

Research Article

Plant Prod., 2022, 44(4), 489-502
<http://plantproduction.scu.ac.ir//>

ISSN (P): 2588-543X
ISSN (E): 2588-5979

Yield Stability Analysis of Advanced Spring Wheat Genotypes under Non-Stress and Drought Stress Conditions

Davood Daei Alhagh¹, Varahram Rashidi^{2*} , Saeed Aharizad³, Farhad Farahvash⁴,
Bahram Mirshekari⁵

- 1- Ph.D. Student of Plant Breeding, Departement of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Tabriz Branch, Islamic Azad University, Tabriz, Iran
- 2- ***Corresponding Author:** Associate Professor, Departement of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Islamic Azad University, Tabriz Branch, Tabriz, Iran (rash270@yahoo.com)
- 3- Professor, Departement of Plant Breeding and Biotechnology, Faculty of Agriculture, University of Tabriz Tabriz, Iran
- 4- Associate Professor, Departement of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Islamic Azad University, Tabriz Branch, Tabriz, Iran
- 5- Associate Professor, Departement of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Islamic Azad University, Tabriz Branch, Tabriz, Iran

Citation Daei Alhagh, D., Rashidi, V., Aharizad, S., Farahvash, F., & Mirshekari, B. (2022). Yield stability analysis of advanced spring wheat genotypes under non-stress and drought stress conditions. *Plant Productions*, 44(4), 489-502.

 10.22055/ppd.2020.33143.1889

Received: 25 April 2020

Accepted: 29 june 2020

Abstract

Introduction

Wheat (*Triticum aestivum* L.) is the first most important cereal crop in the world. Drought, among abiotic stresses, is known as the most complicated, devastating factor against wheat production. Although drought impedes wheat yield at all growth stages, its negative impacts are more critical during the flowering and grain-filling phases (terminal drought) and result in substantial yield losses. A prolonged and severe drought will result in a significant decrease in the production of crop and serious issues of food supply and food security. Given the growing population in developing countries such as Iran, and the economic and political importance of producing this cereal, a serious examination at its production and breeding is warranted.

Materials and Methods

In order to study yield stability analysis of advanced spring wheat genotypes under non-stress and drought stress conditions (stop irrigation in the stage of the emergence of 50% inflorescence of each experimental unit), 28 genotypes were evaluated in 2016-2017 and 2017-2018 cropping years



in two separate experiments with a randomized complete block design with three replications in the research field of Islamic Azad University of Tabriz.

Results and Discussion

Combined analysis of variance under two conditions in two crop years revealed a statistically significant difference between studied genotypes for all traits ($P < 0.01$). Genotype $\times$ condition interaction was significant for seed yield, number of seeds in spike, plant height, harvest index in 5% probability level and 1000 seed weight and biomass in 1% probability level. The results of the present study showed that the studied genotypes had different reactions under different environmental conditions for these traits. Based on the results obtained from parametric method which includes environmental variance and environmental coefficient of variation genotypes Karim, Gabos, Zagros, Aftab, URBWYT-94-3, URBWYT-94-9, URBWYT-94-7 and URBWYT-94-2; in Wricke's Ecovalence genotypes Morvarid, Arta, Gonbad, Roshan, ERWYT-94-8 and URBWYT-94-10; in average rating genotypes Darya, Aftab, ERWYT-94-7, URBWYT-94-10, URBWYT-94-2 and URBWYT-94-4; in standard deviation of rank genotypes Morvarid, Gonbad, Superhead, Arta, Roshan and URBWYT-94-10 known as stable genotypes. Based on non-parametric method of Ketata et al. genotypes Roshan, URBWYT-94-10, ERWYT-94-8 and ERWYT-94-7 known as the stable and high yields genotypes. Overall, the genotypes Karim, Aftab, Roshan, URBWYT-94-7, URBWYT-94-9, URBWYT-94-10 and URBWYT-94-2 introduced as the stable and high yields genotypes. The findings of the study revealed that the results of environmental variance statistics and coefficients of environmental variation are similar, indicating a common trait between them. In other words, the genotypes that were known as sustainable genotypes based on environmental variance stability statistics are exactly those genotypes that were identified as sustainable genotypes based on environmental stability coefficient statistics.

Conclusion

As regards the genotypes that were known as sustainable genotypes based on environmental variance stability statistics are exactly those genotypes that were identified as sustainable genotypes based on environmental stability coefficient statistics. Therefore, it can be argued that environmental variance stability statistics and environmental stability coefficient statistics are the best indicators in the identification of the stable genotypes in terms of yield.

Keywords: Cut off irrigation stress, Interaction genotypes $\times$ conditions, Parametric and non-parametric methods of stability

تجزیه پایداری عملکرد ژنوتیپ‌های پیشرفته گندم بهاره تحت شرایط بدون تنش و تنش خشکی

داود داعی‌الحق^۱، وره‌رام رشیدی^{۲*} , سعید اهری‌زاد^۳، فرهاد فرح‌وش^۴، بهرام میرشکاری^۵

- ۱- دانشجوی دکتری اصلاح نباتات، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران
- ۲- *نویسنده مسئول: دانشیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران (rash270@yahoo.com)
- ۳- استاد، گروه به‌نژادی و بیوتکنولوژی گیاهی، دانشکده کشاورزی، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران
- ۴- دانشیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران
- ۵- دانشیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۴/۰۹

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۲/۰۶

چکیده

به‌منظور مطالعه تجزیه پایداری عملکرد ژنوتیپ‌های پیشرفته گندم بهاره تحت شرایط تنش کم‌آبی، ۲۸ ژنوتیپ گندم به‌صورت دو آزمایش جداگانه تحت شرایط بدون تنش و تنش خشکی (با قطع آبیاری در مرحله ظهور ۵۰ درصد سنبله‌های هر واحد آزمایشی) و طی دو سال زراعی ۹۵-۹۶ و ۹۶-۹۷ در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه آزاد اسلامی واحد تبریز مورد ارزیابی قرار گرفتند. تجزیه واریانس مرکب داده‌های حاصل از ارزیابی صفات نشان داد که بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه از نظر کلیه صفات در سطح احتمال یک درصد اختلاف معنی‌داری وجود داشت. برهمکنش ژنوتیپ × شرایط آبیاری از نظر صفات عملکرد دانه، تعداد دانه در سنبله، ارتفاع بوته و شاخص برداشت در سطح احتمال پنج درصد و برای صفات وزن هزار دانه و بیوماس در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود و نشان داد که ژنوتیپ‌های مورد مطالعه در شرایط مختلف آبیاری واکنش‌های متفاوتی از نظر این صفات داشتند. نتایج حاصل از آماره‌های واریانس محیطی و ضریب تغییرات محیطی مشابه بود که نشان دهنده وجود یک جنبه مشترک بین آن‌هاست. بر اساس این آماره‌ها ژنوتیپ‌های کریم، قابوس، زاگرس، آفتاب، URBWYT-94-3، URBWYT-94-9، URBWYT-94-7، URBWYT-94-2 و URBWYT-94-10، بر مبنای آماره پایداری اکووالانس ریک ژنوتیپ‌های مروارید، گنبد، آرتا، روشن، ERWYT-94-8 و URBWYT-94-10، آماره میانگین رتبه ژنوتیپ‌های دریا، آفتاب، ERWYT-94-7، URBWYT-94-10 و URBWYT-94-2 و آماره انحراف معیار رتبه ژنوتیپ‌های مروارید، گنبد، سوپرهد، آرتا، روشن و URBWYT-94-10 به‌عنوان ژنوتیپ‌های پایدار شناسایی شدند. ژنوتیپ‌های URBWYT-94-10، روشن، ERWYT-94-8 و ERWYT-94-7 نیز از نظر آماره غیر پارامتری کتاتا به‌عنوان ژنوتیپ‌های پایدار و پر محصول شناسایی شدند. با در نظر گرفتن میانگین عملکرد ژنوتیپ‌های مورد مطالعه در چهار محیط، در مجموع ژنوتیپ‌های کریم، آفتاب، روشن، URBWYT-94-7، URBWYT-94-9، URBWYT-94-10 و URBWYT-94-2 جزو ژنوتیپ‌های پایدار و پر محصول شناسایی شدند.

