

ارزیابی عملکرد دانه و پایداری آن در لاین‌های امید بخش جو در مناطق شور

علی براتی^{۱*}، سید علی طباطبائی^۲، مهرداد ملحوجی^۳، محمد حسین صابری^۴

تاریخ دریافت: ۹۶/۱۲/۱۶ تاریخ پذیرش: ۹۷/۱۰/۴

- ۱- استادیار موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران
 - ۲- دانشیار بخش تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان یزد، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، یزد، ایران
 - ۳- استادیار بخش تحقیقات زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اصفهان، ایران.
 - ۴- استادیار بخش تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان خراسان جنوبی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، بیرجند، ایران
- *مسئول مکاتبه: Email: barati32@yahoo.com

چکیده

شوری یکی از تنش‌های غیر زنده مهم می‌باشد که تولید محصولات زراعی را در کل دنیا تحت تاثیر قرار می‌دهد. به منظور بررسی اثر ژنوتیپ، محیط و اثرات متقابل ژنوتیپ × محیط بر عملکرد جو تحت تنش شوری، ۱۸ لاین امید بخش جو به همراه دو شاهد در یک آزمایش طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سه ایستگاه تحقیقات کشاورزی متأثر از تنش شوری در اصفهان، بیرجند و یزد در طی سال‌های زراعی ۹۳-۱۳۹۱ مورد ارزیابی قرار گرفتند. نتایج تجزیه واریانس مرکب برای عملکرد دانه نشان داد که اثر ژنوتیپ و اثر متقابل سال × ژنوتیپ × مکان معنی‌دار می‌باشند. برای بررسی اثر متقابل و مشخص کردن ژنوتیپ‌های پایدار از مدل AMMI استفاده شد. نتایج تجزیه واریانس AMMI نشان داد که اثر چهار مولفه اصلی بر عملکرد دانه معنی‌دار بود و مجموعاً ۹۶/۰۲ درصد از کل واریانس عملکرد را توجیه کردند. بر اساس نتایج حاصل از مقایسه میانگین، ارزش پایداری AMMI و شاخص پایداری ژنوتیپ، لاین شماره ۸ با شجره L. 527/NK1272//JLB70-63/3/1-BC-80320 به عنوان لاین پایدار و دارای عملکرد مطلوب شناسائی شد که می‌تواند به عنوان رقم جدید در مناطق متأثر از تنش و یا در برنامه‌های آتی اصلاحی مورد استفاده واقع شود و رقم خاتم نیز به عنوان ناپایدارترین ژنوتیپ شناسائی شد.

واژه‌های کلیدی: پایداری عملکرد دانه، تنش شوری، جو، عملکرد دانه، مدل AMMI

Evaluation of Grain Yield and It's Stability in Barley Promising Lines in Saline Areas**Ali Barati^{1*}, Seyed Ali Tabatabaee², Mehrdad Mahlooji³, Mohammad Hossein Saberi⁴**

Received: March 7, 2018 Accepted: January 4, 2019

1-Assist. Prof., Seed and Plant Improvement Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran.

2-Assoc. Prof., Crop and Horticultural Science Research Dept., Yazd Agricultural and Natural Resources and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Yazd, Iran.

3-Crop and Horticultural Science Research Dept., Isfahan Agricultural and Natural Resources and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Isfahan, Iran.

4-Assist. Prof., Seed and Plant Improvement Research Dept., South Khorasan Agricultural and Natural Resources and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Birjand, Iran.

*Corresponding Author: E-mail: barati32@yahoo.com

Abstract

Salinity is one of the most important abiotic stresses that affect crops production in worldwide. In order to investigate of genotype, environment effect and interaction effect of genotype×environment on barley grain yield under salinity stress, 18 promising lines with two checks were evaluated at three salinity affected agricultural research stations include Isfahan, Birjand and Yazd using Randomized Complete Blocks design with three replications for two cropping seasons (2012-2014). Results of combined analysis of variance of grain yield showed that the genotype and year×genotype×environment interaction effect were significant. AMMI model was used to investigate of interaction effect and identify stable genotypes. Analysis of variance of additive main effects and multiplicative interaction (AMMI) showed that four IPCAs were significant and explained 92% of the total yield variation. In the base of results of mean comparison, AMMI stability value and genotype stability value, line No. 8 (L. 527/NK1272//JLB70-63/3/1-BC-80320) introduced as stable line with appropriate grain yield which could be used as new cultivar in salinity affected condition or for using in future breeding program and Khatam cultivar is identified as most unstable genotype.

Keywords: AMMI Model, Barley, Grain Yield Stability, Grain Yield, Salinity Stress**مقدمه**

اختصاص داده است. میزان تولید جو در ایران در حدود ۳/۲ میلیون تن برآورد شده است که معادل ۴/۱۶ درصد از کل محصولات زراعی و ۱۷/۵۵ درصد از کل تولید غلات کشور است (۶۷/۶۳ درصد آبی و ۳۲/۳۷ درصد دیم) (آمار نامه کشاورزی ۱۳۹۶). تنش شوری یکی از

جو (*Hordeum Vulgare*) با سطح زیر کشت ۱/۸ میلیون هکتار در حدود ۱۵/۴۹ درصد از کل محصولات زراعی و ۲۱/۵۶ درصد از کلا سطح غلات کشور (۴۰ درصد آبی، ۶۰ درصد دیم) را به خود

ژنوتیپ‌های انتخاب شده علاوه بر داشتن تحمل به شوری و عملکرد مطلوب، باید دارای پایداری عملکرد در مناطق مختلف متأثر از این تنش نیز باشند و به عبارتی دیگر چندان تحت تاثیر محیط قرار نگیرند. عکس‌العمل ارقام مختلف گیاهان زراعی از جمله جو نسبت به شرایط مختلف محیطی مانند نور، دما، میزان بارندگی و ... متفاوت است و از آنجا که شرایط محیطی قابل کنترل نیستند و در نقاط مختلف یک منطقه نیز تفاوت بسیاری دارند، انجام آزمایش‌های مقایسه عملکرد جهت دستیابی به ارقامی با کیفیت بالا و کمیت بالا و سازگار و پایدار در مناطق مختلف از اهمیت خاصی برخوردار است (کوچکی ۱۹۹۷). اثر متقابل ژنوتیپ × محیط عکس‌العمل متفاوت ژنوتیپ‌ها در محیط‌های مختلف می‌باشد، به طوری که معنی‌دار بودن این اثر به معنی تغییر در رتبه ژنوتیپ‌ها یا تفاوت عملکرد بین ژنوتیپ‌ها در محیط‌های مختلف می‌باشد (کانگ ۲۰۰۴). اثر متقابل ژنوتیپ × محیط یکی از مسائل اصلی برنامه‌های به‌نژادی برای تهیه ارقام پرمحصول و سازگار به شمار می‌رود و به همین علت تلاش به‌نژادگران بر آن است تا ارقامی را انتخاب کنند که علاوه بر دارا بودن عملکرد مطلوب دارای پایداری عملکرد نیز باشند تا بتوانند ژنوتیپ‌های انتخابی را برای بیشتر از یک منطقه توصیه نمایند (لیانگ و والتر ۱۹۹۶). برای کاهش تاثیرات اثر متقابل از روش‌هایی چون دسته-بندی محیط‌ها، استفاده از ارقام هم‌وزن، ارقام خالص و مخلوط‌های ژنتیکی، انتخاب فصلی متقابل و انتخاب ژنوتیپ‌های پایدار می‌توان بهره برد (فرشاد فر ۱۳۷۲). محققین مختلف برای بررسی آثار متقابل ژنوتیپ × محیط از روش‌های مختلفی استفاده کرده‌اند که اساس همه آن-ها ارزیابی ژنوتیپ‌ها در چند محیط می‌باشد. یکی از روش‌های آماری چند متغیره که توسط محققین مختلفی نیز استفاده شده است روش اثرهای اصلی جمع‌پذیر و اثر متقابل ضرب‌پذیر (AMMI)^۱ می‌باشد که از اعتبار و کاربرد فراوانی نیز برخوردار است.

