

**ارزیابی تحمل تنش خشکی در ژنوتیپ‌های جو بهاره دیم سردسیر، از نظر عملکرد دانه، اجزای عملکرد دانه و شاخص‌های تحمل خشکی**فاطمه امینی<sup>۱</sup>، سارا دژستان<sup>\*۱</sup>، بهزاد صادق‌زاده<sup>۲</sup>

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد اصلاح نباتات، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل

۲- دانشیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل

۳- دانشیار، موسسه تحقیقات کشاورزی دیم کشور، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، مراغه، ایران.

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۱۰/۲ - تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۹/۱۳)

**چکیده**

تنش خشکی، یکی از عوامل محدودکننده اصلی تولید محصولات زراعی در سرتاسر جهان است. هدف از این پژوهش، ارزیابی تأثیر تنش خشکی بر عملکرد دانه و اجزای عملکرد دانه و همچنین ارزیابی شاخص‌های تحمل خشکی در چندین ژنوتیپ و رقم جو دو ردیفه بهاره دیم، در مناطق سرد بود. در این آزمایش، ۱۳ ژنوتیپ و رقم جو دو ردیفه بهاره دیم سردسیر با منشأهای متفاوت و سطوح مختلف آبیاری (آبیاری کامل و آبیاری بر اساس ۶۰ و ۸۰ درصد تخلیه آب قابل نگهداری خاک) به صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار مورد بررسی قرار گرفتند. نتایج نشان داد با افزایش سطح تنش خشکی، عملکرد و اجزای عملکرد کاهش یافت. بر اساس تمامی نتایج در هر دو سطح تنش، دو ژنوتیپ با منشأ کشورهای پاکستان و ایران و رقم آیدر و رقم Dayton / Ranney (اصلاح شده توسط ICARDA) به عنوان ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی شناسایی شدند. همچنین، ژنوتیپ با منشأ ایتوپی و رقم Denmark (اصلاح شده توسط ICARDA) در آبیاری، کامل عملکرد قابل قبولی نداشتند. ولی ژنوتیپ با منشأ ایتوپی قادر به تحمل تنش ۶۰ درصد تخلیه آب قابل نگهداری و رقم Denmark قادر به تحمل تنش ۶۰ و ۸۰ درصد تخلیه آب قابل نگهداری خاک بود. همچنین، نتایج تجزیه به مؤلفه‌های هم‌هنگ اصلی و تجزیه خوشه‌ای برای صفات عملکرد دانه و اجزای عملکرد دانه و شاخص‌های تحمل خشکی، مطابقت کامل داشتند. در تنش خشکی بر اساس ۶۰ و ۸۰ درصد تخلیه آب قابل نگهداری خاک، شاخص‌های GMP، MP و STI بهترین شاخص‌ها برای شناسایی ژنوتیپ‌های برتر از لحاظ تحمل به تنش خشکی بودند. بنابراین، بعد از آزمایشات تکمیلی تحت تنش خشکی در شرایط حقیقی دیم در مناطق خشک و نیمه خشک سرد، این ژنوتیپ‌ها می‌توانند به برنامه‌های اصلاحی ارقام جو تحت شرایط نامساعد و غیرقابل پیش‌بینی دیم در مناطق سرد خشک و نیمه خشک معرفی شوند.

واژه‌های کلیدی: اجزای عملکرد، تنش آبی، ژنوتیپ‌های جو، شاخص‌های تحمل خشکی، عملکرد

**Evaluation of drought stress tolerance based on grain yield, grain yield components and drought tolerance indices in cold rainfed spring barley genotypes**Fatemeh Amini<sup>1</sup>, Sara Dezhsetan<sup>\*1</sup>, Behzad Sadeghzadeh<sup>2</sup>

1. Department of Agronomy &amp; Plant Breeding, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohagheh Ardabili, Ardabil, Iran, 2. Associate Professor, Dryland Agricultural Research Institute (DARI), Agricultural Research Education and Extension (AREEO), Maragheh, Iran

(Received: December 23, 2017 - Accepted: December 4, 2018)

**ABSTRACT**

Drought stress is one of the major limiting factors for crop production worldwide. The purpose of this research was to evaluate the effect of drought stress on grain yield, grain yield components and evaluation of drought tolerance indices in several spring two-row barley genotypes and cultivars of cold areas. The genetic materials were evaluated in a factorial experiment based on randomized complete blocks design with three replications. The factors included thirteen rainfed spring two-row barley genotypes and cultivars from cold areas with different origins and various irrigation levels (complete irrigation and irrigation based on 60% and 80% depletion of available soil water). The results showed that with increasing the level of drought stress, grain yield and grain yield components decreased. Based on all results at both stress levels, two genotypes originated from Pakistan and Iran and Abidar cultivar and Dayton / Ranney cultivar (improved by ICARDA) were identified as drought-tolerant genotypes. Also, a genotype originated from Ethiopia and Denmark cultivar (improved by ICARDA) failed to produce an acceptable yield in normal condition irrigation but Ethiopian genotype was able to tolerate 60% depletion of available soil water stress and Denmark cultivar could tolerate 60% and 80% depletion of available soil water stress. Also, the results of principal coordinate and cluster analyses for yield, yield components traits and drought tolerance indices were in complete agreement. The best indices for recognition of the superior genotypes in terms of drought tolerance under 60% and 80% depletion of available soil water stress were GMP, MP and STI indices. Therefore, after completion tests under drought stress in real rainfed conditions in cold and drought or semi drought areas, these genotypes can be introduced in breeding programs of barley cultivars under adverse and unpredictable rainfed conditions in cold and drought or semi drought areas.

**Keywords:** Barley genotypes, Drought tolerance indices, Water stress, Yield components, Yield.

\* Corresponding author E-mail: sdezhsetan@uma.ac.ir

## مقدمه

گیاه جو (*Hordeum vulgare* L.) یکی از مهم‌ترین و قدیمی‌ترین گیاهان زراعی است که بیشترین تحمل را در برابر خشکی نسبت به سایر غلات نشان می‌دهد؛ به همین دلیل، یکی از گسترده‌ترین گیاهان کشت‌شده در مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان است (Ghazi *et al.*, 2007). ایران با میانگین ۲۵۰ میلی‌متر بارندگی در سال (یک‌سوم میانگین بارندگی جهان) و ۱۸۰۰ میلی‌متر تبخیر، جزء مناطق خشک دنیا محسوب می‌گردد (Ghamarnia & Gorge, 2005). با توجه به شرایط اقلیمی کشور ایران، استفاده از روش‌هایی مانند بهره‌برداری مناسب از منابع آب، کاشت گیاهان مقاوم، شناسایی عوامل دخیل در تحمل گیاهان به تنش خشکی و یافتن شاخص(هایی) که بتوان حساسیت یا مقاومت گیاهان را به‌وسیله آن پیش‌بینی کرد، دارای اهمیت ویژه‌ای است (Alizadeh *et al.*, 2011). مهم‌ترین روش تعیین تحمل تنش خشکی در برنامه‌های به‌نژادی گندم و جو، ارزیابی عملکرد دانه و اجزای آن در شرایط آبیاری و تنش است (Winter *et al.*, 1988). اجزای عملکرد، خصوصیات هستند که قابلیت توارث بالایی دارند و اندازه‌گیری آن‌ها نیز تا حدودی ساده و دقیق است. انتخاب بر مبنای اجزای عملکرد نوعی انتخاب بر مبنای مدل شاخص است که عمدتاً مبتنی بر وجود همبستگی بین صفات مورفولوژیکی و صفات مورفولوژیکی با عملکرد دانه است (Jhonson *et al.*, 1994). بطور کلی، عملکرد دانه در گیاهان زراعی توسط اجزای گوناگونی تعیین می‌گردد. مهم‌ترین اجزای عملکرد در غلات عبارتند از تعداد گل‌آذین در واحد سطح، تعداد سنبلچه در هر گل‌آذین و وزن سنبلچه‌ها (Shekari *et al.*, 2010). از آنجا که اجزای اصلی عملکرد دانه یعنی تعداد خوشه در واحد سطح، تعداد دانه در خوشه و وزن صد دانه در طی مراحل نسبتاً متفاوتی از رشد گیاه تعیین می‌شوند، شرایط محیطی موجود در زمان آغازش و طی دوره توسعه هر جزء عملکرد، بر سهم نسبی آن جزء بر عملکرد اثر می‌گذارد. کاهشی که در یک جزء عملکرد به‌علت شرایط محیطی نامساعد بروز می‌کند، به‌طور قابل ملاحظه‌ای پس از رفع شرایط تنش توسط اجزایی که بعداً شکل گرفته و توسعه

می‌یابند، جبران می‌گردد. با این حال جبران اجزاء عملکرد غالباً کامل نبوده و به ژنوتیپ گیاه و شدت تنش وارد شده بستگی دارد (Keisling, 1982). افزایش تحمل گیاهان زراعی به تنش خشکی برای حفظ عملکرد در مناطقی که دارای فصل خشک هستند، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. بنابراین، بهبود تحمل طولانی‌تر به تنش خشکی در گیاهان زراعی، هدف اصلی بسیاری از برنامه‌های به‌نژادی به‌منظور افزایش تولید در این مناطق بوده است (Sanchez *et al.*, 1998). کاهش عملکرد و اجزای عملکرد دانه تحت تأثیر تنش خشکی در جو، توسط محققین مختلفی گزارش شده است (Amini & Soleymani, 2013; Bijanzadeh *et al.*, 2013; Maktoobian *et al.*, 2013). شاخص‌های ارزیابی خشکی معیار کاهش عملکرد دانه در شرایط خشکی در مقایسه با شرایط طبیعی هستند و برای غربال کردن ژنوتیپ‌های متحمل و حساس به خشکی استفاده می‌شوند (Mitra, 2001). از نظر فرناندز Fernandez, (1992) مناسب‌ترین معیار انتخاب برای تنش، معیاری است که قادر به تشخیص ژنوتیپ‌های دارای عملکرد مطلوب در هر دو محیط تنش و بدون تنش باشد. بر همین اساس فرناندز شاخص تحمل تنش (STI)<sup>۱</sup> را به‌عنوان معیاری برای گزینش ارقام متحمل به خشکی پیشنهاد کرد. همچنین، این محقق شاخص میانگین هندسی عملکرد (GMP)<sup>۲</sup> را ارائه کرد که بر اساس میانگین هندسی عملکرد، عملکرد ژنوتیپ‌ها تحت شرایط تنش و بدون تنش محاسبه می‌شود (Fernandez, 1992). این شاخص در مقایسه با شاخص میانگین حسابی عملکرد (MP) (میانگین تولید در شرایط تنش و بدون تنش) در تفکیک ژنوتیپ‌ها، از قدرت بالاتری برخوردار است. همچنین، شاخص عملکرد (YI)<sup>۳</sup>، ارقام را فقط بر اساس عملکرد در شرایط تنش رتبه‌بندی می‌کند، بنابراین قادر به تشخیص ژنوتیپ‌های با عملکرد بالا در هر دو شرایط تنش و بدون تنش نیست (Gavuzzi *et al.*, 1997). یکی دیگر از شاخص‌ها، شاخص پایداری عملکرد (YSI)<sup>۴</sup> است، که YSI بالا، نشان‌دهنده عملکرد دانه بیشتر در شرایط تنش و عملکرد دانه کمتر در شرایط

۳- Yield Index

۴- Yield Stability Index

۱- Stress Tolerance Index

۲- Geometric Mean Productivity

نشان دادند. Ilyas khokhar *et al.* (2012) بر اساس تجزیه به مؤلفه‌های اصلی، شاخص‌های GMP، MP و STI را به عنوان بهترین شاخص‌ها برای تحمل به خشکی در ژنوتیپ‌های جو معرفی کردند. به‌طور کلی در شرایط تنش خشکی، ژنوتیپ‌های جو دو ردیفه نسبت به جو شش ردیفه دیررس‌تر بوده، وزن هزار دانه و تحمل به خشکی بیشتری دارند (Nikkhah *et al.*, 2010). بنابراین، این تحقیق فقط روی ارزیابی تنوع ژنتیکی تحمل به تنش خشکی ژنوتیپ‌های جو دو ردیفه بهاره دیم سردسیر از نظر عملکرد و اجزای عملکرد متمرکز گردید تا ژنوتیپ‌هایی که دارای تحمل به خشکی بالاتری هستند غربال شوند. بدین ترتیب تحقیق حاضر با هدف بررسی تأثیر تنش خشکی بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه و مطالعه کارایی شاخص‌های تحمل خشکی در این ژنوتیپ‌ها انجام شد.