کلیدواژه‌ها: اثر متقابل ژنوتیپ × شرایط، تنش قطع آبیاری، روش‌های پارامتری و غیر پارامتری پایداری

مقدمه

غلات یکی از مهم‌ترین گیاهان روی کره زمین و تأمین‌کننده ۷۰ درصد غذای مردم جهان می‌باشند و مشارکت گندم در تأمین پروتئین مورد نیاز بشر برابر مجموع مشارکت گوشت، شیر و تخم مرغ است (Mokhtarifar et al., 2016). گندم اولین غله دنیاست. معروف است که در هر روز در نقطه‌ای از کره زمین کاشت و در همان روز در نقطه‌ای دیگر برداشت می‌شود. این موضوع حاکی از توانایی سازش بسیار زیاد این گیاه با اقلیم‌های گوناگون است که غذای اصلی بیش از یک سوم مردم جهان است (Ahmadi Lahijani and Emam, 2013). با توجه به روند رو به افزایش جمعیت در کشورهای در حال توسعه و ایران و اهمیت اقتصادی و سیاسی تولید این غله، باید نگاهی ویژه به تولید و اصلاح آن داشت. بررسی‌های مطالعاتی نشان می‌دهد، پایداری کمی و کیفی تولید گندم آبی در کشور از سال ۹۳-۸۳ با مشکل روبرو بوده و با وجود افزایش تنوع و ظرفیت تولید رقم‌های مختلف گندم آبی در کشور، میانگین تولید در واحد سطح ۱۸ درصد کاهش را نشان می‌دهد که از ۳۸۲۷ به ۳۱۳۸ کیلوگرم در هکتار رسیده است (Fasahat et al., 2017). یکی از عمده‌ترین اهداف در اصلاح نباتات دستیابی به ژنوتیپ‌هایی است که ضمن برخورداری از عملکرد بالا دارای صفات مطلوب زراعی بوده و نسبت به شرایط محیطی سازگاری داشته باشند. بنابراین شناسایی لاین‌ها و ارقامی با پتانسیل عملکرد بالا و پایدار در این مناطق (Bahari and Hossainpor, 2004) و ارقام گندم متحمل به تنش کم آبی از اهمیت و اولویت ویژه‌ای برخوردار است (Koocheki et al., 2013). تنش خشکی از مهم‌ترین و شایع‌ترین تنش‌ها به حساب می‌آید که تأثیر منفی بر روی رشد، توسعه و عملکرد محصولات زراعی داشته (Bhargava and Sawant, 2013; Nezahadhmadi et al., 2013; Yang and Zhang, 2006; Kilici and Yagbasanlar, 2010) و یکی از مهم‌ترین فاکتورهای محیطی محدودکننده تولید گندم در ایران (Shamsi and Kobraee, 2011) و یکی از

چالش‌های مهم برای رشد گندم در کل جهان است (Naderi et al., 2013) که منجر به کاهش عملکرد آن در بیش از ۷۰ درصد از زمین‌های زراعی گردیده است (Flexas et al., 2013; Foley et al., 2011). خشکی بر رشد گندم در تمام مراحل فنولوژیک تأثیر می‌گذارد (Pradhan et al., 2012) اما در مرحله باروری و پر شدن دانه گندم حیاتی‌تر بوده و بیشترین حساسیت را دارد (Farooq et al., 2014). بر اساس نتایج به‌دست آمده تنش خشکی همه اجزای عملکرد مانند تعداد سنبله‌های بارور و تعداد دانه در سنبله را به ترتیب به میزان ۶۰ درصد و ۴۰ درصد کاهش می‌دهد (Shamsi and Kobraee, 2011). اثرات خشکی آخر فصل بر عملکرد گندم در آینده نزدیک احتمالاً افزایش باید (Dias de Oliveria et al., 2013). از مهم‌ترین شاخص‌های ارزیابی عکس‌العمل ژنوتیپ‌ها به شرایط مختلف محیطی مطالعه برهمکنش ژنوتیپ و محیط می‌باشد (Rosielle and Hamblin, 1981; Afzal arain et al., 2011) که از اهمیت ویژه‌ای در برنامه‌های اصلاح نباتات برخوردار است (Akbarpour Kaiser et al., 2014; Farshadfar et al., 2012; و ضرورت معرفی ارقام پر محصول با پایداری و سازگاری خصوصی بالا را توجیه می‌کند (Rahimi et al., 2009; Zali et al., 2012). اصلاح‌گران در مراحل اصلاح گیاهان با این برهمکنش مواجه می‌گردند (Nadarajan and Gonaskaran, 2011). به‌منظور کاهش برهمکنش ژنوتیپ × محیط (G×E) برای انتخاب ژنوتیپ‌های پایدار، ارزیابی ژنوتیپ‌ها در آزمایشات ناحیه‌ای بخش مهمی از برنامه‌های به‌نژادی به شمار می‌رود (Zhang et al., 2013). برهمکنش ژنوتیپ در محیط (G×E) باعث ایجاد پیچیدگی در پیش‌بینی عملکرد می‌شود (Mokhtarifar et al., 2016) و پیشرفت کارهای به‌نژادی را با مشکل مواجه می‌سازد (Sabaghnia et al., 2008; Sabaghnia et al., 2012).

(Farshadfar et al., 2011) نیز با بررسی اثر متقابل ژنوتیپ و محیط (G×E) اعلام کردند بخش عمده تنوع کل مربوط به محیط و پس از آن ژنوتیپ × محیط (G×E)

پیشنهاد کردند که از اثرات متقابل ژنوتیپ و محیط برای هر ژنوتیپ به عنوان پارامتر پایداری استفاده شود. به طوری که مربع این اثر برای هر ژنوتیپ در همه محیط‌ها جمع شود. این پارامتر پایداری را اکووالانس نامید که از طریق فرمول زیر به دست می‌آید:

$$W_i^2 = \sum_{j=1}^q (X_{ij} - \bar{X}_{i.} - \bar{X}_{.j} + \bar{X}_{..})^2$$

Ketata (1988) روشی را که بر مبنای روش رتبه‌دهی استوار است بیان نمودند. از آنجایی که هر کدام از روش‌های پارامتری و غیرپارامتری در انتخاب ارقام پایدار دارای مزایا و معایبی هستند، بنابراین انتخاب ارقام بر اساس مجموعه روش‌ها می‌تواند مزایای موجود در روش‌های مختلف برای انتخاب ارقام پر محصول پایدار را مورد استفاده قرار دهد. به همین دلیل کتاتا روش میانگین رتبه ژنوتیپ‌ها در هر روش ارزیابی را مطرح نمودند.

