهم دو مؤلفه نخست (IPCA1 و IPCA2) سایر مؤلفه ها بود (به ترتیب ۳۲ و ۲۳ درصد)، از این رو از مدل AMMI2 جهت تعیین سازگاری ژنوتیپ ها استفاده شد. بر اساس این مدل، ژنوتیپ های دارای سازگاری عمومی، از اثر GE کمتری برخوردار بودند و به مرکز بای پلات نزدیک تر هستند و بنابراین برای اکثر



شکل ۱- بای‌پلات مدل AMMI2 برای اثر متقابل GE در ژنوتیپ گندم نان ارزیابی شده در مناطق شور.
Figure 1. AMMI2's biplot of GE interaction in the studied bread wheat genotypes in saline regions.

است، بنابراین این دو آماره از نظر رتبه‌بندی ژنوتیپ‌ها، دارای ارزش یکسانی بودند و مشابه بودن نتایج این دو آماره دور از انتظار نیست. Vaezi *et al.* (2018) با مقایسه روش‌های مختلف پایداری برای انتخاب ارقام پایدار و پر محصول جو در مناطق گرم و خشک نشان دادند که آماره‌های σ^2 و W^2 ، موجب گزینش ارقام پرمحصول و پایدار می‌شوند. در بسیاری از مطالعات انجام شده، شیب خط رگرسیون (b) و انحراف از خط رگرسیون (S_d^2)، به‌عنوان دو آماره پایداری مهم برای گزینش ژنوتیپ‌های پرمحصول و پایدار معرفی شده‌اند. Finlay & Wilkinson (1963) گزارش کردند که با توجه به این که شیب خط رگرسیون هر ژنوتیپ، به سایر ژنوتیپ‌ها موجود در آزمایش وابسته است، بنابراین این آماره به تنهایی قادر به شناسایی ژنوتیپ‌های پایدار نیست و نمی‌توان آن‌را به‌عنوان یک معیار پایداری در نظر گرفت. از این‌رو، در شناسایی ژنوتیپ‌های پایدار

میانگین عملکرد دانه و سایر مقادیر مربوط به هر یک از آماره‌های پایداری، به همراه رتبه آن‌ها برای ژنوتیپ‌ها گندم ارزیابی شده در این مطالعه، در جدول‌های ۴ و ۵ نشان داده شده است. از نظر عملکرد دانه، ژنوتیپ‌های G9 و به دنبال آن G4، G8 و G19، با میانگین ۴/۶۰، ۴/۵۸، ۴/۵۴ و ۴/۴۱ تن در هکتار، نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها برتری داشتند. آماره ASV به‌عنوان یکی از مهمترین شاخص‌های پایداری محسوب می‌شود و ژنوتیپ‌های برخوردار از کمترین مقدار ASV دارای کمترین مشارکت در تغییرات محیطی می‌باشند (Purchase *et al.*, 2000). بر اساس این آماره، ژنوتیپ‌های G5 و G11، G12، G18، G19، G4، G8 و G19، با میانگین ۴/۶۰، ۴/۵۸، ۴/۵۴ و ۴/۴۱ تن در هکتار، نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها پایدار شناسایی شدند. بر اساس آماره‌های پایداری شوکلا (σ^2) و اکووالانس ریک (W^2)، ژنوتیپ‌های G1، G2، G6، G8، G10، G12 و G18 نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها پایدارتر بودند. در واقع با توجه به این که واریانس شوکلا، ترکیب خطی از اکووالانس

معمولاً از دو آماره b و S_d^2 به طور همزمان استفاده می‌شود. بر این اساس، اگر شیب خط رگرسیون ژنوتیپی، با یک اختلاف معنی‌داری نداشته باشد و همچنین دارای

کمترین میزان S_d^2 باشد، آن ژنوتیپ به عنوان ژنوتیپ پایدار شناخته می‌شود (Eberhart & Russell, 1966).

جدول ۴- میانگین عملکرد دانه (تن در هکتار) و آماره‌های پارامتری و ناپارامتری پایداری ۲۰ ژنوتیپ گندم نان.

Table 3. Mean grain yield and parametric and non-parametric stability statistics of the 20 bread wheat genotypes.

