ISSN: 2676-7309

# Plant Genetic Researches

Volume 10, Issue 2 (2024)

Lorestan University

Research Article

http://dx.doi.org/10.22034/PGR.10.2.9

# Selection of Drought Tolerant Cantaloupe and Melon Landraces and Commercial Cultivars Using Multivariate Statistical Methods and Tolerance Indices

**Hosein Astaraki[1], Mahmoud Lotfi[2], Sasan Aliniaeifard[2], Ali Izadi-Darbandi[3], Payman Sharifi[4] and Hossein Ramshini[3,*]**

1- Ph.D. Student, Department of Agronomy and Plant Breeding Sciences, College of Agricultural Technology (Abouraihan), University of Tehran, Pakdasht, Iran
2- Associate Professor, Department of Horticulture, College of Agricultural Technology (Abouraihan), University of Tehran, Pakdasht, Iran
3- Associate Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding Sciences, College of Agricultural Technology (Abouraihan), University of Tehran, Pakdasht, Iran
4- Associate Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Rasht Branch, Islamic Azad University, Rasht, Iran

*Corresponding author ✉: *ramshini@ut.ac.ir*

**Citation: Astaraki, H., Lotfi, M., Aliniaeifard, S., Izadi-Darbandi, A., Sharifi, P. and Ramshini, H.** (2024). Selection of drought tolerant cantaloupe and melon landraces and commercial cultivars using multivariate statistical methods and tolerance indices. *Plant Genetic Researches*, **10(2):** 119-136. http://dx.doi.org/10.22034/PGR.10.2.9

(Received: December 9, 2023; Final Revised: February 15, 2024; Accepted: February 24, 2024; Published online: March 17, 2024)

## Extended abstract

### Introduction

Melon (*Cucumis melo L.*) is one of the most important vegetables worldwide and belongs to the Cucurbitaceae family. Drought stress is a major abiotic stress that limits agricultural production in the world. Hence, the development of drought-tolerant plant cultivars emerges as promising method to mitigate the impacts of drought stress. One solution to find such drought tolerant cultivars is to explore traditional cultivars landrace in the hope of find tolerant genotypes. In the absence of a drought-tolerant variety, the first step is to screen the germplasm to identify potential drought-tolerant genotypes. One of the most important goals of the present study was to select the most appropriate drought tolerant index as well as to identify the most drought tolerant genotypes.

### Material and method

This research was carried out to evaluate the response of 30 melon genotypes (including landraces, cultivars and commercial hybrids) to drought stress at Boroujerd Agriculture Research Station in 2018. The soil in the field exhibited clay loam characteristics (pH 8.4) with an average bulk density of 1.48 g $cm^{-3}$ within the top 30 cm of the soil surface. The electrical conductivity (EC) of soil was 2.23 ds $m^{-1}$. The mean annual temperature and precipitation was 14.7 °C and 460 mm, respectively. Also, the electrical conductivity (EC) of irrigation water was 0.52 $dsm^{-1}$. Out of 30 different melon varieties in this experiment, nineteen melon varieties were from different regions of Iran. Also, eleven international varieties, including Uzbekistan (two varieties), Japan (three varieties), Afghanistan (two varieties), United States of America (two varieties) were also studied. The genotypes were cultivated under drought and normal conditions. Melon verities were compared based on a randomized complete block design (RCBD) with three replications. Each melon genotype was planted in a row that included 10 plants and the distance between each row and the adjacent row was 200 cm. Seedlings were planted in the soil in rows

©2023 The author(s). This is an open access article distributed under Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY 4.0), which permits use, sharing, adaptation, distribution and reproduction in any medium or format, as long as you give appropriate credit to the original author(s) and the source.

with a distance of 75 cm. All operations within the experimental plots until the flowering stage, such as irrigation and other crop management, were carried out accordingly. Irrigation was carried out following flowering in the stressed plots when the evaporation of class A pan reached 100 mm. Under normal condition, when the evaporation in the class A pan was 50 mm, irrigation was done. The characters were recorded on 10 random plants per genotype (10 samples) in each replication at the maturity stage of fruits. In the maturity stage the following traits including days to harvest, fruit weight (g), flesh thickness (cm), fruit length (cm), fruit width (cm), cavity diameter (cm), skin and flesh weight (g), seed weight (g), 100-seeds weight (g), leaf length (cm), leaf width (cm), number of nodes, branch length (cm) and yield (kg/plant) were recorded. Statistical analyses and index calculations were performed with R and Excel software.

## Results and discussion

Altogether in terms of drought response indices including MP, GMP, STI, HM, MSTIK1 and MSTIK2 the genotypes Mamghani, Rish-Baba, Garmak and Japuni were recognized as drought tolerant genotypes, whereas Ceranshow, Nahavandi, Shadegan, Khatooni, Saveh, Samsoori and Samsoori-Niagara were classified as semi-tolerant to drought stress. The most sensitive genotypes to drought stress were Mazandarani and Ginsen Makuwa. Drought stress was started when fruits appeared. Yield under drought stress and normal conditions showed high correlations with stress tolerance indices such as MP (Mean Productivity), GMP (Geometric Mean Productivity) and STI (Suitability Tolerance Index). The broad sense hereditary under drought stress condition ranged from 81% for yield per plant to 97% for the fruit length. Under drought stress condition, the highest percentage of genetic coefficient of variation (GCV) was observed for Weight of flesh and skin (49 percent) and the lowest for days to maturity (4 percent). Using cluster analysis, the genotypes were divided into four groups, with the sensitive genotypes being grouped together based on their similarity to each another.

## Conclusion

MP, GMP, STI, MRP and REI indices with the highest positive correlation with yield under stress and non-stress conditions were appropriate indices. AS the results, these indices can be used to introduce drought resistant genotypes. As shown above, these indices identified Mamaghani, Rish-baba, Garmak, Japuni melon and Nahavandi as drought tolerant the cantaloupe and melon.

**Keywords:** Principal Component Analysis, Selection, Broad sense heritability, Correlation

پژوهش‌های ژنتیک گیاهی
جلد ۱۰، شماره ۲، ۱۴۰۲
شاپا الکترونیکی: ۷۳۰۹-۲۶۷۶
دانشگاه لرستان
مقاله پژوهشی
http://dx.doi.org/10.22034/PGR.10.2.9

# انتخاب توده‌های محلی و ارقام تجاری طالبی و خربزه متحمل به تنش خشکی با استفاده از روش‌های آماری چندمتغیره و شاخص‌های تحمل

حسین آسترکی[۱]، محمود لطفی[۲]، ساسان علی‌نیایی‌فرد[۲]، علی ایزدی دربندی[۳]، پیمان شریفی[٤] و حسین رامشینی[۳*]

۱- دانشجو دکتری، گروه علوم زراعی و اصلاح‌نباتات، دانشکده فناوری کشاورزی (ابوریحان)، دانشگاه تهران، پاکدشت
۲- دانشیار، گروه علوم باغبانی، دانشکده فناوری کشاورزی (ابوریحان)، دانشگاه تهران، پاکدشت
۳- دانشیار، گروه علوم زراعی و اصلاح‌نباتات، دانشکده فناوری کشاورزی (ابوریحان)، دانشگاه تهران، پاکدشت
٤- دانشیار، گروه زراعت و اصلاح‌نباتات، واحد رشت، دانشگاه آزاد اسلامی، رشت

(تاریخ دریافت: ۱٤۰۲/۰۹/۱۸؛ تاریخ آخرین ویرایش: ۱٤۰۲/۱۱/۲٦؛ تاریخ پذیرش: ۱٤۰۲/۱۲/۰۵؛ تاریخ انتشار برخط: ۱٤۰۲/۱۲/۲۸)

## چکیده

به‌منظور انتخاب متحمل‌ترین ژنوتیپ طالبی و خربزه به تنش خشکی، تعداد ۳۰ توده محلی و رقم در ایستگاه تحقیقات کشاورزی بروجرد، در سال ۱۳۹۷ بررسی گردیدند. آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در دو شرایط آبیاری نرمال و تنش خشکی اجرا شد. تنش خشکی از آغاز میوه‌دهی اعمال گردید. آبیاری بر اساس میزان تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A (شرایط نرمال: ۵۰ میلی‌متر و شرایط تنش: ۱۰۰ میلی‌متر) انجام شد. نتایج این مطالعه نشان داد که همبستگی بالا بین عملکرد در شرایط تنش ($Y_S$) و آبیاری نرمال ($Y_P$) با شاخص‌های تحمل به تنش خشکی از جمله MP (میانگین عملکرد)، GMP (میانگین هندسی عملکرد) و STI (شاخص تحمل تنش) وجود داشت. وراثت‌پذیری عمومی در شرایط تنش خشکی از ۸۱ درصد برای عملکرد میوه در بوته تا ۹۷ درصد برای تعداد میوه متغیر بود. در شرایط تنش خشکی، بالاترین درصد ضریب تنوع ژنتیکی (GCV) برای صفات وزن گوشت و پوست (٤۹ درصد)، تعداد میوه (٤۷ درصد) و کمترین مقدار برای روز تا رسیدگی (٤ درصد) به‌دست آمد. بر اساس نمودار بای‌پلات تجزیه به مؤلفه‌های اصلی توده‌های ممقانی، ریش‌بابا، گرمک، ملون ژاپنی، خربزه شادگان و خربزه نهاوندی به‌عنوان متحمل و توده مازندرانی، ازبک یک و گینسن‌ماکوآ به‌عنوان حساس به تنش خشکی شناسایی شدند. یافته‌های مطالعه حاضر می‌تواند در فرآیند تلاقی بین توده‌های محلی و ارقام تجاری مورد استفاده قرار گرفته و در نهایت موجب تسریع در برنامه‌های بهنژادی با هدف تولید ارقام متحمل به تنش خشکی طالبی و خربزه شوند.

**واژگان کلیدی:** تجزیه به مؤلفه‌های اصلی، گزینش، وراثت‌پذیری عمومی، همبستگی

* نویسنده مسئول، آدرس پست الکترونیکی: ramshini@ut.ac.ir

## مقدمه

خربزه و طالبی (*Cucumis melo L.*) از مهم‌ترین محصولات جالیزی در سراسر جهان هستند(*Taghikhani, et al.*, 2018). چین، ترکیه، قزاقستان، هند، ایران و ایالات‌متحده آمریکا تولیدکنندگان اصلی خربزه در جهان به‌شمار می‌روند (FAO, 2022). سطح زیر کشت این محصول جالیزی در ایران حدود ۷۰۰۰۰ هکتار است (FAO, 2022). مرکز تنوع اولیه این گیاه، آسیا و آفریقا و مرکز تنوع ثانویه آن هند، ایران، جنوب روسیه و چین می‌باشد (Kerje and Grum 2000). با توجه به حوزه وسیع کشت این محصول ارزشمند، عوامل متعدد محیطی عملکرد این گیاه را در سرتاسر جهان تهدید می‌نماید.

