

## Evaluation of late season heat in barley genotypes using some susceptibility and tolerance indices

Kh. Ghomi<sup>1</sup>, B. Rabiei<sup>2\*</sup>, H. Sabouri<sup>3</sup>, E. Gholamali Puralamdari<sup>4</sup>

1. Ph.D. Student, Department of Plant Production and Genetic Engineering, Faculty of Agricultural Sciences, University of Guilan, Iran

2. Professor, Department of Plant Production and Genetic Engineering, Faculty of Agricultural Sciences, University of Guilan, Iran

3. Associate Professor, Department of Plant Production, Faculty of Agriculture and Natural Resource, Gonbad University, Iran

4. Assistant Professor, Department of Plant Production, Faculty of Agriculture and Natural Resource, Gonbad University, Iran

Received 27 March 2021; Accepted 1 May 2021

### Extended abstract

#### Introduction

Barley is one of the most important crops in the world and ranks fourth in terms of nutritional importance and area under cultivation among cereals after wheat, corn and rice, but it has ranks first in terms of the extent of cultivation in a variety of climates. The world's food production is severely limited by environmental stresses. One way to sustain production for the world's growing population is to minimize the reduction in production caused by these tensions. Given that heat stress, in particular late season heat is the most widespread type of heat stress in the world, especially in the subtropical regions, and as a major constraint in the production of sustainable crop yields, including barley. Therefore, identifying heat-tolerant genotypes can be a valuable solution to this problem. The present experiment was undertaken to understand the impact of high temperature on yield and its attributing traits and to select heat stress tolerant parents and cross combinations for future breeding program.

#### Materials and methods

To fulfill the requirement of this objective, the experiment was conducted in two environments i.e. normal and heat stress. Infact This study was performed to evaluate the heat tolerance at the end of the season and to identify barley tolerant genotypes using stress tolerance indices on experimental farm of the Gonbad Kavous University during the growing season of 2015-2016. The experimental plant materials were 120 barley genotypes which were evaluated in a randomized complete block design with two replications under two conditions without stress and heat stress. In addition, seeds of each genotype were grown in two meter rows with 20cm distance between the rows and the plant density was 270 plants per m<sup>2</sup>.

#### Results and discussion

The results of this experiment showed that the highest yield mean in non-stress conditions was related to genotype Torsh and in stress conditions was related to genotype Line143-2. The results of analysis of

\* Corresponding author: Babak Rabiei; E-Mail: [rabiei@guilan.ac.ir](mailto:rabiei@guilan.ac.ir)



variance for yield trait showed that the differences between genotypes and the interactions of genotype and environment were significant at the level of one percent for the trait, which indicates high diversity and different reactions of cultivars and lines in different environments. Comparison of indices also showed that YI, STI, GMP and MP indices had the highest significant correlation with yield under non-stress and stress conditions and the superior indices of this experiment were for screening heat tolerant genotypes. Cluster analysis based on indices and yield under stress and non-stress conditions divided the studied genotypes into three groups.

### **Conclusion**

Overall, the results of cluster analysis and principal component analysis showed that genotypes Torsh, Zarjo and 4Shori had the highest tolerance and genotypes Line105, Nosrat, Line98-2 and Fajr30 had the lowest tolerance to heat stress. Obviously, it is necessary to repeat the experiment in other places to be surer of these results and to obtain definitive results. On the other hand, to obtain heat-tolerant cultivars, it is recommended to cross the Torsh, Zarjo and 4Shori genotypes, and to locate heat-tolerant control genes, tolerant genotypes (Torsh and Zarjo) cross with sensitive genotypes (Line105 and Nosrat) can be used as two parents.

**Keywords:** Correlation, Grain yield, Multivariate analysis

## ارزیابی تحمل گرمای پایان فصل زونتیپ‌های جو با شاخص‌های تحمل و حساسیت به تنش

خدیجه قمی<sup>۱</sup>، بابک ربیعی<sup>۲\*</sup>، حسین صبوری<sup>۲</sup>، ابراهیم غلامعلی پور علمداری<sup>۴</sup>

۱. دانشجوی دکتری، گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده علوم کشاورزی دانشگاه گیلان

۲. استاد گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده علوم کشاورزی دانشگاه گیلان

۳. دانشیار گروه تولیدات گیاهی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه گنبدکاووس

۴. استادیار گروه تولیدات گیاهی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه گنبدکاووس

مشخصات مقاله	چکیده
واژه‌های کلیدی:	با توجه به اینکه تنش گرما به‌ویژه گرمای پایان فصل گسترده‌ترین نوع تنش گرمایی در جهان، به‌ویژه در مناطق نیمه‌گرمسیری به‌شمار می‌رود و به‌عنوان یک محدودیت بزرگ در تولید عملکرد پایدار محصولات زراعی از جمله جو است، از این‌رو شناسایی زونتیپ‌های متحمل به گرما، راهکار ارزشمندی در مقابله با این تنش است. این تحقیق به منظور ارزیابی تحمل به گرمای پایان فصل و شناسایی زونتیپ‌های متحمل جو با استفاده از شاخص‌های تحمل به تنش در سال زراعی ۹۵-۱۳۹۴ در مزرعه پژوهشی دانشگاه گنبدکاووس انجام شد. مواد گیاهی آزمایش، ۱۲۰ زونتیپ جو بودند که در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با دو تکرار در دو شرایط بدون تنش و تنش گرما ارزیابی شدند. نتایج حاصل از این آزمایش نشان داد که بیشترین میانگین عملکرد در شرایط بدون تنش مربوط به زونتیپ Torsh و در شرایط تنش مربوط به زونتیپ Line143-2 بود. مقایسه شاخص‌ها نیز نشان داد که شاخص‌های STI، YI، GMP و MP بیشترین همبستگی معنی‌دار با عملکرد در شرایط بدون تنش و تنش را داشتند و شاخص‌های برتر این آزمایش برای غربال زونتیپ‌های متحمل به گرما بودند. تجزیه خوشه‌ای بر اساس شاخص‌ها و عملکرد در شرایط تنش و بدون تنش، زونتیپ‌های مورد بررسی را به سه گروه تقسیم کرد. در مجموع، نتایج حاصل از تجزیه خوشه‌ای و تجزیه به مؤلفه‌های اصلی نشان داد که زونتیپ‌های Zarjo، Torsh و Shori۴ بیشترین تحمل و زونتیپ‌های Line105-2، Nosrat، Line98-2 و Fajr30 کمترین تحمل به تنش گرما را داشتند.
تجزیه چند متغیره	
عملکرد دانه	
همبستگی	
تاریخ دریافت:	
۱۴۰۰/۰۱/۰۷	
تاریخ پذیرش:	
۱۴۰۰/۰۲/۱۱	
تاریخ انتشار:	
زمستان ۱۴۰۱	
۱۱۰۸-۱۰۹۱: (۴) ۱۵	

## مقدمه

تنش گرمایی از مهم‌ترین پدیده‌های زیان‌بخش جوی است که مشکلات بسیاری را برای محصولات کشاورزی ایجاد می‌کند (Kuchaki and Nasiri, 1992). بر اساس ارزیابی سازمان جهانی تحقیقات کشاورزی (Agricultural Research, Education and Extension Organization)، تنش گرما به‌عنوان اولویت برتر تحقیقاتی در بسیاری از مناطق دنیا تعیین شده است (Reynolds et al., 2001). افزایش تحمل به تنش گرمایی به‌وسیله اصلاح و معرفی واریته‌های متحمل به گرما از طریق روش‌های اصلاحی، یکی از راه‌حل‌های اقتصادی برای غلبه بر کمبود غذا در آینده است. اصلاح ارقام متحمل به تنش گرما به‌عنوان

جو یکی از مهم‌ترین گیاهان زراعی دنیا است و از نظر اهمیت غذایی و سطح زیر کشت در میان غلات پس از گندم، ذرت و برنج، مقام چهارم را دارد، اما از نظر دامنه گسترش کشت در شرایط آب و هوایی متنوع مقام اول را دارد (Bothmer et al., 1991). تولید غذای موردنیاز جهان به‌شدت توسط تنش‌های محیطی محدود می‌شود (Leopold, 1990). یکی از راه‌های پایداری تولید برای جمعیت در حال رشد جهان به حداقل رساندن کاهش تولید ناشی از این تنش‌ها است (Ashraf and Abu-shakras, 1987).

هدف از تحقیق حاضر نیز ارزیابی تحمل به تنش گرمای آخر فصل در ژنوتیپ‌های جو، گروه‌بندی ژنوتیپ‌های مورد مطالعه بر اساس این شاخص‌ها و شناسایی ارقام متحمل به گرما بود.

### مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی اثر تنش گرمای پایان فصل بر ژنوتیپ‌های جو، ۱۲۰ ژنوتیپ مختلف جو از مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان گلستان تهیه شدند (جدول ۱).

آزمایش در مزرعه پژوهشی دانشگاه گنبدکاووس با عرض جغرافیایی ۳۷ درجه و ۱۵ دقیقه شمالی و طول ۵۵ درجه و ۱۱ دقیقه شرقی با ارتفاع ۲۶۵۰ متر از سطح دریای آزاد در سال ۱۳۹۴ اجرا شد. به‌منظور اعمال تنش گرما و مقایسه آن با شرایط دمایی مطلوب، ژنوتیپ‌های جو در دو تاریخ کاشت شامل کشت بهنگام در زمان مناسب منطقه (۲۲ آذرماه به-عنوان شرایط مطلوب یا بدون تنش) و کشت دیرنگام (۲۹ دی‌ماه به‌منظور تلاقی مراحل پس از گرده‌افشانی با تنش گرما) کشت شدند. قابل ذکر است که برای جو در منطقه گنبد برای تاریخ کاشت ۲۲ آذر، گلدهی در اواسط فروردین که دمای هوا تقریباً ۲۵ درجه سلسیوس است، اتفاق می‌افتد، اما برای تاریخ کاشت ۲۹ دی، گلدهی جو در اواسط اردیبهشت اتفاق می‌افتد که دمای هوا تقریباً ۳۴ درجه سلسیوس است (آمار هواشناسی ایستگاه تحقیقات کشاورزی گنبد، ۱۳۹۴) (شکل ۱).