مهم‌ترین تنش‌ها در میان تنش‌های غیر زنده محسوب می‌شود و یکی از موانع جدی در تولید محصولات کشاورزی می‌باشد و برآوردها نشان می‌دهد که در حدود ۱۹/۵٪ از زمین‌های آبی (در حدود ۲۳۰ میلیون هکتار) و ۲/۱٪ از اراضی خشک (در حدود ۴۵ میلیون هکتار) متأثر از تنش شوری هستند (فائو ۲۰۱۵). در ایران ۶/۸ میلیون هکتار از اراضی کشاورزی کشور مبتلا به درجات مختلف شوری هستند که به دلیل مدیریت ضعیف آبیاری و سایر عوامل نامطلوب (زهکشی نامناسب، تبخیر و تعرق، بهره برداری بی رویه و بی برنامه از منابع آب زیر زمینی، انجام دو و بعضاً سه کشت در سال در بعضی از مناطق کشاورزی کشور و ...)، احتمال افزایش آن وجود دارد (مومنی ۲۰۱۰). این تنش کلیه مراحل رشد گیاه جو را تحت تاثیر قرار می‌دهد که از آن جمله می‌توان به کاهش سرعت و درصد جوانه-زنی، رشد رویشی، وزن خشک، تعداد پنجه، تعداد برگ، عرض برگ، ارتفاع بوته، تعداد سنبلچه‌ها در سنبله و نسبت ساقه به ریشه اشاره کرد. علاوه بر موارد ذکر شده این تنش باعث کاهش طول دوره تشکیل ناحیه نمو انتهایی، کوتاهی دوره گل‌دهی و تسریع در پیری گیاه جو می‌گردد و در نهایت با کاهش درصد تشکیل دانه، تعداد دانه و وزن هزار دانه سبب کاهش عملکرد دانه می‌شود (کاترجی و همکاران ۲۰۰۶؛ طالب حق و همکاران ۲۰۱۷؛ آلل و همکاران ۲۰۱۸). برای مقابله با شوری اقدامات متفاوتی مانند زهکشی و روش‌های به‌زراعی متفاوت وجود دارد. به دلیل هزینه‌های زیاد استراتژی اصلاح خاک، زهکشی و کنترل آب آبیاری به نظر می‌رسد تولید ارقامی با سطح تحمل بالای شوری به دلیل هزینه‌های پائین‌تر و کارآئی بیشتر، راه موثرتری در جهت غلبه بر مشکلات ناشی از افزایش شوری خاک و آب در آینده باشد. به علت وجود تنوع در بین واریته‌های جو از لحاظ تحمل به شوری، می‌توان از این تنوع برای شناسائی ارقام متحمل استفاده کرد (بورسانی و همکاران ۲۰۰۳).

¹ Additive Main Effects and Multiplicative Interaction

روش تجزیه AMMI از سال ۱۹۸۸ وارد علوم کشاورزی شده و یکی از مزایای آن استفاده همزمان از روش تجزیه واریانس ساده و تجزیه به مولفه‌های اصلی می‌باشد. پارامترهای پایداری AMMI در انتخاب ژنوتیپ‌های برتر کمک شایانی کرده و باعث تسهیل این امر می‌شوند. این روش برای تعیین پایداری، سازگاری و بررسی اثر متقابل ژنوتیپ × محیط در بسیاری از محصولات زراعی مورد استفاده قرار گرفته است. با توجه به این که محیط خود مجموعه‌ای از عوامل متغیر است، بعضی از دانشمندان اعتقاد دارند که این روش می‌تواند برای تفسیر علت ناپایداری‌ها و تنوعات مورد استفاده واقع شود و از نتایج حاصله می‌توان در بهبود برنامه‌های به‌نژادی استفاده کرد (ادونگا و همکاران ۲۰۱۰؛ انیسچیاریکو و همکاران ۲۰۱۰، حسن پناه ۲۰۱۱). در مدل AMMI مولفه‌های افزایشی برای اثرات اصلی (ژنوتیپ و محیط) و مولفه‌های ضرب‌پذیر برای اثر متقابل ژنوتیپ × محیط ترکیب می‌شوند. این مولفه‌های اصلی اثر متقابل، برای تفسیر کارایی عملکرد و پایداری ژنوتیپ‌های ارزیابی شده در محیط‌های مختلف استفاده می‌شوند (باکسیوانوس و همکاران ۲۰۰۸ و گایچ ۲۰۱۳). محمدی و امری (۲۰۱۳) از پارامترهای پایداری AMMI برای انتخاب ژنوتیپ‌های گندم دوروم استفاده کرده و بیان داشتند که این پارامترها در انتخاب ژنوتیپ‌های پایداری از کارآئی لازم برخوردار هستند.