| Genotype | GY | $S^{(1)}$ | $S^{(2)}$ | $S^{(3)}$ | $S^{(4)}$ | NPI | $NP2$ | $NP3$ | $NP4$ | ASV | W_i^2 | σ_i^2 | $S_{d_i}^2$ | b_i | CV | $\theta_{(i)}$ | θ_i | KR |
|----------|------|-----------|-----------|-----------|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|---------|--------------|-------------|-------|-------|----------------|------------|----|
| G1 | 4.26 | 4.64 | 17.34 | 12.29 | 2.28 | 3.30 | 0.23 | 0.34 | 0.37 | 5.88 | 1.53 | 0.17 | 0.18 | 0.82 | 19.99 | 0.44 | 0.31 | 8 |
| G2 | 4.24 | 4.73 | 16.46 | 13.11 | 2.74 | 3.70 | 0.30 | 0.39 | 0.42 | 5.86 | 1.66 | 0.18 | 0.24 | 1.01 | 24.33 | 0.43 | 0.32 | 12 |
| G3 | 4.31 | 5.71 | 24.10 | 18.23 | 3.09 | 4.30 | 0.39 | 0.44 | 0.48 | 5.96 | 2.83 | 0.33 | 0.34 | 0.75 | 20.12 | 0.43 | 0.39 | 14 |
| G4 | 4.58 | 8.38 | 56.46 | 37.09 | 4.64 | 6.00 | 0.37 | 0.50 | 0.61 | 6.33 | 7.71 | 0.93 | 0.86 | 1.47 | 34.74 | 0.40 | 0.67 | 22 |
| G5 | 3.79 | 7.58 | 44.46 | 54.81 | 7.89 | 6.20 | 1.53 | 0.90 | 1.04 | 5.29 | 5.11 | 0.61 | 0.67 | 0.78 | 26.98 | 0.41 | 0.52 | 34 |
| G6 | 3.98 | 5.58 | 26.54 | 26.84 | 4.56 | 3.10 | 0.61 | 0.47 | 0.63 | 5.51 | 2.18 | 0.25 | 0.24 | 0.75 | 20.54 | 0.43 | 0.35 | 20 |
| G7 | 3.84 | 6.42 | 29.34 | 30.36 | 5.17 | 4.70 | 0.69 | 0.69 | 0.74 | 5.35 | 4.75 | 0.56 | 0.49 | 0.58 | 21.39 | 0.41 | 0.50 | 32 |
| G8 | 4.41 | 6.04 | 29.29 | 19.97 | 3.03 | 4.50 | 0.28 | 0.40 | 0.46 | 6.17 | 5.43 | 0.65 | 0.49 | 1.51 | 34.71 | 0.41 | 0.54 | 22 |
| G9 | 4.60 | 5.62 | 28.28 | 17.55 | 2.55 | 3.40 | 0.36 | 0.34 | 0.39 | 6.38 | 4.60 | 0.54 | 0.63 | 1.17 | 27.99 | 0.42 | 0.49 | 16 |
| G10 | 4.26 | 4.84 | 16.93 | 12.10 | 2.76 | 4.10 | 0.24 | 0.38 | 0.38 | 5.88 | 1.75 | 0.19 | 0.25 | 1.02 | 24.65 | 0.43 | 0.32 | 11 |
| G11 | 3.78 | 6.29 | 30.94 | 42.85 | 6.77 | 5.00 | 1.02 | 0.93 | 0.97 | 5.22 | 2.89 | 0.33 | 0.41 | 1.06 | 30.05 | 0.43 | 0.39 | 28 |
| G12 | 3.78 | 6.04 | 26.93 | 31.89 | 5.42 | 4.30 | 0.80 | 0.70 | 0.80 | 5.22 | 1.87 | 0.21 | 0.27 | 0.98 | 26.94 | 0.43 | 0.33 | 22 |
| G13 | 4.36 | 7.13 | 35.57 | 28.33 | 4.34 | 5.30 | 0.49 | 0.54 | 0.63 | 6.04 | 3.96 | 0.47 | 0.47 | 1.29 | 30.91 | 0.42 | 0.45 | 17 |
| G14 | 4.22 | 6.49 | 30.67 | 23.00 | 4.17 | 6.00 | 0.38 | 0.52 | 0.54 | 5.83 | 2.65 | 0.30 | 0.38 | 1.00 | 25.57 | 0.43 | 0.38 | 18 |
| G15 | 4.18 | 6.44 | 29.73 | 26.24 | 4.71 | 5.90 | 0.46 | 0.63 | 0.63 | 5.82 | 3.40 | 0.40 | 0.30 | 1.41 | 33.46 | 0.42 | 0.42 | 22 |
| G16 | 3.86 | 6.09 | 27.60 | 32.68 | 5.42 | 4.80 | 0.77 | 0.74 | 0.80 | 5.34 | 4.02 | 0.47 | 0.57 | 1.08 | 31.20 | 0.42 | 0.46 | 28 |
| G17 | 4.24 | 7.38 | 40.27 | 34.85 | 4.77 | 5.50 | 0.54 | 0.67 | 0.71 | 5.89 | 6.05 | 0.72 | 0.54 | 0.46 | 18.20 | 0.41 | 0.58 | 28 |
| G18 | 3.61 | 5.04 | 18.23 | 28.79 | 6.39 | 3.90 | 1.27 | 0.91 | 0.88 | 4.99 | 2.05 | 0.23 | 0.28 | 0.91 | 26.90 | 0.43 | 0.34 | 25 |
| G19 | 4.54 | 5.89 | 25.34 | 16.65 | 2.99 | 5.20 | 0.44 | 0.43 | 0.43 | 6.26 | 4.09 | 0.48 | 0.56 | 1.15 | 27.76 | 0.42 | 0.46 | 17 |
| G20 | 4.17 | 7.58 | 39.88 | 35.53 | 5.45 | 6.00 | 0.55 | 0.66 | 0.75 | 5.76 | 3.61 | 0.42 | 0.47 | 0.79 | 22.76 | 0.42 | 0.43 | 24 |