قبل از اجرای آزمایش، عملیات شخم و یکنواخت‌سازی بستر کشت انجام شد. همچنین قبل از کاشت، از عمق ۳۰ سانتی‌متری خاک جهت اندازه‌گیری ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک نمونه‌برداری شد (جدول ۲). ارقام جو در دو متر طولی به‌صورت خطی و با فاصله ۲۰ سانتی‌متر و در دو تکرار در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با تعداد ۱۲۰ خطوط کشت، کشت شدند. میزان بذر مصرفی بر اساس تراکم ۲۷۰ بوته در مترمربع در نظر گرفته شد. هم‌زمان با کاشت، ۵۰ کیلوگرم پتاس از منبع کلرور پتاسیم (حاوی ۶۰ درصد پتاسیم)، ۲۰۰ کیلوگرم فسفر از منبع دی‌آمونیم فسفات (حاوی ۱۸ تا ۲۴ درصد فسفر و ۲۰ تا ۲۳ درصد نیتروژن) و ۲۰۰ کیلوگرم اوره (حاوی ۴۶ درصد نیتروژن) در سه مرحله در زمان‌های کاشت، طول‌شدن ساقه و ظهور گل‌آذین به زمین اضافه شد.

برداشت در زمان رسیدگی کامل محصول با کفر کردن کلیه بوته‌های دو ردیف میانی هر کرت بعد از حذف یک بوته

یکی از اهداف ضروری در اصلاح پایدار گیاه جو همیشه مدنظر بوده است (Abou-Elwafa et al., 2016).

پیچیدگی سازوکارهای تحمل به گرما پیشرفت کندی را در اصلاح عملکرد در محیط‌های مستعد گرما نشان می‌دهد. تحمل به گرما صفتی کمی است و روش اندازه‌گیری مستقیمی برای آن وجود ندارد. این امر باعث مشکل شدن شناسایی ژنوتیپ‌های متحمل به گرما می‌شود (Reynolds et al., 2001). غربال و انتخاب ژنوتیپ‌های مطلوب از راهکارهای مهم برنامه‌های اصلاحی گیاهان زراعی است که می‌توان آن را با استفاده از شاخص‌های تحمل تنش انجام داد. شاخص‌های تحمل یا حساسیت به تنش‌هایی مانند گرما، مقیاسی از تنش فراهم می‌کنند که بر اساس آن می‌توان میزان خسارت وارده به عملکرد تحت شرایط تنش را در مقایسه با شرایط بدون تنش ارزیابی و از آن برای غربال ژنوتیپ‌های متحمل به تنش استفاده کرد (Abou-Elwafa et al., 2016). شاخص‌های تحمل یا حساسیت مختلفی توسط محققان مختلف پیشنهاد شده است که از آن جمله می‌توان به شاخص حساسیت به تنش (SSI) پیشنهادی فیشر و مائورر (Fischer and Maurer, 1978)، شاخص تحمل به تنش (STI) پیشنهادی فرناندز (Fernandez, 1992)، شاخص تحمل (TOL) پیشنهادی روسیله و هامبلین (Rosielle and Hamblin, 1981)، میانگین بهره‌وری (MP) پیشنهادی روسیله و هامبلین (Rosielle and Hamblin, 1981)، میانگین بهره‌وری هندسی (GMP) پیشنهادی فرناندز (Fernandez, 1992)، شاخص پایداری عملکرد (YSI) پیشنهادی بوسلاما و چاپاق (Bousslama and Schapaugh, 1984) و شاخص عملکرد (YI) پیشنهادی گاووزی و همکاران (Gavuzzi et al., 1997) اشاره کرد.

فرناندز (Fernandez, 1992) واکنش گیاهان بر اساس عملکرد ژنوتیپ‌ها در محیط تنش و بدون تنش را به چهار گروه تقسیم کرد؛ گروه A ژنوتیپ‌هایی که در هر دو محیط عملکرد مناسب و بالایی دارند، گروه B ژنوتیپ‌هایی که در محیط بدون تنش عملکرد خوبی دارند، گروه C ژنوتیپ‌هایی که در محیط تنش عملکرد خوبی دارند و گروه D ژنوتیپ‌هایی که در هر دو شرایط عملکرد کمی دارند. بهترین شاخص آن است که بتواند گروه A را از سه گروه دیگر متمایز کند. انتخاب بر اساس ترکیبی از شاخص‌های تحمل ممکن است معیار مفیدتری برای اصلاح تحمل به گرما در جو فراهم آورد.

از ابتدا و انتهای ردیف‌ها به‌عنوان اثر حاشیه، انجام و سپس خرم‌کوبی بوته‌ها جهت جدا کردن دانه‌ها از کاه و کلس و اندازه‌گیری عملکرد دانه انجام شد. در انتها میانگین عملکرد دانه هر ژنوتیپ در دو تکرار به‌طور جداگانه برای هر تاریخ کاشت (کشت بهنگام به‌عنوان شرایط بدون تنش و کشت دیرهنگام به‌عنوان شرایط تنش گرمای پایان فصل) محاسبه و بر اساس آن، شاخص‌های ارزیابی‌کننده تحمل و حساسیت مختلف به تفکیک برای هر ژنوتیپ محاسبه شد.

جدول ۱. نام و شجره ژنوتیپ‌های مورد استفاده در پژوهش

Table 1. The studied barley genotypes in this research

کد Code	ژنوتیپ Genotype	شجره Pedigree
1	Zahak	POA/HJO//QJINA
2	Yousef	Lignee527/Chn-01//Gustoe/4/Rhn-08/3 /Deir Alla 106 //D171/Strain
3	Sahra	L.B.LRAN/UnaQL//Glorias"s"Com
4	Nosrat	Karon/Kavir
5	Fajr 30	Lignee131/Gerbel//Alger-Ceres
6	Badia	Local variety
7	Valfajr	CI-108985
8	Line 71-2	Ashar/Victoria//Cwb117-5-9-6/5/Lignee 527/Chn-01//Gustoe/4/Rhn-08/3/Deir Alla 106//D171/Strain 205/2-2
9	Line 72-2	Karoon/Kavir//Rhodes'S'//Tb/Chzo/3/Gloria'S'/6/ Bls-3(Sadik-10=(3896/1-3/4/1246/1-3/3/3887/28//3892/1-3/5/Grivita))-2
10	Nimroz	Trompillo
11	Peyghambari	Local variety
12	Lokht 5	Local variety
13	Line 79-2	Karoon/Kavir //Rhodes'S'//Tb/Chzo/3/Gloria'S'/6/ Bls-3(Sadik-10=(3896/1-3/4/1246/1-3/3/3887/28//3892/1-3/5/Grivita))-3
14	Line 80-2	Zarza'S'/Agave'S'//Cardo/3/79W40762/Puebleda/5/ D5(Lignee 527/Chn-01//Gustoe/4/Rhn-08/3/Deir Alla 106//D171/Strain 205)
15	Line 81-2	Bgs/Dajia//L.1242/3/(L.B.Iran/Una8271//Gloria'S'/3/Alm/Una80//....)/4/Salt-4(LB.Iran/Una 8271//Gloria"S"/Come"s"-11M/3/Kavir )
16	Line 82-2	Bgs/Dajia//L.1242/3/(L.B.Iran/Una8271//Gloria'S'/3/Alm/Una80//....)/4/Lignee 527/Nk1272//Jlb 70-63
17	Line 83-2	Dasht//Ebc(a)/Badia/3/Sahra
18	Line 84-2	Dasht//Ebc(a)/Badia/3/Lignee 527/Nk1272//Jlb 70-63
19	Line 85-2	(10th-Ebyt,Wb-88-16) Rojo/3/L.B.Iran/Una8271//Gloria"S"/Com"S"
20	Line 86-2	Dasht//Ebc(a)/Badia/3/Lignee 527/Nk1272//Jlb 70-63-1
21	Sina	Local variety
22	Fayezeh	Local variety
23	Line 89-2	Dasht//Ebc(a)/Badia/3/Lignee 527/Nk1272//Jlb 70-63-4
24	Line 90-2	Productive/Rihane-03//Nosrat-1
25	Line 91-2	Dasht//Ebc(a)/Badia/3/Lignee 527/Nk1272//Jlb 70-63-2
26	Line 92-2	Dasht//Ebc(a)/Badia/3/Lignee 527/Nk1272//Jlb 70-63-3
27	Line 93-2	Productive/Rihane-03//Nosrat-2
28	Line 94-2	Productive/Rihane-04/6/BlS-3(Sadik-10=(3896/1-3/4/1246/1-3/3/3887/28//3892/1-3/5/Grivita))-1
29	Lokht 7	Local variety
30	Lokht 17	Local variety
31	Harmal	Local variety
32	Line 98-2	Productive/Rihane-04/6/BlS-3(Sadik-10=(3896/1-3/4/1246/1-3/3/3887/28//3892/1-3/5/Grivita))-2
33	Line 99-2	Productive/Rihane-04/6/BlS-3(Sadik-10=(3896/1-3/4/1246/1-3/3/3887/28//3892/1-3/5/Grivita))-3
34	Line 100-2	Trompilu/4/Rhodes'S'//Tb/Chzo/3/Gloria'S' /5/ Sahra
35	Line 101-2	Cm67/Ipa265//Gustoe/Ipa7/3/D-10(Rhn-03//L.527/Nk1272)
36	Line 102-2	Ashar/Victoria//Cwb117-5-9-6/5/Lignee 527/Chn-01//Gustoe/4/Rhn-08/3/Deir Alla 106//D171/Strain 205