محققین مختلفی از تجزیه AMMI در گیاه جو استفاده کرده‌اند (مرتضویان و همکاران ۲۰۱۴، واعظی و همکاران ۲۰۱۷). فتاحی و یوسفی (۲۰۰۶) برای بررسی پایداری عملکرد ۱۹ ژنوتیپ جو در مناطق معتدل از روش AMMI استفاده کرده و نشان دادند که آماره‌های استخراج شده از این روش در شناسائی ژنوتیپ‌های پایدار کارآمد می‌باشند. اکبرپور و همکاران (۲۰۱۱) از روش AMMI برای بررسی پایداری عملکرد ۲۰ لاین امید بخش جو استفاده کرده و بیان داشتند که با استفاده از این روش می‌توان علاوه بر شناسائی ژنوتیپ‌های با

سازگاری عمومی، ژنوتیپ‌هایی با سازگاری خصوصی برای مناطق مختلف را نیز شناسائی کرد. در این روش ابتدا تجزیه واریانس معمولی بر روی داده‌های دوطرفه ژنوتیپ و محیط انجام می‌شود و سپس از روش تجزیه به مولفه‌های اصلی اثر متقابل محاسبه می‌شود. روش AMMI ساختار داده‌هایی با ابعاد ماتریسی را به وسیله چند بردار مثل میانگین‌های ژنوتیپ و محیط و نیز مقادیر منفرد برای مولفه‌های اصلی اثر متقابل به ابعاد کوچکتر مدل‌بندی می‌کند (گایچ ۱۹۹۲). روش تجزیه AMMI توسط محققین مختلفی استفاده شده و مشخص گردیده است که این روش می‌تواند در تعیین ژنوتیپ‌های دارای سازگاری عمومی و خصوصی برای مکان‌های مختلف مورد استفاده قرار گیرد (اسماعیل زاده مقدم ۲۰۱۱). واعظی و همکاران (۲۰۱۷) از تجزیه AMMI برای بررسی پایداری عملکرد ۱۸ لاین امیدبخش جو به همراه دو شاهد که در پنج منطقه (گچساران، لرستان، ایلام، مغان و گنبد) برای مدت سه سال زراعی مورد بررسی قرار گرفته بودند استفاده کردند. نتایج نشان دهنده معنی‌دار بودن اثرات اصلی ژنوتیپ، محیط و اثر متقابل ژنوتیپ × محیط و ۴ مولفه اصلی بود. بر اساس پارامترهای پایداری AMMI، ژنوتیپ‌های شماره ۵ و ۷ را به عنوان ژنوتیپ‌های پایدار معرفی کردند. تاکنون محققین مختلف روش‌های مختلفی را برای بررسی پایداری عملکرد استفاده کرده‌اند ولی بررسی پایداری در شرایط تنش شوری به ندرت انجام پذیرفته است.

این بررسی برای دستیابی به ژنوتیپ‌های پر محصول و مناسب جو که دارای سازگاری وسیعی برای مناطق شور بوده و از نظر تولید محصول نیز اقتصادی باشند، انجام گردید.

مواد و روش‌ها

به منظور تعیین پایداری و ارزیابی اثر متقابل ژنوتیپ × محیط لاین‌های امیدبخش جو در شرایط تنش شوری، تعداد ۱۸ لاین امید بخش جو به همراه دو شاهد

اثرات اصلی ژنوتیپ و محیط، λ_n مقدار منفرد برای محور مولفه اصلی λ_m ، γ_{gn} بردار ویژه ژنوتیپ برای محور λ_n ، δ_{en} بردار ویژه محیط برای محیط λ_m و ρ_{ge} مقدار باقیمانده یا نویز (Noise) و ε_{ger} عبارت مربوط به خطاست. بخش اول مدل $(\mu + \alpha_g + \beta_e)$ یعنی بخش جمع پذیر از تجزیه واریانس معمولی استفاده می‌کند (گایچ ۱۹۹۲). بخش دوم $(\sum_n \lambda_n \gamma_{gn} \delta_{en})$ ، قسمت ضرب پذیر مدل AMMI است که از روش تجزیه به مولفه‌های اصلی به منظور تجزیه اثر متقابل ژنوتیپ و محیط به یک تا N مولفه اصلی استفاده می‌کند.

برای محاسبه آماره پایداری ASV^۱ از فرمول زیر استفاده شد:

$$ASV = \sqrt{\frac{SSIPCA\ 1}{SSIPCA\ 2} (IPCA\ 1)^2 + (IPCA\ 2)^2}$$

در این فرمول ASV عبارت است از ارزش پایداری AMMI، SSIPCA1 مجموع مربعات مولفه اصلی اول و SSIPCA2 مجموع مربعات مولفه اصلی دوم می‌باشد. برای تعیین شاخص پایداری ژنوتیپ^۲ GSI از فرمول $G_i = R_i + R_j$ استفاده شد. در این فرمول، G_i شاخص پایداری ژنوتیپ λ_m در محیط R_i ، رتبه ژنوتیپ λ_m در محیط R_j بر اساس ASV و R_i رتبه ژنوتیپ λ_m در محیط R_j بر اساس میانگین عملکرد هستند. برای محاسبه فاصله AMMI (AMMI Distance) از فرمول زیر استفاده شد.

$$D_i = \sqrt{\sum_s^c = 1 Y_{is}^2 D_i}$$

در این فرمول D: فاصله نقطه اصلی اثر متقابل (IPC) از مبدا مختصات، c: تعداد مولفه های اصلی اثر متقابل معنی دار و Y_{is}^2 نمره IPCها برای ژنوتیپ λ_m هستند.

شامل لاین MBS89-18 و رقم خاتم (جدول ۱) در یزد (شوری آب ۱۰ و خاک ۱۰ تا ۱۲ دسی زیمنس بر متر)، اصفهان (شوری آب ۱۲ و خاک ۱۰ دسی زیمنس بر متر) و بیرجند (شوری آب ۱۰ و خاک ۱۴ دسی زیمنس بر متر) در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار و در دو سال زراعی ۹۱-۹۲ و ۹۳-۹۴ مورد بررسی قرار گرفتند. لاین‌های مورد مطالعه از برنامه‌های به نژادی جو در شرایط شور بالا آمده و در انتهای مراحل اصلاحی خود قرار داشتند. هر لاین در ۶ خط و با فاصله خطوط ۲۰ سانتی‌متر و با طول ۶ متر و با احتساب ۴۵۰ دانه در متر مربع کشت شدند. در هنگام برداشت و پس از حذف ۰/۵ متر از هر طرف مساحت هر کرت ۶ متر مربع شد و کل محصول موجود در ۶ متر مربع با استفاده از کمباین آزمایشات برداشت شده و به تن در هکتار تبدیل گردید.

محاسبات آماری آزمایش به شرح زیر بود:
محاسبات آماری

تجزیه واریانس مرکب و مقایسه میانگین مرکب عملکرد دانه ژنوتیپ‌ها با استفاده از نرم افزار sas انجام پذیرفت. آزمون F منابع تغییر بر اساس امید ریاضی میانگین مربعات و با فرض تصادفی بودن مکان-ها و سال‌ها و ثابت بودن ژنوتیپ‌ها انجام شد.