GY: عملکرد دانه، $S^{(1-6)}$: آماره‌های پایداری نثار و هان، $NP^{(1-4)}$: آماره‌های پایداری تنازرو، W_i^2 : کووالانس ریک، σ_i^2 : واریانس پایداری شوکلا، b_i : ضریب رگرسیون، $S_{d_i}^2$: انحراف از خط رگرسیون، CV : ضریب تغییرات، $\theta_{(i)}$: واریانس اثر متقابل ژنوتیپ و محیط، θ_i : میانگین واریانس‌ها پلستید، ASV : آماره ارزش پایداری امی و KR : مجموع رتبه کانگ
 GY, grain yield; $S^{(1-6)}$, Nassar and Huehn's and Huehn's stability statistics; $NP^{(1-4)}$, Thennarasu's stability statistics; W_i^2 , Wricke's ecovalence; σ_i^2 , Shukla's stability variance; b_i , regression coefficient; $S_{d_i}^2$, deviation from regression; CV , coefficient of variance; $\theta_{(i)}$, GE variance component; θ_i , mean variance component; ASV , AMMI's stability values; KR Kang's sum of ranks

توجه به این‌که اکثر ژنوتیپ‌ها در محور $b=1$ قرار گرفتند و انحراف از خط رگرسیون، برای آن‌ها معنی‌دار نبود، نتوانستند ژنوتیپ‌های پایدار را شناسایی کنند. با این‌حال، Moghaddam & Pourdad (2009) در مطالعه خود توانستند با استفاده از آماره‌های شیب خط و انحراف از رگرسیون، لاین‌های پایدار گلرنگ را به خوبی شناسایی کنند. با توجه به مقادیر ضریب تغییرات محیطی (CV)، ژنوتیپ G17 و به‌دنبال آن G1، G3 و G6 دارای کمترین میزان تنوع محیطی بودند و در نتیجه نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها پایدارتر بودند (جدول‌های ۴ و ۵).

با توجه به جدول ۳، ژنوتیپ‌های G12، G10، G2 و G14 دارای شیب خط رگرسیون برابر و نزدیک یک بودند؛ به عبارت دیگر، ضریب b در این ژنوتیپ‌ها با یک اختلاف معنی‌داری نداشت و از این‌رو به عنوان ژنوتیپ پایدار شناسایی شدند. بر اساس آماره S_d^2 نیز ژنوتیپ‌های G1، G2، G6، G10، G12 و G18 نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها، دارای کمترین میزان انحراف از خط رگرسیون بودند. بنابراین با در نظر گرفتن هر دو آماره، ژنوتیپ‌های G10، G2 و G12 به عنوان ژنوتیپ‌های پر محصول و پایدار شناسایی شدند. (Dashtaki et al (2004) نیز به‌منظور بررسی پایداری ژنوتیپ‌های گندم، از روش رگرسیونی استفاده کردند. در این مطالعه و با

جدول ۵- رتبه ۲۰ ژنوتیپ گندم نان براساس میانگین عملکرد دانه و آماره‌های پارامتری و ناپارامتری پایداری.

Table 4. The ranks of the 20 bread wheat genotypes based on the grain yield and parametric and non-parametric stability statistics

| Genotype | GY | $S^{(1)}$ | $S^{(2)}$ | $S^{(3)}$ | $S^{(4)}$ | NP1 | NP2 | NP3 | NP4 | ASV | W_i^2 | σ_i^2 | S_{di}^2 | b_i | CV | KR | $\theta_{(i)}$ | θ_i | ASR | SD |
|----------|----|-----------|-----------|-----------|-----------|-----|-----|-----|-----|-----|---------|--------------|------------|-------|----|----|----------------|------------|-------|------|
| G1 | 7 | 1 | 3 | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 13 | 1 | 1 | 1 | 14 | 2 | 1 | 1 | 20 | 4.35 | 5.50 |
| G2 | 10 | 2 | 1 | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 11 | 2 | 2 | 2 | 10 | 7 | 3 | 2 | 19 | 5.47 | 4.49 |
| G3 | 6 | 7 | 5 | 6 | 7 | 7 | 8 | 7 | 7 | 15 | 8 | 8 | 8 | 17 | 3 | 4 | 8 | 13 | 8.47 | 3.48 |
| G4 | 2 | 20 | 20 | 18 | 11 | 17 | 6 | 9 | 9 | 19 | 20 | 20 | 20 | 2 | 20 | 10 | 20 | 1 | 14.35 | 7.05 |
| G5 | 17 | 18 | 19 | 20 | 20 | 20 | 20 | 18 | 20 | 4 | 17 | 17 | 19 | 16 | 12 | 20 | 17 | 4 | 17.53 | 4.86 |
| G6 | 14 | 5 | 7 | 10 | 10 | 1 | 14 | 8 | 10 | 7 | 6 | 6 | 3 | 18 | 4 | 9 | 6 | 15 | 9.00 | 4.36 |
| G7 | 16 | 13 | 12 | 13 | 14 | 10 | 15 | 15 | 14 | 6 | 16 | 16 | 13 | 19 | 5 | 19 | 16 | 5 | 13.94 | 4.11 |
| G8 | 4 | 9 | 11 | 7 | 6 | 9 | 3 | 5 | 6 | 17 | 18 | 18 | 14 | 1 | 19 | 10 | 18 | 3 | 10.47 | 5.88 |
| G9 | 1 | 6 | 10 | 5 | 2 | 3 | 5 | 1 | 3 | 20 | 15 | 15 | 18 | 5 | 14 | 5 | 15 | 6 | 8.76 | 6.04 |
| G10 | 8 | 3 | 2 | 1 | 4 | 6 | 2 | 3 | 2 | 12 | 3 | 3 | 4 | 9 | 8 | 2 | 3 | 18 | 5.47 | 4.26 |
| G11 | 19 | 12 | 15 | 19 | 19 | 12 | 18 | 20 | 19 | 3 | 9 | 9 | 10 | 8 | 15 | 16 | 9 | 12 | 14.35 | 4.80 |
| G12 | 18 | 9 | 8 | 14 | 15 | 7 | 17 | 16 | 16 | 2 | 4 | 4 | 5 | 12 | 11 | 10 | 4 | 17 | 11.12 | 5.20 |
| G13 | 5 | 16 | 16 | 11 | 9 | 14 | 11 | 11 | 11 | 16 | 12 | 12 | 12 | 4 | 16 | 6 | 12 | 9 | 11.94 | 3.57 |
| G14 | 11 | 15 | 14 | 8 | 8 | 17 | 7 | 10 | 8 | 10 | 7 | 7 | 9 | 11 | 9 | 8 | 7 | 14 | 10.59 | 3.00 |
| G15 | 12 | 14 | 13 | 9 | 12 | 16 | 10 | 12 | 12 | 9 | 10 | 10 | 7 | 3 | 18 | 10 | 10 | 11 | 11.65 | 3.20 |
| G16 | 15 | 11 | 9 | 15 | 15 | 11 | 16 | 17 | 17 | 5 | 13 | 13 | 17 | 7 | 17 | 16 | 13 | 8 | 13.82 | 3.67 |
| G17 | 9 | 17 | 18 | 16 | 13 | 15 | 12 | 14 | 13 | 14 | 19 | 19 | 15 | 20 | 1 | 16 | 19 | 2 | 14.82 | 5.22 |
| G18 | 20 | 4 | 4 | 12 | 18 | 5 | 19 | 19 | 18 | 1 | 5 | 5 | 6 | 13 | 10 | 15 | 5 | 16 | 11.47 | 6.33 |
| G19 | 3 | 8 | 6 | 4 | 5 | 13 | 9 | 6 | 5 | 18 | 14 | 14 | 16 | 6 | 13 | 6 | 14 | 7 | 9.82 | 4.53 |
| G20 | 13 | 18 | 17 | 17 | 17 | 17 | 13 | 13 | 15 | 8 | 11 | 11 | 11 | 15 | 6 | 14 | 11 | 10 | 13.94 | 3.30 |