Table 1. Continued

جدول ۱. ادامه

کد	ژنوتیپ	شجره
Cod	Genotype	Pedigree
37	Line 103-2	Bereke-54/4/Legia/3/L.B.Iran/Una82 71//Gloria
38	Line 104-2	Trompilo/L.Moghan//Yousef-1
39	Line 105-2	Trompilo/L.Moghan//Yousef-2
40	Line 106-2	LB.Iran/Una 8271//Gloria"S"/Come"s"-11M/3/Kavir/4/Rhn-03//L.527/NK1272-1
41	Eizeh	Local variety
42	Afzal	Local variety
43	Line 109-2	LB.Iran/Una 8271//Gloria"S"/Come"s"-11M/3/Kavir/4/Rhn-03//L.527/Nk1272-2
44	Beicher	Local variety
45	Alcher	Local variety
46	Line 112-2	LB.Iran/Una 8271//Gloria"S"/Come"s"-11M/3/Kavir/4/Rhn-03//L.527/Nk1272-3
47	Zarjo	1-28-9926
48	Aras	Star
49	Line 115-2	Fajr30/3/Rhn-03//L.527/Nk1272-3
50	Line 116-2	Lignee 527/Nk1272//Jlb 70-63/5/Arbayan/Nk1272/4/Arar/3/Mari/Aths*2//M-Att-73-337-1
51	Line 117-2	L.527/Nk1272//Alanda/3/Alanda-01*2/4/Lignee 527/Nk1272//Jlb 70-63
52	Line 118-2	Ashar/Victoria//Cwb117-5-9-5/3/Kavir-1
53	Line 119-2	Ashar/Victoria//Cwb117-5-9-5/3/Kavir-2
54	Triton	Local variety
55	Line 125-2	Karoon/Kavir //Rhodes'S'/Tb/Chzo/3/Gloria'S' /4/Sahra-1
56	Line 126-2	Karoon/Kavir //Rhodes'S'/Tb/Chzo/3/Gloria'S' /4/Sahra-2
57	Khoram	Sfa-02/3/RM1508/Pro//W12269/4/Hml ArabiAbiad//ER/ApmICB92-0926-0AP-2AP-0AP
58	Mahor	Wi2291/Wi2269//Er/Apm
59	Line 129-2	Karoon/Kavir //Rhodes'S'/Tb/Chzo/3/Gloria'S' /4/Sahra-3
60	Line 130-2	Karoon/Kavir //Rhodes'S'/Tb/Chzo/3/Gloria'S' /4/Sahra-4
61	Line 131-2	Comp.Cr229//As46/Pro/3/Srs/4/Express/5/Yousef
62	Line 132-2	Kmk//Rbr/Wa2196-68/3/Ebc(A)/4/Icnb93-369-2
63	Line 133-2	WI2219//Mza/DL71/3/WI2198/Emir/4/Icnb93-328-1
64	Line 135-2	73M4-30/Rihane-03-1
65	Line 136-2	Rihane-03/3/Rihane//Aths/Bc
66	Line 138-2	Johoob/4/Post//Copal"s"/Gloria"s"/3/Kavir-1
67	Line 140-2	L.527/1-Bc-80100
68	Line 143-2	Kavir/Badia//1-Bc-80073
69	Line 144-2	Teran 78/1-Bc-80411
70	Line 149-2	Ashar/5/L.527/Chn-01//Gostoe/4/Rhn-08/3/Deir Alla106//DI71/Strain205
71	Line 178-2	LB.Iran/Una 8271//Gloria"S"/3/Kavir/4/Arigashar-1
72	Line 181-2	73M4-30/Rihane-03-2
73	Line 184-2	Johoob/4/Post//Copal"s"/Gloria"s"/3/Kavir-2
74	Line 186-2	Johoob/4/LB.Iran/una8271//Gloria"s"/3/L.Moghan-1
75	Line 187-2	Johoob/4/LB.Iran/una8271//Gloria"s"/3/L.Moghan-2
76	Hml/Bichy	Hml/Bichy
77	Line 195-2	Shuyler/3/M.RNB86.80/NB 2905//L.527/4/ICNB93-328
78	Line AB-2-10	LB.Iran/UNA 8271//Gloria"S"/3/Kavir/4/Arigashar-2
79	Ciru/M111	Ciru/M111
80	Ebyt-W-90-15	Gob/Aleli//Canela/3/Arupo*2/Jet/4/Arupo/K8755//Mora
81	Line AB-2-14	Kmk//Rbr/Wa2196-68/3/Ebc(A)/4/Icnb93-369-1
82	Line AB-2-15	D5(Lignee 527/Chn-01//Gustoe/4/Rhn-08/3/Deir Alla 106//DI71/Strain 205)/5/(Cabuya/Mja//Petunia 1)-1
83	Line AB-2-19	Rhn-03/3/Mr25-84/Att//Mari/Aths*3-02/4/Sahra-1
84	Line AB-2-5	Wa2138-68/III62-19/3/G.L./72Ab58/.../4/Granado
85	Line AB-2-9	Rihane//Aths/BC/3/Dictoo"s"/Wa 1094.76//Aloe/Rue
86	Line EB-91-12-2	Cin/80.5138//Gloria/Copal"s"/3/Icnb93-328
87	Line EB-91-13	WI2219//Mza/DI71/3/WI2198/Emir/4/Icnb93-328-2

Table 1. Continued

جدول ۱. ادامه

کد	ژنوتیپ	شجره
Co	Genotype	Pedigree
88	Productive	Local variety
89	Eram	Local variety
90	D 10	Local variety
91	Line EB-92-1	L.527/1-Bc-80100-4
92	Line EB-92-11	Kavir*2/Zdm938/Icnb93-369-1
93	Line EB-92-13	Kavir*2/Zdm938/Icnb93-369-2
94	Line EB-92-16	P.sto/3/Lbiran/Una80//Lignee640/4/Bllu/5/Petunia 1/6/Zigzig/4/Egypt4/Teran78//P.sto/3/Quina
95	Line EB-92-17	P.sto/3/Lbiran/Una80//Lignee640/4/Bllu/5/Petunia 1/6/Zigzig//Cucapah/Puebla
96	Line EB-92-3	Arupo/K8755//Mora/3/Msel
97	Line EB-92-4	Sumbard400/Bermejo//Sen/3/Tocte/4/Sumbard400/Bermejo//Sen/3/Sumbard400/ 5/Alanda
98	Line EB-92-7	L.527/1-Bc-80100-4
99	Line EB-92-8	Zabol-F6-2761
100	Line EB-92-9	Ebyt-W-91-17 (Rhn-03/Anodium//Icnb 93-328)
101	Line EB-YT-90-5-2	D5(Lignee 527/Chn-01//Gustoe/4/Rhn-08/3/Deir Alla 106//DI71/Strain 205)/5/(Cabuya/Mja//Petunia 1)-2
102	Dasht	Probestdwarf
103	Makohy	Star
104	5 Shori	Rodasht1
105	4 Shori	Rodasht
106	12 Shori	Rodasht2
107	Reyhan	Rihane
108	Mb 8212	Behrokh
109	Gorgan 4	Herta
110	Kavir	Arivat
111	Jonob	Gloria s / copal s
112	Shirin	Local variety
113	Torsh	Local variety
114	Bahman	CWB111-5-905
115	Eb 88-16	Rojo/3/LB.IRAN/Una8271//Gloria"S"/Com"S"
116	Komino	Local variety
117	Khoshk12	Local variety
118	Cm67/Ipa265	Cm67/Ipa265
119	Karon	Strain 205
120	Karaj	Local variety

جدول ۲. ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه آزمایشی

Table 2. Physical and chemical properties of the experimental soil

EC	Organic carbon	Total nitrogen	Phosphorus	Potassium	Sand	Clay	Silt
هدایت الکتریکی	کربن آلی	نیترژن کل	فسفر	پتاسیم	شن	رس	سیلیت
ds m <sup>-1</sup>	-----%	-----%	-----mg kg <sup>-1</sup>	-----%	-----%	-----%	-----%
1.44	0.15	0.14	14.12	321	10.41	40.4	49.19

$$SSI = \frac{I - (Y_S/Y_P)}{SI}$$

[۱]

(۱) شاخص حساسیت به تنش (SSI, Stress Susceptibility Index) فیشر و مائورر (Fischer and Maurer, 1978) با استفاده از رابطه (۱) که در آن، SI شدت

$$SI = 1 - \left( \frac{\bar{Y}_S}{\bar{Y}_P} \right)$$

[۲]

تنش بوده و از رابطه (۲) محاسبه شد:

## نتایج و بحث

## تجزیه واریانس

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اختلاف بسیار معنی‌داری بین ارقام از نظر عملکرد دانه ژنوتیپ‌های جو در دو شرایط تنش و عدم تنش در سطح احتمال یک درصد وجود داشت (جدول ۳) که بیانگر وجود تنوع ژنتیکی و امکان انتخاب برای تحمل به گرما است، همچنین برهم‌کنش ژنوتیپ در تنش معنی‌دار بود که واکنش متفاوت ژنوتیپ‌ها را در شرایط مختلف برای این صفات نشان می‌دهد. از این تنوع بالا می‌توان در تولید جمعیت‌های در حال تکلیک برای استفاده در برنامه‌های اصلاحی و مکان‌یابی ژن‌های کنترل‌کننده صفات مزبور مورد استفاده قرار گیرد، قابل‌ذکر است ژرم‌پلاسم مورد مطالعه تنوع لازم را برای انتخاب والد‌های مناسب متحمل به گرما دارد.

جدول ۳. نتایج تجزیه واریانس مرکب عملکرد دانه ژنوتیپ‌های

مورد مطالعه در محیط‌های بدون تنش و تنش

Table 3. Result of grain yield combined analysis of variance of studied genotypes in non-stress and stress conditions

Sources of Variations	منابع تغییرات	درجه	
		آزادی df	عملکرد دانه Yield
Stress	تنش	1	50113.12**
Error1	خطای اول	2	3019.31
Genotype	ژنوتیپ	119	2311.64**
Genotype×Stress	ژنوتیپ×تنش	119	2018.32**
Error 2	خطای دوم	238	1132.405
C.V %	ضریب تغییرات		30.41

ns, \* and \*\*: Not-significant and significant at 5% and 1% probability levels, respectively

نتایج مقایسه میانگین عملکرد دانه ژنوتیپ‌ها در دو شرایط آزمایشی به روش حداقل تفاوت معنی‌دار محافظت-شده (PLSD) نشان داد که کمترین و بیشترین عملکرد در شرایط بدون تنش مربوط به ژنوتیپ‌های ۳۹ و ۱۱۳ به ترتیب با ۵۹ و ۲۸۵/۷۸ گرم در مترمربع و در شرایط تنش مربوط به ژنوتیپ‌های ۲۱ و ۶۸ به ترتیب با ۱۴/۲۷ و ۱۹۱/۱۲ گرم در مترمربع بود (جدول ۴).