برای بررسی پایداری ژنوتیپ‌ها، از روش اثرهای اصلی جمع پذیر و اثر متقابل ضرب پذیر (AMMI) استفاده شد (با استفاده از نرم افزار GenStat). روش AMMI در واقع ترکیبی از مدل تجزیه واریانس (ANOVA) و تجزیه به مولفه‌های اصلی (P.C.A) است و مدل آن به صورت زیر می‌باشد (گایچ ۱۹۹۲).

$$Y_{ger} = \mu + \alpha_g + \beta_e + \sum_n \lambda_n \gamma_{gn} \delta_{en} + \rho_{ge} + \varepsilon_{ger}$$

در این فرمول عملکرد ژنوتیپ λ_m در محیط λ_n در تکرار r است. μ میانگین کل آزمایش، α_g و β_e به ترتیب

²- Genotype Stability Index (GSI)

¹- Ammi Stability Value (ASV)

جدول ۱- شجره لاین های امید بخش جو ارزیابی شده در شرایط تنش شوری

شجره	ژنوتیپ
MBS 89-18 (CH-1)	۱ (شاهد اول)
Ashar/3/Rhn-03//L.527/NK1272	۲
Zarjow/CM67/4/Schuyler/3/M.Rnb86.80/NB2905/L.527 LPD 92	۳
Zarjow/CM67/6/As46/Aths//SLb46-100 LPD102	۴
Zarjow/CM67/3/Rhn-03/L.527/Nk1272 LPD115	۵
L.1242/Hesk//1-BC-80 411	۶
AS46/Aths//(9Cr.279-07/Bgs)/3/SB91488	۷
L. 527/NK1272//JLB70-63/3/1-BC-80320	۸
L. 527/NK1272//JLB70-63/3/ICNB93-328	۹
Alger/(CI10117/Choyo...)/(Rhn-03//L.527/NK1272)	۱۰
Goharjow/4/(OWB70173-24-OH//Boyer...)/LBIran/Una8271//Gloria.../Kavir	۱۱
Rhn-03//L.527//1-BC-80246/3/Gorgan//Aths/BC	۱۲
Kavir/Arinar//Ashar/3/1-BC-80263/4/Badia	۱۳
Ste/Lo640//Hml-02/Arabia Abiad*2/3/1-BC-121438/4/Sahra	۱۴
ICNB93-369/Afzal	۱۵
ICNB93-369/1-BC-121438	۱۶
NT122//Sonata/Arta	۱۷
Rojo/Ashar	۱۸
INRA55-86-2/Rabat1703/3/Hml-02/ArabiAbiad//ER/Apm	۱۹
Khatam (CH-2)	۲۰ (شاهد دوم)

نتایج و بحث

موضوع نشان می دهد که هر ژنوتیپ به طور متفاوتی به تغییرات در محیط های مورد آزمون (ترکیب سال و مکان) پاسخ داده و یا محیط های مورد آزمایش به طور متفاوتی ژنوتیپ ها را تحت تاثیر قرار می دهند و یا می تواند به هر دو مورد مربوط باشد و در نهایت باعث می شود که عملکرد ژنوتیپ ها در سال ها و مکان های مختلف دارای تغییراتی باشند. اثر متقابل بالای ژنوتیپ × محیط یکی از عوامل کاهنده سرعت انتخاب بوده که در نهایت باعث ایجاد مشکل در توصیه ژنوتیپی می شود (سالیسکان ۲۰۰۷).

مقادیر محاسبه شده برای چولگی^۴ (۰/۴۸) و کشیدگی^۵ (-۰/۳۲) و کلموگروف و اسمیرونوف (۰/۰۶) نشان داد که توزیع داده ها نرمال می باشد. آزمون بارتلت برای تست یکنواختی واریانس خطاهای آزمایشی برای تجزیه مرکب معنی دار نشد ($x^2=2.42^{ns}$), این امر نشان دهنده یکنواختی واریانس خطاهای آزمایشی در محیط های مختلف بود. تجزیه واریانس مرکب برای عملکرد دانه نشان داد که اثر ژنوتیپ و اثرهای متقابل سال × مکان و سال × ژنوتیپ × مکان معنی دار می باشند (جدول ۲). این

5 - Kurtosis

4- Skewness

جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس مرکب عملکرد دانه لاین‌های امید بخش جو در مکان‌های مختلف طی دو سال در شرایط تنش شوری

F	میانگین مربعات	مجموع مربعات	درجه آزادی	منابع تغییر
۲/۸۰ ^{ns}	۴۶۶/۴۲	۴۶۶/۴۲	۱	سال
۰/۲۱ ^{ns}	۳۴/۹۶	۶۹/۹۳	۲	مکان
۴۰۶/۳۴ ^{**}	۱۶۶/۵۹	۳۳۳/۱۹	۲	سال×مکان
	۵/۳۰	۶۴/۶۳	۱۲	خطای اول
۸/۵۲ ^{**}	۳/۴۹	۶۶/۳۷	۱۹	ژنوتیپ
۱/۳۵ ^{ns}	۱/۴۷	۵۶/۰۱	۳۸	ژنوتیپ×مکان
۱/۲۸ ^{ns}	۱/۵۰	۲۸/۶۳	۱۹	ژنوتیپ×سال
۱/۰۹ ^{**}	۱/۰۹	۴۱/۴۷	۳۸	ژنوتیپ×سال×مکان
	۰/۴	۹۳/۴۷	۲۲۸	خطای کل
		۱۲۱۹/۱۸	۳۵۹	کل

ns، * و **: به ترتیب غیر معنی دار، معنی دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪ می باشد.

ولی قبل از هر گونه انتخاب و توصیه، لازم بود میزان پایداری ژنوتیپ‌ها بررسی شوند. به منظور بررسی وضعیت پایداری ژنوتیپ‌ها از روش تجزیه AMMI استفاده شد.

مقایسه میانگین مرکب عملکرد ژنوتیپ‌ها در دو سال نشان داد که ژنوتیپ‌های شماره ۸، ۱، ۱۸، ۲۰ و ۵ به ترتیب با داشتن میانگین عملکرد ۴۳۹۲، ۴۱۲۶، ۳۹۳۰، ۳۷۵۲ و ۳۶۲۸ کیلوگرم در هکتار بیشترین عملکرد را دارا می‌باشند (جدول ۴) و می‌توانند مورد توجه قرار گیرند

جدول ۳- تجزیه AMMI برای عملکرد دانه لاین‌های امید بخش جو مورد مطالعه تحت تنش شوری