در سال‌های اخیر، به‌دلیل پدیده گرمایش جهانی، رخداد خشکی به‌عنوان یک عامل تنش‌زای غیرزیستی، رشد و عملکرد خربزه و طالبی در اغلب مناطق کشت با شرایط نامساعد محیطی از جمله کشور ایران را با افت شدید مواجه ساخته است (Shi *et al.*, 2021). یکی از مهم‌ترین رهیافت‌های مقابله با انواع تنش‌های محیطی در گیاهان مختلف، بهنژادی و انتخاب ژنوتیپ‌های متحمل می‌باشد. ارزیابی تنوع ژنتیکی ژنوتیپ‌ها در شرایط تنش و نرمال نیز یکی از مهم‌ترین زمینه‌هایی است که در بهنژادی گیاهان مورد توجه ویژه قرار می‌گیرد، زیرا کسب اطلاع از فواصل ژنتیکی در بین جمعیت‌ها و آگاهی از روابط خویشاوندی گونه‌ها امکان طبقه‌بندی و سازمان‌دهی ژرم‌پلاسم را فراهم می‌سازد. پژوهشگران تاکنون شاخص‌های تحمل به تنش خشکی متعددی را جهت انتخاب ژنوتیپ‌ها بر اساس عملکرد در دو شرایط تنش پیشنهاد نموده‌اند که در این میان می‌توان به شاخص‌های تحمل (Tolerance index: TOL) و میانگین عملکرد (Mean productivity: MP)، میانگین عملکرد هندسی (Geometric mean productivity: GMP)، شاخص حساسیت به تنش (Stress non-stress production index: SSI)، میانگین هارمونیک (Harmonic mean: HM) ، شاخص پایداری عملکرد (Yield stability index: YSI)، شاخص عملکرد (Yield index: YI) اشاره نمود (Moosavi *et al.*, 2008).

در مطالعه گودرزوند چگینی و همکاران (Goodarzvand Chegini *et al.*, 2017) کارایی شاخص‌های مذکور بر روی ٦٤ ژنوتیپ نخود تحت تنش خشکی برای سنجش تحمل و انتخاب ژنوتیپ برتر بررسی شدند که نتایج این مطالعه برتری شاخص‌هایMP، GMP و STI به‌عنوان بهترین شاخص‌ها انتخاب را تأیید نمود (Goodarzvand Chegini *et al.*, 2017). علاوه‌بر روش‌های تک‌متغیره، روش‌های چندمتغیره نیز برای شناسایی ژنوتیپ‌های متحمل و حساس به تنش معرفی شده‌اند (Moosavi *et al.*, 2008).

از جمله متداول‌ترین روش‌های چندمتغیره می‌توان به تجزیه خوشه‌ای و تجزیه به مؤلفه‌های اصلی اشاره نمود. تجزیه خوشه‌ای، به‌عنوان یک روش آماری چندمتغیره، گروه‌بندی مشاهدات را به صورتی انجام می‌دهد که مشاهدات درون هر خوشه (کلاستر) بیشترین شباهت و مشاهدات بین خوشه‌ها تا حد امکان متفاوت باشند (Lever *et al.*, 2017)؛ بنابراین تجزیه خوشه‌ای می‌تواند ژنوتیپ‌ها را بر پایه شاخص‌های تحمل و حساسیت به تنش، گروه‌بندی نماید. تجزیه به مؤلفه‌های اصلی (Principal Component Analysis: PCA) روشی برای خلاصه کردن داده‌ها است و مهم‌ترین کاربرد آن فراهم آوردن امکان تجسم ارتباط بین ژنوتیپ‌ها و بردارهای شاخص‌های تحمل به خشکی بر اساس مؤلفه‌های اصلی در یک نمودار دوبُعدی (Biplot) است (Lever *et al.*, 2017). در پژوهشی برای تعیین توده‌های برتر خربزه و طالبی از نظر عملکرد و سایر ویژگی‌های زراعی در دو شرایط نرمال و تنش رطوبتی (آبیاری پس از ۵۰ درصد تخلیه رطوبتی ظرفیت زراعی مزرعه) ۳٤ توده خربزه به‌همراه دو شاهد ارزیابی شدند. در توده‌های بررسی شده از نظر صفات تعداد میوه، وزن میوه، طول و عرض میوه، قطر حفره، ضخامت گوشت و میزان مواد جامد محلول اختلاف آماری معنی‌داری وجود داشت و در تجزیه به مؤلفه‌های اصلی بیشترین ضریب مثبت در مؤلفه اول برای صفات طول میوه و وزن میوه حاصل شد (Narouirad *et al.*, 2020). همچنین بررسی منابع مشخص کرد که در سال‌های اخیر بسیاری از توده‌های بومی خربزه با ارقام تجاری که عمدتاً از کشورهای خارجی وارد می‌شوند، جایگزین شده‌اند (Ghanbariyan *et al.*, 2012). ارزیابی تنوع ژنتیکی خربزه و طالبی‌های ایران از نظر صفاتی مانند وزن میوه، طول میوه و دیگر صفات مورفولوژیک در ۱۰۰ نمونه از خربزه‌های مناطق مختلف نشان

داد که طالبی با قرار گرفتن در چهار گروه و داشتن تنوع در صفات تعداد میوه در بوته و میانگین وزن میوه، از تنوع بیشتری نسبت به خربزه برخوردار بود (Ghanbariyan *et al.*, 2012).

با توجه به کمبود اطلاعات در زمینه تنوع ژنتیکی و گروه‌بندی ژنوتیپ‌های ملون از نظر صفت تحمل تنش خشکی، در ایران، تحقیق حاضر با هدف ارزیابی ارقام تجاری و توده‌های بومی طالبی و خربزه با استفاده از شاخص‌های تحمل به تنش خشکی انجام شد. در پژوهش حاضر تلاش شد تا با استفاده از روش‌های آماری چندمتغیره بهترین توده‌ها و ارقام طالبی و خربزه مشخص شوند. با تلاقی بین توده‌های محلی و ارقام تجاری و تولید جمعیت بهنژادی و گزینش بهترین‌ها می‌توان در آینده ارقام متحمل به تنش خشکی با صفات مطلوب تولید کرد.

## مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر در پردیس تحقیقات و آموزش کشاورزی بروجرد با مختصات، طول جغرافیایی ۴۸ درجه و ۴۷ دقیقه شرقی، عرض جغرافیایی ۳۳ درجه و ۴۹ دقیقه شرقی و ارتفاع ۱۵۲۰ متری از سطح دریا در سال زراعی ۹۷-۱۳۹۶ در دو شرایط نرمال و تنش خشکی در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار به‌صورت تجزیه مرکب انجام شد. نشاهای حاصل از بذور ۳۰ رقم طالبی و خربزه در گلخانه تهیه گردید (جدول ۱). نشاها در مرحله دو برگ حقیقی به مزرعه منتقل شدند. هر تیمار طالبی و خربزه در یک ردیف شامل ۱۰ بوته با فاصله ۷۵ سانتی‌متری و فاصله دو متری ردیف‌ها در خاک کشت شدند. کلیه عملیات تا مرحله گلدهی نظیر آبیاری به‌صورت یکسان انجام گردید. بعد از گلدهی و با تشکیل میوه‌ها آبیاری در شرایط آبیاری نرمال و تنش خشکی بر اساس تبخیر در تشتک کلاس A آمریکایی انجام شد (Boshagh *et al.*, 2018). زمانی‌که تبخیر بر اساس تشتک به مقدار ۵۰ میلی‌متر رسید، آبیاری در محیط نرمال انجام شد و آبیاری در محیط تنش خشکی در زمان ۱۰۰ میلی‌متر تبخیر صورت گرفت. پس از رسیدگی میوه از صفات مورفولوژیک بوته‌ها مانند صفات تعداد میوه، وزن میوه (کیلوگرم)، طول میوه (سانتی‌متر)، عرض میوه (سانتی‌متر)، قطر حفره (سانتی‌متر)، ضخامت گوشت (سانتی‌متر)، میزان مواد جامد محلول (سانتی‌متر)، طول بوته (سانتی‌متر)، میزان کلروفیل (میلی‌گرم بر مترمربع) و عملکرد در بوته (کیلوگرم در بوته) یادداشت‌برداری شد.

تمام تجزیه‌های آماری و محاسبه شاخص‌ها بر اساس روابط درج شده در جدول ۲ و با استفاده از کدهای نوشته شده در محیط نرم‌افزار R (Github.com/kadose/TSIfPS) انجام شدند. برای محاسبه واریانس فنوتیپی و ژنوتیپی و وراثت‌پذیری عمومی (Broad sense heritability) از روابط ۱ تا ٤ استفاده شد (Hanson *et al.*, 1956):

رابطه (۱) $$\sigma_p^2 = \sigma_g^2 + \sigma_e^2$$

رابطه (۲) $$\sigma_e^2 = MS_e$$

رابطه (۳) $$\sigma_g^2 = \frac{MS_g - MS_e}{r}$$

رابطه (٤) $$H^2 = \frac{\sigma_g^2}{\sigma_p^2} \times 100$$

که در این روابط، r تعداد تکرار می‌باشد. $\sigma_p^2$، $\sigma_g^2$، $\sigma_e^2$ نیز به‌ترتیب واریانس فنوتیپی، ژنوتیپی و محیطی را نشان می‌دهند. همچنین ضرایب تنوع فنوتیپی (PCV; Phenotypic coefficient of variability) و ژنوتیپی (GCV; Genotypic coefficient of variability) با استفاده از روابط ۵ و ٦ محاسبه شدند (Hanson *et al.*, 1956).

رابطه (۵) $$GCV(\%) = \frac{\sigma_g}{\overline{X}} \times 100$$

رابطه (٦) $$PCV(\%) = \frac{\sigma_p}{\overline{X}} \times 100$$

که در آن، $\sigma_g$ و $\sigma_p$ به‌ترتیب انحراف معیار ژنوتیپی و فنوتیپی و $\overline{X}$ میانگین هرکدام از صفات می‌باشند.

علاوه‌بر این میزان سود ژنتیکی (Genetic advance) جهت انتخاب ۵ درصد از نتاج برتر با استفاده رابطه ۷ محاسبه گردید (Roy, 2000).

رابطه (۷) $$GA = ih^2 \sigma p$$

که در آن، i: شدت انتخاب؛ $h^2$: وراثت‌پذیری؛ $\sigma_p$: انحراف استاندارد فنوتیپی می‌باشند. میزان i، برای شدت انتخاب ۵ درصد، در نظر گرفته شد.