(۲) شاخص تحمل به تنش (STI, Stress Tolerance Index) فرناندز (Fernandez, 1992):

$$STI = \frac{Y_P \times Y_S}{\bar{Y}_P^2} \quad [3]$$

(۳) شاخص تحمل (TOL, Tolerance Index) روسیله و هامبلین (Rosielle and Hamblin, 1981):

$$TOL = \frac{Y_P}{Y_S} \quad [4]$$

(۴) بهره‌وری متوسط (MP, Mean Productivity) روسیله و هامبلین (Rosielle and Hamblin, 1981):

$$MP = \frac{Y_P + Y_S}{2} \quad [5]$$

(۵) میانگین هندسی بهره‌وری (GMP, Geometric Mean Productivity) فرناندز (Fernandez, 1992):

$$GMP = \sqrt{Y_P \times Y_S} \quad [6]$$

(۶) شاخص پایداری عملکرد (YSI, Yield Stability Index) بوسلاما و چاپاق (Bouslama and Schapaugh, 1984):

$$YSI = \frac{Y_S}{Y_P} \quad [7]$$

(۷) شاخص عملکرد (YI, Yield Index) گاووزی و همکاران (Gavuzzi et al., 1997):

$$YI = \frac{Y_S}{\bar{Y}_S} \quad [8]$$

در روابط بالا  $Y_P$  و  $Y_S$  به ترتیب عملکرد هر ژنوتیپ تحت شرایط تنش و بدون تنش و  $\bar{Y}_P$  و  $\bar{Y}_S$  به ترتیب میانگین عملکرد همه ژنوتیپ‌ها تحت شرایط بدون تنش و تنش است. قبل از تجزیه و تحلیل آماری داده‌های آزمایش، ابتدا مفروضات تجزیه واریانس شامل آزمون‌های نرمال بودن خطاهای آزمایشی، یکنواختی واریانس‌ها و استقلال خطاهای آزمایشی به ترتیب با استفاده از آزمون‌های بارتلت و لون انجام و پس از تأیید این مفروضات، تجزیه واریانس عملکرد دانه ژنوتیپ‌های مورد مطالعه در محیط‌های بدون تنش و تنش انجام و سپس مقایسه میانگین آن‌ها به روش آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار محافظت‌شده (PLSD, Protected Least Significant Difference) با استفاده از نرم‌افزار SAS (Ver. 9.2) انجام شد. سپس تجزیه همبستگی بین عملکرد در محیط‌های تنش و بدون تنش و شاخص‌ها، تجزیه به مؤلفه‌های اصلی و تجزیه خوشه‌ای با روش حداقل واریانس WARD به کمک نرم‌افزار SPSS (Ver. 19) انجام و در انتها ژنوتیپ‌های متحمل و حساس به تنش گرما شناسایی و معرفی شدند.



جدول ۴. مقایسه میانگین عملکرد دانه (گرم بر مترمربع) ژنوتیپ‌ها در محیط‌های بدون تنش و تنش به روش آزمون PLSD

Table 4. Comparison of grain yield mean of genotypes in non-stress and stress conditions using PLSD test

شماره ژنوتیپ Genotype number	عملکرد در		تفاوت عملکرد Yield difference	شماره ژنوتیپ Genotype number	عملکرد در		تفاوت عملکرد Yield difference
	شرایط بدون تنش Yield at non-stress conditions	عملکرد در شرایط تنش Yield at stress conditions			شرایط بدون تنش Yield at non-stress conditions	عملکرد در شرایط تنش Yield at stress conditions	
	----- g m <sup>2</sup> -----			----- g m <sup>2</sup> -----			
1	97.92	113.23	-15.31*	42	135.72	127.33	8.39*
2	121.27	108.48	12.79*	43	170.90	76.80	94.1**
3	95.78	108.75	-12.97*	44	169.63	122.23	47.4**
4	60.10	92.45	-32.35**	45	136.75	71.60	65.15**
5	69.77	90.27	-20.5**	46	130.19	116.95	13.24*
6	125.40	107.07	18.33**	47	261.50	106.77	154.73**
7	109.48	126.30	-16.82**	48	216.36	107.47	108.89**
8	111.02	137.03	-26.01**	49	170.30	141.17	29.13**
9	85.83	135.13	-49.3**	50	85.72	102.93	-17.21**
10	127.70	107.72	19.98**	51	168.95	104.64	64.31**
11	78.65	106.82	-28.17**	52	141.08	129.05	12.03*
12	120.27	108.12	12.15*	53	95.17	89.42	5.75 <sup>ns</sup>
13	74.37	106.67	-32.3**	54	124.00	115.48	8.52*
14	107.05	59.53	47.52**	55	133.42	103.13	30.29**
15	127.00	68.68	58.32**	56	193.68	107.87	85.81**
16	86.05	113.08	-27.03**	57	110.67	127.78	-17.11**
17	109.08	78.22	30.86**	58	89.67	74.50	15.17*
18	178.10	97.92	80.18**	59	163.87	121.15	42.72**
19	128.12	73.09	55.03**	60	105.03	103.40	1.63 <sup>ns</sup>
20	136.80	80.65	56.15**	61	82.53	126.03	-43.5**
21	131.20	14.27	116.93**	62	159.05	124.63	34.42**
22	87.38	139.65	-52.27**	63	163.98	72.33	91.65**
23	143.42	147.45	-4.03**	64	177.13	107.22	69.91**
24	107.65	93.27	14.38**	65	165.44	91.97	73.47**
25	182.92	106.01	76.91**	66	142.20	74.17	68.03**
26	87.63	117.05	-29.42**	67	96.43	90.55	5.88 <sup>ns</sup>
27	107.35	60.20	47.15**	68	122.92	191.12	-68.2**
28	95.80	115.00	-19.2**	69	115.87	95.97	19.9**
29	161.12	138.45	22.67**	70	113.02	132.45	-19.43**
30	168.85	90.35	78.5**	71	77.43	120.90	-43.47**
31	184.80	97.91	86.89**	72	140.42	68.15	72.27**
32	68.12	89.82	-21.7**	73	121.98	125.98	-4 <sup>ns</sup>
33	78.70	64.43	14.27**	74	195.17	136.11	59.06**
34	82.03	148.40	-66.37**	75	116.60	115.33	1.27 <sup>ns</sup>
35	107.40	97.75	9.65*	76	144.92	88.44	56.48**
36	97.00	132.00	-35**	77	153.33	92.25	61.08**
37	109.23	82.75	26.48**	78	106.35	79.02	27.33**
38	128.13	106.07	22.06**	79	130.83	116.70	14.13*
39	59.00	82.97	-23.97**	80	105.85	97.750	8.1*
40	123.88	111.25	12.63*	81	107.90	110.500	-2.6 <sup>ns</sup>
41	90.15	98.17	-8.02*	82	207.78	115.500	92.28**

Table 4. Continued

جدول ۴. ادامه

شماره ژنوتیپ Genotype number	عملکرد در شرایط بدون تنش Yield at non-stress conditions	عملکرد در شرایط تنش Yield at stress conditions	تفاوت عملکرد Yield difference	شماره ژنوتیپ Genotype number	عملکرد در شرایط بدون تنش Yield at non-stress conditions	عملکرد در شرایط تنش Yield at stress conditions	تفاوت عملکرد Yield difference
83	175.87	111.43	64.43**	102	123.80	75.70	48.1**
84	150.98	81.78	69.19**	103	207.55	122.11	85.437**
85	106.58	119.93	-13.35*	104	95.10	109.60	-14.5*
86	141.77	131.22	10.55*	105	246.50	105.49	141.00**
87	126.47	107.48	18.983**	106	275.33	116.99	158.33**
88	113.23	73.43	39.797**	107	100.75	131.54	-30.79**
89	70.52	120.70	-50.18**	108	206.76	66.88	139.88**
90	111.47	117.66	-6.197*	109	96.91	83.71	13.19*
91	135.17	119.08	16.087**	110	128.60	129.87	-1.27 <sup>ns</sup>
92	142.20	122.60	19.6**	111	142.49	110.49	31.99**
93	98.53	151.80	-53.27**	112	79.01	63.64	15.36*
94	106.80	68.61	38.183**	113	285.78	94.00	191.78**
95	102.02	114.80	-12.78*	114	173.72	78.26	95.45**
96	140.45	120.06	20.383**	115	144.00	78.61	65.38**
97	130.30	105.08	25.215**	116	175.83	142.81	33.01**
98	191.33	168.98	22.347**	117	191.32	87.39	103.93**
99	130.65	146.13	-15.483*	118	138.23	109.73	28.49**
100	149.27	94.23	55.037**	119	124.43	103.31	21.11**
101	143.38	94.58	48.797**	120	149.97	72.37	77.6**
PLSD <sub>5%</sub>	59.08	81.63		PLSD <sub>5%</sub>	59.08	81.63	

ns, \*, \*\* : به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪.

ns, \* and \*\*: Not-significant and significant at 5% and 1% probability levels, respectively

گیاه و اجزای عملکرد مشاهده و مقدار کاهش عملکرد نیز به مدت تنش، مرحله رشد و شدت تنش بستگی داشت، به طوری که در شرایط شاهد گیاهان بیشترین مقدار اجزای عملکرد را داشتند و بنابراین عملکرد بیشتری نیز تولید کردند. عمال (Amal, 2016) مقدار کاهش عملکرد، ارتفاع گیاه، تعداد پنجه، بیوماس و سطح برگ پرچم را در شرایط تنش گرما گزارش و مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار در کاهش عملکرد دانه تحت شرایط تنش را کاهش اندازه برگ و ارتفاع گیاه عنوان کردند.