GY: عملکرد دانه، $S^{(1-6)}$: آماره‌های پایداری نثار و هان، $NP^{(1-4)}$: آماره‌های پایداری تنازرو، W_i^2 : کووالانس ریک، σ_i^2 : واریانس پایداری شوکلا، b_i :

ضریب رگرسیون، S_{di}^2 : انحراف از خط رگرسیون، CV: ضریب تغییرات، $\theta_{(i)}$: واریانس اثر متقابل ژنوتیپ و محیط، θ_i : میانگین واریانس‌ها پلستید، ASV:

آماره ارزش پایداری امی و KR: مجموع رتبه کانگ

GY, grain yield; $S^{(1-6)}$, Nassar and Huehn's and Huehn's stability statistics; $NP^{(1-4)}$, Thenararu's stability statistics; W_i^2 , Wricke's ecovalence; σ_i^2 , Shukla's stability variance; b_i , regression coefficient; S_{di}^2 , deviation from regression; CV, coefficient of variance; $\theta_{(i)}$, GE variance component; θ_i , mean variance component; ASV, AMMI's stability values; KR Kang's sum of ranks; ASR, average of sum of ranks; SD, standard deviation

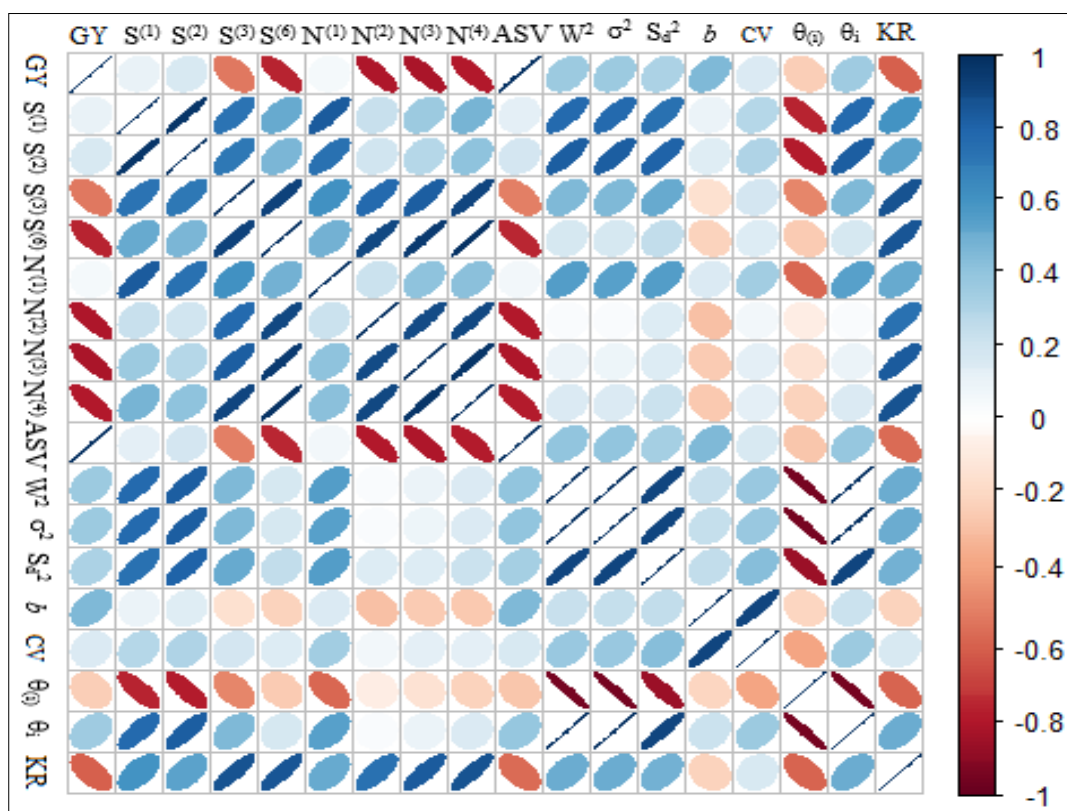
ژنوتیپ‌های پایدار شناسایی کردند (جدال‌های ۴ و ۵). Sabaghnia *et al* (2006). در ارزیابی اثر متقابل ژنوتیپ در محیط و پایداری عملکرد لاین‌های عدس، از آماره‌های مختلف پایداری استفاده و گزارش کردند که روش مجموع رتبه کانگ، مناسب‌ترین روش برای شناسایی لاین‌های پایدار است. Ebadi-Sagherloo *et al* (2009) نیز در بررسی ژنوتیپ‌های نخود، از چندین روش ناپارامتری استفاده کردند و با توجه به نتایج خود اظهار داشتند مجموع رتبه کانگ، به دلیل همبستگی مثبت و معنی‌دار با عملکرد دانه می‌تواند به‌عنوان یک معیار پایداری مفید در شناسایی ارقام پایدار و پر محصول به کار گرفته شود.

همانطور که ملاحظه می‌شود، هر یک از آماره‌های پایداری در شناسایی ژنوتیپ‌های پایدار، نتایج نسبتاً متفاوتی از هم نشان دادند، بنابراین گزینش ژنوتیپ‌های برتر از نظر عملکرد دانه و کلیه آماره‌های پایداری، مطابق روش میانگین رتبه کتاتا (ASR) انجام شد (Ketata *et al.*, 1989). در این روش، ژنوتیپی که از میانگین رتبه و انحراف معیار پایین‌تری برخوردار باشد،