Mohammadi et al. (2016) در ارزیابی عملکرد و پایداری عملکرد در ژنوتیپ‌های گندم نان بیان کردند که سهم محیط، ژنوتیپ و برهمکنش ژنوتیپ و محیط در توجیه میانگین مربعات کل به ترتیب ۶۹/۸، ۱۵/۶ و ۱ درصد بود. نتایج این آزمایش نشان داد که مدل GGE (برهمکنش ژنوتیپ و ژنوتیپ × محیط) برای مطالعه الگوی GEI (برهمکنش ژنوتیپ × محیط) و تفسیر داده‌های عملکرد دانه گندم نان حاصل از آزمایشات چند محیطی بسیار مؤثر بوده است. Akcura et al. (2006) به منظور تجزیه پایداری عملکرد ۱۵ ژنوتیپ‌های گندم دوروم طی دو سال در ۸ منطقه، از پارامترهای پایداری شوکلا، اکووالانس ریک، ضریب رگرسیون، ضریب تغییرات محیطی و انحراف از خط رگرسیون استفاده کردند و در نهایت پنج ژنوتیپ را به عنوان ژنوتیپ پایدار معرفی کردند. Tarinejad (2017) در بررسی پایداری عملکرد دانه گندم نان، تلفیقی از روش‌های مختلف از جمله روش‌های غیرپارامتری رتبه‌ای، واریانس محیطی رومر، ضریب تغییرات محیطی، اکووالانس ریک، واریانس شوکلا، ابرهات راسل، ضریب تشخیص پنتوس، گزینش همزمان برای عملکرد و پایداری، ارزش پایداری AMMI و GGE biplot جهت تعیین پایداری ارقام گندم

بود. اثر متقابل ژنوتیپ و محیط ارتباط بین ارزش ژنوتیپ و فنوتیپ را کاهش می‌دهد (Temesgen et al., 2015). روش‌های پایداری متعددی که در دسترس اصلاح کنندگان نباتات و کشاورزان قرار گرفته‌اند، راهبردها و رویکردهای متفاوتی را برای مدیریت برهمکنش ژنوتیپ × محیط فراهم ساخته‌اند (Weikai and Manjit, 2012). روش‌های متعددی جهت بررسی پایداری عملکرد ارقام به محیط در دامنه وسیعی از شرایط آب و هوایی ارائه شده‌اند. مقایسه عملکرد در شرایط محیطی متضاد (تنش و بدون تنش) و گزینش ژنوتیپ‌هایی که به هر دو محیط سازگارند، هدف اصلی این گونه آزمایش‌ها است (Fernandez, 1992). Lin et al. (1986) تعداد ۹ پارامتر پایداری از قبیل، واریانس محیطی، ضریب تغییرات فرانسیس و کاننبرگ، واریانس پلستد پیترسون، اکووالانس ریک، واریانس پایداری شوکلا، تجزیه رگرسیون فیلی و ویلکینسون، ابرهات و راسل و نیز پرکینز و جینکز را مورد ارزیابی قرار داده و چنین بیان داشتند که کلیه روش‌های مذکور یا بر مبنای انحراف از اثر متوسط ژنوتیپ $(X_{ij} - \bar{X}_{i.})$ و یا بر مبنای اثر متقابل ژنوتیپ و محیط $(X_{ij} - \bar{X}_{i.} + \bar{X}_{.j} + \bar{X}_{..})$ می‌باشد. واریانس محیطی یک معیار پایداری است که توسط Lin et al. (1986) ارائه شده است و به نظر این محققین هر رقمی که واریانس محیطی کمتری داشته باشد آن رقم پایدار خواهد بود. این مفهوم از پایداری برای صفاتی از قبیل مقاومت به آفات و بیماری‌ها و تنش‌های غیر زیستی مثل مقاومت به سرما و خشکی بکار برده می‌شود (Becker and Leon, 1988).

Francis and Kannenber (1978) ضریب تغییرات محیطی را بیان کردند و اظهار داشتند هر رقمی که ضریب تغییرات محیطی و واریانس محیطی کمتری داشته باشد آن رقم پایدار خواهد بود. به همین منظور از ضریب تغییرات ژنوتیپی استفاده کردند. Wricke (1962) اظهار داشت هر رقمی که مجموع مربعات اثر متقابل ژنوتیپ و محیط $(G \times E)$ کمتری داشته باشد آن رقم پایدار خواهد بود. این روش بر مبنای SS اثر متقابل ژنوتیپ در محیط است. ایشان

استفاده کردند. (Arian et al. (2011) پایداری عملکرد ۱۲ ژنوتیپ گندم نان را در شش مکان مختلف در طول مدت دو سال بررسی کردند. تجزیه مرکب، واریانس معنی دار بالایی را برای ژنوتیپ‌ها و محیط‌ها و برهمکنش ژنوتیپ × محیط نشان داد. این محققین برای بررسی پایداری عملکرد از پارامترهای پایداری ضریب رگرسیون و انحراف از رگرسیون استفاده نمودند. تجزیه پایداری نشان داد بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه اختلاف بسیار زیادی وجود دارد. (Esmailzadeh Moghadam et al. (2011 به منظور ارزیابی برهمکنش ژنوتیپ × محیط و بررسی پایداری عملکرد دانه، ۱۸ لاین گندم نان را در شش ایستگاه تحقیقاتی طی دو سال زراعی مورد بررسی قرار دادند. برهمکنش سال × مکان و سال × مکان × ژنوتیپ به ترتیب در سطح احتمال یک و پنج درصد معنی دار بود. بر اساس نتایج تجزیه پایداری عملکرد دانه ژنوتیپ‌ها بر پایه روش غیرپارامتری میانگین رتبه عملکرد دانه، روش رگرسیون ابرهات راسل، اکووالانس ریک، واریانس پایداری شوکلا و چند روش دیگر، ژنوتیپ ۱۱ به عنوان لاین پایدار تشخیص داده شد. (Sogi et al. (2006 در مطالعه تجزیه پایداری عملکرد دانه لاین‌های امید بخش گندم نان از روش‌های پارامتری واریانس محیطی و ضریب تغییرات محیطی و روش ناپارامتری رتبه‌بندی استفاده کردند. در این مطالعه نتایج حاصل از تجزیه پایداری به روش واریانس محیطی نشان داد که سه رقم دارای کمترین واریانس محیطی و بیشترین پایداری می‌باشند. هم‌چنین بر اساس روش ضریب تغییرات محیطی چند رقم دارای بیشترین پایداری می‌باشند. بر اساس تجزیه پایداری به روش ناپارامتری دو رقم با میانگین رتبه ۱/۳ و ۴ دارای کمترین رتبه و کمترین واریانس و انحراف معیار رتبه می‌باشند. (Jahromi et al. (2011 در تجزیه پایداری عملکرد ژنوتیپ‌های امید بخش گندم دوروم با توجه به معنی دار شدن برهمکنش ژنوتیپ و محیط آماره‌های پایداری واریانس محیطی رومر، ضریب تغییرات، اکووالانس ریک، واریانس شوکلا، ارزش پایداری‌امی، واریانس درون مکانی و ضریب تغییرات درون مکانی را