حبیبی و همکاران (Habibi et al., 2012) دلیل کاهش وزن هزار دانه در تاریخ کشت‌های دوم و سوم هم‌زمانی پر شدن دانه با گرمای خردادماه و چروکیده شدن دانه‌ها دانستند. به‌طور کلی اگر دوران پر شدن دانه منطبق بر زمان افزایش دمای محیط و تنش گرما باشد نتیجه آن کاهش عملکرد، اجزای عملکرد و دیگر صفات مرتبط با آن است. از

در محیط بدون تنش پس از ژنوتیپ ۱۱۳، ژنوتیپ‌های ۱۰۶، ۴۷، ۱۰۵ و ۴۸ عملکرد بالایی داشتند؛ اما در محیط تنش پس از ژنوتیپ ۶۸، ژنوتیپ‌های ۹۳، ۴۹، ۲۹ و ۸ بیشترین عملکرد را داشتند.

به‌طور کلی تنش گرما باعث کاهش ۲۵/۳۵ درصدی عملکرد دانه در ژنوتیپ‌های مورد بررسی گردید که نشان‌دهنده اثر منفی دماهای تنش‌زا بر گیاه بود. این نتایج با یافته‌های ماهالینگام و همکاران (Mahalingam et al., 2019) مبنی بر کاهش عملکرد در تنش گرما مطابقت داشت، این محققان ۲۲/۱ درصد کاهش عملکرد گزارش کردند و درصد خسارت بین ارقام مختلف متفاوت بود.

مدحج و همکاران (Modhej et al., 2016) با بررسی روی ژنوتیپ‌های جو گزارش کردند که وقوع تنش گرما باعث کاهش قابل توجه عملکرد دانه در کلیه ژنوتیپ‌ها شد و بیشترین آسیب ناشی از تنش برای صفات مرتبط با عملکرد

کمترین شاخص SSI و TOL نیز به ترتیب مربوط به ژنوتیپ‌های ۳۴ (line 100-2) و ۶۸ (line 143-2) و بیشترین مقدار این دو شاخص متعلق به ژنوتیپ‌های ۲۱ (Sina) و ۱۱۳ (Torsh) بود. از آنجاکه مقادیر بالای شاخص‌های TOL و SSI حساسیت بیشتر ژنوتیپ‌ها به تنش را نشان می‌دهند، بنابراین ژنوتیپ‌ها بر اساس مقدار کم این دو شاخص انتخاب می‌شوند، زیرا در این صورت ژنوتیپ‌ها در شرایط تنش کاهش عملکرد کمتری نسبت به شرایط غیر تنش خواهند داشت. (Parashar et al., 2019).

#### همبستگی بین شاخص‌های مورد مطالعه و عملکرد ژنوتیپ‌ها در دو شرایط کشت

برای تعیین برترین شاخص‌های تحمل یا حساسیت که بتوانند برای شناسایی ژنوتیپ‌های متحمل استفاده شوند، ضرایب همبستگی که بین شاخص‌های گرما و عملکرد دانه در شرایط نرمال و تنش گرما برآورد شدند. جدول ۵ نشان داد شاخص‌های YI، STI، GMP و MP به ترتیب بیشترین ارتباط معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد را با عملکرد بوته در شرایط بدون تنش و تنش دارند؛ بنابراین در این پژوهش از آن‌ها به‌عنوان معیار شناسایی ژنوتیپ‌های متحمل و حساس استفاده شد.

طرفی در اثر اعمال تنش گرما، گیاه با سرعت بیشتری دوره رشد خود را کامل می‌کند و وارد مرحله زایشی می‌شود، بنابراین دوره کوتاه‌تری را برای افزایش طول سنبله و تولید سنبله دارد، لذا طول سنبله کاهش می‌یابد و به‌طور غیرمستقیم عملکرد را کاهش می‌دهد. ساوین و نیکلاس (Savin and Nikolas, 1999) نیز معتقدند که مصادف شدن مرحله پر شدن دانه جو با گرما می‌تواند موجب تسریع پیری، کاهش وزن دانه و کاهش طول دوره پر شدن دانه شود. عملکرد بالای ارقام متحمل از طریق سرعت بالای پر شدن در طول دوره کوتاه پر شدن دانه به دست می‌آید.

نتایج پژوهش عمال و همکاران (Amal, 2016) مبنی بر تأثیر تنش گرمای انتهای فصل بر کاهش دوره رشد رویشی سنبله و در نتیجه کاهش شمار سنبله در سنبله و عملکرد دانه جو، نتایج این تحقیق را تأیید می‌کنند و در هر دو بررسی علت این عکس‌العمل می‌تواند مربوط به دمای تقریباً یکسان (حدود ۳۵ درجه سانتی‌گراد) در انجام هر دو بررسی باشد. از نظر شاخص‌های کمی تحمل به گرما، بیشترین مقدار شاخص تحمل به تنش (STI) و میانگین هندسی عملکرد (GMP) مربوط به ژنوتیپ‌های ۹۸ (Line EB-92-7) و ۱۰۶ (shori۱۲) بود. ژنوتیپ‌های مذکور که در هر دو محیط عملکرد قابل قبولی داشتند، بالا بودن عملکرد در شرایط بدون تنش لزوماً عملکرد بالا در شرایط تنش را نشان نمی‌دهد (Talebi et al., 2009).

جدول ۵. ضرایب همبستگی بین عملکرد در شرایط تنش و بدون تنش با شاخص‌های تحمل در ژنوتیپ‌های جو

Table 5. Correlation coefficients between yield in stress and nonstress conditions with tolerance indices in barley genotypes

YP	YS	STI	GMP	MP	YSI	YI	TOL	SSI
YP	0.43**	0.83**	0.83**	0.78**	0.29**	1**	-0.28**	-0.29**
YS		0.73**	0.85**	0.9**	-0.57**	0.43**	0.73**	0.57**
STI			0.92**	0.91**	-0.1 <sup>ns</sup>	0.83**	0.15*	0.13 <sup>ns</sup>
GMP				1**	-0.21**	0.83**	0.28**	0.21**
MP					-0.24**	0.78**	0.36**	0.24**
YSI						0.29**	-0.83**	-1**
YI							-0.28**	-0.29**
TOL								0.83**

ns، \* و \*\*: به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪. Yp: عملکرد در شرایط عدم تنش، Ys: عملکرد در شرایط تنش، SSI: شاخص حساسیت به تنش، STI: شاخص تحمل به تنش، GMP: میانگین هندسی بهره‌وری، MP: بهره‌وری متوسط، YSI: شاخص پایداری عملکرد، TOL: شاخص تحمل، YI: شاخص عملکرد.

ns, \* and \*\*: Not-significant and significant at 5% and 1% probability levels, respectively. YP: Yield in non-stress condition, YS: Yield in stress condition, SSI: stress susceptibility index, STI: stress tolerance index, GMP: geometric mean productivity, MP: mean productivity, YSI: yield stability index, TOL: tolerance, YI: yield index.

به خشکی و تعیین بهترین شاخص‌ها با استفاده از ۲۰ ژنوتیپ جو دریافتند که چهار شاخص *MP*، *GMP*، *YI* و *STI* به دلیل همبستگی بالا با عملکرد دانه ژنوتیپ‌ها در دو محیط، مناسب‌ترین شاخص‌ها برای غربال کردن ژنوتیپ‌ها می‌باشند. نتایج تحقیقات واعظی و باوی (Vaezi and Bavi, 2012) نشان داد که تنش گرمای ناشی از اعمال دیرکاشتی به صورت معنی‌داری میانگین دوسالانه تعداد سنبله در واحد سطح، تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه و عملکرد دانه را به ترتیب به میزان ۲۲/۲۵، ۳/۶، ۳/۶ و ۸/۳۴ درصد کاهش داد ولی طول دوره پر شدن دانه کاهش معنی‌داری نداشت. تعداد روز تا سنبله‌دهی بیشترین همبستگی معنی‌دار (۰/۶۵-) را با عملکرد در شرایط تنش نشان داد. در بررسی این محققان نیز شاخص‌های میانگین محصول‌دهی (*MP*)، میانگین هندسی محصول‌دهی (*GMP*) و شاخص تحمل تنش (*STI*) که در هر دو شرایط تنش و طبیعی همبستگی مثبت، معنی‌دار و بسیار بالاتری با عملکرد داشتند، مناسب‌ترین شاخص‌ها در شناسایی رگه‌های متحمل به گرما و پرمحصول در هر دو شرایط طبیعی و تنش گرما بودند.

در مطالعه هلال و همکاران (Hellal et al., 2019) نیز نشان داده شد که شاخص‌های *STI*، *MP* و *GMP* با داشتن همبستگی مثبت و معنی‌دار به‌عنوان شاخص‌های برتر جهت شناسایی ارقام و لاین‌های متحمل می‌باشند. آن‌ها از این شاخص‌ها برای گروه‌بندی ارقام به روش تجزیه خوشه‌ای استفاده کردند.

#### تجزیه به مؤلفه اصلی

بر اساس نتایج حاصل از تجزیه به مؤلفه‌های اصلی، دو مؤلفه اصلی بیشترین درصد تغییر داده‌ها (۹۹/۲۱ درصد) را توجیه کردند (جدول ۶).

همبستگی مثبت معنی‌دار عملکرد در شرایط تنش با شاخص‌های *MP*، *STI* و *GMP* قبلاً نیز گزارش شده بود و این شاخص‌ها به‌عنوان شاخص‌های مناسب برای انتخاب ارقام متحمل معرفی شده بودند (Farshadfar et al., 2012b). شاخص‌های *MP* و *GMP* به دلیل همبستگی مثبت خیلی معنی‌دار ( $r=1$ ) با هم می‌توانند جایگزین یکدیگر شوند. این دو شاخص ارتباط مثبت خیلی معنی‌دار با شاخص *STI* نشان دادند.

در بررسی جهان‌بین و همکاران (Jahanbin et al., 2003)، همبستگی مثبت و معنی‌داری بین میانگین عملکرد دانه و وزن خشک کل بوته با شاخص‌های *STI*، *YI*، *MP*، *HARM* و *GMP* مشاهده شد. شاخص‌های مذکور نسبت به شاخص‌های *SSI*، *YSI* و *TOL* معیار گزینش بهتری را برای عملکرد دانه و وزن خشک کل بوته ارائه کردند. همچنین در مطالعه دیگر ارتباط قوی عملکرد دانه با *STI* در شرایط تنش گرمایی در گیاه جو گزارش شده است (Bahrami et al., 2020) که نتایج بررسی این محققین در راستای پژوهش حاضر است.