#### مواد و روش‌ها

در این آزمایش، ۱۳ ژنوتیپ و رقم جو دو ردیفه بهاره دیم با منشأهای متفاوت (جدول ۱) در سطوح مختلف آبیاری (آبیاری کامل، آبیاری بر اساس ۶۰ و ۸۰ درصد تخلیه آب قابل نگهداری خاک) به‌صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در دانشگاه محقق اردبیلی در بهار سال ۱۳۹۴، مورد بررسی قرار گرفتند. ژنوتیپ‌های جو دو ردیفه بهاره دیم از موسسه تحقیقات کشاورزی دیم کشور (مراغه) تهیه شدند، که ژنوتیپ‌های مناطق سردسیر با منشأهای متفاوت بودند. تنش، به‌صورت تقریبی، حدود دو هفته قبل از شروع مرحله گلدهی اعمال گردید. بذور ژنوتیپ‌های جو بهاره دیم در لوله‌های پولیکا با قطر ۲۰ سانتی‌متر و طول ۵۰ سانتی‌متر کشت شدند (در هر لوله پولیکا یک ژنوتیپ کشت گردید). لوله‌های پولیکا روی سکوی سیمانی در فضای باز قرار گرفتند و در هنگام بارندگی روی آن‌ها با پلاستیک ضخیم پوشانده شد. در این پژوهش، از تشتک تبخیر کلاس A برای محاسبه تخلیه ۶۰ و ۸۰ درصد آب قابل نگهداری در خاک استفاده گردید.

بدون تنش است (Bouslama & Schapaugh, 1984). همچنین، بیشتر بودن شاخص میانگین هارمونیک (HARM) نمایانگر تحمل بیشتر به تنش است (Kristin *et al.*, 1997). فرناندز, Fernandez (1992) در معرفی شاخص‌های کمی تحمل خشکی اظهار نمود که هر چه عملکرد یک ژنوتیپ در محیط خشک (Ys) به عملکرد در شرایط طبیعی (Yp) نزدیک‌تر باشد، حساسیت رقم به خشکی کمتر بوده و در نتیجه مقدار شاخص نسبت آفت عملکرد (Yr) و به تبع آن شاخص حساسیت به تنش (SSI) آن رقم کوچک‌تر می‌شود. بنابراین، تحمل یا حساسیت نسبی ارقام به خشکی را می‌توان از مقایسه مقادیر SSI آن‌ها تعیین نمود. مقدار کم SSI نشان‌دهنده تغییرات کم عملکرد یک ژنوتیپ در شرایط تنش نسبت به شرایط بدون تنش و در نتیجه پایداری بیشتر آن ژنوتیپ است. در مطالعه طاهری پورفرد و همکاران (Taheri Poorfard *et al.*, 2015) در گیاه جو شاخص‌های STI، MP، HARM، YI و GMP نسبت به شاخص‌های SSI، YSI و TOL معیار گزینش بهتری برای عملکرد دانه و وزن خشک کل بوته ارائه کردند. در مطالعه‌ای گزارش شده که در گیاه جو شاخص‌های MP، GMP، HARM و STI همبستگی بالایی با عملکرد دانه تحت شرایط آبیاری و تنش خشکی (قطع آبیاری از ۵۰ درصد ظهور سنبله‌ها تا زمان برداشت) داشته و به همین دلیل به‌عنوان مناسب‌ترین شاخص‌ها در هر دو شرایط در بین لاین‌های امیدبخش جو معرفی شدند (Saberi *et al.*, 2016). در مطالعه دیگری، نتایج نشان داد که در تجزیه همبستگی بین عملکرد دانه و تمامی شاخص‌های مقاومت به تنش خشکی رابطه مثبت و معنی‌داری بین STI، GMP، MP و عملکرد در هر دو شرایط تنش و بدون تنش وجود داشت. به همین دلیل، این شاخص‌ها بهترین شاخص‌ها برای جداسازی ژنوتیپ‌های متحمل خشکی در جو شناسایی شدند (Ajalli & Salehi, 2012). در مطالعه ده‌بالایی و همکاران (Dehbalaei *et al.*, 2013) روی گندم نان، عملکرد دانه در شرایط تنش و بدون تنش، همبستگی مثبت و معنی‌داری با STI، GMP، MP، HARM و YI

جدول ۱- منشاء و شماره دسترسی ژنوتیپ‌ها و نام ارقام جو

Table 1- The origin and accession number of barley genotypes and name of barley cultivars

Name of Barley Cultivar	Origin	Genotype Number	Accession Number	Origin	Genotype Number
AZE-Lerik-ICB-123363/GaraArpa ICB04-1512-0AP	Commercial cultivar	8	71557	Egypt	1
CWB117-5-9-5//CWB117-77-9-7/ICB- 104073/3/K-334	Commercial cultivar	9	71704	Ethiopia	2
Sahand	Commercial cultivar	10	71938	Pakistan	3
Abidar	Commercial cultivar	11	72498	Iran	4
Dayton / Ranney	ICARDA	12	71538	Spain	5
Denmark	ICARDA	13	72566-1	Iran	6
			72566-2	Iran	7

بر طول دوره پرشدن دانه) ارزیابی شدند. هم‌چنین، صفات طول پدانکل، تعداد سنبله در بوته، تعداد دانه در سنبله، طول سنبله، وزن سنبله و وزن کاه و کلش سنبله نیز مورد ارزیابی قرار گرفتند و شاخص‌های تحمل خشکی نیز با استفاده از روابط زیر محاسبه شدند:

$$SSI = \frac{1 - \frac{Y_s}{Y_p}}{SI}$$

$$TOL = Y_p - Y_s$$

$$MP = \frac{Y_p + Y_s}{2}$$

$$STI = \frac{Y_p}{Y_p} \times \frac{Y_s}{Y_s} \times \frac{\bar{Y}_s}{Y_p} = \frac{Y_p \times Y_s}{(\bar{Y}_p)^2}$$

$$GMP = \sqrt{Y_s \times Y_p}$$

$$HARM = \frac{2 \times Y_p \times Y_s}{Y_p + Y_s}$$

$$YI = \frac{Y_s}{\bar{Y}_s}$$

$$YSI = \frac{Y_s}{Y_p}$$

$$SI = 1 - \frac{\bar{Y}_s}{Y_p}$$

در این تحقیق، صفات عملکرد دانه، طول دوره پرشدن دانه (تعداد روز از گرده‌افشانی تا رسیدگی فیزیولوژیک)، سرعت پرشدن دانه (تقسیم عملکرد دانه بر طول دوره پرشدن دانه)، شاخص برداشت (تقسیم عملکرد دانه بر عملکرد بیولوژیک)، روند ازدیاد عملکرد دانه (تقسیم عملکرد دانه

(Fischer & Maurer, 1978)

(Rosielle & Hamblin, 1981)

(Rosielle & Hamblin, 1981)

(Fernandez, 1992)

(Fernandez, 1992)

(Kristin *et al.*, 1997)

(Gavuzzi *et al.*, 1997)

(Bousslama & Schapaugh, 1984)

## نتایج و بحث

### تجزیه واریانس و مقایسات میانگین عملکرد و اجزای عملکرد

نتایج تجزیه واریانس صفات نشان داد که سطوح تنش از لحاظ تمامی صفات، اختلاف معنی‌داری داشتند. هم‌چنین، بین ژنوتیپ‌ها در تمامی صفات، اختلاف معنی‌داری مشاهده گردید. اثر متقابل تنش خشکی و ژنوتیپ در صفات دوره و سرعت پرشدن دانه، روند ازدیاد عملکرد دانه، تعداد دانه در بوته، شاخص برداشت، عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه معنی‌دار و در سایر

در معادله‌های فوق،  $Y_p$  و  $Y_s$  به ترتیب عملکرد دانه هر ژنوتیپ در شرایط بدون تنش و تنش خشکی،  $\bar{Y}_p$  و  $\bar{Y}_s$  به ترتیب میانگین عملکرد ژنوتیپ‌ها در شرایط بدون تنش و تنش خشکی هستند. تجزیه واریانس و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون دانکن و حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD)، تجزیه به مؤلفه‌های اصلی و تجزیه خوشه‌ای (به روش UPGMA) برای صفات و شاخص‌های تحمل خشکی، انجام شد. آنالیز داده‌ها با نرم‌افزار SPSS 20، و رسم نمودارهای دو بعدی با نرم‌افزار Minitab 17 انجام گرفت.

وزن کاه و کلش سنبله همراه بوده و این امر الزاماً منجر به افزایش تعداد دانه نمی‌گردد (Emam, 2012). طول سنبله نیز یکی دیگر از اجزای مهم عملکرد و منبع فتوسنتزی نزدیک سنبله است، زیرا سنبله و ریشک برای مدت طولانی سبز و از نظر فتوسنتزی فعال باقی می‌ماند (Sharma *et al.*, 2003). به عبارت دیگر منبع و مخزن کاملاً به یکدیگر نزدیک هستند و شاید مهمترین اندام در تثبیت عملکرد جو باشند (Maddah Hoseini *et al.*, 2010). وزن هزار دانه، آخرین جزء از اجزا عملکرد است که تعیین می‌شود و به شرایط محیطی دوره پس از گلدهی بستگی دارد (Evans, 1993). حمزه‌ئی و سیدی (2014) Hamzei & Syedi, علت زیاد بودن وزن هزار دانه در آبیاری تکمیلی نسبت به شرایط تنش را تأمین آب کافی در زمان پرشدن دانه در گیاه جو ذکر کردند. در مواجهه با تنش خشکی و برای جلوگیری از هدرروی بیش از حد آب، روزه‌ها بسته می‌شوند که این موضوع در نهایت باعث کاهش فتوسنتز جاری و کاهش مواد پرورده برای پرشدن دانه‌ها می‌گردد که این امر نیز باعث کاهش میانگین وزن دانه می‌شود (Abdoli *et al.*, 2013; Ahmadi Lahijani & Emam, 2013). در کل، کاهش عملکرد دانه در شرایط تنش از کاهش اجزای عملکرد، مانند وزن هزار دانه، طول پدانکل، طول و وزن سنبله، تعداد دانه و تعداد سنبله نسبت به شرایط آبیاری کامل تأثیر می‌پذیرد. مقایسه میانگین ژنوتیپ‌های جو در جدول ۳ نشان داده شده است.