این نتایج با یافته‌های Soughi *et al* (2009) مطابقت نشان داد. آن‌گونه که این محققان اظهار داشتند، با توجه به وراثت‌پذیر بودن ضریب تغییرات محیطی و همچنین مفهوم پایداری بیولوژیکی آن، این پارامتر می‌تواند به‌خوبی ژنوتیپ‌های پایدار را شناسایی کند. دو آماره $S^{(1)}$ و $S^{(2)}$ نیز ژنوتیپ‌های G1، G2، G3 و G4 را به‌عنوان ژنوتیپ‌های پایدار معرفی کردند، درحالی‌که بر اساس آماره‌های $S^{(3)}$ و $S^{(6)}$ ژنوتیپ‌های G1، G2، G9، G10 و G19 با کمترین مقدار نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها، از پایداری نسبی بالاتری برخوردار بودند. آماره‌های ناپارامتری تنازرو (NP) نیز در شناسایی ژنوتیپ‌های پایدار، دارای الگوی مشابهی بودند، به‌طوری‌که بر اساس این آماره‌ها، ژنوتیپ‌های G1، G2، G9 و G10 دارای کمترین رتبه و بیشترین پایداری بودند (جدول‌های ۴ و ۵). آماره‌های کانگ (KR) و پلستید ($\theta_{(i)}$) نیز با الگوی مشابه در رتبه‌بندی ژنوتیپ‌ها قادر به تفکیک ژنوتیپ‌های G1، G2 و G10 به‌عنوان ژنوتیپ‌های پایدار شدند. با این حال، آماره پلستید و پترسون (θ_i) با رویکردی متفاوت، ژنوتیپ‌های G4، G5، G7 و G8 را به‌عنوان

به منظور بررسی روابط بین آماره‌های پایداری مختلف، از ضریب همبستگی پیرسون استفاده شد که نتایج آن در شکل ۲ نشان داده شده است. در این شکل، ضرایب همبستگی به صورت اشکال بیضوی نشان داده شده است و هرچقدر این شکل به حالت خطی متمایل شود، بیانگر ضریب همبستگی بسیار معنی‌دار بین دو آماره می‌باشد.

به عنوان ژنوتیپ برتر انتخاب می‌شود. با توجه به مقادیر ASR، ژنوتیپ‌های G1، G2، G3، G6، G9 و G10، نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها، دارای کمترین میانگین رتبه و انحراف معیار بودند. علاوه بر این، با در نظر گرفتن مقادیر عملکرد دانه مشخص شد که در بین ژنوتیپ‌های فوق، G9 نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها و حتی ارقام شاهد دارای بیشترین عملکرد دانه بود (جدول ۵).