جدول ۱- اسامی توده‌های محلی و ارقام تجاری خربزه و طالبی

Table 1. Names of landraces and commercial cultivars of melon and cantaloupe

| شماره No. | نام واریته Variety name | خاستگاه Origin | گروه گیاه‌شناسی Botanical group | رنگ پوست Rind color | شبکه‌بندی پوست Rind netting | رنگ گوشت Flesh color |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | گینسن‌ماکوا Ginsen Makuwa | کره Korea | Conomon | زرد Yellow | صاف Smooth | سفید White |
| 2 | سمسوری Samsoori | ایران Iran | Cantalupensis | کرم Cream | مشبک Netted | سبز Green |
| 3 | خاتونی Khatooni | ایران Iran | Inodorus | زرد Yellow | مشبک Netted | لیمویی Lemon |
| 4 | ساوه Saveh | ایران Iran | Cantalupensis | کرم Cream | مشبک Netted | سبز Green |
| 5 | دستمبو Dastambou | ایران Iran | Dudaim | نارنجی Orange | صاف Smooth | سفید White |
| 6 | ژاپنی Japuni | ژاپن Japan | Cantalupensis | زرد Yellow | صاف Smooth | کرم Cream |
| 7 | ریش‌بابا Rish-baba | ایران Iran | Cantalupensis | سبز Green | مشبک Netted | سبز Green |
| 8 | ایوانکی Eyvanaki | ایران Iran | Inodorus | زرد Yellow | مشبک Netted | سفید White |
| 9 | سمسوری نیاگارا Samsoori-N | ایران Iran | Cantalupensis | کرم Cream | مشبک Netted | سبز Green |
| 10 | کرانشو Crenshaw | ایالت متحده آمریکا USA | Inodorous | سبز Green | مشبک Netted | نارنجی Orange |
| 11 | تیل طرق Tile-torogh | ایران Iran | Cantalupensis | سبز Green | صاف Smooth | سبز Green |
| 12 | گرمک Garmak | ایران Iran | Cantalupensis | نارنجی Orange | مشبک Netted | زرد Yellow |
| 13 | ملون گلدن Melon Golden | ژاپن Japan | Cantalupensis | زرد Yellow | صاف Smooth | نارنجی Orange |
| 14 | ایزابل Isabella | فرانسه France | Cantalupensis | نارنجی Orange | صاف Smooth | نارنجی Orange |
| 15 | نهاوندی Nahavandi | ایران Iran | Inodorus | سبز Green | مشبک Netted | سفید White |
| 16 | خربزه ترکیه Turkish melon | ترکیه Turkey | Inodorus | زرد Yellow | مشبک Netted | سفید White |
| 17 | کوری Curi | هیبرید Hybrid | Cantalupensis | زرد Yellow | مشبک Netted | سبز Green |
| 18 | قندوز Ghandoz | افغانستان Afghanistan | Inodorus | سبز Green | مشبک Netted | سفید White |
| 19 | ممقانی Mamaghani | ایران Iran | Cantalupensis | نارنجی Orange | مشبک Netted | نارنجی Orange |
| 20 | مازندرانی Mazandarani | ایران Iran | Wild Melon | سبز Green | صاف Smooth | لیمویی Lemon |
| 21 | شادگان Shadegan | ایران Iran | Cantalupensis | کرم Cream | مشبک Netted | سبز Green |
| 22 | بزرگسر Bozorgsar | افغانستان Afghanistan | Inodorus | سبز Green | مشبک Netted | سفید White |
| 23 | گالیا یک Galia1 | فرانسه France | Cantalupensis | زرد Yellow | مشبک Netted | سفید White |
| 24 | شاه‌پسند Shahpasand | هیبرید Hybrid | Cantalupensis | کرم Cream | مشبک Netted | نارنجی Orange |
| 25 | هانی‌دیو Honey Dew | ایالت متحده آمریکا USA | Inodorous | کرم Cream | صاف Smooth | نارنجی Orange |
| 26 | گالیا دو Galia2 | فرانسه France | Cantalupensis | زرد Yellow | مشبک Netted | سبز Green |
| 27 | سوسکی‌سبز Suski-e-Sabz | ایران Iran | Inodorus | سبز Green | مشبک Netted | سبز Green |
| 28 | مهولاتی Mahvalati | ایران Iran | Inodorus | سبز Green | صاف Smooth | نارنجی Orange |
| 29 | ازبک یک Uzbak1 | ازبکستان Uzbekistan | Inodorus | سبز Green | چروک Wrinkled | لیمویی Lemon |
| 30 | ازبک دو Uzbak2 | ازبکستان Uzbekistan | Inodorus | سبز Green | مشبک Netted | سفید White |

جدول ۲- فرمول محاسبه شاخص‌های تنش خشکی

Table 2. The formulas for calculating the drought stress indices

| شاخص<br>Index | ژنوتیپ‌های مطلوب با<br>Desirable genotypes with | معادله<br>Equation | منبع<br>References |
|---|---|---|---|
| شاخص کارایی عملکرد<br>Yield efficiency index (YEI) | High value of this index | $YEI = (\frac{Y_p}{\bar{Y}_p})(\frac{Y_s}{\bar{Y}_s})$ | Fageria, 1985 |
| شاخص تحمل<br>Tolerance index (TOL) | Low value of this index | $TOL = Yp - Ys$ | Rosielle and Hamblin, 1981 |
| شاخص حساسیت به استرس<br>Stress susceptibility index (SSI) | Low value of this index | $SSI = \frac{1-(Ys/Yp)}{SI}$ | Fischer and Maurer, 1978 |
| میانگین بهره‌وری<br>Mean Productivity (MP) | High value of this index | $MP = \frac{Yp + Ys}{2}$ | Rosielle and Hambline, 1981 |
| میانگین بهره‌وری ژئومتری<br>Geometric mean productivity (GMP) | High value of this index | $GMP = \sqrt{YpYs}$ | Fernandez, 1992 |
| شاخص تحمل استرس<br>Stress tolerance index (STI) | High STI values will be tolerant to stress | $STI = \frac{YpYs}{(\bar{Y}p)^2}$ | Fernandez, 1992 |
| شاخص عملکرد<br>Yield index (YI) | High value of this index | $YI = \frac{Y_s}{\bar{Y}_s}$ | Gavuzzi *et al.*, 1997 |
| شاخص پایداری عملکرد<br>Yield Stability Index (YSI) | High value of this index | $YSI = \frac{Y_s}{Y_p}$ | Bouslama and Schapaugh, 1984 |
| میانگین هارمونیک<br>Harmonic Mean (HM) | High value of this index | $HM = \frac{2(Y_p \times Y_s)}{Y_p + Y_s}$ | Fernandez, 1992 |
| شاخص خشکی نسبی<br>Relative drought index (RDI) | RDI>1, the genotype is relatively drought tolerant | $RDI = \frac{(\frac{Y_s}{\bar{Y}_s})}{(\frac{Y_p}{\bar{Y}_p})}$ | Fischer and Wood, 1979 |
| شاخص خشکی<br>Drought index (DI) | High value of this index | $DI = \frac{\frac{(Y_s)^2}{Y_p}}{\bar{Y}_s}$ | Lan, 1998 |
| کاهش بازده<br>Yield reduction (YR) | Low value of this index | $YR = 1 - \frac{Y_s}{Y_p}$ | Fageria, 1985 |
| شاخص تحمل غیرزیستی<br>Abiotic tolerance index (ATI) | Low value of this index | $ATI = [\frac{(Y_p - Y_s)}{(\bar{Y}_p - \bar{Y}_s)}] * [\sqrt{Y_p * Y_s}]$ | Moosavi *et al.,* 2008 |
| شاخص درصد حساسیت به استرس<br>Stress Susceptibility Percentage Index (SSPI) | Low value of this index | $SSPI = [\frac{(Y_p - Y_s)}{2(\bar{Y}_p)}] * 100$ | Moosavi *et al*., 2008 |
| شاخص تولید استرس بدون استرس<br>Stress non-stress production index (SNPI) | High value of this index will be suitable for drought stress condition | $SSPI = [\frac{\sqrt{Y_p + Y_s}}{Y_p - Y_s}] * [\sqrt[3]{Y_p * Y_s * Y_s}]$ | Moosavi *et al*., 2008 |
| میانگین عملکرد نسبی<br>Mean relative performance | High value of this index | $MRP = (\frac{Y_s}{\bar{Y}_s}) + (\frac{Y_p}{\bar{Y}_p})$ | Hossain *et al*., 1999 |
| شاخص کارایی نسبی<br>Relative efficiency index | High value of this index | $REI = (\frac{Y_s}{\bar{Y}_s}) * (\frac{Y_p}{\bar{Y}_p})$ | Hossain *et al*., 1999 |
| شاخص تحمل استرس اصلاح‌شده K1<br>Modified stress tolerance index K1 | High value of this index | $MSTIK1 = (\frac{Y_p^2}{\bar{Y}_p^2}) * STI$ | Naderi *et al*., 2000 |
| میانگین طلایی<br>Golden mean | High value of this index | $GM = \frac{Y_P + Y_S}{Y_P - Y_S}$ | Moradi *et al*., 2012 |
| شاخص عملکرد کل<br>Total yield index | High value of this index | $TYI = (\frac{Y_p}{\bar{Y}_p}) + (\frac{Y_s}{\bar{Y}_S}) = YI_p + YI_s$ | Ahmadi *et al*., 2010 |

## نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس مرکب داده‌ها نشان داد که اثر تنش خشکی بر همه صفات به‌جز وزن میوه، قطر حفره و وزن پوست و گوشت میوه معنی‌دار بوده و به‌طور متوسط در شرایط آبیاری نرمال و تنش خشکی عملکرد میوه در بوته به‌ترتیب ۳/۳۲ و ۲/۷۶ کیلوگرم حاصل شد (جدول ۳). ژنوتیپ‌های ممقانی، ریش‌بابا، خربزه نهاوندی، خربزه شادگان و سوسکی سبز متحمل‌تر از دیگر توده‌ها بودند که در هر دو شرایط رشدی، عملکرد ثابتی داشتند. از سوی دیگر ژنوتیپ‌های سمسوری و مازندرانی حساس‌ترین ژنوتیپ‌ها به تنش خشکی بودند. همچنین ژنوتیپ‌های گالیا یک، گرمک، شادگان و مهولاتی بیشترین عملکرد را شرایط تنش خشکی داشتند. در شرایط آبیاری نرمال، بیشترین عملکرد در ژنوتیپ‌های مهولاتی، ایوانکی، ریش‌بابا، ژاپنی و گالیا یک به‌دست آمد. عملکرد ژنوتیپ‌های کرانشو، تیل‌طرق، ملون گلدن، خربزه نهاوندی، خربزه ترکیه، کوری، گالیا دوم، خربزه سوسکی‌سبز و خربزه ازبک یک در شرایط تنش در مقایسه با شرایط نرمال اندکی بیشتر بود، به همین دلیل مقدار شاخص‌های TOL، SSI، YR، ATI و SSPI برای این ژنوتیپ‌ها منفی بود. این توده‌ها و ارقام تجاری به‌دلیل سازگاری فیزیولوژیکی با آب و هوای اقلیم معتدل و سرد در بروجرد عملکرد بالا را نشان دادند.

جدول ۳- میانگین مربعات تجزیه واریانس مرکب صفات مورد مطالعه توده‌های طالبی و خربزه

Table 3. Mean squares of combined analysis of variance on studied traits for melon and cantaloupe genotypes

| صفات Traits | محیط (درجه آزادی=۱) Environment (df= 1) | تکرار داخل محیط (درجه آزادی=٤) R/E × (df=4) | ژنوتیپ (درجه آزادی=۲۹) Accession (df= 29) | اثر متقابل ژنوتیپ محیط (درجه آزادی=۲۹) Accession × environment interaction (df= 29) | خطا (درجه آزادی=۱۱٦) Error (df= 116) | ضریب تغییرات Coefficient of variation | میانگین در شرایط تنش خشکی Average under stress conditions | میانگین در شرایط نرمال Average under normal conditions |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| روز تا برداشت Days to harvest | 4067** | 5.6 | 134** | 10.5** | 1.58 | 1.04 | 115 | 125 |
| تعداد میوه (در بوته) Fruit number (per plant) | 68** | 0.34 | 155** | 131** | 0.157 | 12.15 | 2.6 | 3.8 |
| وزن میوه (کیلوگرم) Fruit weight(kg) | 0.381 | 0.032 | 5.3** | 0.29 | 0.15 | 19.47 | 2.00 | 2.04 |
| ضخامت گوشت (سانتی‌متر) Flesh thickness (cm) | 3.35** | 0.124 | 6.84** | 0.24* | 0.14 | 9.6 | 3.7 | 4 |
| طول میوه (سانتی‌متر) Fruit length (cm) | 10.5* | 0.76 | 226** | 5.35** | 2.25 | 8.3 | 17.9 | 17.4 |
| عرض میوه (سانتی‌متر) Fruit width (cm) | 19* | 0.94 | 71** | 2.5* | 1.4 | 7.7 | 13.9 | 14.6 |
| قطر حفره (سانتی‌متر) Cavity diameter (cm) | 1.34 | 0.51 | 21.9** | 0.96* | 0.52 | 9.6 | 7.6 | 6.4 |
| وزن پوست و گوشت (کیلوگرم) Skin and flesh weight (kg) | 0.002 | 0.14 | 5.5** | 0.17 | 0.23 | 25 | 1.88 | 1.87 |
| کلروفیل Chlorophyll | 5311** | 220 | 832** | 594 | 132 | 14.89 | 83 | 72 |
| مواد جامد محلول (بریکس) Total soluble solids (Brix) | 77.4** | 0.68 | 24** | 2.36** | 0.73 | 7.6 | 11.9 | 10.06 |
| عملکرد در بوته (کیلوگرم) Yield per plant (kg) | 13.9** | 1.37 | 5.5** | 0.98** | 0.45 | 22.21 | 2.76 | 3.32 |

ns، * و **: به‌ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد

ns, * and **: Non-significant and significant at the 5% and 1% probability levels, respectively