صفات غیرمعنی‌دار به دست آمد (داده‌ها نشان داده نشده‌اند).

مقایسه میانگین سطوح تنش نشان داد که طول پدانکل، تعداد سنبله در بوته، تعداد دانه در سنبله، وزن کاه و کلش سنبله، طول سنبله، وزن سنبله و وزن هزار دانه از شرایط آبیاری کامل به تنش ۶۰ و ۸۰ درصد تخلیه آب قابل‌نگهداری خاک، کاهش معنی‌داری داشتند (جدول ۲). طول پدانکل مقیاس خوبی برای برآورد ظرفیت عملکرد در شرایط خشکی محیطی است (Bogale *et al.*, 2011). تنش‌های شدید خشکی برخلاف تنش‌های ملایم موجب کاهش طول پدانکل می‌گردند و قسمت اعظم افت ارتفاع گیاه در شرایط تنش خشکی نیز به همین دلیل است (Izanloo *et al.*, 2008). در تحقیقات دیگر گزارش شده که تعداد دانه در سنبله یکی از مهمترین اجزای عملکرد دانه است و این صفت سهم معنی‌داری در عملکرد دانه به‌ویژه تحت شرایط تنش خشکی دارد (Garcia del Moral *et al.*, 2003). دستفال و همکاران (Dastfal *et al.*, 2009) در گزارشی بیان کردند که کاهش تعداد دانه در سنبله در تنش خشکی انتهایی فصل می‌تواند ناشی از عقیمی گلچه‌ها، مرگ و میر گلچه‌ها و اختلال در گرده‌افشانی و پرشدن دانه باشد و تنش رطوبتی در مراحل زایشی و پرشدن دانه، اجزای زایشی را نسبت به بخش‌های رویشی به میزان بیشتری تحت تأثیر قرار می‌دهد. همچنین در گزارش دیگری بیان شد که کاهش تعداد دانه در اثر تنش خشکی ممکن است ناشی از عدم باروری دانه‌های گرده باشد. همچنین، زیست‌توده بیشتر سنبله با افزایش

جدول ۲- مقایسه میانگین صفات عملکرد و اجزای عملکرد دانه در سطوح مختلف آبیاری

Table 2- The mean comparison of yield and yield components at the different irrigation levels

Irrigation Level	1000 Grain Weight (gr)	Spike Weight (gr)	Spike Length (cm)	Spike Straw Weight (gr)	Seed per Spike	Spike per Plant	Peduncle Length (cm)
Complete Irrigation	36.43 <sup>a</sup>	0.58 <sup>a</sup>	6.68 <sup>a</sup>	0.2 <sup>a</sup>	11.8 <sup>a</sup>	2.28 <sup>a</sup>	14.71 <sup>a</sup>
Irrigation Based on 60% Depletion of Available Soil Water	24.18 <sup>b</sup>	0.39 <sup>b</sup>	6 <sup>b</sup>	0.15 <sup>b</sup>	9.11 <sup>b</sup>	1.24 <sup>b</sup>	10.9 <sup>b</sup>
irrigation based on 80% depletion of available soil water	16.72 <sup>c</sup>	0.27 <sup>c</sup>	5.48 <sup>c</sup>	0.11 <sup>c</sup>	6.07 <sup>c</sup>	1.02 <sup>c</sup>	7.94 <sup>c</sup>

اعداد دارای حروف مشترک از نظر آماری اختلاف معنی‌داری ندارند

The numbers in common alphabets were not statistically significant

جدول ۳- مقایسه میانگین عملکرد و اجزای عملکرد در ژنوتیپ‌های جو  
Table 3- The mean comparison of yield and yield components in barley genotypes

Genotype	1000 Grain Weight (gr)	Spike Length (cm)	Spike Straw Weight (gr)	Seed per Spike	Spike per Plant	Peduncle Length (cm)
1	20.81	5.98	0.16	8.37	1.41	11.66
2	28.18	6.99	0.15	9.70	1.11	10.02
3	37.16	5.21	0.07	8.48	1.97	12.40
4	27.39	6.72	0.18	7.23	1.14	9.21
5	19.94	5.75	0.14	7.60	1.68	11.09
6	26.93	5.89	0.21	12.26	1.72	10.99
7	22.34	6.49	0.15	8.74	1.68	10.28
8	27.25	6.20	0.13	7.32	1.19	11.13
9	20.69	5.59	0.14	8.24	1.58	10.32
10	28.13	5.89	0.18	9.32	1.60	12.08
11	24.86	5.55	0.14	8.50	1.42	12.37
12	27.25	6.19	0.17	9.78	1.67	11.81
13	24.14	6.24	0.18	11.37	1.49	12.03
LSD 5%	6.65	0.78	0.07	2.91	0.67	2.89

تنش‌های محیطی دوره پرشدن دانه را کاهش می‌دهند (Mamnouie *et al.*, 2006). گزارشات دیگری نیز در شرایط تنش محیطی، کاهش طول دوره پرشدن دانه و افزایش سرعت پرشدن دانه در ارقام گندم را نشان دادند (Ziloee *et al.*, 2015; Abdoli *et al.*, 2016). روند ازدیاد عملکرد دانه در آبیاری کامل، تنش ۶۰ و ۸۰ درصد تخلیه آب قابل‌نگهداری خاک در ژنوتیپ ۱۲ دارای بیشترین و در ژنوتیپ‌های ۲، ۱۳ و ۷ دارای کمترین میانگین بودند (شکل ۱-پ). محققین دیگری در گزارشات خود بیان کردند، اگر کاهش پتانسیل آب در مرحله گلدهی و اوایل نمو دانه اتفاق افتاد، کاهش عمده در عملکرد ذرت مشاهده می‌شود. این کاهش به-دلیل کاهش تعداد دانه در بوته، توقف نمو گل، شکست باروری رویان و سقط تخم است (Shekari *et al.*, 2010). تعداد دانه در بوته در آبیاری کامل، تنش ۶۰ درصد و ۸۰ درصد تخلیه آب قابل‌نگهداری خاک به-ترتیب در ژنوتیپ‌های ۱۰، ۶ و ۶ دارای بیشترین میانگین و در ژنوتیپ‌های ۲، ۴ و ۴ دارای کمترین میانگین بود (شکل ۱-ت).

عملکرد نهایی دانه تا حد زیادی توسط تعداد دانه تعیین می‌شود که آن نیز به تعداد و بقای گلچه‌های بارور بستگی دارد. یک دوره بحرانی ۲ تا ۳ هفته قبل از گرده‌افشانی وجود دارد که تنش خشکی یا دمای بالا ممکن است تا حد

بر اساس نتایج تجزیه واریانس داده‌ها، اثر متقابل تنش خشکی و ژنوتیپ در صفات دوره و سرعت پرشدن دانه، روند ازدیاد عملکرد دانه، تعداد دانه در بوته، شاخص برداشت، عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه معنی‌دار بودند و کلیه این صفات در تمامی ژنوتیپ‌های تحت تنش خشکی نسبت به آبیاری کامل کاهش نشان دادند، که مقدار این کاهش بسته به ژنوتیپ متفاوت بود. درصفت سرعت پرشدن دانه در آبیاری کامل، تنش ۶۰ درصد و ۸۰ درصد تخلیه آب قابل‌نگهداری خاک، ژنوتیپ ۱۲ دارای بیشترین و به‌ترتیب ژنوتیپ‌های ۴، ۹ و ۹ دارای کمترین میانگین بودند (شکل ۱-الف). منظور از سرعت پرشدن دانه، سرعت انباشت ماده خشک دانه در طول دوره خطی پرشدن دانه است. (Shekari *et al.*, 2010) تنش خشکی آخر فصل نسبت به تنش طول دوره فصل رشد، عملکرد دانه را با شدت بیشتری کاهش می‌دهد و این موضوع یکی از دلایل کاهش سرعت پرشدن دانه در شرایط تنش خشکی است (Karimzadeh Soureshjani *et al.*, 2012). دوره پرشدن دانه در آبیاری کامل در ژنوتیپ ۵ و در تنش ۶۰ و ۸۰ درصد تخلیه آب قابل‌نگهداری خاک به-ترتیب در ژنوتیپ‌های ۱ و ۵ دارای بیشترین و در ژنوتیپ‌های ۲، ۱۳ و ۴ دارای کمترین مقادیر بودند (شکل ۱-ب). دوره پرشدن دانه همراه با سرعت پرشدن دانه، از عوامل تعیین‌کننده وزن نهایی دانه هستند و



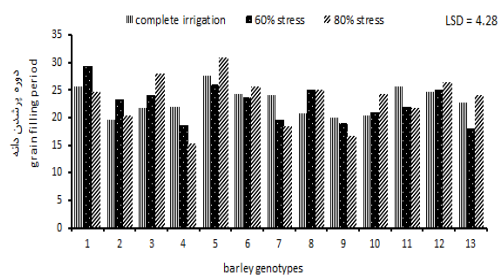
## تجزیه به مؤلفه‌های هماهنگ اصلی عملکرد و اجزای عملکرد

تجزیه به مؤلفه‌های اصلی به منظور دسته‌بندی صفات، تعیین ترتیب اهمیت صفات و ارتباط هر یک از آنها در ایجاد تغییرات کل داده‌ها در سطوح مختلف تنش خشکی انجام شد. نتایج تجزیه به مؤلفه‌های هماهنگ اصلی عملکرد و اجزای عملکرد نشان داد، در آبیاری کامل ۴ مؤلفه اول ۸۷/۴ درصد واریانس کل، در تنش ۶۰ درصد تخلیه آب قابل‌نگهداری خاک، ۳ مؤلفه اول ۷۹/۱۵ درصد و در تنش ۸۰ درصد تخلیه آب قابل-نگهداری خاک، ۴ مؤلفه اول ۸۶/۱۷ درصد واریانس کل را توجیه کردند.

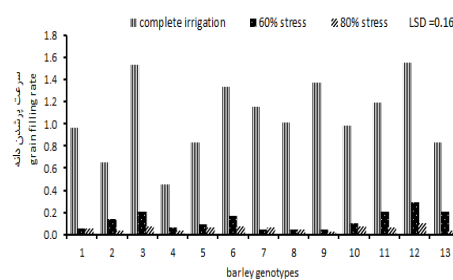
در آبیاری کامل، مؤلفه اول ۴۲/۸۴ درصد تغییرات داده‌ها را به خود اختصاص داد که با طول پدانکل رابطه مثبت و بالا و با طول سنبله رابطه منفی و بالایی داشت. مؤلفه دوم که ۱۸/۸۳ درصد تغییرات داده‌ها را نشان داد با وزن هزار دانه رابطه مثبت و بالا و با دوره پر شدن دانه رابطه منفی و بالایی داشت. مؤلفه سوم ۱۳/۳۸ درصد واریانس کل را نشان داد و با وزن سنبله، وزن کاه و کلش سنبله و تعداد دانه در سنبله رابطه مثبت و بالایی داشت. مؤلفه چهارم که ۱۲/۳۵ درصد واریانس داده‌ها را شامل شد دارای ضرایب مثبت و بالا برای صفات سرعت پر شدن دانه، روند ازدیاد عملکرد دانه، شاخص برداشت، عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه، تعداد سنبله و دانه در بوته بود. نتایج در آبیاری براساس ۶۰ درصد تخلیه آب قابل-نگهداری نشان داد که ۳ مؤلفه اول در مجموع ۷۹/۱۵ درصد واریانس را نشان دادند. مؤلفه اول ۴۴/۵۲ درصد تغییرات داده‌ها را توجیه کرد و دارای ضریب عاملی مثبت و بالا برای وزن هزار دانه و ضریب عاملی منفی و بالا برای وزن کاه و کلش سنبله بود. مؤلفه دوم دارای ضرایب عاملی مثبت و بالا برای دوره پر شدن دانه، طول پدانکل و تعداد سنبله در بوته و ضرایب منفی و بالا برای وزن و طول سنبله بود و ۲۰/۰۸ درصد تغییرات داده‌ها را تبیین نمود. مؤلفه سوم که ۱۴/۵۶ درصد تغییرات داده‌ها را به خود اختصاص داد نقش مهمی در توجیه صفات سرعت پر شدن دانه، روند ازدیاد عملکرد دانه، شاخص برداشت، عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه، تعداد سنبله و دانه در بوته داشت.