مورد مطالعه قرار دادند. در این تحقیق علی‌رغم تفاوت‌هایی که در نتایج روش‌های مختلف تجزیه پایداری وجود داشت، ژنوتیپ‌های ۱، ۳، ۵، ۱۴ و ۱۷ در اکثر روش‌ها با درجات مختلف پایداری عمومی ظاهر شدند. Zarei et al. (2012) در مقایسه روش‌های مختلف ارزیابی پایداری ژنوتیپ‌های گندم نان در شرایط تنش خشکی بین روش اکووالانس ریک، واریانس شوکلا و انحراف از رگرسیون همبستگی معنی‌داری مشاهده کردند. (Mahfoozi et al. (2009 نیز از روش پیشنهادی ابرهات و راسل استفاده کرده و ارقام سازگار گندم با عملکرد پایدار را برای شرایط آبیاری عادی و تنش خشکی معرفی نمودند. در این تحقیق، تعداد ۲۰ لاین جدید و رقم پیشرفته به مدت دو سال تحت دو شرایط آبیاری ارزیابی شدند. آماره‌های مهم پایداری شامل واریانس محیطی، ضریب تغییرات، ضریب رگرسیون و انحراف از خط رگرسیون، واریانس پایداری، معیار اکووالانس ریک و ضریب تیسین محاسبه و هم‌چنین از روش گزینش توام عملکرد و پایداری و روش ناپارامتری رتبه‌بندی عملکرد برای تجزیه پایداری استفاده شد. هدف از این پژوهش تجزیه پایداری عملکرد ژنوتیپ‌های پیشرفته گندم بهاره جهت شناسایی و تعیین ژنوتیپ‌های پایدار در دو سال تحت شرایط تنش و تنش کم آبی می‌باشد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در ایستگاه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی واحد تبریز طی دو سال زراعی ۹۵-۹۶ و ۹۶-۹۷ به صورت دو آزمایش جداگانه در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار با استفاده از ۲۸ ژنوتیپ پیشرفته گندم بهاره اجرا شد. این ۲۸ ژنوتیپ شامل ۱۴ لاین پیشرفته گندم، ۴ لاین اینبرد و ۱۰ رقم بود که مشخصات ژنوتیپ‌ها در جدول (۱) آورده شده است. در هر سال زراعی یکی از آزمایش‌ها تحت شرایط بدون تنش و دیگری تحت شرایط تنش خشکی و با قطع آبیاری در مرحله ظهور ۵۰ درصد سنبله‌های هر واحد آزمایشی اجرا شد.

در هر واحد آزمایشی هر ژنوتیپ در دو ردیف به

بیوماس از تمامی بوته‌های هر واحد آزمایشی استفاده شد. قبل از تجزیه واریانس ابتداء نرمال بودن داده‌ها و یکنواختی واریانس‌ها مورد بررسی قرار گرفت و پس از تأیید، تجزیه واریانس مرکب داده‌ها برای دو سال و دو شرایط آزمایش انجام شد. تجزیه‌های آماری از جمله تجزیه واریانس مرکب و تجزیه پایداری با استفاده از روش‌های واریانس محیطی، ضریب تغییرات محیطی، اکوالانس ریک و آماره غیر پارامتری بر اساس میانگین رتبه و انحراف معیار رتبه انجام گرفت. (Sogi et al. (2006؛ (Mahfoozi et al. (2009؛ (Jahromi et al. (2011؛ (Akcura et al. (2006) در تجزیه پایداری ارقام مختلف از آماره‌های واریانس محیطی و ضریب تغییرات محیطی و (Zarei et al. (2012؛ (Esmailzadeh Moghadam et al. (2011) از روش اکوالانس ریک استفاده کردند. برای انجام تجزیه‌های آماری از نرم‌افزارهای Excel، SPSS 24 و MSTAT-C استفاده گردید.

طول ۴ متر و فاصله ردیفی ۲۵ سانتی‌متر کاشته شد. تراکم هر ژنوتیپ ۱۶۰ بوته در هر ردیف کاشت بود. کاشت در اواسط فروردین هر سال و برداشت در اواخر مرداد ماه انجام شد. عملیات داشت از جمله تنک کردن، وجین علف‌های هرز و آبیاری برای کلیه واحدهای آزمایشی در هر دو آزمایش بدون تنش و تنش خشکی به‌جز قطع آبیاری در مرحله ظهور ۵۰ درصد سنبله‌های هر واحد آزمایشی در آزمایش تنش خشکی مشابه بود. در مورد صفاتی که با استفاده از نمونه‌برداری اندازه‌گیری شدند، نمونه‌برداری به‌صورت تصادفی با رعایت اثرات حاشیه‌ای انجام شد. صفات مورد اندازه‌گیری در این تحقیق عبارت بودند از عملکرد دانه، تعداد سنبله، تعداد دانه در سنبله، طول سنبله، وزن هزار دانه، طول پدانکل، بیوماس، ارتفاع بوته و شاخص برداشت. برای اندازه‌گیری کلیه صفات در هر واحد آزمایشی از میانگین ۱۰ بوته استفاده گردید و برای اندازه‌گیری صفات شاخص برداشت، عملکرد دانه و

Table 1. The name of wheat genotypes in experiment

No. of genotype	Name of genotype	Specifications
1	Darya	Irrigated Cultivar - Tolerance to Fusarium
2	Morvarid	Irrigated Cultivar - Tolerance to Fusarium
3	Karim	Spring Rain fed cultivar - Sensitive to brown rust
4	Gonbad	Irrigated Cultivar
5	Gabos	Spring Rain fed cultivar
6	Zagros	Spring Rain fed cultivar
7	Sherodi	Irrigated Cultivar
8	Superhed	line Inbreed Parents
9	Aftab	Spring Rain fed cultivar - The latest cultivar
10	Dehdasht	Spring Rain fed cultivar - Durum wheat
11	Arta	Irrigated Cultivar - Advanced wheat line
12	URBWYT-94-3	Rain fed wheat - Advanced wheat line
13	ERWYT-94-4	Irrigated wheat - Advanced wheat line
14	ERWYT-94-6	Irrigated wheat - Advanced wheat line
15	URBWYT-94-6	Rain fed wheat - Advanced wheat line
16	Roshan	Inbreed Parents line
17	ERWYT-94-7	Irrigated wheat - Advanced wheat line
18	URBWYT-94-7	Rain fed wheat - Advanced wheat line
19	URBWYT-94-8	Rain fed wheat - Advanced wheat line
20	ERWYT-94-8	Irrigated wheat - Advanced wheat line
21	ERWYT-94-9	Irrigated wheat - Advanced wheat line
22	URBWYT-94-9	Rain fed wheat - Advanced wheat line
23	URBWYT-94-10	Rain fed wheat - Advanced wheat line
24	123	line Inbreed
25	URBWYT-94-2	Rain fed wheat - Advanced wheat line
26	ERWYT-94-2	Irrigated wheat - Advanced wheat line
27	247	line Inbreed
28	URBWYT-94-4	Rain fed wheat - Advanced wheat line