**وراثت‌پذیری پارامترهای ژنتیکی:** با توجه به معنی‌دار بودن اثر متقابل، تجزیه واریانس برای شرایط آبیاری نرمال و تنش خشکی جداگانه انجام شد. برای اکثر صفات اندازه‌گیری شده، وراثت‌پذیری عمومی ($H^2$) بیش از ۵۰ درصد بود. تفاوت بین ژنوتیپ‌ها برای همه صفات در هر دو شرایط رشدی معنی‌دار بود (جدول ٤). برای درک میزان تنوع، واریانس ژنتیکی، وراثت‌پذیری عمومی و ضریب تنوع ژنوتیپی (GCV) محاسبه شد. وراثت‌پذیری عمومی برای اکثر صفات در شرایط نرمال مطلوب بود. در شرایط آبیاری نرمال، کمترین میزان وراثت‌پذیری ۰/۲ (محتوای کلروفیل) بود، در حالی‌که برای بیشتر صفات از جمله تعداد میوه میزان این پارامتر ۹٤٪ بود. در شرایط تنش خشکی نیز کمترین وراثت‌پذیری عمومی (۰/۸۱) مربوط به عملکرد میوه بود. وراثت‌پذیری عمومی بر اساس پژوهشی مشابه برای صفات خربزه ٦۹ درصد گزارش شد (Maleki *et al*., 2018). در شرایط نرمال بالاترین ضریب تنوع ژنوتیپی برای وزن پوست و گوشت (٤۹ درصد)، وزن میوه (٤۸ درصد) و تعداد میوه‌ها (٤۵ درصد) مشاهده شد. دلیل وراثت‌پذیری بالا در مورد صفات اندازه‌گیری شده در این طرح این است که بین توده‌ها و ژنوتیپ‌های مورد بررسی تنوع بسیار بالایی وجود دارد. میانگین تعداد میوه در توده مازندرانی ۵۵ عدد بود و در برخی توده‌های محلی طالبی و ارقام خربزه تعداد میوه بین ۱ تا ۲ عدد متغیر بود. همچنین وزن میوه‌ها از ۵۰ گرم (توده مازندرانی) تا ۵۰۰۰ گرم (رقم ممقانی) متغیر بود؛ بنابراین تنوع ژنتیکی بالایی برای این صفات وجود داشت و برای انتخاب بهترین گیاهان، از نظر صفات وزن میوه و تعداد میوه در برنامه‌های بهنژادی آتی می‌تواند مؤثر باشد. (Astaraki, 2020).

در محیط آبیاری نرمال مقدار سود ژنتیکی پیش‌بینی شده نسبت به میانگین صفت از ۵ درصد برای کلروفیل تا ۹۸ درصد وزن گوشت و پوست بود. در شرایط تنش خشکی این دامنه از ۷ درصد برای روز رسیدگی تا ۹۸ درصد وزن گوشت و پوست بود. سود ژنتیکی بر میانگین برای عملکرد در شرایط آبیاری نرمال ٦٤ درصد و در شرایط تنش خشکی ٥٤ درصد بود. صفات با مقادیر بالای ضریب تغییرات ژنوتیپی، بیشتر تحت کنترل عوامل ژنتیکی بودند و گزینش می‌تواند برای بهبود آن‌ها استفاده شود. برای صفاتی همچون عملکرد که ضریب تغییرات ژنوتیپی آن پایین بود، گزینش این صفات بر پایه مقادیر فنوتیپی نمی‌تواند چندان مؤثر باشد. آگاهی از وراثت‌پذیری عمومی بهنژادگر را برای تصمیم‌گیری درباره روش بهنژادی مبتنی‌بر گزینش توانا می‌سازد، اما مقادیر وراثت‌پذیری همراه با سود ژنتیکی می‌تواند بیشتر قابل‌اعتمادتر بوده و در تنظیم کردن برنامه انتخاب مفید باشند (Sharifi, 2017)

**شاخص‌های تحمل به تنش خشکی:** برای شناسایی توده‌ها و ارقام متحمل به تنش خشکی از شاخص‌های تحمل استفاده شد. هرچقدر مقادیر شاخص‌های MP، GMP، STI ، YI، YSI، HM، RDI، DI، MRP، REI، MSTIK1 (Modified stress tolerance index k1)، MSTIK2 (Modified stress tolerance index k2) و GM در ژنوتیپی بالاتر باشد، آن ژنوتیپ در برابر شرایط تنش تحمل بیشتری دارد، حال آنکه هر اندازه شاخص‌های TOL، SSI، YR، ATI و SSPI در ژنوتیپی پایین‌تر باشند، آن ژنوتیپ از نظر تحمل تنش برتر خواهد بود. برخی توده‌ها نظیر ممقانی، کرانشو، گرمک و تیل‌طرق به‌دلیل سازگاری فیزیولوژیکی با شرایط آب و هوایی، توانستند نسبت به سایر توده‌ها در شرایط تنش خشکی برتری نشان دهند. همچنین نتایج در توده‌هایی مانند گینسن و ساوه بیانگر پدیده فرار از خشکی است، به‌طوری که میوه‌های این دو توده با تعداد روز تا رسیدگی کمتر نسبت به سایر توده‌های مورد بررسی زودتر دوره فیزیولوژیکی را طی کردند، بنابراین توانستند کاهش عملکرد کمتری را نشان دهند و عملکرد آن‌ها در شرایط تنش خشکی با شرایط آبیاری نرمال اختلاف معنی‌داری نشان نداد. از طرفی برخی توده‌ها مانند خربزه نهاوندی و گرمک توانستند با چندین دور آبیاری کمتر نسبت به دیگر ژنوتیپ‌ها، عملکرد مطلوب داشته و اختلاف عملکرد توده‌های نهاوندی و گرمک در شرایط تنش با شرایط آبیاری نرمال غیرمعنی‌دار بود.

جدول ٤- تجزیه واریانس صفات اندازه‌گیری شده در ۳۰ ژنوتیپ ارزیابی شده طالبی و خربزه در شرایط نرمال و تنش خشکی.

Table 4. Analysis of variance for measured traits in 30 melon and cantaloupe genotypes evaluated under normal and drought stress conditions

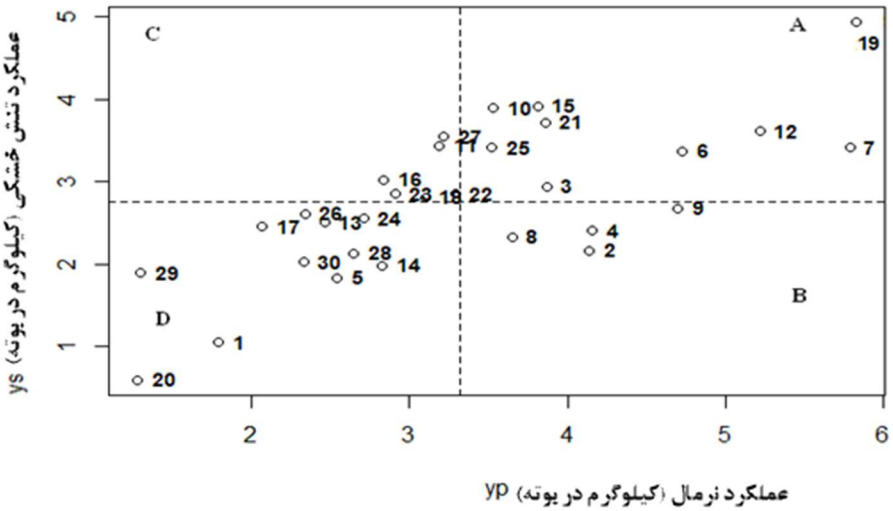
| صفات Traits | نرمال (Normal) | | | | | | | | | | تنش خشکی (Drought stress) | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | تکرار Replication (df=2) | ژنوتیپ Accession (df=29) | خطا Error (df=58) | $V_g$ | $H^2$ | GCV% | $V_p$ | PCV% | GA | GMA | تکرار Replication (df=2) | ژنوتیپ Accession (df=29) | خطا Error (df=58) | $V_g$ | $H^2$ | GCV% | $V_p$ | PCV% | GA | GMA |
| روز تا برداشت Days to harvest | 2.44$^{ns}$ | 109$^{**}$ | 0.84 | 30.18 | 0.98 | 0.04 | 30.67 | 0.04 | 11.23 | 0.09 | 3.22$^{ns}$ | 52$^{*}$ | 1.37 | 17.13 | 0.97 | 0.04 | 17.67 | 0.04 | 8.39 | 0.07 |
| تعداد میوه (در بوته) Fruit number (per plant) | 0.453* | 285.7** | 0.132 | 63.07 | 0.94 | 0.4 | 67.26 | 0.41 | 15.84 | 0.8 | 0.244$^{ns}$ | 22.98** | 0.18 | 54.53 | 0.92 | 0.45 | 59.03 | 0.47 | 14.62 | 0.89 |
| وزن میوه (کیلوگرم) Fruit weight(kg) | 0.15$^{ns}$ | 3.31$^{**}$ | 0.31 | 1 | 0.9 | 0.49 | 1.11 | 0.51 | 1.96 | 0.96 | 0.004$^{ns}$ | 3.36$^{**}$ | 0.16 | 0.96 | 0.95 | 0.48 | 1.01 | 0.49 | 1.96 | 0.96 |
| ضخامت گوشت (سانتی‌متر) Flesh thickness (cm) | 0.197$^{ns}$ | 4.02$^{**}$ | 0.150 | 1.29 | 0.96 | 0.29 | 1.34 | 0.29 | 2.3 | 0.58 | 0.05$^{ns}$ | 3.05$^{**}$ | 0.132 | 0.98 | 0.96 | 0.27 | 1.02 | 0.27 | 1.99 | 0.54 |
| طول میوه (سانتی‌متر) Fruit length (cm) | .177$^{ns}$ | 142.7$^{**}$ | 2.32 | 46.73 | 0.98 | 0.4 | 47.51 | 0.4 | 13.97 | 0.82 | 1.24$^{ns}$ | 96.3$^{**}$ | 1.89 | 31.47 | 0.98 | 0.31 | 32.1 | 0.32 | 11.44 | 0.64 |
| قطر حفره (سانتی‌متر) Cavity diameter (cm) | 0.54 | 10.13$^{**}$ | 0.52 | 3.34 | 0.93 | 0.25 | 3.57 | 0.25 | 3.64 | 0.49 | 0.366$^{*}$ | 12.15$^{**}$ | 0.34 | 3.94 | 0.97 | 0.26 | 4.05 | 0.26 | 4.03 | 0.53 |
| وزن پوست و گوشت (کیلوگرم) Skin and flesh weight (kg) | 0.158$^{ns}$ | 2.71$^{**}$ | 0.22 | 0.88 | 0.9 | 0.5 | 0.98 | 0.53 | 1.84 | 0.98 | 0.035$^{ns}$ | 2.7$^{**}$ | 0.179 | 0.86 | 0.94 | 0.49 | 0.92 | 0.51 | 1.85 | 0.98 |
| کلروفیل Chlorophyll | 218.75$^{ns}$ | 244.23$^{ns}$ | 194.8 | 16.47 | 0.2 | 0.06 | 81.41 | 0.13 | 3.76 | 0.05 | 271 | 1196** | 56.97 | 370.61 | 0.94 | 0.23 | 394.33 | 0.24 | 38.45 | 0.46 |
| مواد جامد محلول TSS (%) | 0.914$^{ns}$ | 13.23** | 0.841 | 4.16 | 0.94 | 0.19 | 4.44 | 0.2 | 4.07 | 0.38 | 0.729 | 13.62** | 0.34 | 4.28 | 0.95 | 0.17 | 4.49 | 0.18 | 4.16 | 0.23 |
| عملکرد در بوته Yield per plant | 0.86$^{ns}$ | 4.24** | 0.38 | 1.21 | 0.89 | 0.33 | 1.36 | 0.35 | 2.13 | 0.64 | 1.73* | 2.39** | 0.44 | 0.65 | 0.81 | 0.29 | 0.8 | 0.32 | 1.5 | 0.54 |