درصد توجیهی %	F	میانگین مربعات	مجموع مربعات	درجه آزادی	منابع تغییر
		۳/۴	۱۲۱۹/۲	۳۵۹	کل
	۲۱/۷۷ ^{**}	۸/۹۲	۱۰۶۲/۱	۱۱۹	تیمار
	۸/۵۲ ^{**}	۳/۴۹	۶۶/۴	۱۹	ژنوتیپ
	۳۲/۷۹ ^{**}	۱۷۳/۹۱	۸۶۹/۶	۵	محیط
	۱۲/۹۴	۵/۳	۶۳/۶	۱۲	بلوک
	۳/۲۴ ^{**}	۱/۳۳	۱۲۶/۱	۹۵	اثر متقابل ژنوتیپ×محیط
۴۳/۷	۵/۸۵ ^{**}	۲/۴	۵۵/۲	۲۳	مولفه اصلی اول
۲۵/۰۵	۳/۶۷ ^{**}	۱/۵	۳۱/۶	۲۱	مولفه اصلی دوم
۱۵/۰۶	۲/۴۴ ^{**}	۱	۱۹	۱۹	مولفه اصلی سوم
۱۲/۲۱	۲/۲۱ ^{**}	۰/۹۱	۱۵/۴	۱۷	مولفه اصلی چهارم
	۰/۸۱ ^{ns}	۰/۳۳	۵	۱۵	باقی مانده
		۰/۴۱	۹۳/۵	۲۲۸	اشتباه

هستند. بنابراین ژنوتیپ‌های شماره ۸، ۶، ۱، ۱۲ و ۷ با داشتن کمترین مقادیر IPCA1 پایدارترین ژنوتیپ‌ها شناخته شدند و رتبه‌های نخست پایداری را به دست آوردند. این ژنوتیپ‌ها به عنوان ژنوتیپ‌های دارای سازگاری عمومی بالا برای همه محیط‌ها در نظر گرفته شدند. علاوه بر پایداری، عملکرد نیز در گزینش ژنوتیپ‌ها از اهمیت بالایی برخوردار است بنابراین از بین این ژنوتیپ‌ها، ژنوتیپ‌های شماره ۸ و ۱ که بالاترین عملکرد را به خود اختصاص داده بودند، قابل گزینش بودند. در رابطه با مولفه اصلی دوم (IPCA2) نیز، لاین‌های شماره ۸، ۱۳، ۹، ۱۶، ۶، ۱۰، ۵ و ۲ دارای کمترین اثر متقابل بودند (جدول ۴).

متوسط عملکرد مجموع ژنوتیپ‌ها در هر محیط از ۹۹۰ کیلوگرم در هکتار (اصفهان، سال دوم) تا ۵۶۸ کیلوگرم در هکتار (بیرجند، سال اول) متغیر بود. برای بیشتر ژنوتیپ‌ها محیط‌های شماره ۲ و ۳ (سال اول یزد و بیرجند) منجر به عملکرد دانه بیشتری نسبت به سایر محیط‌ها شدند. این موضوع ممکن است به علت شرایط بهتر رشد باشد. مقادیر اولین، دومین، سومین و چهارمین مولفه اثر متقابل برای محیط‌ها در جدول ۵ ارائه شده است.

محیط‌هایی که دارای اولین و دومین مولفه اثر متقابل بالایی باشند برای تفکیک و غربال ژنوتیپ‌ها مناسب‌تر هستند. از این رو سال اول یزد و سال اول و دوم بیرجند (محیط‌های اول، دوم و پنجم) برای غربال مواد مورد مطالعه مناسب هستند. هیچ کدام از محیط‌ها در این مطالعه دارای مقادیر نزدیک به صفر برای دو مولفه اول و دوم اثر متقابل نبودند و این امر نشان دهنده آن است که کلیه محیط‌ها پتانسیل ایجاد اثر متقابل را دارند.

نتایج حاصل از تجزیه AMMI در جدول ۳ درج گردیده است. معنی‌دار بودن F تیمار نشان دهنده اختلاف بین ترکیب‌های مختلف ژنوتیپ و محیط می‌باشد. همان‌طور که در این جدول نیز مشاهده می‌شود در توجیه مجموع مربعات کل، بیشترین اثر معنی‌دار مربوط به محیط می‌باشد و این بدان معنی است که دامنه اثرات اصلی محیط نسبت به اثرات ژنوتیپ وسیع‌تر می‌باشد. این موضوع که بخش عمده تنوع کل در رابطه با اثر محیط می‌باشد در مطالعات مختلف نیز گزارش شده است (آقائی‌سربرز ۲۰۱۲).

مجموع مربعات اثر متقابل ژنوتیپ×محیط، ۱۰/۳٪ از مجموع مربعات کل را به خود اختصاص داده بود. با توجه به اهمیت اثر متقابل ژنوتیپ×محیط در پایداری مواد مورد بررسی، اثر متقابل ژنوتیپ×محیط به مولفه‌های اصلی تشکیل دهنده آن تجزیه شدند. در این بررسی چهار مولفه اصلی اول معنی‌دار شدند که مولفه اول ۴۳/۷٪ و بقیه مولفه‌ها مجموعاً ۵۲/۳٪ از مجموع مربعات اثر متقابل ژنوتیپ×محیط را توجیه کردند و اثرات باقی مانده (نویز) صفر در نظر گرفته شد (جدول ۳). در این آزمایش، سهم مجموع مربعات اولین محور مولفه اصلی اثر متقابل (IPCA1= ۴۳/۷٪) بیشتر از دومین مولفه اصلی اثر متقابل (IPCA2= ۲۵/۰۵٪) بود. نتیجه گرفته می‌شود که پاسخ‌های متفاوت عملکرد ژنوتیپ‌های مورد مطالعه جو در محیط‌های مورد آزمون به علت اثر متقابل ژنوتیپ×محیط می‌باشد، بنابراین ارزیابی بزرگ‌نمایی و الگوهای اثر متقابل ژنوتیپ×محیط به منظور شناسایی ژنوتیپ‌های جو با سازگاری خصوصی یا نسبتاً عمومی اهمیت زیادی دارد.

ژنوتیپ‌های دارای مقادیر اولین مولفه اصلی (IPCA1) بزرگ (مثبت یا منفی) اثر متقابل بالایی با محیط دارند در حالی که ژنوتیپ‌ها و محیط‌های دارای مقادیر اولین مولفه اصلی نزدیک به صفر دارای اثر متقابل پائین

جدول ۴- مقایسه میانگین عملکرد و مقادیر مولفه‌های اصلی اول و دوم و پارامترهای ارزش پایداری AMMI، شاخص پایداری ژنوتیپ و فاصله AMMI برای لاین‌های امید بخش جو مورد بررسی تحت تنش شوری