زیادی تولید و بقای گلچه‌ها را کاهش دهد (Fettell *et al.*, 2010) و خشکی‌های ملایم ممکن است تنها به تقلیل وزن دانه بیانجامد (Shekari *et al.*, 2010). عملکرد بیولوژیک در کلیه سطوح تنش در ژنوتیپ ۱۲ دارای بیشترین میانگین بود و در آبیاری کامل، تنش ۶۰ و ۸۰ درصد تخلیه آب قابل‌نگهداری خاک به ترتیب در ژنوتیپ‌های ۲، ۷ و ۱ دارای کمترین میانگین بود (شکل ۱-ث). عملکرد بیولوژیک به‌عواملی از جمله وزن نسبی ماده خشک قبل و بعد از ظهور بساک و هم‌چنین به قابلیت انتقال مواد ذخیره‌شده از ساقه به دانه بستگی دارد (Tardieu, 2012). پائولو و رینالدی (Paolo & Rinaldi, 2008) زیاد بودن عملکرد بیولوژیک در آبیاری کامل را به رشد بیشتر و طول دوره سبزمانی زیادتر برگ‌ها نسبت دادند که منجر به ایجاد مبدأ فیزیولوژیک بزرگتری می‌گردد.

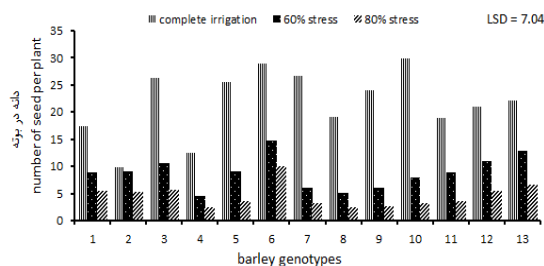
شاخص برداشت در آبیاری کامل، تنش ۶۰ و ۸۰ درصد تخلیه آب قابل‌نگهداری خاک به ترتیب در ژنوتیپ‌های ۳، ۱۲ و ۳ دارای بیشترین میانگین و در ژنوتیپ‌های ۴، ۹ و ۹ دارای کمترین میانگین بود (شکل ۱-ج). کاهش شاخص برداشت تا حد زیادی به دلیل تنش خشکی بوده که منجر به کاهش انتقال آسیمیلات‌ها به مقصد شده و وزن دانه را کاهش داده و تعداد دانه‌های خالی و پوک را افزایش می‌دهد. شاخص برداشت بالا، انتقال کارآمد آسیمیلات‌ها را به دانه نشان می‌دهد. شاخص برداشت پایین در تنش خشکی در مراحل گلدهی و پر شدن دانه، نشان می‌دهد که انتقال آسیمیلات‌ها به سمت دانه ناکارآمد بوده است (Sokoto & Muhammad, 2014). به عبارت دیگر، کاهش شاخص برداشت در تیمارهای تنش خشکی نشان می‌دهد که انتقال مواد فتوسنتزی به دانه با مقدار آب مصرفی قابل‌دسترس مرتبط بوده و تنش خشکی می‌تواند سهم دانه از ماده خشک را کاهش دهد (Dastfal *et al.*, 2009). در نهایت عملکرد دانه در کلیه سطوح تنش در ژنوتیپ ۱۲ دارای بیشترین میانگین بود و در آبیاری کامل، تنش ۶۰ و ۸۰ درصد تخلیه آب قابل‌نگهداری خاک به ترتیب در ژنوتیپ‌های ۴، ۹ و ۱ دارای کمترین میانگین بود (شکل ۱-ج).



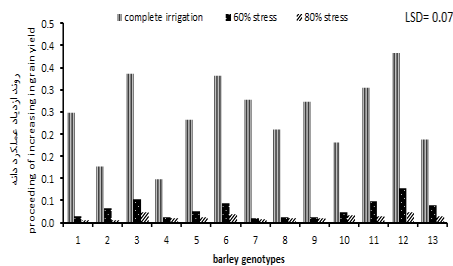
(ب)



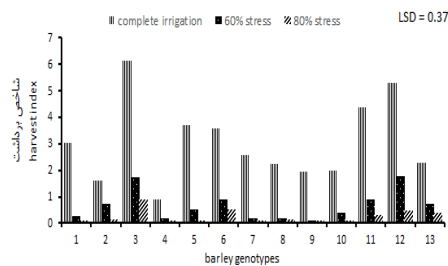
(الف)



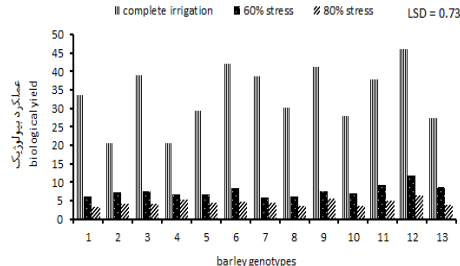
(ت)



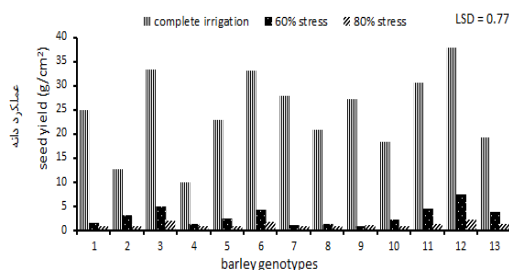
(پ)



(ج)



(ث)



(چ)

شکل ۱- مقایسه میانگین سرعت پرشدن دانه (الف)، دوره پرشدن دانه (ب)، روند ازدیاد عملکرد دانه (پ)، تعداد دانه در بوته (ت)، عملکرد بیولوژیک (ث)، شاخص برداشت (ج) و عملکرد دانه (چ)  
Fig 1- Mean comparison of grain filling rate (a), Grain filling period (b), Proceeding of increasing in grain yield (c), Number of seed per plant (d), Biological yield (e), Harvest index (f) and Seed yield (g)

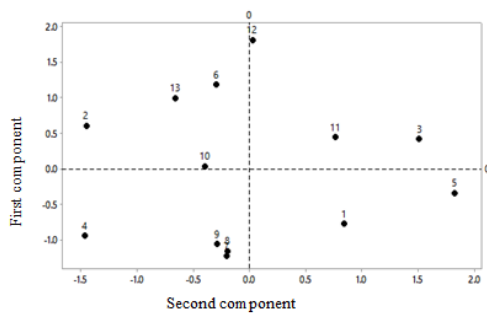
بالایی داشت. مؤلفه سوم نیز، ۱۶/۱۱ درصد تغییرات داده‌ها را تبیین نمود و دارای ضرایب عاملی مثبت و بالا برای تعداد دانه در سنبله و بوته بود. مؤلفه چهارم که دارای ضرایب عاملی مثبت و بالا برای صفات سرعت پر شدن دانه، روند ازدیاد عملکرد دانه، شاخص برداشت، عملکرد دانه، وزن هزار دانه، طول پدانکل، وزن سنبله و تعداد سنبله در بوته بود، ۱۱/۰۲ درصد واریانس کل را نشان داد.

در آبیاری براساس ۸۰ درصد تخلیه آب قابل نگهداری، ۴ مؤلفه اول در مجموع ۸۶/۱۷ درصد واریانس کل را در بر گرفتند. مؤلفه اول با توجیه ۴۰/۴۳ درصد واریانس داده‌ها، دارای ضرایب عاملی مثبت و بالا برای دوره پر شدن دانه و ضریب منفی و بالا برای عملکرد بیولوژیک بود. مؤلفه دوم که ۱۸/۶۲ درصد واریانس را نشان داد با وزن کاه و کلش سنبله و طول سنبله رابطه مثبت و بالا، و با طول پدانکل و تعداد سنبله در بوته رابطه منفی و

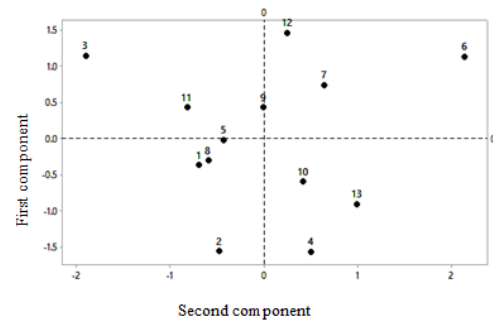


۱۲ و ۱۳ بر اساس مؤلفه اول و یا هر دو مؤلفه منتخب شدند. همچنین، ژنوتیپ‌های ۴، ۷، ۸ و ۹ نیز بر اساس هر دو مؤلفه، عملکرد قابل قبولی نشان ندادند (شکل ۲-ب). در تنش ۸۰ درصد تخلیه آب قابل نگهداری خاک، ژنوتیپ‌های ۳، ۶، ۱۱، ۱۲ و ۱۳ بر اساس مؤلفه اول یا هر دو مؤلفه به عنوان ژنوتیپ‌های برتر انتخاب شدند. ژنوتیپ‌های ۴، ۷ و ۹ نیز از عملکرد کمتری برخوردار بودند (شکل ۲-ج).

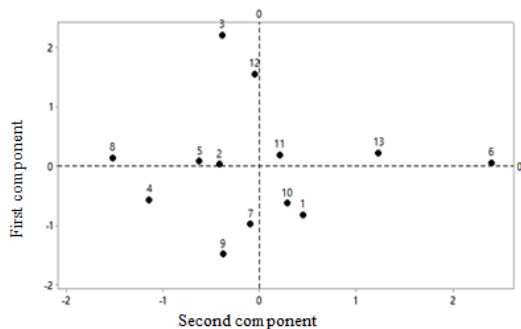
گروه‌بندی ژنوتیپ‌ها بر اساس دو مؤلفه اصلی اول و دوم در کلیه سطوح تنش انجام گردید (شکل ۲). بر اساس این گروه‌بندی به طور کلی، در آبیاری کامل ژنوتیپ‌های ۳، ۶، ۷، ۹، ۱۱ و ۱۲ بر اساس مؤلفه اول و یا هر دو مؤلفه به عنوان ژنوتیپ‌های برتر از نظر عملکرد و ژنوتیپ‌های ۱، ۲ و ۸ به عنوان ژنوتیپ‌های کم‌محصول شناسایی شدند (شکل ۲-الف). در تنش ۶۰ درصد تخلیه آب قابل نگهداری خاک، ژنوتیپ‌های ۲، ۳، ۶، ۱۱،



(ب)



(الف)



(ج)