$^{ns}$، $^{*}$ و ** به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد

$^{ns}$, * and **: Non-significant and significant at the 5% and 1% probability levels, respectively

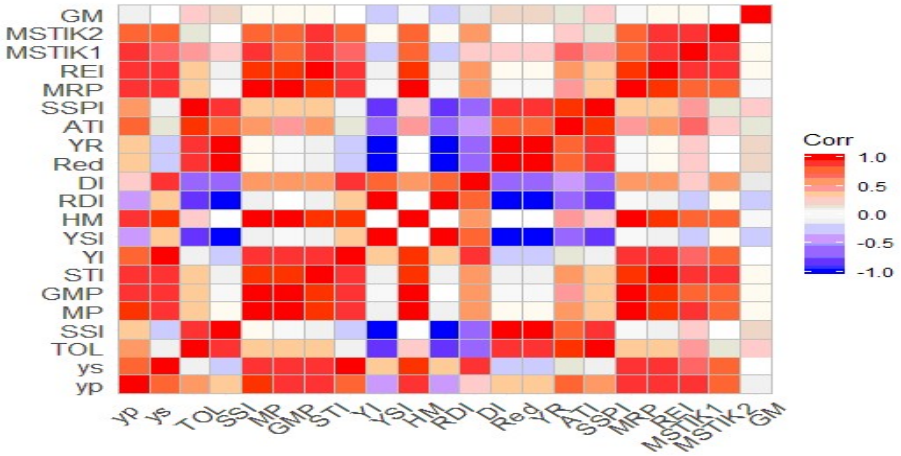
ژنوتیپ‌های ممقانی، ریش‌بابا، گرمک، ملون ژاپنی و خربزه نهاوندی از نظر شاخص‌های MP، GMP، STI، HM، MRP و REI و ژنوتیپ‌های ازبک یک، کوری، گالیا دوم، کرانشو و سوسکی سبز از نظر شاخص‌های YSI و RDI برتر از ژنوتیپ‌های دیگر بودند. مقادیر بالای شاخص‌های YI، DI، MSTIK1، MSTIK2 و GM نشان‌دهنده تحمل نسبی نسبت به تنش خشکی است و می‌توان چنین نتیجه گرفت که بر پایه بیشتر شاخص‌ها، ژنوتیپ‌های ممقانی، ریش‌بابا و گرمک بیشترین تحمل به تنش خشکی را داشتند. همان‌گونه که گفته شد، عملکرد میوه در برخی از ژنوتیپ‌ها در شرایط تنش خشکی اندکی بیشتر از عملکرد میوه در شرایط آبیاری نرمال بود، برای این ژنوتیپ‌ها به‌ویژه ژنوتیپ‌های کرانشو، گالیا دوم، سوسکی سبز و ازبک یک، شاخص‌های TOL، SSI، YR و SSPI پایین‌تر بود که این نتایج نشان داد در این ژنوتیپ‌ها تحمل به تنش خشکی بیشتر از سایر ژنوتیپ‌ها می‌باشد (جدول ٤). انحراف معیار رتبه ژنوتیپ‌ها نشان داد که ژنوتیپ هانی‌دیو با کمترین انحراف معیار، ثبات بیشتری از نظر شاخص‌ها داشت؛ بنابراین می‌تواند به‌عنوان ژنوتیپی در نظر گرفته شود که رتبه آن نسبت به بقیه ژنوتیپ‌ها از نظر بیشتر شاخص‌های کم و بیش مشابه است (جدول ٥). نمودار دو بعدی بر اساس عملکرد در شرایط تنش و بدون تنش نشان داد که ژنوتیپ‌های خاتونی، ژاپنی، ریش‌بابا، کرانشو، خربزه نهاوندی، ممقانی، بزرگ سر قندهار و هانی دیو بیشترین عملکرد را در شرایط تنش و نرمال داشتند و در گروه A قرار گرفتند. عملکرد ژنوتیپ‌های سمسوری، ساوه، ایوانکی و سمسوری نیاگارا در شرایط نرمال بالاتر از میانگین بود، اما در شرایط تنش کمتر از میانگین بود و در گروه B قرار داشتند. ژنوتیپ‌های تیل‌طرق، خربزه ترکیه، قندوز، گالیا یک و خربزه سوسکی‌سبز با عملکرد بالاتر از متوسط در شرایط تنش و عملکرد پایین‌تر از متوسط در شرایط نرمال در گروه C قرار داشتند. ژنوتیپ‌های گینسن‌ماکوا، دستمبو، ملون گلدن، ایزابل، کوری، مازندرانی، شاه‌پسند، گالیا دوم، مهولاتی و ازبک یک با عملکرد کمتر از میانگین در هر دو شرایط در گروه D طبقه‌بندی شدند (شکل ۱).

**تجزیه همبستگی:** تجزیه همبستگی بین شاخص‌های تحمل و حساسیت به خشکی و عملکرد در دو شرایط تنش و بدون تنش می‌تواند به‌عنوان معیار مناسبی برای انتخاب بهترین ژنوتیپ‌ها و شاخص‌ها به‌کار گرفته شود (Sharifi *et al.*, 2017). شاخص‌های MP، GMP، STI، YI، MRP، REI، MSTIKI1 و MSTIKI2 همبستگی مثبتی با عملکرد در شرایط آبیاری نرمال (Yp) و تنش خشکی (Ys) نشان دادند. عملکرد در شرایط آبیاری نرمال (Yp) با شاخص‌های SSI و YR و در شرایط تنش خشکی (Ys) با شاخص‌های YSI و RDI دارای همبستگی منفی بود. شاخص‌های بسیار همبسته با عملکرد در هر دو شرایط، قادر به شناسایی ژنوتیپ‌های با بازده بالا در هر دو شرایط هستند؛ بنابراین می‌توانند به‌عنوان شاخص‌های مناسب معرفی شوند (Asadi and Seyedi, 2021)؛ بنابراین شاخص‌های MP، GMP، STI، REI و MRP با بالاترین همبستگی مثبت با عملکرد در شرایط تنش و نرمال شاخص‌های مناسبی بودند و می‌توان از آن‌ها در مطالعه حاضر از این شاخص‌ها برای معرفی ژنوتیپ‌های مقاوم به خشکی استفاده کرد. (Hosseini *et al.*, 2017). با استفاده از این شاخص‌ها، توده‌های ممقانی، ریش‌بابا، گرمک، ملون ژاپنی و خربزه نهاوندی به‌عنوان ژنوتیپ‌های برتر مشخص نمود (شکل ۲). از شاخص‌های با بهترین توانایی جداکنندگی ژنوتیپ‌ها می‌توان برای کشیدن نمودارهای سه‌بعدی نیز استفاده کرد که در دو بعد آن عملکرد در شرایط تنش و نرمال و در بعد دیگر یکی از این شاخص‌ها جای می‌گیرند. چنین نمودارهایی به شناسایی بهترین ژنوتیپ‌ها در شرایط تنش و بدون تنش کمک می‌کنند. بر این اساس، نمودار سه‌بعدی با شاخص REI ترسیم شد که در آن توده‌های ممقانی، ریش‌بابا، گرمک، ملون ژاپنی و خربزه نهاوندی متحمل‌ترین ژنوتیپ‌ها به تنش خشکی و توده‌های مازندرانی و ازبک یک به‌عنوان حساس‌ترین ژنوتیپ‌ها شناسایی شدند (شکل ۳).



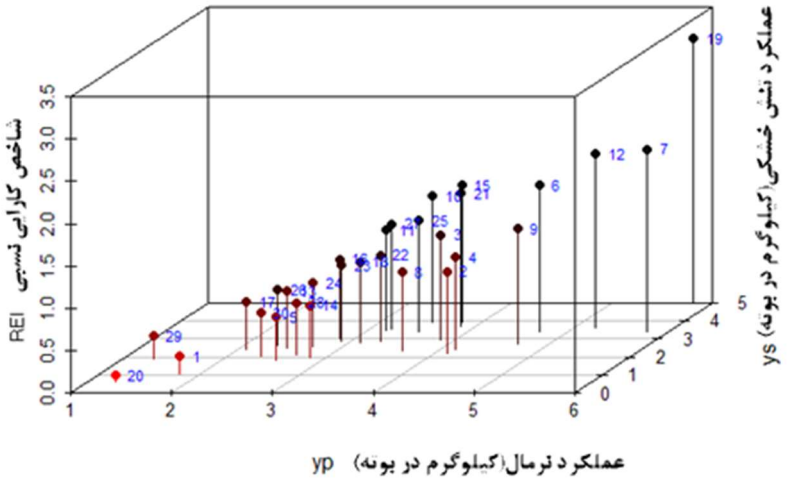

شکل ۱- نمایش نمودار دوبعدی ژنوتیپ‌ها بر اساس تقسیم‌بندی فرناندز

Figure 1. Biplot illustration showing distribution of genotypes based on Fernandez's grouping




شکل ۲- نمودار همبستگی بین شاخص‌های تحمل به تنش خشکی با عملکرد در شرایط تنش و بدون تنش

Figure 2. Correlation diagram between drought stress tolerance indices and potential yield and stress yield condition




شکل ۳- نمودار سه‌بعدی بر اساس عملکرد در دو شرایط تنش و بدون تنش شاخص REI

Figure 3. Three-dimensional diagram based on performance in two conditions of stress and without stress REI index

جدول ۵- رتبه ژنوتیپ‌های طالبی و خربزه بر اساس تمام شاخص‌های تحمل به تنش خشکی محاسبه شده بر اساس عملکرد در شرایط نرمال و تنش خشکی