ژنوتیپ	عملکرد (تن/هکتار)	مولفه اصلی اول	مولفه اصلی دوم	مولفه اصلی سوم	مولفه اصلی چهارم	ارزش پایداری AMMI	شاخص پایداری ژنوتیپ	فاصله AMMI
۱	۴/۱۲۶ab	-۰/۲۰	۱/۰۶	۰/۱۶	۰/۰۹	۱/۰۹	۲۰	۱/۰۹
۲	۳/۲۶۰bcde	۰/۱۲	۰/۱۲	۰/۰۵	-۰/۲۲	۰/۲۰	۱۱	۰/۲۹
۳	۲/۹۶۷cde	۰/۵۱	-۰/۳۵	۰/۴۶	۰/۶۴	۰/۷۷	۳۲	۱/۰۱
۴	۳/۱۱۴cde	۰/۱۸	-۰/۴۷	۰/۳۴	۰/۱۸	۰/۵۳	۲۴	۰/۶۴
۵	۳/۶۲۸abcde	۰/۶۴	۰/۱۰	-۰/۴۹	۰/۰۹	۰/۸۶	۲۱	۰/۸۲
۶	۳/۲۴۲bcde	-۰/۲۳	۰/۰۶	-۰/۵۱	۰/۴۰	۰/۳۲	۱۵	۰/۷۰
۷	۳/۱۶۱bcde	۰/۰۳	۰/۴۰	۰/۰۶	۰/۳۶	۰/۴۰	۲۰	۰/۵۵
۸	۴/۳۹۲a	-۰/۲۴	-۰/۱۳	۰/۸۸	-۰/۶۷	۰/۳۴	۷	۱/۱۴
۹	۳/۳۹۳bcde	۰/۱۸	-۰/۰۲	-۰/۵۵	-۰/۱۴	۰/۲۴	۹	۰/۶۰
۱۰	۳/۲۲۳bcde	۰/۱۴	۰/۰۸	-۰/۲۶	-۰/۵۴	۰/۲۰	۱۲	۰/۶۳
۱۱	۳/۰۹۷cde	۰/۵۶	۰/۱۷	-۰/۰۷	۰/۲۲	۰/۷۶	۲۹	۰/۶۳
۱۲	۲/۷۲۶E	۰/۰۱	۰/۲۸	۰/۰۹	۰/۱۴	۰/۲۸	۲۴	۰/۳۳
۱۳	۲/۹۱۰de	-۰/۲۹	-۱/۰	۰/۲۳	۰/۲۷	۰/۳۹	۲۵	۰/۴۷
۱۴	۲/۷۶۵e	-۰/۴۶	۰/۲۰	۰/۰۳	-۱/۰	۰/۶۴	۳۲	۰/۵۲
۱۵	۳/۱۵۸bcde	۰/۷۰	۰/۱۵	۰/۲۱	-۰/۳۵	۰/۹۴	۳۰	۰/۸۳
۱۶	۲/۹۸۹cde	۰/۳۲	-۰/۰۱	۰/۰۰۲	-۰/۰۳	۰/۴۲	۲۵	۰/۳۲
۱۷	۳/۲۶۶ bcde	۰/۱۹	-۰/۵۲	-۰/۱۳	-۰/۴۰	۰/۵۸	۱۹	۰/۷۰
۱۸	۳/۹۳۰abc	-۰/۴۶	-۰/۹۹	-۰/۰۸	۰/۲۸	۱/۱۷	۲۲	۱/۱۳
۱۹	۳/۲۹۱bcde	-۰/۴۵	-۰/۲۲	-۰/۵۸	-۰/۳۳	۰/۶۴	۱۹	۰/۸۴
۲۰	۳/۷۵۲abcd	-۱/۲۸	۰/۱۸	۰/۰۶	۰/۱۱	۱/۷۰	۲۴	۱/۳۰

جدول ۵- مقادیر مولفه‌های اصلی اول، دوم، سوم و چهارم برای محیط‌های مورد استفاده

محیط	عملکرد (تن هکتار)	مولفه اصلی اول	مولفه اصلی دوم	مولفه اصلی سوم	مولفه اصلی چهارم
۱ یزد-سال اول	۲/۸۲۷	۱/۵۰	۰/۷۵	-۰/۰۴	۰/۰۱
۲ بیرجند-سال اول	۵/۵۶۸	۰/۵۱	-۱/۲۶	۰/۸۱	-۰/۰۹
۳ اصفهان-سال اول	۴/۹۸۰	-۰/۵۶	۰/۱۴	-۰/۲۸	-۱/۲۷
۴ یزد-سال دوم	۳/۲۳۸	۰/۱۲	-۰/۴۵	-۱/۱۶	۰/۴۶
۵ بیرجند-سال دوم	۲/۳۱۷	-۱/۰۸	-۰/۰۹	۰/۰۴	۰/۵۳
۶ اصفهان-سال دوم	۰/۹۹۰	-۰/۴۹	۰/۹۱	۰/۶۴	۰/۳۵

ASV، ژنوتیپ‌های شماره ۱۰، ۲، ۹، ۱۲، ۶ و ۸ با داشتن کمترین اثرات متقابل (۰/۲۰، ۰/۲۴، ۰/۲۸، ۰/۳۲ و ۰/۳۴ به ترتیب) به عنوان پایدارترین ژنوتیپ‌ها شناخته شدند و ژنوتیپ‌های شماره ۲۰، ۱۸ و ۱ به عنوان

برای استفاده هم‌زمان از اطلاعات دو مولفه اصلی اثر متقابل معنی‌دار که بیشترین درصد از مجموع مربعات کل را توجیه نمودند، از ارزش پایداری AMMI استفاده شد. با استفاده از مقادیر حاصله برای پارامتر

شاخص، انتخاب لاین‌ها بطور هم‌زمان و بر اساس پایداری و عملکرد بالا می‌باشد. لاین با کمترین مقدار GSI به عنوان لاینی با عملکرد بالا و پایدار شناخته می‌شود. لاین‌های شماره ۸، ۹ و ۲ با کمترین مقادیر GSI (۷، ۹ و ۱۱) به عنوان بهترین لاین‌ها از نظر عملکرد و پایداری شناخته شدند.

یکی از کاربردهای روش AMMI، تعیین سازگاری خصوصی ژنوتیپ‌ها و معرفی یک یا چند ژنوتیپ برای یک یا چند منطقه خاص می‌باشد. جدول ۶، نشان دهنده چهار ژنوتیپی است که توسط روش AMMI برای هر محیط (ترکیبی از سال و مکان) پیشنهاد شده است. با نگاهی به ژنوتیپ‌های پیشنهادی برای محیط‌های مختلف در این جدول مشاهده می‌شود که لاین‌های شماره ۱ و ۸ هر کدام برای چهار محیط پیشنهاد شده‌اند.

نایب‌پایدارترین ژنوتیپ‌ها شناخته شدند (جدول ۴). ژنوتیپ‌های شماره ۲۰، ۱۸، ۱۴، ۱۹، ۱۳، ۸، ۶ و ۱ و محیط‌های ۵، ۳ و ۶ دارای مقادیر IPCA1 با علامت منفی اثر متقابل منفی ایجاد می‌کنند و بقیه ژنوتیپ‌ها و محیط‌ها دارای مقادیر IPCA با علامت مثبت، اثر متقابل مثبت ایجاد می‌کنند (جدول ۴ و ۵).