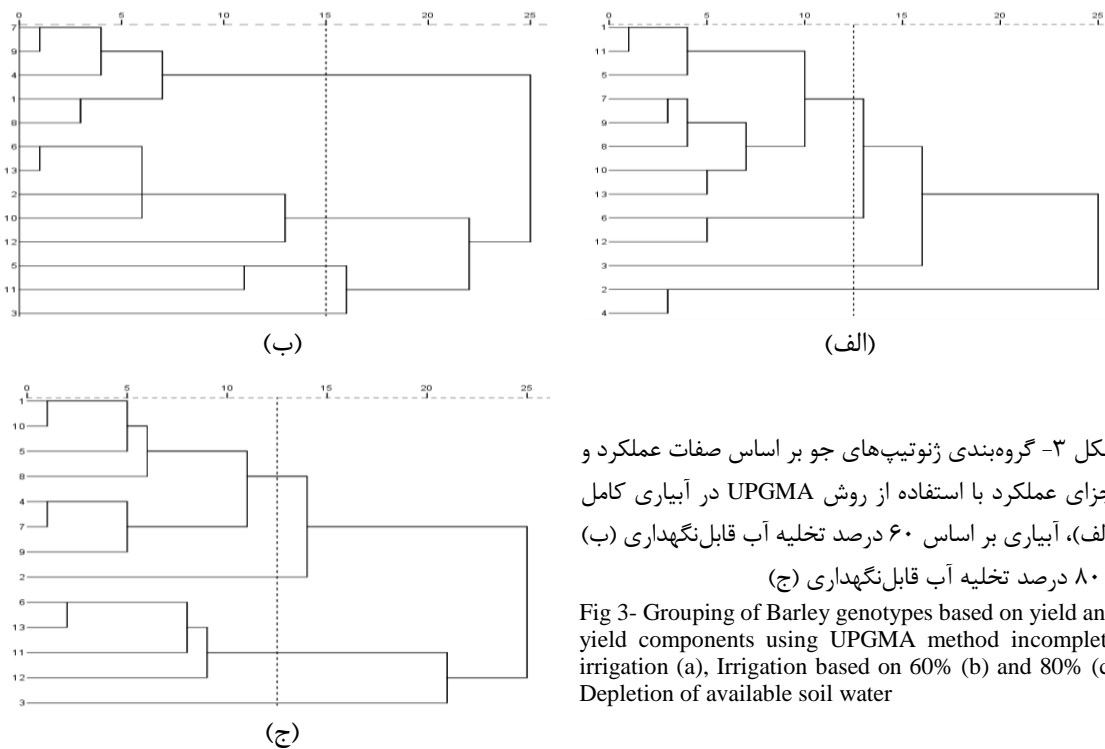
شکل ۲- گروه‌بندی ژنوتیپ‌های جو بر اساس صفات عملکرد و اجزای عملکرد با استفاده از تجزیه به مؤلفه‌های هم‌هنگ اصلی در شرایط آبیاری کامل (الف)، آبیاری بر اساس ۶۰ درصد تخلیه آب قابل نگهداری (ب) و ۸۰ درصد تخلیه آب قابل نگهداری (ج)

Fig 2- Classification of barley genotypes based on yield and yield components using principal coordinate analysis under complete irrigation (a), Irrigation based on 60% (b) and 80% (c) Depletion of available soil water

۷، ۸ و ۹ به عنوان ژنوتیپ‌های با میانگین کمتر نسبت به میانگین کل و ژنوتیپ‌های ۲، ۳، ۵، ۶، ۱۰، ۱۱، ۱۲ و ۱۳ با میانگین بیشتر نسبت به میانگین کل مشخص شدند (شکل ۳-ب) و در تنش ۸۰ درصد تخلیه آب قابل نگهداری خاک، ژنوتیپ‌های ۱، ۲، ۴، ۵، ۷، ۸، ۹ و ۱۰ دارای میانگین عملکرد و اجزای عملکرد پایین‌تری نسبت به میانگین کل و ژنوتیپ‌های ۳، ۶، ۱۱، ۱۲ و ۱۳ دارای میانگین عملکرد و اجزای عملکرد بالاتری از میانگین کل بودند (شکل ۳-ج).

### تجزیه خوشه‌ای عملکرد و اجزای عملکرد

تجزیه خوشه‌ای ژنوتیپ‌ها بر اساس صفات موردارزیایی به روش UPGMA انجام گرفت. بر اساس مقایسه میانگین صفات عملکرد و اجزای عملکرد این ژنوتیپ‌ها نسبت به میانگین کل (داده نشان داده نشده‌اند)، در آبیاری کامل ژنوتیپ‌های ۲ و ۴ به عنوان ژنوتیپ‌های کم‌محصول و ژنوتیپ‌های ۶ و ۱۲ به عنوان ژنوتیپ‌های پر محصول شناسایی شدند (شکل ۳-الف). همچنین، در تنش ۶۰ درصد تخلیه آب قابل نگهداری خاک، ژنوتیپ‌های ۱، ۴،



شکل ۳- گروه‌بندی ژنوتیپ‌های جو بر اساس صفات عملکرد و اجزای عملکرد با استفاده از روش UPGMA در آبیاری کامل (الف)، آبیاری بر اساس ۶۰ درصد تخلیه آب قابل نگهداری (ب) و ۸۰ درصد تخلیه آب قابل نگهداری (ج)

Fig 3- Grouping of Barley genotypes based on yield and yield components using UPGMA method incomplete irrigation (a), Irrigation based on 60% (b) and 80% (c) Depletion of available soil water

و در تنش ۸۰ درصد تخلیه آب قابل نگهداری خاک، ژنوتیپ ۶ بیشترین میانگین و همچنین در تنش ۶۰ و ۸۰ درصد تخلیه آب قابل نگهداری خاک، به ترتیب ژنوتیپ‌های ۵ و ۴، کمترین میانگین را دارا بودند. در شاخص‌های STI و GMP در تنش ۶۰ و ۸۰ درصد تخلیه آب قابل نگهداری خاک، ژنوتیپ ۶ با بیشترین میانگین و به ترتیب ژنوتیپ‌های ۵ و ۴ با کمترین میانگین به عنوان ژنوتیپ‌های متحمل و حساس به تنش شناسایی شدند. با توجه به مقدار بالای شاخص YSI ژنوتیپ‌های ۶ و ۵ به ترتیب در شرایط تنش ۶۰ و ۸۰ درصد تخلیه آب قابل نگهداری خاک از عملکرد بالا و در شرایط بدون تنش از عملکرد پایینی برخوردار بودند. همچنین، کمترین میانگین این شاخص در تنش ۶۰ و ۸۰ درصد تخلیه آب قابل نگهداری خاک، به ترتیب در ژنوتیپ‌های ۸ و ۴ مشاهده گردید. در شاخص YI در تنش ۶۰ و ۸۰ درصد تخلیه آب قابل نگهداری خاک، به ترتیب ژنوتیپ‌های ۶ و ۳ بیشترین و ژنوتیپ‌های ۷ و ۴ کمترین مقادیر را دارا بودند. در شاخص HARM در تنش ۶۰ و ۸۰ درصد تخلیه آب قابل نگهداری خاک، بیشترین مقادیر در ژنوتیپ ۶ و کمترین در ژنوتیپ‌های ۵ و ۴ مشاهده شد (جدول ۴).

### ارزیابی ژنوتیپ‌های مورد مطالعه بر اساس شاخص‌های تحمل خشکی

تجزیه واریانس شاخص‌های تحمل خشکی نشان داد که اختلاف بین ژنوتیپ‌ها در کلیه شاخص‌ها معنی‌دار بود (داده‌ها نشان داده نشده‌اند). بر اساس مقایسات میانگین شاخص‌های تحمل خشکی، بیشترین عملکرد دانه در شرایط بدون تنش (Yp) در ژنوتیپ ۱۰ و کمترین آن در ژنوتیپ ۵ بود. همچنین، بیشترین عملکرد دانه در شرایط تنش (Ys) ۶۰ و ۸۰ درصد تخلیه آب قابل نگهداری خاک به ترتیب متعلق به ژنوتیپ‌های ۶ و ۳ و کمترین آن متعلق به ژنوتیپ‌های ۷ و ۴ بود. در شاخص SSI در تنش ۶۰ و ۸۰ درصد تخلیه آب قابل نگهداری خاک به ترتیب ژنوتیپ‌های ۸ و ۴ با داشتن بیشترین مقادیر و ژنوتیپ‌های ۶ و ۵ با داشتن کمترین مقادیر به ترتیب حساس‌ترین و متحمل‌ترین ژنوتیپ‌ها ارزیابی شدند. در شاخص TOL در تنش ۶۰ و ۸۰ درصد تخلیه آب قابل نگهداری خاک ژنوتیپ‌های ۱۲ و ۱۰، بیشترین میانگین و ژنوتیپ‌های ۲ و ۳، به ترتیب کمترین میانگین را داشتند. در شاخص MP در تنش ۶۰ درصد تخلیه آب قابل نگهداری خاک، ژنوتیپ‌های ۶ و ۱۰

جدول ۴- میانگین شاخص‌های تحمل خشکی تحت شرایط آبیاری بر اساس ۶۰ و ۸۰ درصد تخلیه آب قابل‌نگهداری

Table 4- Mean tolerance indices under irrigation based on 60% and 80% depletion of available soil water

Genotype	Yp	STI		TOL		SSI		Ys	
		Stress 80%	Stress 60%	Stress 80%	Stress 60%	Stress 80%	Stress 60%	Stress 80%	Stress 60%
1	0.43	0.63	0.66	0.29	0.25	-2.83	-2.28	0.14	0.18
2	0.27	0.49	0.97	0.01	-0.15	-6.33	-2.92	0.26	0.42
3	0.32	1.30	0.74	-0.32	-0.05	-11.95	-2.63	0.64	0.38
4	0.31	0.31	0.78	0.20	0.10	-2.79	-1.44	0.11	0.23
5	0.16	0.56	0.34	-0.26	-0.10	-12.51	-3.50	0.41	0.26
6	0.60	3.15	2.61	0.06	0.13	-8.15	-3.85	0.53	0.47
7	0.44	2.11	0.56	0.08	0.30	-6.83	-2.32	0.36	0.14
8	0.39	1.59	0.68	0.05	0.20	-4.31	-1.11	0.34	0.19
9	0.33	1.57	1.00	-0.08	0.10	-5.88	-2.10	0.41	0.30
10	0.71	2.77	2.59	0.37	0.25	-2.85	-1.23	0.34	0.34
11	0.44	0.81	0.82	0.24	0.25	-4.65	-1.44	0.20	0.19
12	0.59	2.37	1.26	0.17	0.37	-9.74	-1.32	0.42	0.23
13	0.36	1.28	1.10	-0.08	-0.10	-5.17	-2.10	0.41	0.38
LSD 5%	0.46	2.38	1.69	0.60	0.49	10.12	3.78	0.33	0.21

ادامه جدول ۴

Continued Table 4

Genotype	HARM		YSI		YI		GMP		MP	
	Stress 80%	Stress 60%	Stress 80%	Stress 60%	Stress 80%	Stress 60%	Stress 80%	Stress 60%	Stress 80%	Stress 60%
1	0.21	0.23	0.56	1.03	0.41	0.64	0.25	0.71	0.29	0.30
2	0.26	0.32	1.10	1.24	0.75	1.50	0.27	0.78	0.27	0.35
3	0.40	0.34	1.90	1.15	1.83	1.35	0.44	0.83	0.48	0.35
4	0.15	0.25	0.55	0.77	0.31	0.81	0.18	0.65	0.21	0.27
5	0.20	0.18	1.98	1.43	1.17	0.94	0.24	0.61	0.28	0.21
6	0.55	0.51	1.34	1.54	1.53	1.68	0.56	0.95	0.57	0.53
7	0.39	0.18	1.15	1.10	1.02	0.51	0.40	0.67	0.40	0.29
8	0.36	0.24	0.78	0.67	0.98	0.66	0.36	0.69	0.37	0.29
9	0.36	0.32	1.01	0.98	1.17	1.10	0.36	0.73	0.37	0.32
10	0.45	0.44	0.56	0.71	0.98	1.22	0.48	0.90	0.53	0.53
11	0.25	0.25	0.83	0.77	0.57	0.68	0.28	0.72	0.32	0.32
12	0.46	0.30	1.57	0.74	1.21	0.81	0.48	0.80	0.51	0.41
13	0.37	0.36	0.90	0.97	1.18	1.34	0.38	0.81	0.39	0.37
LSD 5%	0.30	0.21	1.46	1.19	0.91	0.69	0.28	0.21	0.26	0.23