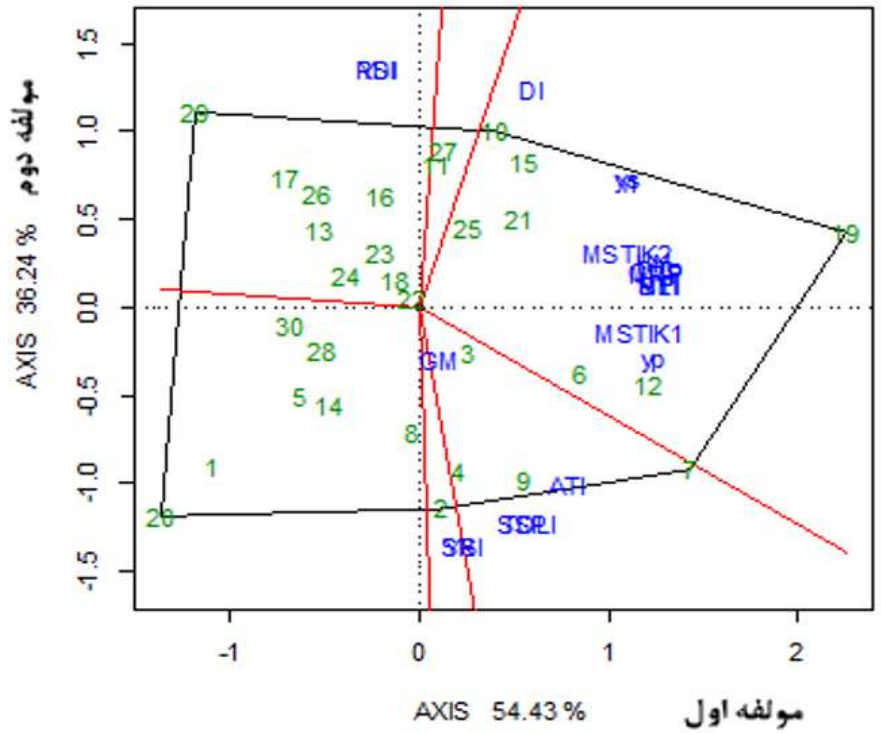
Table 5. Ranking of melon and cantaloupe genotypes based on all indicators of tolerance to drought stress by calculated yield under normal and drought stress conditions

| Yp | Ys | TOL | SSI | MP | GMP | STI | YI | YSI | HM | RDI | DI | YR | ATI | SSPI | MRP | REI | MSTIK1 | MSTIK2 | GM | SR | AR | Std. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 28 | 29 | 11 | 5 | 29 | 29 | 29 | 29 | 26 | 29 | 26 | 29 | 5 | 14 | 11 | 29 | 29 | 28 | 29 | 17 | 523 | 26.15 | 4.18 |
| 7 | 23 | 3 | 2 | 14 | 15 | 15 | 23 | 29 | 19 | 29 | 28 | 2 | 4 | 3 | 14 | 15 | 11 | 20 | 20 | 423 | 21.15 | 7.09 |
| 8 | 12 | 8 | 12 | 10 | 11 | 11 | 12 | 19 | 11 | 19 | 19 | 12 | 9 | 8 | 11 | 11 | 10 | 11 | 10 | 291 | 14.55 | 5.08 |
| 6 | 21 | 4 | 4 | 13 | 13 | 13 | 21 | 27 | 14 | 27 | 26 | 4 | 5 | 4 | 13 | 13 | 8 | 17 | 18 | 384 | 19.20 | 7.22 |
| 23 | 28 | 12 | 11 | 26 | 27 | 27 | 28 | 20 | 27 | 20 | 27 | 11 | 11 | 12 | 27 | 27 | 25 | 27 | 11 | 468 | 23.40 | 4.55 |
| 4 | 10 | 6 | 10 | 4 | 4 | 4 | 10 | 21 | 4 | 21 | 17 | 10 | 6 | 6 | 4 | 4 | 4 | 7 | 12 | 247 | 12.35 | 8.58 |
| 2 | 8 | 1 | 6 | 2 | 2 | 2 | 8 | 25 | 2 | 25 | 20 | 6 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 3 | 16 | 262 | 13.10 | 11.80 |
| 11 | 22 | 7 | 7 | 16 | 18 | 18 | 22 | 24 | 18 | 24 | 24 | 7 | 8 | 7 | 18 | 18 | 14 | 18 | 15 | 399 | 19.95 | 4.05 |
| 5 | 16 | 2 | 3 | 8 | 8 | 8 | 16 | 28 | 9 | 28 | 23 | 3 | 2 | 2 | 8 | 8 | 5 | 12 | 19 | 344 | 17.20 | 9.57 |
| 12 | 3 | 28 | 27 | 7 | 7 | 7 | 3 | 4 | 7 | 4 | 1 | 27 | 30 | 28 | 7 | 7 | 9 | 5 | 25 | 123 | 6.15 | 5.20 |
| 16 | 7 | 25 | 25 | 12 | 12 | 12 | 7 | 6 | 12 | 6 | 5 | 25 | 26 | 25 | 12 | 12 | 15 | 10 | 27 | 200 | 10.00 | 5.32 |
| 3 | 5 | 5 | 8 | 3 | 3 | 3 | 5 | 23 | 3 | 23 | 15 | 8 | 3 | 5 | 3 | 3 | 3 | 2 | 14 | 237 | 11.85 | 10.24 |
| 24 | 19 | 22 | 22 | 21 | 21 | 21 | 19 | 9 | 21 | 9 | 14 | 22 | 22 | 22 | 22 | 21 | 23 | 22 | 30 | 341 | 17.05 | 6.68 |
| 20 | 26 | 10 | 9 | 23 | 24 | 24 | 26 | 22 | 24 | 22 | 25 | 9 | 10 | 10 | 24 | 24 | 21 | 25 | 13 | 450 | 22.50 | 2.86 |
| 10 | 2 | 23 | 23 | 5 | 5 | 5 | 2 | 8 | 5 | 8 | 3 | 23 | 23 | 23 | 5 | 5 | 6 | 4 | 29 | 142 | 7.10 | 5.62 |
| 19 | 11 | 24 | 24 | 18 | 17 | 17 | 11 | 7 | 16 | 7 | 8 | 24 | 24 | 24 | 17 | 17 | 19 | 13 | 28 | 260 | 13.00 | 5.98 |
| 27 | 20 | 29 | 29 | 25 | 25 | 25 | 20 | 2 | 25 | 2 | 10 | 29 | 27 | 29 | 25 | 25 | 27 | 23 | 23 | 316 | 15.80 | 10.79 |
| 17 | 15 | 17 | 17 | 17 | 16 | 16 | 15 | 14 | 15 | 14 | 13 | 17 | 15 | 17 | 16 | 16 | 17 | 15 | 5 | 293 | 14.65 | 2.56 |
| 1 | 1 | 9 | 14 | 1 | 1 | 1 | 1 | 17 | 1 | 17 | 2 | 14 | 7 | 9 | 1 | 1 | 1 | 1 | 8 | 157 | 7.85 | 9.02 |
| 30 | 30 | 13 | 1 | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 | 1 | 17 | 13 | 30 | 30 | 30 | 30 | 21 | 551 | 27.55 | 5.16 |
| 9 | 4 | 19 | 19 | 6 | 6 | 6 | 4 | 12 | 6 | 12 | 6 | 19 | 18 | 19 | 6 | 6 | 7 | 6 | 3 | 160 | 8.00 | 3.34 |
| 14 | 13 | 15 | 15 | 15 | 14 | 14 | 13 | 16 | 13 | 16 | 16 | 15 | 12 | 15 | 15 | 14 | 16 | 14 | 7 | 291 | 14.55 | 2.28 |
| 18 | 13 | 21 | 21 | 19 | 19 | 19 | 13 | 10 | 17 | 10 | 11 | 21 | 21 | 21 | 19 | 19 | 18 | 16 | 1 | 272 | 13.60 | 4.91 |
| 21 | 18 | 18 | 18 | 20 | 20 | 20 | 18 | 13 | 20 | 13 | 18 | 18 | 19 | 18 | 20 | 20 | 20 | 19 | 4 | 328 | 16.40 | 4.41 |
| 13 | 8 | 20 | 20 | 9 | 9 | 9 | 8 | 11 | 8 | 11 | 7 | 20 | 20 | 20 | 9 | 9 | 12 | 9 | 2 | 189 | 9.45 | 2.35 |
| 25 | 17 | 26 | 28 | 22 | 22 | 22 | 17 | 3 | 22 | 3 | 9 | 28 | 25 | 26 | 21 | 22 | 24 | 21 | 24 | 296 | 14.80 | 8.82 |
| 15 | 6 | 27 | 26 | 11 | 10 | 10 | 6 | 5 | 10 | 5 | 4 | 26 | 29 | 27 | 10 | 10 | 13 | 8 | 26 | 169 | 8.45 | 5.38 |
| 22 | 24 | 14 | 13 | 24 | 23 | 23 | 24 | 18 | 23 | 18 | 22 | 13 | 13 | 14 | 23 | 23 | 22 | 24 | 9 | 410 | 20.50 | 3.80 |
| 29 | 27 | 30 | 30 | 28 | 28 | 28 | 27 | 1 | 28 | 1 | 12 | 30 | 28 | 30 | 28 | 28 | 29 | 28 | 22 | 351 | 17.55 | 12.80 |
| 26 | 25 | 16 | 16 | 27 | 26 | 26 | 25 | 15 | 26 | 15 | 21 | 16 | 16 | 16 | 26 | 26 | 26 | 26 | 6 | 419 | 20.95 | 6.17 |

**تجزیه به مؤلفه‌های اصلی** (PCA)**:** پس از مقیاس‌بندی متقارن، بردارهای ویژه ژنوتیپ‌ها و صفات، مقادیر مورد نیاز برای رسم نمودارهای بای‌پلات حاصل شد (Yan and Kang, 2002). تجزیه بای‌پلات، یک روش مفید برای شناسایی ژنوتیپ‌های برتر برای هر دو شرایط تنش و غیر تنش است و تقریب ضریب همبستگی بین دو شاخص، توسط کسینوس زاویه بین بردارهای آن‌ها (r= cos 180° = -1، r=cos 0° = 1 و r= cos 90° = 0) ارزیابی می‌شود (Yan and Rajcan, 2002). بررسی زاویه‌های بین خطوط شاخص‌های تحمل و حساسیت به تنش خشکی با بای‌پلات نشان داد که عملکرد در شرایط تنش خشکی با شاخص‌های MP، GMP، STI، YI، MRP، REI، MSTIKI1 و MSTIKI2 رابطه مثبت بالایی داشتند. ژنوتیپ‌های ممقانی، ژاپنی و گرمک بهترین ژنوتیپ‌ها از نظر عملکرد در شرایط تنش و بدون تنش و همچنین شاخص‌های واقع در این بخش، به‌عنوان شاخص‌های مناسب برای شناسایی ژنوتیپ‌های متحمل، بودند (شکل‌های ۵ و ٦). نمای چندضلعی بای‌پلات، ژنوتیپ‌هایی که از نظر یک یا چند شاخص دارای اهمیت هستند را مشخص می‌کنند. این نمای بای‌پلات، ژنوتیپ‌ها را بر پایه شاخص‌های تحمل و حساسیت به خشکی به شش بخش تقسیم کرد. در بخش اول ژنوتیپ ازبک یک قرار داشت که از نظر شاخص‌های RDI و YS ژنوتیپ‌های متحملی بودند. از آنجا که هرچقدر در ژنوتیپی مقداری ATI، TOL، YR و SSPI کمتر باشد، آن ژنوتیپ متحمل‌تر است، ژنوتیپ‌های واقع در سمت مقابل آن‌ها متحمل خواهند بود، بنابراین از نظر این شاخص‌ها و ژنوتیپ‌های واقع در این بخش، به تنش خشکی تحمل داشتند؛ اما از آنجا که این شاخص‌ها با عملکرد در هر دو شرایط، همبستگی منفی و یا بسیار پایینی داشتند، نمی‌توان به این نتیجه، چندان اعتماد داشت و این ژنوتیپ‌ها را متحمل انگاشت. در بخش دوم، ژنوتیپ کرانشو قرار داشت که شاخص DI آن را متحمل‌ترین ژنوتیپ شناسانده بود. در بخش سوم، ژنوتیپ در رأس چندضلعی بود که به‌واسطه بسیاری از شاخص‌ها همچون GMP، MP، STI، YI، MRP، REI، MSTIKI1 و MSTIKI2 عملکرد در شرایط آبیاری نرمال و تنش خشکی، متحمل‌ترین ژنوتیپ بود؛ بنابراین می‌توان ژنوتیپ‌های ژاپنی، گرمک، نهاوندی، شادگان و هانی‌دیو واقع در این بخش از چندضلعی را متحمل‌ترین ژنوتیپ‌ها در نظر گرفت. در بخش چهارم، ژنوتیپ ریش‌بابا در رأس بود. در بخش‌های بعدی به‌ترتیب ژنوتیپ‌های طالبی سمسوری و مازندرانی جای داشتند، که ژنوتیپ‌های حساسی بودند. توزیع ژنوتیپ‌ها در این نمودار همچنین بیان‌کننده تنوع ژنتیکی لاین‌های مورد بررسی نسبت به شرایط تنش خشکی است (شکل ٤). نمای تستر متوسط (شکل ٦) نیز نشان داد که ژنوتیپ‌های ممقانی، ریش‌بابا، ژاپنی و گرمک در بخش انتهایی سمت راست با بیشترین مقادیر مؤلفه اصلی اول، دارای بیشترین میزان عملکرد در شرایط تنش خشکی و آبیاری نرمال و همچنین دارای حداکثر تحمل به تنش خشکی بودند. این ژنوتیپ‌ها، سازگاری بیشتری با شرایط محیطی داشتند و توانستند عملکرد مناسبی در هر دو محیط تنش و بدون تنش تولید نمایند. ژنوتیپ‌های انتهای سمت چپ (ژنوتیپ‌های مازندرانی و ازبک یک) دارای کمترین مقدار مؤلفه اول و کمترین میزان عملکرد در هر دو شرایط بودند و بیشترین حساسیت به خشکی را داشتند.