نتایج و بحث

تجزیه واریانس مرکب

تجزیه واریانس مرکب داده‌های حاصل از صفات مورد ارزیابی در دو سال زراعی در دو شرایط بدون تنش و تنش خشکی نشان داد که بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه از نظر همه صفات در سطح احتمال یک درصد اختلاف معنی‌داری وجود داشت (جدول ۲). این خود بیانگر آن است که در بین ژنوتیپ‌های گندم برای انتخاب این صفات تنوع ژنتیکی بالایی وجود دارد که این نتایج با نتایج تحقیقات (Ezzat Ahmadi et al. (2012، Shamsi and Kobraee (2011؛ Tavana and Saba (2016؛ Naghavi et al. (2016؛ Bihamta et al. (2018 مطابقت کامل داشت. در مطالعه‌ای که توسط Aliu and Fetahu (2010 روی تنوع ژنتیکی صفات مورفولوژیک و اجزای عملکرد شش لاین جدید گندم پاییزه در طی سه سال انجام شد، به این نتیجه رسیدند که برهمکنش لاین و سال برای صفات طول سنبله، عملکرد دانه و شاخص برداشت معنی‌دار بود که با نتایج این تحقیق مطابقت دارد. (Naghavi et al. (2016 در ارزیابی ارقام گندم بهاره از نظر صفات فیزیولوژیک، مورفولوژیک و زراعی تحت تنش خشکی در تجزیه واریانس تفاوت معنی‌داری بین ارقام برای کلیه صفات نشان داد که این امر بیانگر تنوع ژنتیکی بالا می‌باشد. به علاوه، تفاوت معنی‌داری تحت تنش خشکی برای برهمکنش تنش و کلیه صفات مشاهده شد. در ضمن، برهمکنش ژنوتیپ برای صفات ارتفاع بوته، وزن خشک بوته، طول سنبله، تعداد ریشه، وزن خشک ریشه، تعداد پنجه در بوته، تعداد سنبله در بوته، تعداد دانه در سنبله و عملکرد دانه معنی‌دار بود که بدین معنی است که ارقام واکنش‌های متفاوتی تحت تنش خشکی نشان داده‌اند. بر طبق جدول تجزیه واریانس تفاوت ارقام و سطوح تنش برای صفات عملکرد و اجزای عملکرد در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. هم‌چنین برهمکنش بین تنش و رقم برای همه صفات به جز وزن هزار دانه معنی‌دار بود که با نتایج این تحقیق مطابقت دارد. برهمکنش ژنوتیپ × شرایط آبیاری برای صفات عملکرد دانه، تعداد دانه در سنبله، ارتفاع بوته و

شاخص برداشت در سطح احتمال پنج درصد و برای صفات وزن هزاردانه و بیوماس در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود و این موضوع نشان داد که ژنوتیپ‌های مورد مطالعه در شرایط مختلف آبیاری واکنش‌های متفاوتی از نظر این صفات داشتند؛ اما از نظر صفات تعداد سنبله، طول سنبله و طول پدانکل این برهمکنش غیرمعنی‌دار بود به این مفهوم که ژنوتیپ‌های مورد مطالعه در این صفات در شرایط مختلف آبیاری واکنش مشابهی داشتند. برهمکنش ژنوتیپ × سال از نظر کلیه صفات مورد ارزیابی به جز طول پدانکل در سطح احتمال یک درصد و برای طول پدانکل در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود؛ به این مفهوم که ژنوتیپ‌های مورد مطالعه در سال‌های مختلف واکنش‌های متفاوتی از خود نشان دادند. برهمکنش سه‌جانبه سال × شرایط آبیاری × ژنوتیپ از نظر همه صفات مورد ارزیابی به جز تعداد دانه در سنبله، طول پدانکل و شاخص برداشت که در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود که حاکی از واکنش متفاوت ژنوتیپ‌ها به تنش خشکی در دو سال زراعی می‌باشد.

تجزیه پایداری

وجود برهمکنش ژنوتیپ و سال برای عملکرد، ایجاب کرد که ژنوتیپ پایدار و پر محصول از بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه انتخاب و معرفی گردند. پایداری ژنوتیپ‌های مورد مطالعه توسط آماره‌های پایداری پارامتری واریانس محیطی، ضریب تغییرات محیطی و اکوالانس ریک در جدول ۳ مقایسه شده‌اند. بسیاری از روش‌های پایداری که در اصلاح نباتات متداول هستند، جزء روش‌های آماری پارامتری هستند و نتایج این روش‌ها زمانی معتبر است که فرضیه‌های نرمال بودن توزیع، مستقل بودن و یکنواختی واریانس اشتباهات وجود داشته باشد. در مقابل، روش‌های ناپارامتری زیادی برای تعیین ژنوتیپ‌های پایدار پیشنهاد شده است که اغلب بر مبنای رتبه‌بندی عملکرد ارقام در محیط‌های مختلف استوار است (Sogi et al., 2006). بر اساس نتایج آماره پایداری غیر پارامتری که در شکل ۱ آورده شده است ژنوتیپ‌های مورد مطالعه به چهار گروه تفکیک شدند.

Table 2. Combined analysis of variance for the studied traits in advanced spring wheat under non-stress and stresses conditions in two crop years

S.O.V.	df	Mean square								
		Grain yield (gr)	No. spike	Grain per spike	Spike length (cm)	Thousand grain weight (gr)	Height peduncle (cm)	Biomass (gr)	Plant height (cm)	Harvest index (%)
Year	1	11815.21 ^{ns}	7864.12 ^{ns}	107.63 ^{ns}	5.21 ^{ns}	215.51 [*]	32.06 ^{ns}	81250.55 ^{ns}	152.33 ^{ns}	97.06 ^{ns}
Irrigation	1	21938.36 ^{ns}	6958.27 ^{ns}	289.87 ^{ns}	3.54 ^{ns}	328.36 ^{ns}	42.14 ^{ns}	184670.34 ^{ns}	271.61 ^{ns}	112.37 ^{ns}
Irrigation× Year	1	4115.08 ^{ns}	4715.36 ^{ns}	98.17 ^{ns}	2.73 ^{ns}	63.29 ^{ns}	28.67 ^{ns}	47181.77 ^{ns}	184.14 ^{ns}	63.59 ^{ns}
Replication(year)	8	2447.17	2518.09	49.33	3.89	26.81	18.23	28711.07	64.29	28.46
Genotype	27	19827.01 ^{**}	17764.27 ^{**}	455.33 ^{**}	15.22 ^{**}	308.42 ^{**}	96.81 ^{**}	256140.23 ^{**}	386.35 ^{**}	148.14 ^{**}
Genotype ×Year	27	6965.04 ^{**}	6344.25 ^{**}	152.29 ^{**}	4.9 ^{**}	102.67 ^{**}	36.46 [*]	75383.66 ^{**}	127.15 ^{**}	58.19 ^{**}
Genotype × Irrigation	27	13462.17 [*]	8547.08 ^{ns}	201.14 [*]	5.8 ^{ns}	228.42 ^{**}	35.44 ^{ns}	198269.71 ^{**}	221.62 [*]	83.26 [*]
Genotype × Irrigation × Year	27	6584.11 ^{**}	5273.21 ^{**}	104.14 [*]	3.9 ^{**}	77.4 ^{**}	32.38 [*]	65090.3 ^{**}	108.36 ^{**}	40.2 [*]
Error	216	3481.36	2115.32	65.27	2.08	36.5	20.58	32039.12	56.67	23.46
C.V. (%)	-	15.37	10.34	19.07	15.21	15.62	17.04	18.82	9.52	11.96

ns, * and ** no significant differences, significant at the 5 and 1% probability level, respectively.