شاخص‌های GMP، MP و STI مشاهده گردید. نتایج همبستگی شاخص‌های تحمل به خشکی در شرایط تنش ۸۰ درصد تخلیه آب قابل نگهداری خاک نیز مشابه تنش ۶۰ درصد تخلیه آب قابل نگهداری خاک بود. بر اساس نظر فرناندز، Fernandez (1992) بهترین شاخص، شاخصی است که در هر دو محیط تنش و بدون تنش همبستگی بالایی با عملکرد داشته باشد. زیرا این شاخص‌ها قادر به جداسازی و شناسایی ژنوتیپ‌هایی با عملکرد بالا در هر دو

#### همبستگی شاخص‌های تحمل به خشکی

در تنش ۶۰ درصد تخلیه آب قابل نگهداری خاک، بالاترین ضرایب همبستگی مثبت عملکرد دانه در شرایط بدون تنش (Yp) با شاخص‌های TOL، MP، GMP و STI، و در شرایط تنش (Ys) با شاخص‌های MP، GMP، STI، YI، HARM و YSI به دست آمد. در کل، در تنش ۶۰ درصد تخلیه آب قابل نگهداری خاک، بیشترین همبستگی بین عملکرد دانه در شرایط تنش (Ys) و بدون تنش (Yp) با

ده‌بالایی و همکاران (2013) Dehbalaei *et al.* و مورسالوو و همکاران (2015) Mursalova *et al.* روی گندم، شاخص‌های GMP، MP و STI به‌عنوان بهترین شاخص‌ها برای گزینش ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی معرفی شدند.

محیط است. بنابراین در تنش ۶۰ و ۸۰ درصد تخلیه آب قابل نگهداری خاک، شاخص‌های GMP، MP و STI، مناسب‌ترین شاخص‌ها برای شناسایی و معرفی ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی بودند (جدول ۵). در مطالعات دریکوند و همکاران (2012) Drikvand *et al.*

جدول ۵- ضرایب همبستگی بین عملکرد دانه با شاخص‌های تحمل به خشکی (تحت شرایط آبیاری بر اساس ۶۰ (بالای قطر) و ۸۰ (زیر قطر) درصد تخلیه آب قابل نگهداری)

Table 5- Correlation coefficients between grain yield and drought tolerance indices (under irrigation based on 60% (top diameter) and 80% (down diameter) depletion of available soil water)

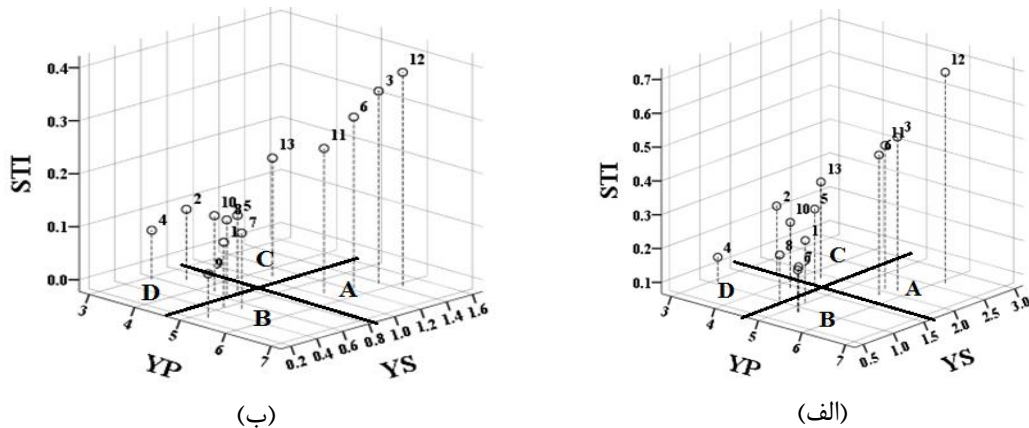
	HARM	YSI	YI	STI	GMP	MP	TOL	SSI	Ys	Yp
Yp	0.54 **	-0.26 ns	0.42 **	0.7 **	0.71 **	0.92 **	0.8 **	0.26 ns	0.42 **	1
Ys	0.99 **	0.75 **	1 **	0.93 **	0.93 **	0.75 **	-0.21 ns	-0.75 **	1	0.45 **
SSI	-0.64 **	-1 **	-0.75 **	-0.46 **	-0.47 **	-0.14 ns	0.77 **	1	-0.84 **	0.07 ns
TOL	-0.06 ns	-0.77 **	-0.21 ns	0.15 ns	0.15 ns	0.49 **	1	0.46 **	0.06 ns	0.92 **
MP	0.83 **	0.14 ns	0.75 **	0.93 **	0.93 **	1	0.76 **	-0.22 ns	0.69 **	0.96 **
GMP	0.98 **	0.47 **	0.93 **	0.99 **	1	0.85 **	0.31 ns	-0.68 **	0.96 **	0.66 **
STI	0.97 **	0.46 **	0.93 **	1	0.99 **	0.86 **	0.33 *	-0.65 **	0.95 **	0.68 **
YI	0.99 **	0.75 **	1	0.95 **	0.96 **	0.69 **	0.06 ns	-0.84 **	1 **	0.45 **
YSI	0.64 **	1	0.85 **	0.65 **	0.68 **	0.22 ns	-0.46 **	-1 **	0.85 **	-0.07 ns
HARM	1	0.82 **	1 **	0.97 **	0.98 **	0.72 **	0.11 ns	-0.82 **	1 **	0.49 **

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

عملکرد مطلوب در محیط تنش) و D (ژنوتیپ‌های دارای عملکرد کم در هر دو محیط) است. در شرایط تنش ۶۰ درصد تخلیه آب قابل نگهداری خاک، ژنوتیپ‌های ۳، ۶، ۱۱ و ۱۲ در گروه A، ژنوتیپ‌های ۱، ۷ و ۹ در گروه B، ژنوتیپ‌های ۲ و ۱۳ در گروه C و ژنوتیپ‌های ۴، ۵، ۸ و ۱۰ در گروه D قرار گرفتند (شکل ۴-الف). در شرایط تنش ۸۰ درصد تخلیه آب قابل نگهداری خاک، ژنوتیپ‌های ۳، ۶، ۱۱ و ۱۲ در گروه A، ژنوتیپ‌های ۱، ۷ و ۹ در گروه B، ژنوتیپ ۱۳ در گروه C و ژنوتیپ‌های ۲، ۴، ۵، ۸ و ۱۰ در گروه D قرار گرفتند (شکل ۴-ب).

#### نمودار سه‌بعدی پراکنش ژنوتیپ‌ها

پراکنش ژنوتیپ‌ها بر اساس عملکرد در شرایط تنش و بدون تنش و شاخص تحمل به تنش (STI)، با استفاده از نمودار سه بعدی نشان داده شده است (شکل ۴). شاخص STI، قادر به شناسایی رقم‌های با عملکرد بالقوه بالا در هر دو شرایط تنش و بدون تنش بوده و مقادیر بالای آن بیانگر ثبات عملکرد بیشتر ژنوتیپ در شرایط تنش خشکی است. این شاخص قادر به تفکیک گروه A (ژنوتیپ‌های دارای عملکرد مطلوب در محیط تنش و بدون تنش) از گروه B (ژنوتیپ‌های دارای عملکرد مطلوب در محیط بدون تنش)، C (ژنوتیپ‌های دارای



شکل ۴- نمودار سه بعدی پراکنش ژنوتیپ‌ها بر اساس عملکرد در شرایط تنش و بدون تنش و شاخص STI در شرایط آبیاری بر اساس ۶۰ (الف) و ۸۰ (ب) درصد تخلیه آب قابل نگهداری

Fig 4- Genotypes distribution 3D plot based on yield under stress and non-stress condition and STI index in irrigation based on 60% (a) and 80% (b) depletion of available soil water

STI، YI و HARM بود. بنابراین، مقادیر کم شاخص-های SSI و TOL و مقادیر بالای شاخص‌های MP، GMP، STI، YI و HARM نشان‌دهنده تحمل بالا به تنش خشکی است و همچنین، مؤلفه اول به‌عنوان جزء تحمل انتخاب شد. در مؤلفه دوم که ۳۵/۱۵ درصد تغییرات داده‌ها را توجیه نمود، شاخص‌های SSI و TOL دارای ضرایب مثبت و بالا و شاخص YSI دارای ضرایب منفی و بالا بودند. با توجه به این‌که مقادیر بالای شاخص‌های SSI و TOL حساسیت به تنش را نشان می‌دهد، این مؤلفه به‌عنوان جزء حساسیت به تنش انتخاب شد.

تجزیه به مؤلفه‌های هم‌هنگ اصلی در آبیاری براساس تخلیه ۸۰ درصد آب قابل نگهداری نشان داد که دو مؤلفه اول در مجموع ۹۹/۷۱ درصد تغییرات را توجیه کردند. مؤلفه اول ۶۴/۱۹ درصد تغییرات را تبیین نمود. در این مؤلفه، عملکرد در شرایط تنش (Ys) و شاخص-های GMP، STI، YI، YSI، HARM دارای ضرایب مثبت و بالا و شاخص SSI دارای ضرایب منفی و بالا بودند. با توجه به این‌که میزان زیاد شاخص‌های MP، GMP، STI، YI، YSI و HARM مطلوب هستند، در صورت بالابودن میزان مؤلفه اصلی اول، ارقامی انتخاب می‌شوند که دارای عملکرد بالا در شرایط تنش هستند. بنابراین می‌توان این مؤلفه را پتانسیل عملکرد و تحمل خشکی نامگذاری کرد. همچنین، مؤلفه دوم که ۳۵/۵۲

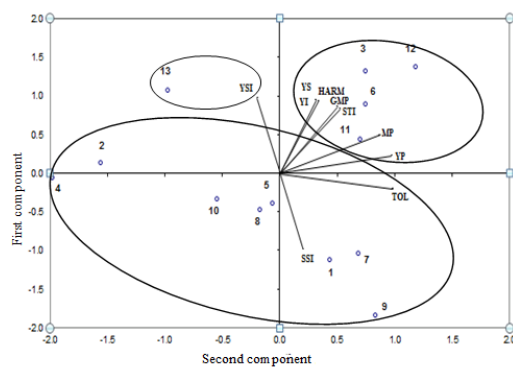
بر اساس نتایج حاصل از نمودار سه بعدی، ژنوتیپ‌های ۳، ۶، ۱۱ و ۱۲ توانایی تحمل تنش ۶۰ و ۸۰ درصد تخلیه آب قابل نگهداری خاک را داشته و در هر دو شرایط تنش و بدون تنش بالاترین عملکرد را نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها نشان دادند. ژنوتیپ‌های ۱، ۷ و ۹ فقط عملکرد بالایی در شرایط طبیعی داشتند. همچنین، ژنوتیپ‌های ۲ و ۱۳ در تنش ۶۰ درصد تخلیه آب قابل نگهداری خاک دارای عملکرد قابل قبولی بودند. درحالی-که در شرایط بدون تنش عملکرد قابل قبولی نداشتند. علاوه بر این، ژنوتیپ ۲ نتوانست تنش ۸۰ درصد تخلیه آب قابل نگهداری خاک را تحمل کند اما ژنوتیپ ۱۳ در تنش ۸۰ درصد نیز دارای عملکرد مطلوبی بود. همچنین، ژنوتیپ‌های ۴، ۵، ۸ و ۱۰ در شرایط تنش و بدون تنش عملکرد پایینی داشتند.