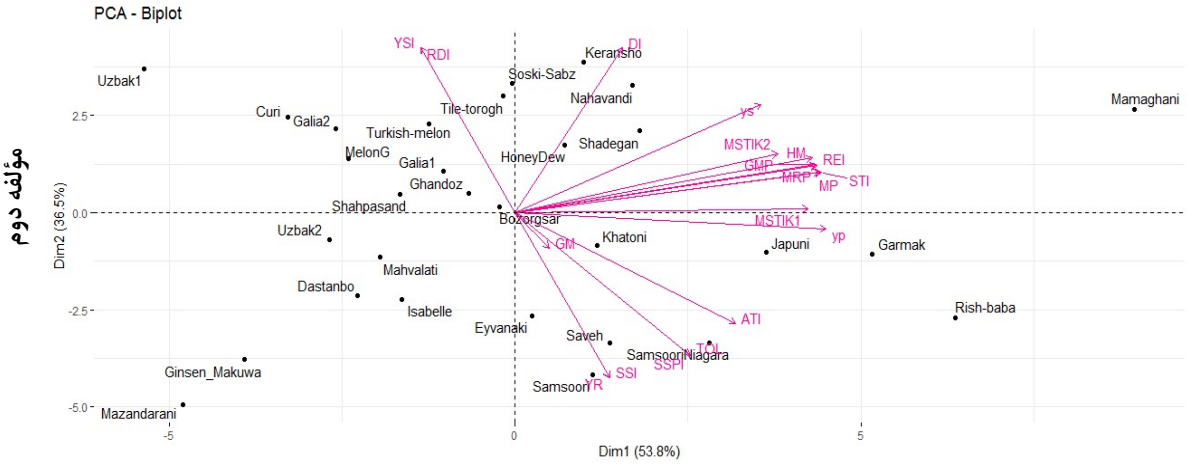
**تجزیه خوشه‌ای:** فاصله ماتریس بین ژنوتیپ‌ها با روش مربع اقلیدسی محاسبه شد و این ماتریس برای ترسیم یک دندروگرام بر پایه روش حداقل واریانس وارد به‌کار گرفته شد. ژنوتیپ‌ها با تجزیه خوشه‌ای در چهار خوشه گروه‌بندی شدند (شکل ۷). نتیجه تجزیه خوشه‌ای بسیار مشابه تجزیه به مؤلفه‌های اصلی بود. ارقام متحمل ممقانی، گرمک، ژاپنی، ایوانکی که متحمل بودند بسیار نزدیک یکدیگر قرار گرفته‌اند. این ژنوتیپ‌ها با ژنوتیپ‌های نیمه‌متحمل سمسوری نیاگارا، سمسوری، ساوه و ریش‌بابا در یک زیرگروه قرار گرفته‌اند.

شاخص‌های با همبستگی بالا با عملکرد در هر دو شرایط قادر به شناسایی ژنوتیپ‌های با بازده بالا در هر دو شرایط هستند و بنابراین می‌توانند به‌عنوان شاخص‌های مناسب معرفی شوند (Fernandez, 1992). این بدان معناست که در صورت انتخاب بر اساس هریک از این شاخص‌ها، به‌طور غیرمستقیم ژنوتیپ‌های با بازده بالاتر انتخاب خواهند شد.



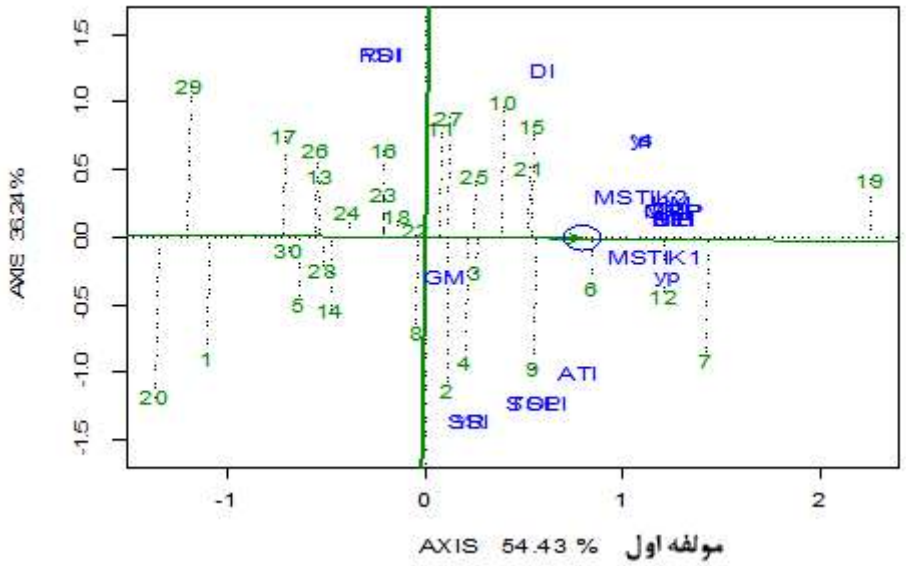

شکل ٤- نمای چندضلعی بای‌پلات برای نشان دادن روابط بین شاخص‌های تحمل به خشکی و موقعیت ژنوتیپ‌های طالبی و خربزه ارزیابی شده به‌منظور شناسایی ژنوتیپ‌های متحمل

Figure 4. Biplot polygon view to show the relationship between drought tolerance indices and the position of cantaloupe and melon genotypes evaluated in order to identify tolerant genotypes



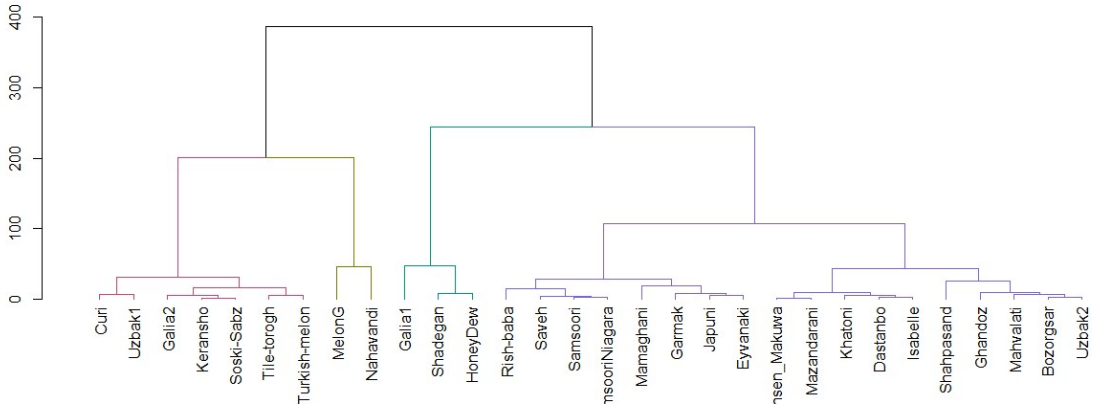

شکل ٥- نمودار دو بعدی تجزیه به مؤلفه‌های اصلی برای مشخص کردن ارتباط بین شاخص‌های تحمل به تنش خشکی و موقعیت ژنوتیپ‌های طالبی و خربزه نسبت به همدیگر. کسینوس زاویه بردارهای میزان همبستگی را نشان می‌دهد. به این ترتیب شاخص‌های YI، HM، STI، REI، MSTIKI1، MSTIKI2 و MP همبستگی مثبت و معنی‌داری با عملکرد در شرایط تنش (Ys) و عملکرد در شرایط نرمال (Yp) دارند و می‌توان از آن‌ها برای شناسایی ژنوتیپ‌های متحمل استفاده کرد.

Figure 5. Two-dimensional diagram of principal components analysis to determine the relationship between drought stress tolerance indices and the position of cantaloupe and melon genotypes relative to each other. The cosine of the angle between vectors indicates the degree of correlation. Hence, YI, HM, STI, REI, MSTIKI1, MSTIKI2 and MP indices have a positive and significant correlation with performance under stress conditions (Ys) and performance under normal conditions (Yp) and can be used to identify tolerant genotypes.