Table 3. Stability statistics of studied Spring wheat genotypes under non-stress and drought stress conditions in two crop years

No. of genotype	Genotype	Average four environments	Environment I variance	Environment I Coefficient of Variation	Average rating	Standard deviation of rank	Wricke's ecovalence
1	Darya	377.075	15936.14	33.47834	6.5	5.446712	7848.877
2	Morvarid	291.835	4965.723	24.14648	20.5	2.380476	446.6546
3	Karim	304.1	1544.605	12.92386	17.5	7.593857	4613.033
4	Gonbad	283.15	7795.518	31.18214	23	2.309401	526.4876
5	Gabos	284.195	1140.573	11.88352	21	7.527727	5357.131
6	Zagros	287.35	1481.773	13.39614	20.5	7.505553	4604.13
7	Sherodi	341.2375	12296.77	32.49666	9.75	7.228416	4033.716
8	Superhed	260.22	10226.76	38.86229	25.75	2.629956	2035.025
9	Aftab	352.605	1223.976	9.921273	7.75	6.751543	5564.845
10	Dehdasht	276.3625	9425.108	35.12886	23.625	5.437141	2550.598
11	Arta	286.165	6134.315	27.36948	21.75	0.5	97.13991
12	URBWT-94-3	299.935	520.9462	7.609731	16.5	11.61895	15238.62
13	ERWT-94-4	375.2975	21411.22	38.98926	8.5	8.812869	15272.08
14	ERWT-94-6	302.705	9732.19	32.5901	17	6.480741	2174.236
15	URBWT-94-6	326.4175	2480.93	15.25927	13.25	7.410578	2752.874
16	Roshan	382.2575	6893.764	25.29377	11.25	3.304038	209.4337
17	ERWT-94-7	375.24	10685.39	28.93577	7.25	4.425306	2731.739
18	URBWT-94-7	334.62	1606.934	11.97973	12	7.615773	3822.54
19	URBWT-94-8	327.1275	2686.477	15.84435	12.75	5.377422	1948.094
20	ERWT-94-8	320.5575	8129.314	28.12684	13.25	4.349329	684.4743
21	ERWT-94-9	310.31	9563.72	31.51502	16	6.480741	1556.608
22	URBWT-94-9	339.12	1949.969	13.02148	10	6.480741	3068.153
23	URBWT-94-10	341.88	4753.257	20.1661	8	2.44949	399.8801
24	123	309.87	13094.46	36.92872	14.5	9.327379	4643.436
25	URBWT-94-2	365.6275	1680.782	11.21287	5.5	6.137318	4071.725
26	ERWT-94-2	302.3025	12018.87	36.26521	16.75	8.770215	4106.073
27	247	294.2175	11092.53	35.79701	19.25	7.320064	2740.253
28	URBWT-94-4	358.3475	2753.489	14.5953	6.625	5.991313	2365.188

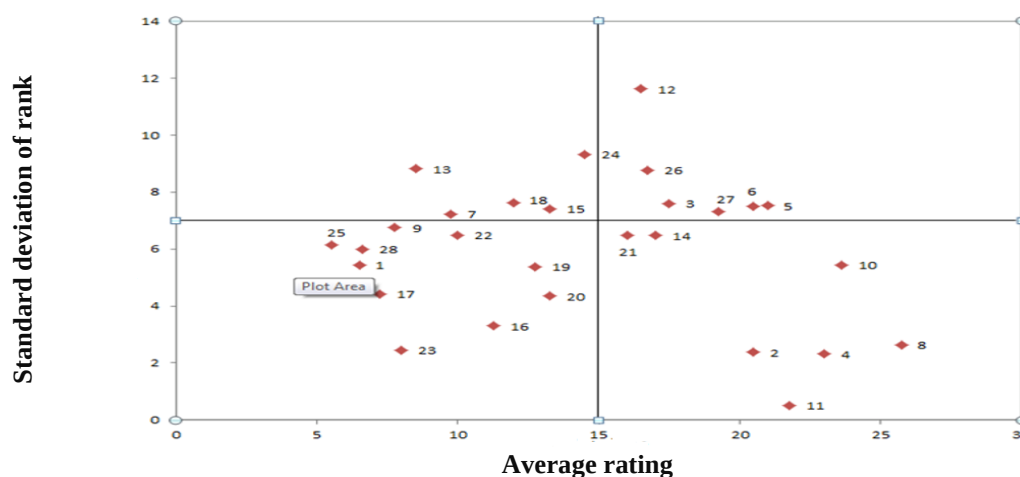


Figure 1. Diagram based on yield of spring wheat genotypes studied under non-stress and drought stress conditions in two crop years

پایدار و پر محصول شناسایی شدند هر چند که ژنوتیپ‌های دریا، آفتاب، URBWYT-94-8، URBWYT-94-9، URBWYT-94-4 و 94-2 نیز از نظر متوسط انحراف معیار رتبه و متوسط میانگین رتبه ارزش بالاتری داشتند. با در نظر گرفتن میانگین عملکرد ژنوتیپ‌های مورد مطالعه در چهار محیط، در مجموع ژنوتیپ‌های کریم، آفتاب، روشن، URBWYT-94-7، URBWYT-94-9، URBWYT-94-2 و 10 جزو ژنوتیپ‌های پایدار و پر محصول شناسایی شدند.

نتیجه‌گیری

بررسی‌های این تحقیق نشان داد ژنوتیپ‌های کریم، قابوس، زاگرس، آفتاب، URBWYT-94-3، URBWYT-94-7، YR-94-9 که بر اساس آماره پایداری واریانس محیطی به عنوان ژنوتیپ‌های پایدار شناخته شده بودند؛ دقیقاً همان ژنوتیپ‌هایی بودند که بر اساس آماره پایداری ضریب تغییرات محیطی به عنوان ژنوتیپ‌های پایدار شناخته شدند. به عبارت دیگر نتایج حاصل از آماره‌های پایداری واریانس محیطی و ضریب تغییرات محیطی مشابه بودند که نشان‌دهنده وجود یک جنبه مشترک بین آنهاست. با در نظر گرفتن میانگین عملکرد ژنوتیپ‌های مورد مطالعه در چهار محیط، در مجموع ژنوتیپ‌های کریم، آفتاب، روشن، URBWYT-94-7، URBWYT-94-9،