شکل ۲- نمایش گرافیکی ضرایب همبستگی بین عملکرد دانه و آماره‌های پایداری پارامتری و ناپارامتری پایداری در ۲۰ ژنوتیپ گندم نان. GY: عملکرد دانه، $S^{(1-6)}$: آماره‌های پایداری نصار و هان، $NP^{(1-4)}$: آماره‌های پایداری تنازرو، W_i^2 : آکووالانس ریک، σ_i^2 : واریانس پایداری شوکلا، b_i : ضریب رگرسیون، S_{di}^2 : انحراف از خط رگرسیون، CV: ضریب تغییرات، $\theta_{(i)}$: واریانس اثر متقابل ژنوتیپ و محیط، θ_i : میانگین واریانس‌ها پلستید، ASV: آماره ارزش پایداری امی و KR: مجموع رتبه کانگ

Figure 2. Graphical view of correlation coefficients between grain yield and parametric and non-parametric stability statistics in the 20 bread wheat genotypes. GY, grain yield; $S^{(1-6)}$, Nassar and Huehn's and Huehn's stability statistics; $NP^{(1-4)}$, Thennarasu's stability statistics; W_i^2 , Wricke's ecovalence; σ_i^2 , Shukla's stability variance; b_i , regression coefficient; S_{di}^2 , deviation from regression; CV, coefficient of variance; $\theta_{(i)}$, GE variance component; θ_i , mean variance component; ASV, AMMI's stability values; KR Kang's sum of ranks

آن با آماره‌های $S^{(3)}$ ، $S^{(6)}$ ، $NP^{(2)}$ ، $NP^{(3)}$ ، $NP^{(4)}$ و $NP^{(1)}$ منفی و معنی‌دار بود. بین آماره‌های ناپارامتری $S^{(1)}$ ، $S^{(2)}$ ، $S^{(3)}$ و $S^{(6)}$ نیز همبستگی مثبت و معنی‌داری مشاهده شد. همبستگی بین آماره‌های W^2 و S_d^2

علاوه بر این، طیف رنگی آبی تا سفید و قرمز تا سفید نیز به ترتیب بیانگر ضرایب مثبت و منفی می‌باشند. به عنوان نمونه، عملکرد دانه با آماره ASV همبستگی مثبت و بسیار معنی‌دار داشت، درحالی‌که همبستگی

وجود دارد. از طرف دیگر مشخص شد که محیط‌های آزمایشی نیز دارای پتانسیل تولید متفاوتی هستند؛ از این رو سهم اثر محیط نسبت به مجموع مربعات کل قابل توجه بود (۵۴ درصد). با این حال و با در نظر گرفتن عملکرد دانه و کلیه آماره‌های پایداری مشخص شد که ژنوتیپ G9 دارای بالاترین عملکرد دانه (۴/۶۰ تن در هکتار) نسبت به ارقام شاهد (با میانگین عملکرد ۴/۲۴، ۴/۲۶ و ۴/۳۱ تن در هکتار) و سایر ژنوتیپ‌ها بود و همچنین از نظر بیشتر آماره‌های پایداری، جزو ژنوتیپ‌های پایدار قرار داشت. لازم به ذکر است که اگرچه ژنوتیپ G4 با تولید ۴/۵۸ تن دانه در هکتار؛ دارای عملکردی مشابه G9 بود، ولی از نظر آماره‌های پایداری، جزو ژنوتیپ‌های ناپایدار بود و به نظر می‌رسد که این ژنوتیپ، از سازگاری خصوصی بالایی برخوردار است. به‌طور کلی و با توجه به نتایج به دست آمده از این تحقیق، ژنوتیپ G9 می‌تواند به عنوان یک ژنوتیپ پر محصول و پایدار برای کشت در مناطق مستعد شوری انتخاب و معرفی شود.

مثبت و معنی‌دار بود؛ با این حال رابطه منفی و معنی‌داری با آماره $S^{(6)}$ ، $S^{(2)}$ ، $S^{(1)}$ ، θ_i با آماره‌های $S^{(1)}$ ، $S^{(2)}$ ، $S^{(3)}$ ، σ^2 ، W^2 و S_d^2 نیز همبستگی مثبت و معنی‌داری مشاهده شد. علاوه بر این، با توجه به نتایج به دست آمده از الگوی رتبه‌بندی ژنوتیپ‌ها و با استفاده از هر یک از آماره‌های پایداری مشخص شد که این آماره‌ها، نتایج نسبتاً یکسانی ارائه نمودند؛ بنابراین می‌توانند در شناسایی ژنوتیپ‌های ایده‌آل در کنار عملکرد دانه به عنوان جایگزین یکدیگر مورد استفاده قرار گیرند. به‌طور کلی و با توجه به نتایج به دست آمده می‌توان اظهار داشت که در بین آماره‌های پایداری، ASV به دلیل داشتن رابطه مثبت و بسیار معنی‌دار با عملکرد دانه می‌تواند به عنوان یک پارامتر کلیدی در شناسایی ژنوتیپ‌های پایدار استفاده شود.