شکل ٦- نمای تستر متوسط بای‌پلات برای شناسایی متحمل‌ترین و حساس‌ترین ژنوتیپ‌ها بر اساس شاخص‌های تحمل به خشکی

Figure 6. View of the biplot average tester to identify the most tolerant and sensitive genotypes based on drought tolerance indices




شکل ٧- تجزیه خوشه‌ای به روش وارد (Ward) بر پایه تمام شاخص‌های تحمل به تنش خشکی

Figure 7. Cluster analysis by ward method based on tolerance indices in drought stress conditions

بر این اساس، شاخص‌های MP، GMP، STI، REI و MRP با بالاترین همبستگی مثبت با عملکرد در شرایط تنش و نرمال شاخص‌های مناسبی بودند و می‌توان در مطالعه حاضر از آن‌ها برای معرفی ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی استفاده کرد و به‌عنوان بهترین شاخص معرفی نمود. شاخص‌هایMP، GMP، TOL و HM همبستگی بالایی را با عملکرد در هر دو محیط داشتند و به‌عنوان بهترین شاخص‌ها جهت انتخاب ارقام دارای پتانسیل عملکرد بالا در محیط تنش و بدون تنش شناسایی شدند (Boshagh *et al.*, 2018) و این یافته با نتایج پژوهشی که در آن شاخص‌های MP، GMP، STI، REI و MRP به‌عنوان بهترین شاخص‌ها در ارزیابی تحمل به تنش در ٦٤ ژنوتیپ نخود دسی کابلی انتخاب شدند، همخوانی داشت (Goodarzvand Chegini *et al.*, 2017). شاخص‌های MP، GMP، STI، REI و MRP، ژنوتیپ‌های ممقانی، ریش‌بابا، گرمک، ژاپنی و نهاوندی را به‌عنوان ژنوتیپ‌های برتر شناسایی نمودند. این ژنوتیپ‌ها، سازگاری بیشتری با شرایط محیطی داشتند و توانست عملکرد مناسبی در هر دو محیط تنش و بدون تنش تولید نمایند. ژنوتیپ‌های انتهای

سمت چپ (ژنوتیپ‌های مازندرانی و ازبک یک) دارای کمترین مقدار مؤلفه اول و کمترین مقدار عملکرد در هر دو شرایط بودند و بیشترین حساسیت به خشکی را داشتند. توزیع ژنوتیپ‌ها در این نمودار همچنین بیان‌کننده تنوع ژنتیکی لاین‌های مورد بررسی نسبت به شرایط تنش خشکی است. در شرایط تنش خشکی، کمترین مقدار عملکرد (۰/۵۹ کیلوگرم در بوته) در ژنوتیپ مازندرانی و بیشترین عملکرد در ژنوتیپ‌های ممقانی، ریش‌بابا، گرمک، ژاپنی و سمسوری نیاگارا به‌دست آمد (شکل ۱). نمودار دوبعدی بر اساس عملکرد در شرایط تنش و بدون تنش نشان داد که ژنوتیپ‌های خاتونی، ژاپنی، ریش‌بابا، کرانشو، نهاوندی، ممقانی، بزرگسر و هانی‌دیو بیشترین عملکرد را در شرایط تنش و بدون تنش داشتند و در گروه A قرار گرفتند. شاخص‌های MP، GMP، STI، MRP و REI با بالاترین همبستگی مثبت با عملکرد میوه در شرایط تنش و نرمال شاخص‌های مناسبی بودند، بنابراین در مطالعه حاضر از این شاخص‌ها می‌توان برای معرفی ژنوتیپ‌های مقاوم به خشکی استفاده کرد. همان‌گونه که در بالا نشان داده شد، این شاخص‌ها، ژنوتیپ‌های ممقانی، ریش‌بابا، گرمک، ژاپنی و نهاوندی را به‌عنوان ژنوتیپ‌های برتر شناسانده بودند. بر این اساس سه مؤلفه اصلی اول به‌ترتیب با ٥٤/٤٣، ٣٦ و ٤/١٧ درصد (در مجموع ٩٤ درصد) از تنوع متغیرها (شامل عملکرد در شرایط تنش و غیر تنش و شاخص‌های اندازه‌گیری شده) را توجیه کردند. نمای تستر متوسط نیز نشان داد که ژنوتیپ‌های ممقانی، ریش‌بابا، گرمک و ژاپنی در بخش انتهایی سمت راست با بیشترین مقادیر مؤلفه اصلی اول، دارای بیشترین میزان عملکرد در شرایط تنش خشکی و آبیاری نرمال و همچنین حداکثر تحمل به تنش خشکی بودند. ژنوتیپ‌ها با استفاده از تجزیه خوشه‌ای چهار گروه طبقه‌بندی شده‌اند، به‌گونه‌ای که ژنوتیپ‌های حساس به‌خوبی از یکدیگر شناخته شدند و در گروه‌های مجزایی جای گرفتند.

با توجه به حداکثر فاصله ژنتیکی بین ارقام تجاری و توده‌های محلی از نظر عملکرد و نیز تحمل به تنش وجود داشت، می‌توان برای تجزیه ژنتیکی شاخص‌های متحمل به خشکی و نیز عملکرد میوه در شرایط آبی و دیم از دورگ‌گیری استفاده کرد. از طرفی ژنوتیپ‌های ایزابل، مازندرانی به‌عنوان حساس‌ترین تیمارها معرفی شدند طالبی سمسوری و طالبی ساوه در شرایط نرمال عملکرد خوبی داشتند ولی در شرایط تنش عملکرد آن‌ها کاهش زیادی داشت؛ بنابراین ارقام رایج و بازارپسندی مانند سمسوری و ساوه را می‌توان با ارقام متحمل و شناسایی شده ممقانی، ریش‌بابا و ژاپنی تلاقی داد و در نسل‌های در حال تفرق لاین‌های متحمل را شناسایی کرده و سپس ارقام هیبرید آزادگرده‌افشان متحمل به تنش خشکی تولید کرد.

## سپاسگزاری

از مدیریت مرکز تحقیقات آموزش و منابع طبیعی لرستان بابت تأمین امکانات پژوهش حاضر و از کلیه همکاران در ایستگاه تحقیقات کشاورزی بروجرد بخصوص آقای مهندس پیرهادی سپاسگزاری می‌شود.

## References

**Ahmadi, G.H., Tomasyan, G., Jalal-Kamali, M.R., Khodarahami, M. and Aghaeei, M.** (2010). Selection of terminal drought tolerant bread wheat genotypes via field and laboratory indices. *8st* International Wheat Conference, St. Petersburg, Russia.

**Asadi, B. Seyedi, S.M.** (2021). Evaluation of Drought Tolerance Indices in Red Bean Lines. *Journal of Cell Biology*, **13(38):** 160-168.

**Astaraki, H., Sharifi, P. and Sheikh, F.** (2020). Estimation of genotypic correlation and heritability of some of traits in faba bean genotypes using restricted maximum likelihood (REML). *Plant Genetic Researches*, **6(2):** 111-128 (In Persian).

**Boshagh, B., Astraki, H. and Pezashkipour, P.** (2018). Evaluation of faba bean genotypes using drought tolerance indices and multivariate statistical methods. *Journal of Crop Breeding*, **10(27):** 1-9 (In Persian).

**Bouslama, M. and Schapaugh, W.T.** (1984). Stress tolerance in soybean. I - Evaluation of three screening techniques for heat and drought tolerance. *Crop Science*, **24:** 933-937**.**

**Fageria, N.K.** (1985). Influence of aluminum in nutrient solutions on chemical composition in two rice cultivars at different growth stages. *Plant and Soil*, **85:** 423-429.

**Fernandez, G.C.** (1992). Effective selection criteria for assessing plant stress tolerance. *International Symposium on Adaptation of Food Crops to Temperature and Water Stress*, Shanhua, Taiwan.

**Fischer, R.A. and Maurer, R.** (1978). Drought resistance in spring wheat cultivars. I. Grain yield responses. *Australian Journal of Agricultural Research*, **29(5):** 897-912.

**Fischer, R.A. and Wood, J.T.** (1979). Drought resistance in spring wheat cultivars. III. Yield associations with morpho-physiological traits. *Australian Journal of Agricultural Research*, **30(6):** 1001-1020.

**FAO.** (2022). Food and agriculture data in FAO. Retrieved December 1, 2022, from http://www.fao.org/faostat.

**Gavuzzi, P., Rizza, F., Palumbo, M., Campaline, R.G., Ricciardi, G.L. and Borghi, B.** (1997). Evaluation of field and laboratory predictors of drought and heat tolerance in winter cereals. *Canadian Journal of Plant Science*, **77:** 523-531.

**Ghanbariyan, M., Abbasi Koohpayegani, J., Mozafari, J. and Sadeghian Motahar, Y.** (2012). Genetic diversity of Melon (*Cucumis melo* L.) in National Plant Gene bank Iran. *2nd National Seminar on Biological Diversity and its impact on agriculture and the environment*, Urmia, Iran (In Persian).

**Goodarzvand Chegini, K., Fotovat, R., Bihamta, M.R., Omidi, M. and Shahnejant Boushehri, A.A.** (2017). Grouping of tolerance indices and response of kabuli and desi type chickpea genotypes to drought stress. *Iranian Journal of Field Crop Science*, **48(3):** 647-664 (In Persian).

**Hanson, C.H., Robinson, H.G. and Comstock, R.E.** (1956). Biometrical studies of yields in segregating population of Korean Lespedeza. *Agronomy Journal*, **48:** 268-272.

**Hosseini, S.Z., Ismaili, A. and Sohrabi, S.S.** (2019). Evaluation of drought tolerance in safflower (*Carthamus tinctorius* L.) under water deficit stress conditions. *Plant Genetic Researches*, **5(2):** 55-72 (In Persian).

**Kerje, T. and Grum, M.** (2000). The origin of melon, *Cucumis melo*: a review of the literature. *Acta Horticulturae,* **510:** 37-44.

**Lan, J.** (1998). Comparison of evaluating methods for agronomic drought resistance in crops. *Acta Agriculturae Boreali-Occidentalis Sinica*, **7:** 85-87.

**Lever, J., Krzywinski, M. and Altman, N.** (2017). Points of significance: Principal component analysis. *Nature methods*, **14(7):** 641-643

**Maleki, M., Shojaeiyan, A. and Monfared, S.R**. (2018). Population structure, morphological and genetic diversity within and among melon (Cucumis melo L.) landraces in Iran. *Journal of Genetic Engineering and Biotechnology*, **16(2):** 599-606. (In Persian).

**Moradi, H., Akbari, G.A., Khorasani, S.K. and Ramshini, H.A.** (2012). Evaluation of drought tolerance in corn (Zea mays L.) new hybrids with using stress tolerance indices. *European Journal of Sustainable Development*, **1(3):** 543-543.

**Moosavi, S.S., Yazdi, S.B., Naghavi, M.R., Zali, A.A., Dashti, H. and Pourshahbazi, A.** (2008). Introduction of new indices to identify relative drought tolerance and resistance in wheat genotypes. *Desert,* **7(2):** 165-178.

**Naderi, A., Majidi-Heravan, E., Hashemi-Dezfuli, A., Rezaie, A. and Nour-Mohamadi, G.** (2000). Efficiency analysis of indices for tolerance to environmental stresses in field crops and introduction of a new index. *Seed and Plant,* **15(4):** 390-402 (In Persian).

**Narouirad, M., Bakhshi, B., Kohpalekani, A.J., Ghasemi, A. and Fazeli, R.M.** (2020). Response of Iranian melon populations to deficit irrigation condition. *Journal of Horticultural Science*, **34(1):** 161-169 (In Persian).

**Rosielle, A.A. and Hamblin, J.** (1981). Theoretical aspects of selection for yield in stress and non-stress environment. *Crop science*, **21(6):** 943-946.

**Roy, D.** (2000). *Plant Breeding: Analysis and Exploitation of Variation*. Alpha Science International, Oxford, UK.

**Sharifi, P., Aminpanah, H., Ebadi, A.A. and Hallajian, M.T.** (2017). Classification of mutant rice (*Oryza sativa* L.) genotypes under drought stress conditions. *Iranian Journal of Crop Sciences*, **19(2):** 148-164 (In Persian).

**Shi, W., Wang, M. and Liu, Y.** (2021). Crop yield and production responses to climate disasters in China. *Science of the Total Environment*, **750:** 141147.

**Taghikhani, S., Ramshini, H., Sadat-Noori, S.A., Lotfi, M., Izadi Darbakdi, A., Sousaraei, N. and Varvani Farahani, A.** (2018). SNP marker assisted selection for identification of fusarium resistant melon plants. *Plant Genetic Researches*, **5(1):** 63-76 (In Persian).

**Yan, W. and Kang, M.S.** (2002). *GGE Biplot Analysis: A Graphical Tool for Breeders, Geneticists and Agronomists*. CRC Press, Florida, USA.

**Yan, W. and Rajcan, I.** (2002). Biplot analysis of test sites and trait relations of soybean in Ontario. *Crop Science*, **42(1):** 11-20.