### تجزیه به مؤلفه‌های هم‌هنگ اصلی شاخص‌های تحمل خشکی

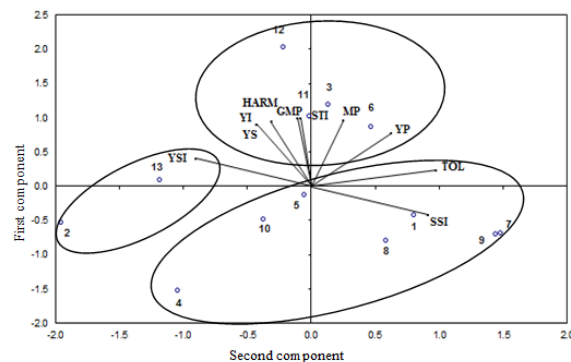
تجزیه به مؤلفه‌های هم‌هنگ اصلی (PCA) شاخص‌های تحمل خشکی و عملکرد در شرایط تنش و بدون تنش انجام گرفت. در تنش ۶۰ درصد، دو مؤلفه اول در مجموع ۹۹/۵۸ درصد تغییرات کل را توجیه کردند. مؤلفه اول که ۶۴/۴۳ درصد تغییرات کل را توجیه نمود دارای رابطه مثبت و بالایی با عملکرد در شرایط تنش (Ys) و بدون تنش (Yp) و شاخص‌های MP، GMP،

گرفتند. در شرایط تنش ۸۰ درصد تخلیه آب قابل-نگهداری خاک، ژنوتیپ‌های ۳، ۶، ۱۱ و ۱۲ در ناحیه با پتانسیل تولید بالا و حساسیت پایین به خشکی و در مجاورت بردارهای مربوط به شاخص‌های مهم تحمل خشکی YI، MP، STI، GMP و HARM و نیز عملکرد در شرایط تنش (Ys) و بدون تنش (Yp) قرار گرفتند. هم‌چنین، ژنوتیپ ۱۳ در مجاورت شاخص YSI قرار گرفت. مقادیر بالای این شاخص‌ها، پایداری عملکرد در شرایط تنش را نشان می‌دهد. از این‌رو این ژنوتیپ‌ها به‌عنوان ژنوتیپ‌های متحمل به تنش خشکی شناسایی شدند. هم‌چنین، سایر ژنوتیپ در ناحیه با عملکرد پایین در شرایط تنش و حساسیت به خشکی و در مجاورت شاخص‌های مهم حساسیت به خشکی TOL و SSI قرار گرفتند (شکل ۵-ب).

درصد تغییرات را توجیه کرد، دارای رابطه مثبت و بالایی با عملکرد در شرایط بدون تنش (Yp) و شاخص-های TOL و MP بود؛ از این‌رو این مؤلفه را می‌توان حساسیت در شرایط تنش آبی نامگذاری کرد. به‌منظور گزینش ژنوتیپ‌ها و مشخص کردن روابط بین شاخص‌ها، نمودار دو بعدی بر اساس دو مؤلفه اول این تجزیه و شاخص‌های تحمل خشکی ترسیم شد. در شرایط تنش ۶۰ درصد تخلیه آب قابل‌نگهداری خاک، ژنوتیپ‌های ۳، ۶، ۱۱ و ۱۲، در ناحیه با پتانسیل تولید بالا و حساسیت پایین به خشکی و در مجاورت بردارهای مربوط به شاخص‌های مهم تحمل خشکی YI، MP، STI، GMP و HARM و نیز عملکرد در شرایط تنش (Ys) و بدون تنش (Yp) قرار گرفتند. هم‌چنین، ژنوتیپ‌های ۲ و ۱۳ در مجاورت شاخص YSI قرار



(ب)



(الف)

شکل ۵- نمودار دو بعدی پراکنش ژنوتیپ‌ها و شاخص‌های تحمل خشکی با استفاده تجزیه به مؤلفه هماهنگ اصلی در شرایط تنش ۶۰ (الف) و ۸۰ (ب) درصد تخلیه آب قابل‌نگهداری

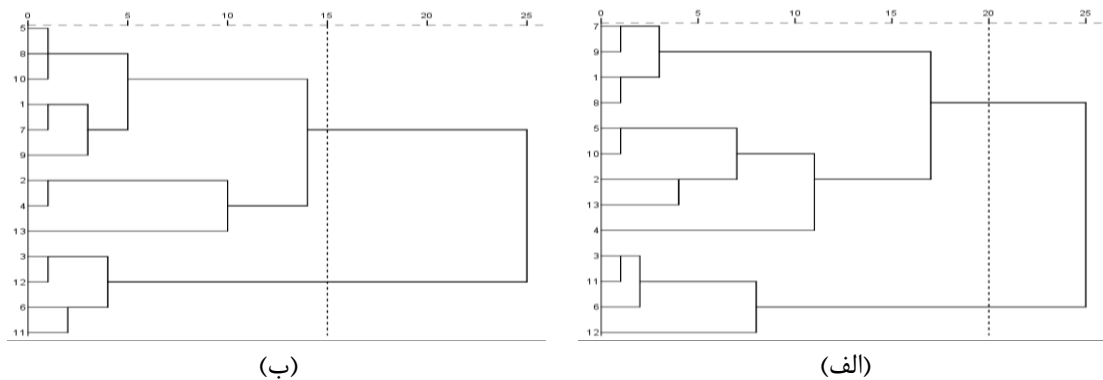
Fig 5- Genotypes and drought tolerance indices distribution Biplot using principal coordinate analysis in irrigation based on 60% (a) and 80% (b) depletion of available soil water

مقایسه میانگین شاخص‌های تحمل خشکی نسبت به میانگین کل، ژنوتیپ‌های ۱، ۲، ۴، ۵، ۷، ۸، ۹، ۱۰ و ۱۳ به‌عنوان ژنوتیپ‌های با عملکرد کمتر در شرایط تنش و ژنوتیپ‌های ۳، ۶، ۱۱ و ۱۲ به‌عنوان ژنوتیپ‌های پایدارتر و با عملکرد بالاتر در شرایط تنش شناسایی شدند.

### تجزیه خوشه‌ای شاخص‌های تحمل خشکی

گروه‌بندی ژنوتیپ‌ها بر مبنای عملکرد آن‌ها و شاخص-های تحمل به تنش از طریق تجزیه خوشه‌ای به روش UPGMA انجام شد. بر اساس نمودار درختی در هر دو سطح تنش، ژنوتیپ‌ها در ۲ گروه مجزا قرار گرفتند (شکل ۶-الف و ۶-ب). در هر دو سطح تنش، بر اساس





شکل ۶- نمودار درختی ژنوتیپ‌های جو بر اساس شاخص‌های تحمل خشکی و عملکرد در شرایط آبیاری بر اساس تخلیه ۶۰ (الف) و ۸۰ (ب) درصد آب قابل‌نگهداری

Fig 6- Dendrogram tree diagram of barley genotypes based on drought tolerance indices and yield in irrigation based on 60% (a) and 80% (b) depletion of available soil water

پاکستان، ژنوتیپ ۶ ایران، ۱۱ رقم آبیدر و ۱۲ رقم اصلاح‌شده Dayton / Ranney توسط مرکز تحقیقات ICARDA است. همچنین، منشاء ژنوتیپ ۲ کشور ایتالیایی و ژنوتیپ ۱۳ رقم اصلاح‌شده Denmark توسط مرکز تحقیقات ICARDA است. لاین اولیه رقم جو آبیدر با شجره Yesevi-93 از مرکز تحقیقات ICARDA دریافت شده است. این رقم مقاوم به تنش خشکی، متحمل به سرما، مقاوم به خوابیدگی و مقاوم به ریزش دانه است. در بررسی عملکرد ارقام، عملکرد رقم امیدبخش در شرایط مزرعه، نسبت به رقم سهند ۱۱ درصد افزایش داشت. همچنین در مطالعه سازگاری و پایداری عملکرد دانه در ۷ منطقه، رقم آبیدر به همراه ۲۲ لاین دیگر و رقم سهند (به‌عنوان شاهد) در تمامی مناطق پرمحصول‌ترین ژنوتیپ بود و پایداری این رقم در حد شاهد (سهند) و اندکی از آن پایدارتر بود. علاوه بر این، در ارزیابی مقاومت به تنش خشکی، رقم آبیدر تحمل به خشکی بیشتری نسبت به رقم‌های شاهد سهند و محلی نشان داد (Ansari Maleki *et al.*, 2009). در کل از نقاط قوت این پژوهش، شناسایی ژنوتیپ‌های ۳ و ۶، به ترتیب با منشاء کشور پاکستان و ایران بود که تحمل و پایداری آن‌ها به شرایط تنش خشکی بهتر از رقم آبیدر و رقم اصلاح‌شده Dayton / Ranney توسط مرکز تحقیقات ICARDA ارزیابی

### نتیجه‌گیری کلی

رشد فزاینده جمعیت و نیاز به محصولات کشاورزی و محدودیت منابع آب، مسئله کم آبی را به‌طور جدی در جهان و از جمله ایران، به‌عنوان یکی از چالش‌های اصلی آینده مطرح کرده است. بنابراین، ژنوتیپ‌هایی که تحت شرایط کم‌آبی قادر به ارائه عملکرد و کارایی قابل‌قبول باشند، با اطمینان بیشتر برای کشت در نواحی خشک و نیمه‌خشک قابل توصیه هستند.

اگرچه شرایط تنش خشکی منجر به کاهش عملکرد دانه در ژنوتیپ‌ها نسبت به شرایط آبیاری کامل گردید ولی برخی ژنوتیپ‌ها شرایط تنش را تحمل کرده و عملکرد نسبتاً بالایی داشتند که این امر را می‌توان به تنوع ژنتیکی موجود در ژنوتیپ‌ها نسبت داد. بر اساس مجموع نتایج، ژنوتیپ‌های ۳، ۶، ۱۱ و ۱۲ در شرایط تنش و بدون تنش بالاترین عملکرد را داشتند. بنابراین، متحمل‌ترین و پایدارترین ژنوتیپ‌ها به شرایط تنش خشکی بودند. همچنین، ژنوتیپ‌های ۲ و ۱۳ قادر به تحمل تنش ۶۰ درصد تخلیه آب قابل‌نگهداری خاک بودند، درحالی‌که در آبیاری کامل عملکرد قابل‌قبولی نداشتند. اما ژنوتیپ ۲ نتوانست تنش ۸۰ درصد تخلیه آب قابل‌نگهداری خاک را تحمل نماید. ولی ژنوتیپ ۱۳ عملکرد قابل‌قبولی در سطح تنش ۸۰ درصد تخلیه آب قابل‌نگهداری خاک نشان داد. منشاء ژنوتیپ ۳ کشور

۱- مرکز اصلاح و نگهداری گیاهان مناطق خشک مانند گندم، جو، پنبه، عدس، باقلا و ...، بانک ژن ICARDA است.