نتیجه‌گیری کلی

نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که بین ژنوتیپ‌های ارزیابی شده از نظر عملکرد دانه، تنوع ژنتیکی بالایی

REFERENCES

1. Aghaee-Sarbarzeh, M., Bahari, M., Farzadi, H., Andarzian, B., Dastfal, M. & Najafi-Mirak, T. (2014). Evaluation of grain yield and its stability in durum wheat genotypes in warm and dry areas of Iran. *Iranian Journal of Crop Sciences*, 16(1), 1–11.
2. Ahmadi, J., Pour-Aboughadareh, A., Fabriki Ourang, S., Mehrabi, A. A. & Siddique, K. H. M. (2018). Screening wild progenitors of wheat for salinity stress at early stages of plant growth: insight into potential sources of variability for salinity adaptation in wheat. *Crop & Pasture Science*, 69(7), 649–658.
3. Amini, A., Vahabzadeh, M., Afiuni, D., Saberi, M. H. & Tabatabaei, M. T. (2008). Study of adaptation and grain yield stability of wheat genotypes in salt affected regions of Iran. In: *Proceedings of 18th EUCARPIA General Congress*, 9–12 Sep, Valencia, Spain, pp. 305.
4. Amini, A., Vahabzadeh, M., Majidi, E., Afyouni, D., Tabatabaei, S. M. T., Saberi, M. H., Lotfi, A. A. & Ravari, S. Z. A. (2010). Grain yield stability and adaptability of bread wheat genotypes using different stability indices under salinity stress conditions. *Seed and Plant Improvement Journal*, 26(3), 397–411.
5. Anonymous. (2018). *Agricultural Statistics*. Retrieved September 10, 2018, from <http://dpe.maj.ir/Index.aspx?lang=1&sub=65#>
6. Anonymous. (2019). *Biosalinity Awareness Project*. Retrieved September 30, 2019, from: <https://biosalinity.org/global%20perspective.htm>
7. Bocianowski, J., Niemann, J. & Nowosad, K. (2019). Genotype-by-environment interaction for seed quality traits in interspecific cross-derived Brassica lines using additive main effects and multiplicative interaction model. *Euphytica*, 215, 7.
8. Crossa, J. (1990). Statistical analysis of multilocation trials. *Advances in Agronomy*, 44, 55–86.
9. Dashtaki, M., Yazdansepar, A., Najafi Mirak, T., Ghannadha, M. R., Joukar, R., Islampour, M. R., Moayedi, A. A., Kouchaki, A. R., Nazeri, M., Abedi Oskooie, M. S., Aminzadeh, G., Soltani, R. & Ashouri, S. (2004). Stability of grain yield and harvest index in winter and facultative bread wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes. *Seed and Plant Improvement Journal*, 20(3), 263–280.
10. Ebadi Segherloo, A., Sabaghpour, S. H., Dehghani, H. & Kamrani, M. (2008). Nonparametric measures of phenotypic stability in chickpea genotypes (*Cicer arietinum* L.). *Euphytica*, 162(2), 221–229.

11. Eberhart, S. A. T. & Russell, W. A. (1966). Stability parameters for comparing varieties. *Crop Science*, 6(1), 36–40.
12. Esmailzadeh Moghaddam, M., Zakizadeh, M., Akbari Moghaddam, H., Abedini Esfahlani, M., Sayahfar, M., Nikzad, A. R., Tabib Ghafari, S. M., & Lotfali Ayeneh, G. H. A. (2010). Genotype \times environment interaction and stability of grain yield of bread wheat genotypes in dry and warm areas of Iran. *Seed and Plant Improvement Journal*, 3(3), 257–273.
13. Finlay, K. W. & Wilkinson, G. N. (1963). Adaptation in a plant breeding programme. *Australian Journal of Agricultural Research*, 14(6), 742–754.
14. Food and Agriculture Organization. (2011). *FAOSTAT*. Retrieved Desember 30, 2011, from <http://www.fao.org/home/en/>.
15. Francis, T. R. & Kannenberg, L. W. (1978). Yield stability studies in short-season maize: I. A descriptive method for grouping genotypes. *Canadian Journal of Plant Science*, 58(4), 1029–1034.
16. Gauch, H. G. & Zobel, R. W. (1997). Identifying mega-environments and targeting genotypes. *Crop Science*, 37(2), 311–326.
17. GENSTAT [computer software]. (2008). VSN International Ltd.
18. Ghodrati-Niari, F. & Abdolshahi, R. (2014). Evaluation of yield stability of 40 bread wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes using additive main effects and multiplicative interaction (AMMI). *Iranian Journal of Crop Sciences*, 16(4), 322–333.
19. Huehn, M. (1979). Beitrage zur erfassung der phanotypischen stabilitat. *Experimental Medicine and Biology*, 10, 112–117.
20. Huehn, M. (1990). Nonparametric measures of phenotypic stability. Part 1: Theory. *Euphytica*, 47(3), 189–194.
21. Jamshid-Moghaddam, M. & Pourdad, S. S. (2013). Genotype \times environment interactions for seed yield in rainfed winter safflower (*Carthamus tinctorius* L.) multi-environment trials in Iran. *Euphytica*, 190(3), 357–369.
22. Kang, M. S. (1988). A rank-sum method for selecting high-yielding, stable corn genotypes. *Cereal Research Communications*, 16(1), 113–115.
23. Ketata, H. Y., Yau, S. K. & Nachit, M. (1989). Relative consistency performance across environments. In: International Symposium on Physiology and Breeding of Winter Cereals for stressed Mediterranean Environments, Montpellier, July 3–6, pp. 391–400.
24. Khalili, M. & Pour-Aboughadareh, A. (2016). Parametric and nonparametric measures for evaluating yield stability and adaptability in barley doubled haploid lines. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 18(3), 789–803.
25. Khorsandi, F. & Hasheminezhad, Y. (2019). Agriculture in saline conditions. National Salinity Center, Ministry of Agriculture-Jahad, Agricultural Research, Education & Extension Organization (AREEO).
26. Minitab Statistical Software [Computer software]. (2010). State College, PA: Minitab, Inc.
27. Moghaddam, M. J. & Pourdad, S. S. (2009). Comparison of parametric and nonparametric methods for analyzing genotype \times environment interactions in safflower (*Carthamus tinctorius* L.). *The Journal of Agricultural Science*, 147(5), 601–612.
28. Nachshon, U. (2018). Cropland soil salinization and associated hydrology: Trends, processes and examples. *Water*, 10, 1030.
29. Najafi Mirak, T., Moayedi, A. A., Sasani, S. & Ghandi, A. (2019). Evaluation of adaptation and grain yield stability of durum wheat (*Triticum turgidum* L.) genotypes in temperate agro-climate zone of Iran. *Iranian Journal of Crop Sciences*, 21(2), 127–138.
30. Nassar, R. and Huehn, M. (1987). Studies on estimation of phenotypic stability: Tests of significance for nonparametric measures of phenotypic stability. *Biometrics*, 43(1), 45–53.
31. Plaisted, R. I. & Peterson, L. C. (1959). A technique for evaluating the ability of selection to yield consistently in different locations or seasons. *American Potato Journal*, 36(11), 381–385.
32. Plaisted, R. L. (1960). A shorter method for evaluating the ability of selections to yield consistently over locations. *American Potato Journal*, 37(5), 166–172.
33. Pour-Aboughadareh, A., Yousefian, M., Moradkhani, H., Poczai, P. & Siddique, K. H. M. (2019). STABILITYSOFT: a new online program to calculate parametric and non-parametric stability statistics for crop traits. *Applications in Plant Sciences*, 7(1), e1211.
34. Pouresmael, M., Kanouni, H., Hajjhasani, H., Astraki, H., Mirakhorli, A., Nasrollahi, M. & Mozaffari, J. (2019). Stability of chickpea (*Cicer arietinum* L.) landraces in national plant gene bank of Iran for drylands. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 20(2), 387–400.