همچنین در بررسی شاخص‌های تحمل به گرما در گندم نیز سه شاخص *GMP*، *STI* و *YI* جز شاخص‌های مهم شناخته شدند که جهت تشخیص ژنوتیپ‌های با عملکرد بالا در هر دو شرایط تنش و عدم تنش برای غربالگری تحمل به گرما استفاده شدند (Modaresi et al., 2011).

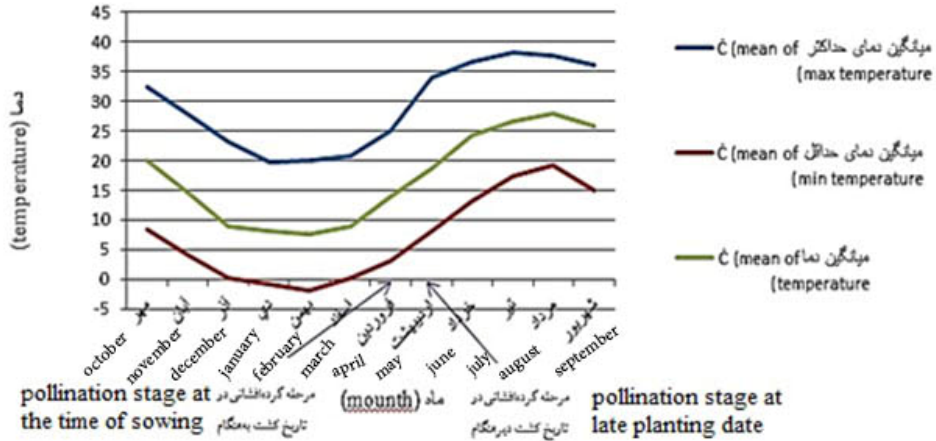
همبستگی مثبت و بالای شاخص‌های *MP*، *GMP*، *YI* و *STI* قبلاً نیز گزارش شده بود. به طوری که این شاخص‌ها به‌عنوان شاخص‌های قابل‌استفاده به‌جای یکدیگر معرفی شده بودند و بهترین شاخص‌ها برای شناسایی ارقام با عملکرد بالا در محیط‌های مختلف بودند (Mahdavi et al., 2012). همچنین این محققان به‌منظور شناسایی ژنوتیپ‌های متحمل به تنش خشکی جو و غربال کردن شاخص‌های کمی تحمل

جدول ۶. تعداد، مقادیر ویژه و درصد واریانس تجمعی مؤلفه‌های اصلی و شاخص‌های تحمل و عملکرد در دو شرایط در ژنوتیپ‌های جو.  
Table 6. Number, eigenvalues, the percentage of cumulative variance of principal components and tolerance indices and yield under non- stress and stress in barley genotypes.

مؤلفه اصلی Principal component	مقادیر ویژه Eigen value	واریانس تجمعی Cumulative variance (%)	عملکرد در	عملکرد	بهره‌وری متوسط MP	میانگین هندسی بهره‌وری GMP	شاخص تحمل به تنش STI	شاخص تحمل TOL	شاخص حساسیت به تنش SSI
			شرایط عدم تنش Yp	در شرایط تنش Ys					
PCA-1	4.237	66.321	0.439	0.012	-0.967	-0.312	-0.281	0.102	0.528
PCA-2	1.924	99.213	0.631	0.788	0.851	0.921	0.946	0.012	0.04

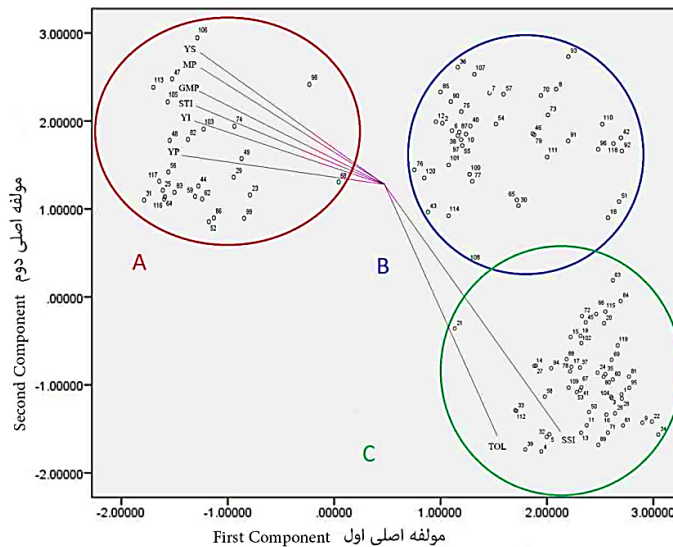
کمتز این شاخص‌ها مدنظر است و با توجه به رابطه مثبت مؤلفه اول با این شاخص‌ها، بهتر است از مقادیر کمتر این مؤلفه استفاده شود. این مؤلفه بنام مؤلفه حساسیت به تنش قابل نام‌گذاری است، چراکه رابطه مثبت با شاخص SSI نیز دارد. بر مبنای این مؤلفه ارقامی برگزیده می‌شوند که در شرایط بدون تنش عملکرد بالا و شاخص SSI بالایی دارند.

در شناسایی ارقام پرمحصول در محیط‌های بدون تنش و تنش، برای بررسی رابطه بین آن‌ها با عملکرد دانه ژنوتیپ‌های مختلف از نمودار بای‌پلات بر مبنای دو مؤلفه اول و دوم استفاده شد (شکل ۲). مؤلفه اول ۶۶/۳۲ درصد از تغییرات کل داده‌ها را توجیه کرد و همبستگی مثبت با شاخص‌های SSI و عملکرد در شرایط بدون تنش داشت. از آنجاکه مقادیر



شکل ۱. نمودار تغییرات دمایی در ماه‌های مختلف فصل رشد با استفاده از میانگین ۲۰ ساله آمار هواشناسی ایستگاه تحقیقات کشاورزی گنبد.

Fig.1. Temperature change graph in different months of the growing season using the 20-year average meteorological statistics of Gonbad Agricultural Research Station



شکل ۲. گروه‌بندی و نمایش بای‌پلات ژنوتیپ‌های جو در تنش شاخص تحمل به گرما به همراه عملکرد در محیط‌های بدون تنش و تنش بر اساس دو مؤلفه اول و دوم. (A، B و C به ترتیب گروه متحمل، نیمه حساس و حساس است).

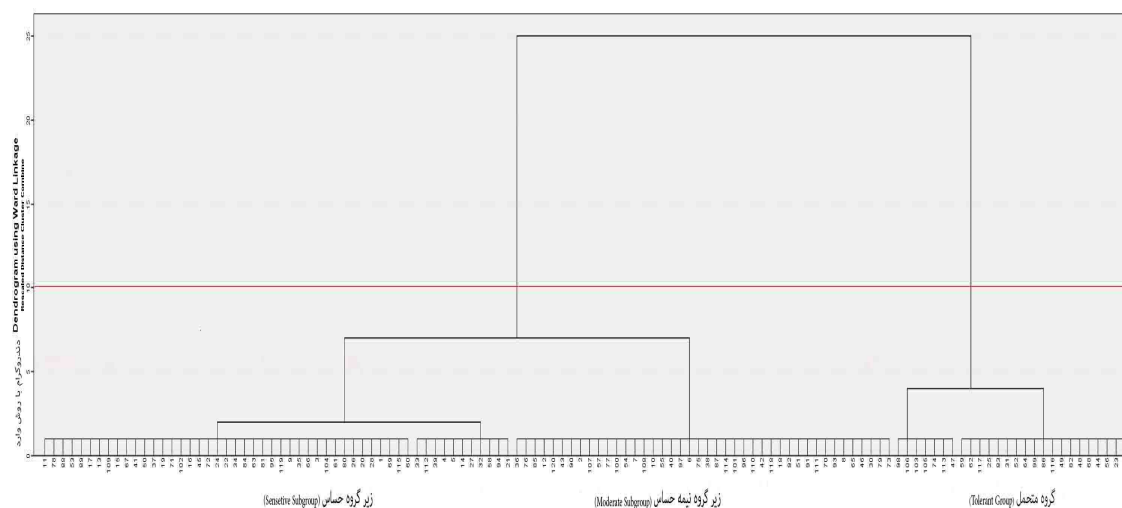
Fig. 2. Barley genotypes cluster and biplot display in 6 heat tolerance indices with yield in non-stress and stress environments base on first and second components.

به‌طور کلی بر طبق نمایش بای پلات ژنوتیپ‌های مورد بررسی بر اساس اولین و دومین مؤلفه اصلی (شکل ۱) ناحیه بالا سمت چپ نمودار بای پلات ناحیه تحمل است؛ یعنی ژنوتیپ‌هایی که در این ناحیه می‌باشند، تحمل بیشتری به تنش داشته و عملکرد آن‌ها در دو شرایط تنش و بدون تنش نیز بیشتر است. در مقابل سمت راست و پایین نمودار ژنوتیپ‌هایی قرار می‌گیرند که در هر دو شرایط محیطی پتانسیل عملکرد بالایی نداشتند و مقادیر بالای SSI و TOL را داشتند، بنابراین به‌عنوان ژنوتیپ‌های حساس به تنش گرما معرفی شدند.

در پژوهش سلیمانی و همکاران (Soleimani et al., 2017) بر اساس نتایج تجزیه به مؤلفه‌های اصلی و بای پلات، شاخص‌های MP، GMP، STI به‌عنوان شاخص‌های مناسب برای تفکیک ژنوتیپ‌های متحمل و حساس از یکدیگر شناخته شدند که با نتایج تحقیق حاضر مطابقت داشت.