از پارامتر فاصله AMMI نیز برای ارزیابی پایداری استفاده شد. هر چه میزان D ژنوتیپ بیشتر باشد، فاصله ژنوتیپ از مبدأ IPCAها بیشتر می‌باشد بنابراین ژنوتیپ‌های دارای میزان کمتر پارامتر D به عنوان ژنوتیپ‌های پایدار در نظر گرفته می‌شوند. در این مطالعه، لاین‌های شماره ۲، ۱۶ و ۱۲ به عنوان لاین‌های دارای پایداری شناخته شدند. از شاخص پایداری ژنوتیپ (GSI) نیز برای ارزیابی هم‌زمان پایداری و عملکرد بالای ژنوتیپ‌های مورد مطالعه استفاده شد. بر اساس این

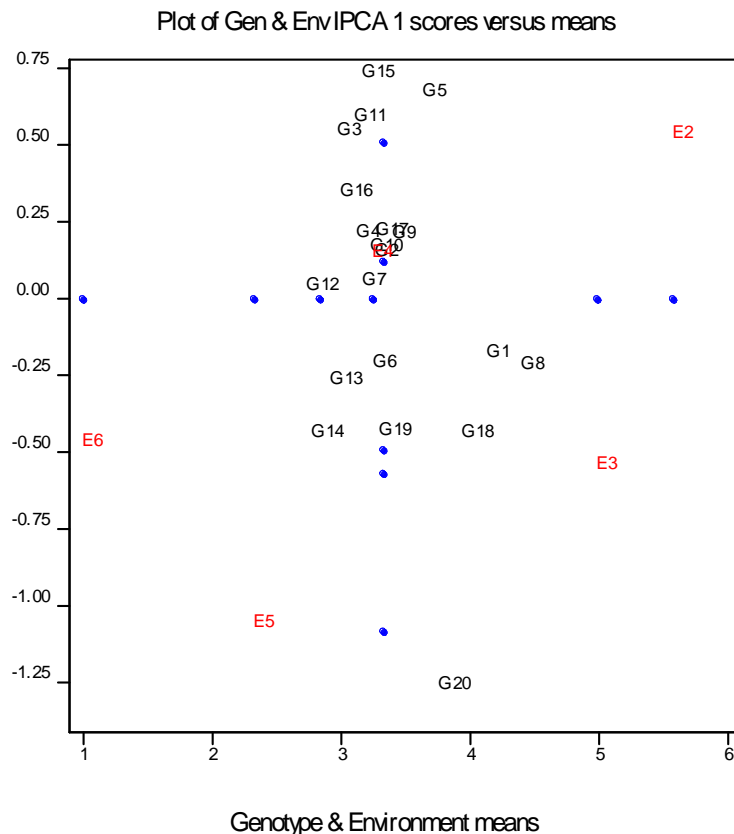
جدول ۶- لاین‌های انتخابی برای هر محیط (ترکیب سال و مکان) توسط روش تجزیه AMMI

شماره محیط	نام محیط	اولین ژنوتیپ انتخابی	دومین ژنوتیپ انتخابی	سومین ژنوتیپ انتخابی	چهارمین ژنوتیپ انتخابی
۱	یزد (سال اول)	۵	۱	۱۵	۱۱
۲	بیرجند (سال اول)	۸	۱۸	۴	۳
۳	اصفهان (سال اول)	۱۸	۵	۹	۶
۴	یزد (سال دوم)	۱	۸	۲۰	۷
۵	بیرجند (سال دوم)	۸	۲۰	۱	۱۹
۶	اصفهان (سال دوم)	۲۰	۱۸	۸	۱

بیشتری می‌باشند. با توجه به این توضیح ژنوتیپ‌های ۹، ۵، ۲۰، ۱۸، ۱ و ۸ به ترتیب با قرار گرفتن در سمت راست خط عمود در میانه نمودار دوجهی کمترین تا بیشترین میانگین عملکرد بالاتر از میانگین را به خود اختصاص داده‌اند. با توجه به این نمودار لاین شماره ۸ اضافه بر داشتن عملکرد مطلوب دارای پایداری عملکرد نیز می‌باشد.

به منظور ارزیابی پایداری ژنوتیپ‌ها از تجزیه واکنش ژنوتیپی یا نمودار دوجهی^۱ نیز استفاده شد (شکل ۱). در این شکل اگر در میانه نمودار خط عمودی رسم شود، آن خط میانگین کل آزمایش خواهد بود. ژنوتیپ‌ها و مکان‌های سمت راست این خط عملکرد بالاتر از میانگین کل دارند و لاین‌هایی هم که به خطوط ترسیمی (عمودی و افقی) نزدیک باشند دارای پایداری

¹ Biplot



شکل ۱- نمودار بای پلات عملکرد در مقابل مولفه اول مدل AMMI لاین‌های جو مورد مطالعه تحت تنش شوری

63) در حال حاضر به عنوان رقم نیک معرفی شده و در مناطق معتدل کشور مورد کشت و کار قرار می‌گیرد. یکی از خصوصیات این رقم، مقاومت به خشکی آن می‌باشد. در مناطق متأثر از تنش شوری، تنش خشکی نیز بصورت توأم وجود دارد و باعث تشدید اثرات زیانبار تنش شوری می‌شود. در شرایط تنش شوری، رقمی می‌تواند موفق باشد که همراه با مقاومت به شوری دارای مقاومت به خشکی نیز باشد بنابراین یکی از دلایل برتری لاین شماره ۸، علاوه بر دارا بودن مقاومت در برابر تنش شوری، می‌تواند ناشی از مقاومت به تنش خشکی باشد که در نتیجه ریخته ارثی آن حاصل شده است.

کلکسیون بخش تحقیقات دارای ۸۰۰۰ ژنوتیپ مختلف جو می‌باشد که از نقاط مختلف ایران و دنیا جمع آوری شده‌اند و برای نیل به اهداف خاصی (از جمله افزایش مقاومت به تنش شوری) مورد استفاده واقع می‌شوند. ژنوتیپ 1-BC-80320 که قسمت دوم ریخته ارثی

مقایسه میانگین مرکب نشان داد که لاین‌های شماره ۸، ۱ و ۱۸ به ترتیب با عملکردهای ۴۳۹۲، ۴۱۲۶ و ۳۹۳۰ کیلوگرم در هکتار بالاترین عملکرد را در بین لاین‌های مورد بررسی به خود اختصاص داده‌اند. مقدار ارزش پایداری AMMI نیز برای این سه لاین به ترتیب عبارت بودند از: ۰/۳۴، ۱/۰۹ و ۱/۱۷. از چهار ژنوتیپی که توسط روش AMMI برای هر محیط پیشنهاد شده‌اند، لاین‌های شماره ۱ و ۸ هر کدام برای ۴ محیط پیشنهاد شده‌اند. بر اساس شاخص پایداری ژنوتیپ (GSI) لاین شماره ۸ به عنوان بهترین لاین از لحاظ عملکرد و پایداری شناخته شد. با توجه به نتایج به دست آمده، لاین شماره ۸ می‌تواند به عنوان یک رقم جدید در مناطق متأثر از تنش شوری و یا برای استفاده در برنامه‌های به‌نژادی معرفی شود.