تعداد ۱۰ ژنوتیپ به عنوان ژنوتیپ‌های پایدار و پر محصول، ۵ ژنوتیپ به عنوان ژنوتیپ‌های پایدار و کم محصول، ۷ ژنوتیپ به عنوان ژنوتیپ‌های ناپایدار و پر محصول و ۶ ژنوتیپ به عنوان ژنوتیپ‌های ناپایدار و کم محصول شناسایی شدند. نتایج حاصل از آماره‌های واریانس محیطی و ضریب تغییرات محیطی مشابه بود که نشان‌دهنده وجود یک جنبه مشترک بین آنهاست. بر اساس آماره واریانس محیطی (Lin et al. 1986) و آماره ضریب تغییرات محیطی Francis and Kanneneberg (1978) ژنوتیپ‌های کریم، قابوس، زاگرس، آفتاب، URBWYT-94-3، URBWYT-94-9، URBWYT-94-2 و 7 ضریب تغییرات محیطی و واریانس محیطی کمتری در مقایسه با سایر ژنوتیپ‌های مورد مطالعه داشتند و به عنوان ژنوتیپ‌های پایدار شناسایی شدند. بر اساس آماره پایداری اکووالانس ریک ژنوتیپ‌های مروارید، گنبد، آرتا، روشن، ERWYT-94-8 و URBWYT-94-10، آماره میانگین رتبه ژنوتیپ‌های دریا، آفتاب، ERWYT-94-7، URBWYT-94-10، URBWYT-94-2 و 94-4 آماره انحراف معیار رتبه ژنوتیپ‌های مروارید، گنبد، سوپر هد، آرتا، روشن و URBWYT-94-10 به عنوان ژنوتیپ‌های پایدار شناسایی شدند. ژنوتیپ‌های URBWYT-94-10، روشن، ERWYT-94-8 و ERWYT-94-7 بر اساس آماره غیرپارامتری کتاتا به عنوان ژنوتیپ‌های

URBWYT-94-2 و RBWYT-94-10 جزو ژنوتیپ‌های مجتمع شماره ۲ دانشگاه آزاد اسلامی واحد تبریز به پایدار و پر محصول شناسایی شدند.
جهت در اختیار قرار دادن آزمایشگاه و زمین زراعی برای اجرای طرح کمال تشکر را دارند.

سپاس‌گزاری

نویسندگان از همکاری مسئولین مزرعه تحقیقاتی

References

- Afzal arain, M., Ali Sial, M., Arif Rajput, M., & Mirbahar, A. (2011). Yield stability in bread wheat genotypes. *Pakistan Journal of Botany*, 43(4), 2071-2074.
- Ahmadi Lahijani M. J., & Emam Y. (2013). Response of wheat genotypes to terminal drought stress using physiological indices. *Journal of Crop Production and Processing*, 3(9), 163-176. [In Farsi]
- Akbarpour, O. A., Dehghani, H., & Sorkhi-Lalehloo, B. (2012). Study of grain yield stability of barley (*Hordeum vulgare* L.) promising lines in cold regions of Iran using regression methods. *Iranian Journal of Crop Sciences*, 14(2), 155-170. [In Farsi]
- Akcura, M., Kaya, Y., Taner, S., & Ayranci, R. (2006). Parametric stability analyses for grain yield of durum wheat. *Plant Soil Environment*, 52(6), 254-261.
- Aliu, S., & Fetahu, S. (2010). Determination on genetic variation for morphological traits and yield components of new winter wheat (*Triticum aestivum* L.) lines. *Notulae Scientia Biologicae*, 2(1), 121-124.
- Arian, M. A., Sial, M. A., Rajput, M. A., & Mirbahar, A. A. (2011). Yield stability in bread wheat genotype. *Pakistan journal of Botany*, 43(4), 2071-2074.
- Bahari, M., & Hossainpor, T. (2004). *Study of grain yield stability of spring wheat genotypes in Khorramabad*. 8th Iranian Congress of Crop Science and Plant Breeding. Faculty of Agriculture, University of Guilan, 5-3 September 2004, Rasht. [In Farsi]
- Becker, B., & Leon, J. (1988). Stability analysis in plant breeding. *Plant Breeding*, 101(1), 1-25.
- Bhargava, S., & Sawant, K. (2013). Drought stress adaptation: Metabolic adjustment and regulation of gene expression. *Plant Breed*, 132(1), 21-32.
- Bihamta. M.R., Shirkavand, M., Hasanpour, J., & Afzalifar, A. (2018). Evaluation of durum wheat genotypes under normal irrigation and drought stress conditions. *Journal of Crop Breeding*, 9(24), 119-136. [In Farsi]
- Dias de Oliveria, E., Bramley, H., Siddique, K. H. M., Henty, S., Berger, J., & Palta, J. A. (2013). Can elevated CO₂ combined with high temperature ameliorate the effect of terminal drought in wheat? *Functional Plant Biology*, 40(2), 160-171.
- Esmailzadeh Moghaddam, M., Zakizadeh, M., Akbari Moghaddam, H., Abedini Esfahlani, M., Sayahfar, M., Nikzad, A. R., & Lotfali Aeineh., G. (2011). Genotype × 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 Farsi]
- Ezzat Ahmadi, M., Nour Mohammadi, G., Ghodsi, M., & Kafi, M. (2012). Evaluation of drought tolerance and use of promising bread wheat genotypes stem resources under different water and photosynthesis stress. *Iranian Journal of Field Crops Research*, 9(4), 758-769. [In Farsi]
- Farooq, M., Hussain, M., & Siddique, H. M. K. (2014). Drought stress in wheat during flowering and grain-filling periods. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 33(4), 331-349.