نتایج نشان داد که ۳۲/۸۹ درصد از تغییرات کل داده‌ها مربوط به مؤلفه دوم بود که همبستگی مثبت و بالایی با Yp، Ys، MP، GMP، STI و همبستگی ضعیفی با SSI و TOL داشت. با توجه به اینکه مقادیر پایین دو شاخص TOL و SSI و مقدار بالای عملکرد مورد نظر است، لذا در مؤلفه دوم ارقامی قرار می‌گیرند که در دو شرایط، عملکرد بالا و TOL و SSI پایین‌تری دارند؛ بنابراین این مؤلفه بنام مؤلفه تحمل به تنش نام‌گذاری گردید. نتیجه حاصل با نتایج سلیمانی (Soleimani, 2016) و فیضی و همکاران (Feizi et al., 2020) مطابقت دارد و در بررسی این محققین نیز ارقامی که در دو شرایط، عملکرد بالا و TOL و SSI پایین‌تری داشتند، در یک مؤلفه جای گرفتند. در نتیجه می‌توان از روی بای پلات حاصله با توجه به مقادیر بالای این مؤلفه ارقام متحمل به گرما با عملکرد بالا را انتخاب کرد.

با توجه به رابطه مؤلفه‌ها و شاخص‌های مورد بررسی، مقادیر کمتر مؤلفه اول و مقادیر بالاتر مؤلفه دوم مدنظر است.



شکل ۳. دندروگرام حاصل از گروه‌بندی ژنوتیپ‌های جو بر اساس ۶ شاخص و عملکرد در شرایط بدون تنش (Yp) و تنش (Ys) با روش ward.

Fig. 3. Barley genotypes dendrogram of classification based on six indices MP, GMP, STI, SSI, TOL and YI and yield under non-stress (Yp) and stress (Ys) with ward method.

عملکرد بوته در شرایط بدون تنش و تنش گرما در تجزیه خوشه‌ای استفاده شد. دندروگرام حاصل از این تجزیه (شکل ۳) نشان می‌دهد. بهترین نقطه برش برای رسیدن به گروه‌هایی که بتوانند حداکثر اختلاف را از هم داشته باشند، نقطه - ای بود که کلیه ژنوتیپ‌ها را به دو یا سه گروه تقسیم کند.

تجزیه خوشه‌ای بر اساس اطلاعات حاصل از شاخص‌های تحمل در شرایط تنش گرما

بر اساس نتایج ضریب همبستگی بین شاخص‌ها و عملکرد در شرایط بدون تنش و تنش گرما، به‌منظور گروه‌بندی ژنوتیپ‌ها از شاخص‌های تحمل MP، GMP، STI، YI و همچنین

شاخص‌های مورداستفاده در تمایز کلاس ژنوتیپ‌ها، میانگین شاخص‌ها برای هر گروه و انحراف از میانگین کل برای همان شاخص در شرایط تنش گرما مطابق روش بکار رفته توسط رشیدی و همکاران (Rashidi et al., 2007) محاسبه شد. نتایج به‌دست‌آمده در جدول ۷ نشان داد گروه متحمل، زیرگروه نیمه حساس و زیرگروه حساس به ترتیب شامل ۲۶، ۴۲ و ۵۲ ژنوتیپ بودند.

آزمون تجزیه تابع تشخیص برای هر دونقطه (تشکیل دو و سه گروه) معنی‌دار به دست آمد، اما از آنجایی که تشکیل دو گروه بسیار معنی‌دارتر از سه گروه بود، بر این اساس ژنوتیپ‌ها به دو گروه شامل گروه اول متحمل به تنش گرما و گروه دوم غیرمتحمل به تنش گرما تفکیک شدند و سپس گروه دوم بر اساس مقادیر عملکرد در دو شرایط و شاخص‌های مختلف، خود به دو زیرگروه نیمه‌حساس و حساس به تنش گرما تفکیک شد. برای مشخص نمودن میزان تأثیر هر یک از

جدول ۷. اعضا، میانگین و درصد انحراف از میانگین کل گروه‌های حاصل از تجزیه خوشه‌ای برای شاخص‌های تحمل و عملکرد بوته در شرایط بدون تنش و تنش گرما. شماره و مشخصات ژنوتیپ‌ها در جدول ۱ آورده شده است.

**Table 7. Members and mean and percentage of deviation from total mean for the groups derived from cluster analysis for tolerance indices and yield under non-stress (Yp) and stress (Ys). a. The name and number of genotypes are shown in Table 1.**

Groups	Genotype number <sup>a</sup>	Yp	Ys	YI	MP	GMP	STI	Indices
Tolerant	26 genotypes (23, 25, 29, 31, 44, 47, 48, 49, 52, 56, 59, 62, 64, 68, 74, 82, 83, 86, 98, 99, 103, 105, 106, 113, 116, 117)	178.77	123.37	1.13	155.39	149.76	22595.32	Mean
		46.94	18.21	0.17	36.71	34.13	8649.16	Deviation from total mean
Moderate	42 genotypes (2, 6, 7, 8, 10, 12, 14, 18, 21, 27, 30, 32, 33, 36, 38, 39, 40, 42, 43, 46, 51, 54, 55, 57, 58, 65, 70, 73, 75, 76, 77, 79, 85, 87, 90, 91, 92, 93, 94, 96, 97, 100, 101, 107, 108, 110, 111, 112, 114, 118, 120)	134.65	110.68	1.02	122.66	120.52	14559.97	Mean
		2.82	5.51	0.05	3.99	4.88	613.80	Deviation from total mean
Sensitive	52 genotypes (1, 3, 4, 5, 9, 11, 13, 14, 15, 16, 17, 19, 20, 21, 22, 24, 26, 27, 28, 32, 33, 34, 35, 37, 39, 41, 45, 50, 53, 58, 60, 61, 63, 66, 67, 69, 71, 72, 78, 80, 81, 84, 88, 89, 94, 95, 102, 104, 109, 112, 115, 119)	102.58	91.60	0.84	97.09	94.63	9125.82	Mean
		-29.25	-13.56	-0.1	-21.58	-21.01	-4820.34	Deviation from total mean

ارقام و لاین‌های متحمل در شرایط تنش گرما شامل ۲۹، ۲۳، ۵۶، ۴۴، ۴۸، ۸۲، ۴۹، ۱۱۶، ۸۶، ۹۹، ۶۴، ۵۲، ۳۱، ۸۳، ۲۵، ۱۱۷، ۶۲، ۵۹، ۴۷، ۱۱۳، ۷۴، ۱۰۵، ۱۰۳، ۱۰۶ و ۹۸ بودند. این ژنوتیپ‌ها میانگین عملکرد بالایی (رتبه ۱) را نسبت به دو گروه دیگر در شرایط تنش گرما از نظر پتانسیل عملکرد ژنوتیپ‌های این گروه بالاترین مقدار (رتبه ۱) را نسبت به دو گروه دیگر داشتند. قابل‌ذکر است که ژنوتیپ‌های ۶۸ و ۱۰۶ که به ترتیب بالاترین مقدار عملکرد را در شرایط تنش گرما و شاهد نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها نشان دادند، در این گروه جای گرفتند.

تجزیه تابع تشخیص نیز گروه‌بندی ژنوتیپ‌ها توسط تجزیه کلاستر را تأیید کرد. نتیجه به‌دست‌آمده با مطالعات سلیمانی (Soleimani, 2016) منطبق است. در بررسی این محققان نتایج حاصل از تحلیل همبستگی شاخص‌ها و

ارقام و لاین‌های متحمل در شرایط تنش گرما شامل ۲۹، ۲۳، ۵۶، ۴۴، ۴۸، ۸۲، ۴۹، ۱۱۶، ۸۶، ۹۹، ۶۴، ۵۲، ۳۱، ۸۳، ۲۵، ۱۱۷، ۶۲، ۵۹، ۴۷، ۱۱۳، ۷۴، ۱۰۵، ۱۰۳، ۱۰۶ و ۹۸ بودند. این ژنوتیپ‌ها میانگین عملکرد بالایی (رتبه ۱) را نسبت به دو گروه دیگر در شرایط تنش گرما از نظر پتانسیل عملکرد ژنوتیپ‌های این گروه بالاترین مقدار (رتبه ۱) را نسبت به دو گروه دیگر داشتند. قابل‌ذکر است که ژنوتیپ‌های ۶۸ و ۱۰۶ که به ترتیب بالاترین مقدار عملکرد را در شرایط تنش گرما و شاهد نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها نشان دادند، در این گروه جای گرفتند. در میان ژنوتیپ تعداد ۱۵ ژنوتیپ ۵۶، ۴۴، ۱۱۶، ۶۴، ۸۳، ۲۵، ۱۱۷، ۶۲، ۵۹، ۴۷، ۱۱۳، ۷۴، ۱۰۵، ۱۰۳ و ۱۰۶ در شرایط نرمال و ۴ ژنوتیپ

### نتیجه‌گیری نهایی

نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که چهار شاخص  $YI$ ،  $STI$ ،  $GMP$  و  $MP$  در مقایسه با دو شاخص  $SSI$  و  $TOL$  مطلوبیت بیشتری در تفکیک ژنوتیپ‌ها به حساس و متحمل به گرما داشتند؛ زیرا شاخص‌های یادشده علاوه بر اینکه همبستگی بالایی با عملکرد ژنوتیپ‌ها در دو محیط تنش و غیر تنش داشتند، قادر به‌گزینش ژنوتیپ‌هایی شدند که علاوه بر متحمل بودن نسبت به تنش گرما میانگین عملکرد مطلوبی نیز در دو شرایط موردبررسی داشتند. گروه‌بندی ژنوتیپ‌ها به کمک شاخص‌های تنش با روش‌های تجزیه به مؤلفه‌های اصلی و خوشه‌ای نشان داد که ژنوتیپ ۱۱۳ (Torsh) بالاترین تحمل به گرما را داشت و بعداز آن ژنوتیپ‌های ۴۷ (Zarjo) و ۱۰۵ (shori۴) تحمل به گرمای آخر فصل بهتری را داشتند. علاوه بر این، ژنوتیپ ۱۱۳ (Torsh) به دلیل عملکرد بسیار خوب در شرایط بدون تنش و عملکرد متوسط و قابل قبول در شرایط تنش، احتمالاً پتانسیل تبدیل به یک رقم تجاری برای کاشت در مناطق با آب‌وهوای گرم را دارد. ژنوتیپ‌های ۱۰۶ (shori۱۲)، ۴۸ (Aras)، ۱۰۳ (Makohy) و ۷۴ (line 186-2) نیز تحمل نسبتاً خوبی به تنش گرمای آخر فصل در شرایط تحقیق حاضر داشتند و پس از ژنوتیپ‌های ۱۱۳، ۴۷ و ۱۰۵ می‌توانند موردتوجه قرار گیرند. در مقابل، ژنوتیپ‌های ۳۹ (Line 105-2)، ۴ (Nosrat)، ۳۲ (Line 98-2)، ۵ (Fajr30)، ۳۳ (Line 99-2) و ۱۱۲ (Shirin) به‌عنوان ژنوتیپ‌های حساس به تنش گرمای آخر فصل در این آزمایش شناخته شدند. بدیهی است که برای اطمینان بیشتر از این نتایج و به دست آوردن نتایج قطعی، تکرار آزمایش در مکان‌های دیگر ضروری است. از طرفی برای به دست آوردن ارقام متحمل به گرما توصیه می‌شود ژنوتیپ‌های Zarjo، Torsh، و Shori۴ تلاقی داده شوند و برای مکان‌یابی ژن‌های کنترل‌کننده تحمل به گرما می‌توان از تلاقی ژنوتیپ‌های متحمل (Torsh و Zarjo) با ژنوتیپ‌های حساس (Line105 و Nosrat) به‌عنوان والد استفاده نمود.