35. Purchase, J. L., Hatting, H. & Van Deventer, C. S. (2000). Genotype×environment interaction of winter wheat in South Africa: II. Stability analysis of yield performance. *South African Journal of Plant and Soil*, 17(3), 101–107.
36. Sabaghnia, N., Dehghani, H. & Sabaghpour, S. H. (2006). Non-parametric methods for interpreting genotype × environment interaction of lentil genotypes. *Crop Science*, 46, 1100–1106.
37. Shahbaz, M. & Ashraf, M. (2013). Improving salinity tolerance in cereals. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 32(4), 237–249.
38. Shukla, G. K. (1972). Some statistical aspects of partitioning genotype-environmental components of variability. *Heredity*, 29, 237–245.
39. Soughi, H., Vahabzadeh, M., Kalateh-Arabi, M., Jafarby, J. A., Khavarinejad, S., Ghasemi, M., Fallahi, H. & Amini, A. (2009). Study on grain yield stability of some promising bread wheat lines in northern warm and humid climate of Iran. *Seed and Plant Improvement Journal*, 25(1), 211–222.
40. Thennarasu, K. (1995). *On certain non-parametric procedures for studying genotype-environment interactions and yield stability*. Ph.D. Thesis. University of New Delhi, Indian.
41. Vaezi, B., Ahmadi, J. & Pour-Aboughadareh, A. (2015). Stability analysis of barley advanced lines under Gachsaran tropical environment. *Cereal Research*, 5(3), 161–272.
42. Vaezi, B., Pour-Aboughadareh, A., Mehraban, A., Hossein-Pour, T., Mohammadi, R., Armion, M. & Dorri, M. (2018). The use of parametric and non-parametric measures for selecting stable and adapted barley lines. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 64(5), 597–611.
43. Vaezi, B., Pour-Aboughadareh, A., Mohammadi, R., Armion, M., Mehraban, A., Hossein-Pour, T. & Dorri, M. (2017). GGE biplot and AMMI analysis of barley yield performance in Iran. *Cereal Research Communications*, 45(3), 500–511.
44. Vaezi, B., Pour-Aboughadareh, A., Mohammadi, R., Mehraban, A., Hossein-Pour, T., Koohkan, E., Ghasemi, S., Moradkhani, H. & Siddique, K. H. M. (2019). Integrating different stability models to investigate genotype × environment interaction and identify stable and high-yielding barley genotypes. *Euphytica*, 215, 63.
45. Warnes, G. R., Bolker, B., Bonebakker, L., Gentleman, R., Huber, W., Liaw, A., Lumley, T., Machler, M., Magnusson, A. & Steffen, M. (2014). *Gplots: Various R programming tools for plotting data*. Retrieved September 1, 2019, from <http://CRAN.R-project.org/package=gplots>
46. Zobel, R. W., Wright, M. J. & Gauch, H. G. (1998). Statistical analysis of yield trials. *Agronomy Journal*, 80, 388-393.