- Farshadfar, E., Mahmodi, N., & Yaghotipoor, A. (2011). AMMI stability value and simultaneous estimation of yield and yield stability in bread wheat (*Triticum aestivum* L.). *Australian Journal of Crop Science*, 5(13), 1837-1844.
- Farshadfar, E., Sabaghpour, S. H., & Zali, H. (2012). Comparison of parametric and non-parametric stability statistics for selecting stable chickpea (*Cicer arietinum* L.) genotypes under diverse environments. *Australian Journal of Crop Science*, 6(3), 514-524.
- Fasahat, A., Jahnsuz, M. R., Mehrvar, M. R., Gorji, M., & Majnoonhoseyni, N. (2017). Terminal drought and crop sequence effects on irrigated wheat grain yield and quality under conventional and conservation managed approaches. *Iranian Journal of Field Crop Science*, 48(2), 431-441. [In Farsi]
- Fernandez, G. C. J. (1992). Effective Selection Criteria for Assessing Stress Tolerance. In: Kuo, C.G., (ed). *Proceedings of the international symposium on adaptation of vegetables and other food crops in temperature and water stress* (pp. 257-270.). AVRDC Publication, Taiwan.
- Flexas, J., Niinemets, U., Galle, A., Barbour, M. M., Centritto, M., Antonio Diaz-Espejo, ... & Medrano, H. (2013). Diffusional conductances to CO as a target for increasing photosynthesis and photosynthetic water-useefficiency. *Photosynthesis Research*, 117(1-3), 45-59.
- Foley, J. A., Ramankutty, N., Brauman, K. A., Cassidy, E. S., Gerber, J. S., Johnston, M., ... & Zaks, D. P. M. (2011). Solutions for a cultivated planet. *Nature*, 478(7369), 337-342.
- Francis, T. R., & Kannenberg, L. (1978). Yield stability studies in short- season maize. I. A descriptive method for grouping genotypes. *Canadian Journal of Plant Science*, 58(4), 1029-1034.
- Jahromi, H. M. A., Khodarahmi, M., Mohammadi, A. R., & Mohammadi, A. (2011). Stability analysis for grain yield of promising durum wheat genotypes in southern warm and dry agro-climatic zone of Iran. *Iranian Journal of Crop Sciences*, 13(3), 565-579. [In Farsi]
- Kaiser, D. E., Wiersma, J. J., & Anderson, J. A. (2014). Genotype and environment variation in elemental composition of spring wheat flag leaves. *Agronomy Journal*, 106(1), 324-336.
- Ketata, H. (1988). *Genotype × environment interaction: Proceeding of biometrical technique for cereal breeders*. International Center for Agricultural Research in the Dry Areas (ICARDA), Aleppo, Syria.
- Kilici, H., & Yagbasanlar, T. (2010). The Effect of drought stress on grain yield, yield components and some quality traits of durum wheat (*Triticum turgidum* ssp. *durum*) cultivars. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 38(1), 164-170.
- Koocheki, A. R., Yazdansepas, A., & Mahmadyorov, U. (2013). Evaluation of physiological traits in winter and facultativebread wheat genotypes under terminal drought stress conditions. *Iranian Journal of Crop Sciences*, 15(2), 121-135. [In Farsi]
- Lin, C. S., Binns, M. R., & Lefkovich, L.P. (1986). Stability analysis: Where do we stand? *Crop Science*, 26(5), 894-900.
- Mahfoozi, S., Amini, A., Chaichi, M., Jasemi, Sh., Nazeri, M., Abedi Oskooie, M. S., & Rezaie, M. (2009). Study on grain yield stability and adaptability of winter wheat genotypes using different stability indices under terminal drought stress conditions. *Seed and Plant Improvement Journal*, 25(1), 65-82. [In Farsi]
- Mohammadi, M., Hosseinpour, T., Armion, M., Khanzadeh, H., & Ghogh, H. (2016). Analysis of genotype, environment and genotype × environment interaction in bread wheat genotypes using GGE biplot. *Agricultural Communication*, 4(3), 1-8.
- Mokhtarifar, Kh., Abdolshahi, R., & Pour Seyyedy, SH. (2016). Yield Stability Analysis of Eight Bread Wheat (*Triticum aestivum* L.)Cultivars in Kerman Province Condition. *Journal of Crop Breeding*, 8(17), 96-103. [In Farsi]

- Nadarajan, N., & Gonaskaran, A. M. (2011). Stability analysis. Translation by M. H. Pahlavani, M. Neamate, & A. Faraji. *Quantitative genetic techniques and biometrics in Plant Breeding* (pp. 369-403). Gorgan: Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources. [In Farsi]
- Naderi, A., Dastfall, M., Koohkan, Sh. A., & Farzadi, H. (2013). Effectiveness of stability indices for bread wheat genotypes selection to water deficit tolerant. *Iranian Journal of Field Crops Research*, 11(3), 515-523. [In Farsi]
- Naghavi, M. R., Moghaddam, M., Toorchi, M., & Shakiba, M.R. (2016). Evaluation of spring wheat cultivars for physiological, morphological and agronomic traits under drought stress. *Journal of Crop Breeding*, 8(18), 64-77. [In Farsi]
- Nezhadahmadi, A., Hossain Prodhon, Z., & Faruq, G. (2013). Drought tolerance in wheat. Hindawi Publishing Corporation. *The Scientific World Journal*. <http://dx.doi.org/10.1155/2013/610721>.
- Pradhan, G. P., Prasad, P. V. V., Fritz, A. K., Kirkham, M. B., & Gill, B. S. (2012). Effects of drought and high temperature stress on synthetic hexaploid wheat. *Functional Plant Biology*, 39(3), 190-198.
- Rahimi, M., Najafi Mirak, T., & Rashidi, V. (2009). Grain yield stability of bread wheat cultivars and lines with different growth habits in temperate agro-climate zone of Iran. *Seed and Plant Improvement Journal*, 25(3), 451-469. [In Farsi]
- Rosielle, A. A., & Hamblin, J. (1981). Theoretical aspects of selection for yield in stress and non-stress environments. *Crop Science*, 21(6), 943-946.
- Sabaghnia, N., Karimizadeh, R., & Mohammadi, M. (2012). Genotype by environment interaction and stability analysis for grain yield of Lentil genotype. *Zedirbyste- Agriculture*, 99(3), 305-312.
- Sabaghnia, N., Sabaghpour, S.H., & Deghani, H. (2008). The use of an AMMI model and its parameters to analyze yield stability in multi-environment trials. *Journal of Agricultural Science*, 146(5), 571-581.
- Shamsi, K., & Kobraee, S. (2011). Bread wheat production under drought stress conditions. *Annals of Biological Research*, 2(3), 352-358.
- Sogi, H. A., Kalate Arabi, M., & Abrodi, S. A. M. (2006). Stability analysis of grain yield and investigation of trait relationships in omid bakhsh bread wheat lines in Gorgan. *Journal of Pajohesh and Sazandegi*, (70), 56-62. [In Farsi]
- Tarinejad, A. (2017). Grain yield stability of some bread wheat cultivars introduced in moderate and cold area of Iran. *Journal of Crop Ecophysiology*, 11(2), 437-452. [In Farsi]
- Tavana, Sh., & Saba, J. (2016). Grouping wheat Lines and their Group Selection under Rainfed Conditions. *Journal of Crop Breeding*, 8(20), 159-164. [In Farsi]
- Temesgen, M., Alamerew, S., Eticha, F., & Mehari, M. (2015). Genotype $\times$ Environment interaction and yield stability of bread wheat genotypes in south east ethiopia. *World Journal of Agricultural Sciences*, 11(3), 121-127.
- Weikai, Y., & Manjit S.K. (2012). Translation by Moghadam, M., Safari, S., & Danialy S. F. *GGE biplot analysis: A graphical tool for breeders, geneticists, and agronomists*. Tabriz: Parivar Publications. [In Farsi]
- Wricke, G. (1962). Über eine method zur erfassung der ökologischen streubreite in feldversuchen. *Zeitschrift für pflanzenzüchtung. Journal of Plant Breeding*, 47(1), 92-96.
- Yang, J., & Zhang, J. (2006). Grain filling of cereals under soil drying. *New Phytologist*, 169(2), 223-236.
- Zali, H., Farshadfar, E., Sabaghpour, S. H., & Karimizadeh, R. (2012). Evaluation of genotype $\times$

- environment interaction in chickpea using measures of stability from AMMI model. *Annals of Biological Research*, 3(7), 3126-3136.
- Zarei, L., Farshadfar, E., Haghparast, R., Rajabi, R., Mohammadi Sarab Badieh, M., & Zali, H. (2012). Comparison of different methods of stability evaluation in bread wheat genotypes under drought stress conditions. *Journal of Crop Production*, 5(3), 81-97. [In Farsi]
- Zhang, H., Berger, J. D., & Milroy, S. P. (2013). Genotype $\times$ environment interaction studies highlight the role of phenology in specific adaptation of canola (*Brassica napus*) to contrasting Mediterranean climates. *Field Crops Research*, 144, 77-88.