شجره این لاین در جدول شماره ۱ آورده شده است. قسمت اول شجره این لاین (L. 527/NK1272//JLB70-

سپاسگزاری

از همکاران مراکز تحقیقاتی کشاورزی یزد، اصفهان و خراسان جنوبی که در اجراء و یادداشت برداری این آزمایش همکاری کرده‌اند تشکر و قدردانی می‌نمایم.

لاین شماره ۸ را تشکیل می‌دهد یکی از ژنوتیپ‌هایی است که در این مجموعه وجود داشته و اضافه بر زودرسی دارای مقاومت به شوری بوده و در تلاقی‌ها مورد استفاده واقع می‌شود. بنابراین می‌توان ریخته ژنتیکی این لاین را یکی از دلایل اصلی عملکرد بالای این لاین در مناطق شور دانست.

References

- Ahmadi K, Gholizadeh HA, Ebadzadeh HR, Hussein poor R, Abdeshah H, Kazemian A and Rafeie M, 2017. Agricultural statistics of 2015-2016 cropping season. Publication of Ministry of Agriculture. (In Persian).
- Adugna A, 2010. Assessment of yield stability in sorghum. African Journal of Crop Science, 15(2): 83-92.
- Aghaeesarbarzeh M, Dastfal M, Farzadi H, Andarzian B, Shahbaz pour shahbazi A, Bahari M and Rostami H, 2012. Evaluation of durum wheat genotypes for yield and yield stability in warm and dry areas of Iran. Iranian Journal of Crop Science, 28 (2): 315-325. (In Persian).
- Akbarpour OA, Dehghani H and Sorkhi-Lalehloo B, 2011. Investigating univariate and multivariate stability parameters of barley (*Hordeum vulgare* L.) promising genotypes in cold climates of Iran. Iranian Journal of Field Crop Science, 42(1): 23-32. (In Persian).
- Allel D, BenAmar A and Abdelly C, 2018. Leaf photosynthesis, chlorophyll fluorescence and ion content of barley (*Hordeum vulgare* L.) in response to salinity. Journal of Plant Nutrition, 41(4): 497-508.
- Annicchiarico P, Harzic N and Carroni AM, 2010. Adaptation, diversity, and exploitation of global white lupin (*Lupinus albus* L.) landrace genetic resources. Field Crops Research, 119(1): 114- 124.
- Baxevanos D, Goulas C, Rossi J and Braojos E, 2008. Separation of cotton cultivar testing sites based on representativeness and discriminating ability using GGE biplots. Agronomy Journal, 100(5): 1230-1236.
- Borsani O, Valpuesta V and Botella MA, 2003. Developing salt tolerance plants in a new century: a molecular biology approach. Plant Cell Tissue Organ Culture, 73(2): 101-115.
- Caliskan ME, Erturk E, Sogut T, Boydak E and Arioglu H, 2007. Genotype \times environment interaction and stability analysis of sweet potato (*Ipomoea balatas*) genotypes. New Zealand Journal of Crop and Horticulture Science, 35(1): 87-99.
- Esmailzadehmoghaddam M, Zakizadeh M, Akbarimoghaddam H, Abediniesfahlani M, Sayahfar M, Nikzad AR, Tabibghafari SM, Lotfali GA and Ayeneh GA, 2011. 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, 27(2): 257-273. (In Persian).
- FAO. 2015. Land and Plant nutrition management service. Available at <http://www.fao.org/>.
- Farshadfar E, 1998. Application of biometrical genetics in plant breeding (Vol. 2). Publication of Razi University, Kermanshah.
- Fattahi F and Yossefi A, 2006. Evaluation of yield stability of barley genotypes (*Hordeum vulgare* L.) using repeatable stability parameters and pattern analysis of AMMI model. Iranian Journal of Agricultural Science, 37(2): 317-326. (In Persian).
- Gauch HG, 1992. Statistical analysis of regional yield trials: AMMI analysis of factorial designs. Elsevier Science Publishers, Amesterdam, the Netherlands.
- Gauch HG, 2013. A simple protocol for AMMI analysis of yield trials. Crop Science, 53(5): 1860-1869.

- Hassanpanah D, 2011. Analysis of G×E interaction using the additive main effects and multiplicative interaction (AMMI) in potato cultivars. *African Journal of Biotechnology*, 10(2): 154-158.
- Kang MS, 2004. Breeding: Genotype-by-environment interaction. P. 218-221. In: Goodman RM, (Ed.) *Encyclopedia of Plant and Crop Science*. Marcel-Dekker, New York.
- Katerji N, Van Hoorn JW, Hamdy A, Mastrorilli M, Fares C, Ceccarelli S, Grando S and Oweis T, 2006. Classification and salt tolerance analysis of barley varieties. *Agricultural Water Management*, 85: 184-192.
- Kocheiki A, 1997. Farming and breeding in dry land agriculture (translated). Mashhad University Press Jahad, Mashhad, Iran. (In Persian).
- Liang CHL and Walter EG, 1996. Estimation of variety×environment interaction in yield tests of tree smack grains and their significant of the breeding programs. *Crop Science*, 6(2): 135-139.
- Moameni A, 2010. Geographical distribution and salinity levels of Iranian soil resources. *Iranian Journal of Soil Research*, 24(3): 203-215. (In Persian).
- Mohammadi R and Amri A, 2013. Genotype × environment interaction and genetic improvement for yield and yield stability of rainfed durum wheat in Iran. *Euphytica*, 192(2):227–249.
- Mortazavian SMM, Nikkhah HR, Hassani FA, Sharif-al-hosseini M, Taheri M and Mahloohi M, 2014. GGE biplot and AMMI analysis of yield performance of barley genotypes across different environments in Iran. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 16(3): 609-622.
- Taleb Hagh S, Shahbazi H and Ghasemi M, 2017. Assessment of the tolerance of various cultivars of barley towards salinity stress in germination and early growth stages. *Bioscience Biotechnology Research Communications*, 1: 24-32.
- Vaezi B, Pour-Aboughadareh A, Mohammadi R, Armion M, Mehraban A, Hossein-Pour T and Dorii M, 2017. GGE biplot and AMMI analysis of barley yield performance in Iran. *Cereal Research Communications*, 45(3): 500-511.