میانگین عملکرد در شرایط تنش خشکی و عدم تنش نشان داد که مناسب‌ترین شاخص‌ها برای غربال کردن ۱۰ لاین اصلاح‌شده جو در هر دو شرایط، شاخص‌های میانگین بهره‌وری، میانگین هندسی عملکرد و شاخص تحمل تنش می‌باشند. همچنین در این بررسی، نمودار تجزیه خوشه‌ای ترسیم شد و تعداد کلاسترها به روش UPGMA در شرایط تنش برابر سه تعیین گردید.

نتایج این پژوهش با نتایج بهرامی و همکاران (Bahrami et al., 2020) که با اندازه‌گیری صفات مهم کمی، در ژنوتیپ‌های جو زراعی و وحشی، آن‌ها را از لحاظ شاخص‌های تحمل به تنش بررسی کردند، مطابقت دارد. در پژوهش فوق، این محققان شاخص جدید تحمل به گرما را آزمون نمودند. نتایج مطالعه آن‌ها نشان داد که دو شاخص  $STI$  و  $HTI$  (Heat Tolerance Index) قوی‌ترین ارتباط با عملکرد دانه را نشان دادند و  $HTI$  را به‌عنوان بهترین شاخص در جداسازی ژنوتیپ‌های متحمل معرفی نمودند و با استفاده از تجزیه کلاستر به روش WARD ژنوتیپ‌ها را در سه دسته گروه‌بندی کردند.

هرچند گزارش‌های متناقضی نیز در این مورد منتشر شده است. پاراشار و همکاران (Parashar et al., 2019) در پژوهش خود اثر تنش گرمایی بر ۱۰ رقم جو را ارزیابی نمودند و با استفاده از تجزیه کلاستر ارقام را در چهار گروه فوق متحمل، متحمل، نیمه حساس و حساس دسته‌بندی نمودند و همانطوری که اشاره شد نوع ژنوتیپ‌های موردبررسی در پژوهش این محققان متفاوت از بررسی حاضر بود.

سه مورد از شاخص‌های ذکرشده ( $STI$  و  $GMP$ ،  $MP$ ) در بررسی مهدوی و همکاران (Mahdavi et al., 2011) برای گروه‌بندی ژنوتیپ‌های مورد مطالعه بر اساس عملکرد در بررسی حاضر نیز استفاده شد. این محققان با توجه به این شاخص‌ها به همراه شاخص  $HM$  ژنوتیپ‌ها را در ۴ گروه جداگانه قرار دادند

### منابع

- Abou-Elwafa, S.F., Amein, K.A., 2016. Genetic diversity and potential high temperature tolerance in barley (*Hordeum vulgare* L.). World Journal Agriculture Research. 4, 1-8.
- Amal, M.E., 2016. Physiological and biochemical responses to heat stress on barley seedlings and their impact on growth and yield. Egypt Journal Botany. 56, 319-334.
- Ashraf, C.M., Abu-shakras, S., 1987. Wheat seed germination under low temperature and moisture stress. Agronomy Journal. 70, 135-139.



- Bahrami, F., Arzani, A., Rahimmalek, M., 2020. A novel tolerance index to identify heat tolerance in cultivated and wild barley genotypes. *BioRxiv (Biology Archive)*, <https://doi.org/10.1101/2020.05.31.125971>.
- Bavei, V., vaezi, B., 2012. Effect of Late Planting Heat Stress on Yield, Yield Components and Tolerance Indices in Barley (*Hordeum vulgare* L.). *Iranian Journal of Field Crop Science*. 43, 405-420. [In Persian with English Summary].
- Bothmer, R., Jacobsen, N., Baden, C., Jrgensen, R.B., Linde Laursen, M., 1991. An ecogeographical study of genus *Hordeum*. *International Board for Plant Genetic Resources, Rome*, 127 pp.
- Bousslama, M., Schapaugh, W.T., 1984. Stress tolerance in soybeans. I. Evaluation of three screening techniques for heat and drought tolerance. *Crop Science*. 24, 933-937.
- Farshadfar, E., Pour, S.M.M., Pour, A.A.R., 2012b. Repeatability of drought tolerance indices in bread wheat genotypes. *International Journal of Agriculture Crop Science*. 4, 891.
- Feizi, M., Solouki, M., Sadeghzadeh, B., Fakheri, B., Mohammadi, S.A., 2020. Evaluation of drought tolerance indices of barley landraces under irrigated and dry conditions. *Biology Science Journal*. 36, 1518-1527.
- Fernandez, G.C.I., 1992. Effective selection criteria for assessing plant stress tolerance. In: Ku, C.G. (Ed.), *Adaption of Food Crops to Temperature and Water Stress. Proceedings of an International Symposium. Asian Vegetable Research Development Center, Tainan, Taiwan, 13-18 August 1992*, 257-270.
- Fisher, R.A., Maurer R., 1978. Drought resistance in spring wheat Grain yield responses. *Australian Journal Agriculture Research*. 29, 897-912.
- Gavuzzi, P., Rizza, F., Palumbo, M., Campanile, R.G., Ricciardi, G.L., 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.
- Habibi, F., Normohamadi, G., Heidarisharif-Abad, H., Eivazi, A., Majidi-Heravan, A., 2012. Effect of sowing date on cold tolerance and some agronomic traits in bread Wheat genotypes at west Azerbaijan province conditions. *World Applied Sciences Journal*. 16, 232-239.
- Hellal, F., Abdel-Hady, M., Khatab, I., El-Sayed, S., Abdell, C.H., 2019. Yield characterization of Mediterranean barley under drought stress condition. *AIMS Agriculture and Food*. 4, 518-533.
- Jahanbin, S.H., Tahmasbi, Z., Modares, A., 2003. Study of some quantitative traits and responses of hull-less barley (*Hordeum vulgare* L.) genotypes under terminal heat stress conditions. *Iranian Journal of Crop Science*. 4, 265-276. [In Persian with English Summary].
- Kuchaki, A., nasiri, M., 1992. *Crop Ecology. Mashhad University Jahad*. 291p. [In Persian].
- Leopold, A. C. 1990. *Stress Response in Plants: Adaptation and Acclimation Mechanisms. Wiley*, pp, 37-56.
- Mahalingam, R., Bregitzer, P.H., 2019. Impact on Physiology and Malting Quality of Barley Exposed to Heat, Drought and Their Combination During Different Growth Stages Under Controlled Environment. *Physiology Plant*. 165, 277-289.
- Mahdavi, A.M., GORji A.H.V., Rfiei, M., 2012. Analysis of Correlation Coefficients between Grain yield and component at drought stress condition in barley genotype. *Crop Physiology Journal*. 13, 85-97. [In Persian with English Summary].
- Modarresi, M., Mohammadi, V., Zali, A., Mardi, M., 2011, Evaluation of Heat Stress Tolerance Indices in Wheat. *Iranian Journal of Field Crop Science*. 42, 465-474. [In Persian with English Summary].
- Modhej, A., Farhoudi, R., Afrous, A., 2015. Effect of post-anthesis heat stress on grain yield of barley, durum and bread wheat genotypes. *Journal of Scientific Research and Development*. 2, 127-131.
- Motazedi, S., Sayfzadeh, S., Haghparast, R., Zakerin, H., Jabbar, H., 2019. Identification of genetic relation of wheat lines using of cluster analysis and identification important and morphologic trait. *Iranian Journal of Agriculture Science*. 13, 439-450. [In Persian with English Summary].
- Parashar, N., Gothwal, D.K., Singh, G., 2019. Study of heat susceptibility indices for yield and its attributes in barley (*Hordeum vulgare* L.). *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*. 8, 1115-1119.
- Rashidi, V., Majidi, A., Mohamadi, S., Moghadam, M., 2007. Identification of genetic

- relation in wheat lines by cluster and morphologic important traits. Agriculture Science Journal. 13, 439-450. [In Persian with English Summary].
- Reynolds, M.P., Ortiz-Monasterio, J.I., McNab, A., 2001. Application of Physiology in Wheat Breeding. Mexico, CIMMYT, pp, 148-159.
- Rosielle, A.A., Hamblin, J., 1981. Theoretical aspects of selection for yield in stress and non-stress environment. Crop Science. 21, 943-946
- Savin, R., Nicolas, M.E., 1999. Effects of timing of heat stress and drought on growth and quality. Crop Science. 136, 257-269.
- Soleimani, A., Bihamta, M.R., Peyghambari, S.A., Amiri, R., 2017. Evaluation of late season drought in barley genotypes using some drought tolerance indices. Journal of Cell Biology. 9, 166-176. [In Persian with English Summary].
- Soleimani, A. 2016. Evaluation drought tolerance in some barley genotype by drought tolerance indices. Crop Physiology Journal. 8, 1-13. [In Persian with English Summary].
- Talebi, R., Fayaz, F., Naji, A.M., 2009. Effective selection criteria for assessing drought stress tolerance in durum wheat (*Triticum durum* Desf.). General and Applied Plant Physiology. 35, 64-74.