اقلیمی منطقه خود سازگاری ژنتیکی یافته‌اند. به عبارت دیگر دارای ذخایر ژنتیکی ارزشمند و سازگاری گسترده-ای با مناطق سرد خشک و نیمه‌خشک هستند. بنابراین می‌توانند قابل توجه به‌نژادگران برای اصلاح ارقام جو تحت شرایط نامساعد و غیرقابل‌پیش‌بینی دیم مناطق سرد خشک و نیمه‌خشک قرار گیرند.

گردید. البته، انجام آزمایشات تکمیلی تحت تنش خشکی در شرایط حقیقی دیم در مناطق خشک و نیمه-خشک سرد برای تأیید نتایج این پژوهش الزامی است. ژنوتیپ‌های موردبررسی در این پژوهش، متعلق به مناطق خشک و نیمه‌خشک بوده و دارای مقاومت نسبی به سرما نیز می‌باشند که در گستره زمان با شرایط

## REFERENCES

1. Abdoli, M., Saeidi, M., Jalali Honarmand, S., Mansourifar, S. & Ghobadi, M. E. (2013). Evaluation of some physiological and biochemical traits and their relationships with yield and its components in some improved wheat cultivars under post-anthesis water deficit. *Journal of Environmental Stresses in Crop Sciences*, 6 (1), 47-63. (In Persian).
2. Abdoli, M., Saeidi, M., Jalali Honarmand, S., Mansourifar, S. & Ghobadi, M. E. (2016). Effects of photosynthetic source limitation and post-anthesis water deficiency on grain filling rate, photosynthesis and gas exchange in bread wheat cultivars. *Journal of Environmental Stresses in Crop Sciences*, 8 (2), 131-147. (In Persian).
3. Ahmadi Lahijani, M. J. & Emam, Y. (2013). Response of wheat genotypes to terminal drought stress using physiological indices. *Journal of Crop Production and Processing*, 3(9), 163-176. (In Persian).
4. Ajalli, J. & Salehi, M. (2012). Evaluation of drought stress indices in barley (*Hordeum vulgare* L.). *Annals of Biological Research*, 3(12), 5515-5520.
5. Alizadeh, A., Alizadeh, V., Nassery, L. & Eivazi, A. (2011). Effect of drought stress on apple dwarf rootstocks. *Technical Journal of Engineering and Applied Sciences*, 1 (3), 86-94.
6. Amini, A.R & Soleymani, A. (2013). Deficits irrigation effects on seed yield and yield components of barley cultivars. *International Journal of Agriculture and Crop Sciences*, 5 (7), 782-784.
7. Ansari Maleki, Y., Nourmand Moayed, F., Nader mahmoodi, K., Azimzadeh, S. M., Roohi, E., Hesami, A., Soleymani, K., Abediasl, Gh. R., Pashapour, H., Pouralibaba, H. R., Dehghan, M. A., Patpour, M., Eskandari, I. & Salek Zamani, A. (2009). Abidar, a new dryland barley cultivar for moderate cold areas of Iran. *Seed and Plant Improvement Journal*, 25(1), 227-230.
8. Bijanzadeh, E., Naderi, R. & Emam, Y. (2013). Source restriction and drought stress effects on photosynthetic characteristics and yield of Barley (*Hordeum vulgare* L.) cultivars. *Scientific Journal of Agronomy and Plant Breeding*, 1(1), 34- 40.
9. Bogale, A., Tesfaye, K. & Geleto, T. (2011). Morphological and physiological attributes associated to drought tolerance of Ethiopian durum Wheat genotypes under water deficit condition. *Journal of Biodiversity and Environmental Sciences*, 2, 22-36.
10. Bouslama, M. & Schapaugh, W. T. (1984). Stress tolerance in soybean. I. Evaluation of three screening techniques for heat and drought tolerance. *Crop Science*, 24, 933-937.
11. Dastfal, M., Brati, V., Navabi, F & Haghight Nia, H. (2009). Effect of terminal drought stress on grain yield and its components in bread Wheat (*Triticum aestivum* L.). Genotypes in dry and warm conditions in south of Fars province. *Seed and Plant Production Journal*, 25(3), 329-344. (In Persian).
12. Dehbalaei, S., Farshadfar, E. & Farshadfar, M. (2013). Assessment of drought tolerance in bread wheat genotypes based on resistance/tolerance indices. *International Journal of Agriculture and Crop Sciences*, 5 (20), 2352-2358.
13. Drikvand, R., Doosty, B & Hosseinpour, T. (2012). Response of rainfed wheat genotypes to drought stress using drought tolerance indices. *Journal of Agricultural Science*, 4(7), 126-131.
14. Emam, Y. (2012). *Cultivation of grains* (4th ed). Shiraz University Press. Shiraz. (In Persian).
15. Evans, L. T. (1993). *Crop evolution, adaptation, and yield*. Cambridge University Press. 500 P.
16. Fernandez, G. C. (1992). Effective selection criteria for assessing plant stress tolerance. In: *Proceeding of the international symposium on adaptation of vegetables and other food crops in temperature and water stress*. 13-16 August, Taiwan, pp. 257-270.
17. Fettell, N., Bowden, P., McNee, T & Border, N. (2010). *Barley Growth and Development*. Industry and Investment NSW.
18. Fischer, R. A. & Maurer, R. (1978). Drought resistance in spring wheat cultivars, 1. Grain yield responses. *Australian Journal of Agricultural Research*, 29, 897-917.

19. Garcia Del Moral, L. F., Rharrabit, Y., Villeg, D. & Royo, C. (2003). Evaluation of grain yield and its components in durum wheat under mediterranean conditions. *Agronomy Journal*, 65, 266-274.
20. Gavuzzi, P., Rizza, F., Palumbo, M., Campaline, 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 (4), 523-531.
21. Ghamarnia, H. & Gorge, J. (2005). Effect of water stress on three wheat cultivars. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 99, 15- 19.
22. Ghazi, N., Karakia, A., Al-Ajam, A. & Othman, Y. (2007). Seed germination and early root growth of three barely cultivars as affected by temperature and water stress. *American Eurasian Journal of Agricultural and Environmental of Sciences*, 2 (2), 112- 117.
23. Hamzei, J. & Syedi, M. (2014). Response of yield and yield components of barley cultivars to supplementary irrigation under rainfed condition. *Journal of Sustainable Agriculture and Production Science*, 23 (4), 159- 168. (In Persian).
24. Ilyas Khokhar, M., Teixeira da Silva, A. J. & Spiertz, H. (2012). Evaluation of barley genotypes for yielding ability and drought tolerance under irrigated and water-stressed conditions. *American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Sciences*, 12(3), 287-292.
25. Izanloo, A., Condon, A.G., Langridge, P., Tester, M. & Schnurbusch, T. (2008). Different mechanisms of adaptation to cyclic water stress in two South Australian bread Wheat cultivars. *Journal of Experimental Botany*, 59, 3327- 3346.
26. Jhonson, B., Gardner, C. O. & Wred, K. C. (1994). Application of optimization model to multi- trial selection programs. *Crop Science*, 22, 723- 728.
27. Karimzadeh Soureshjani, H., Emam, Y. & Moori, S. (2012). Effect of post-anthesis drought stress on yield, yield components and canopy temperature of bread Wheat cultivars. *Journal of Plant Process and Function*, 1(1), 38- 56. (In Persian).
28. Keisling, T. C. (1982). Calculation of the length of day. *Agronomy Journal*, 74 (5), 758- 760.
29. Kristin, A. S., Serna, R. R., Perez, F. I., Enriquez, B. C., Gallegos, J. A. A., Vallejo, P. R., Wassimi, N. & Kelley, J. D. (1997). Improving common bean performance under drought stress. *Crop Science*, 37, 43- 50.
30. Maddah Hoseini, SH., Poustine, K., Ahmadi, A., Tavakol Afshari, R., Rahimi, A. & Tavakoli, A. (2010). Role of ear photosynthesis and transpiration in sink size determination in barley. *Electronic Journal of Crop Production*, 3 (3), 107- 123. (In Persian).
31. Maktoobian, M., Soleymani, A. & Javanmard, H. R. (2013). Drought stress effects on seed yield and yield components of barley cultivars. *International Journal of Agronomy and Plant Production*, 4 (12), 3415- 3418.
32. Mitra, J. (2001). Genetics and genetic improvement of drought resistance in crop plants. *Current Science*, 80, 758- 762.
33. Mursalova, J., Akparov, Z., Ojaghi, J & Eldarov, M. (2015). Evaluation of drought tolerance of winter bread Wheat genotypes under drip irrigation and rainfed conditions. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 39, 817-824.
34. Nikkhah, H. R., Saberi. M.H. & Mahlouji. M. (2010). Study of effective traits on grain yield of two and six-row barley genotypes (*Hordeum vulgare* L.) under terminal drought stress conditions. *Iranian Journal of Crop Sciences*, 12 (2), 170-184. (In Persian).
35. Paolo, E. D. & Rinaldi, M. (2008). Yield response of corn to irrigation and nitrogen fertilization in a Mediterranean environment. *Field Crops Research*, 105, 202- 210.
36. Rosielle, A. A. & Hamblin, J. (1981). Theoretical aspects of selection for yield in stress and non-stress environments. *Crop Science*, 21, 943- 946.
37. Saberi, M. H., Nikkhah, H. R., Tajalli, H. & Arazmjo, E. (2016). Effects of terminal season drought stress on yield and choosing best tolerance indices in promising lines of barley. *Applied Field Crops Research*, 29(2), 27-34.
38. Sanchez, F. J., Manzanares, M., De Andres, E. F., Tenorio, J. L. & Ayerbe, L. (1998). A turgor maintenance, osmotic adjustment and soluble sugar, and proline accumulation in 49 pea cultivars in response to water stress. *Field Crops Research*, 59, 225-235.
39. Sharma, S. N., Sain, R. S. & Sharma, R. K. (2003). Genetics of spike length in durum Wheat, *Euphytica*, 130, 155-161.
40. Shekari, F., Shekari, F. & Esfandiari, A. (2010). *Production Physiology in Crops*. Maragheh University. Maragheh, Iran, 422 P. (In Persian).

41. Sokoto, M. B. & Muhammad, A. (2014). Response of rice varieties to water stress in Sokoto, Sudan Savannah, Nigeria. *Journal of Biosciences and Medicines*, 2, 68-74.
42. Taheri poorfard, Z. S., Izadi Darbandi, A., Ghazvini, H., Ebrahimi, M. & Mortazavian, S. M. M. (2015). Study of terminal drought tolerance in promising barley genotypes using stress susceptibility and tolerance indices. *Journal of Applied Crop Breeding*, 3(1), 39-55.
43. Tardieu, F. (2012). Any trait or trait related allele can confer drought tolerance: just design the right drought scenario. *Journal of Experimental Botany*, 63(1), 25-31.
44. Winter, S. R., Musick, J. T. & Porter, K. B. (1988). Evaluation of screening techniques for breeding drought-resistant winter Wheat. *Crop Science*, 28, 512-516.
45. Ziloee, N., Ahmadi, A. & Joudi, M. (2015). Evaluation of phenology relationship with yield potential and drought stress tolerance in some of wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes and varieties in Iran. *Iranian Journal of Field Crop Science*, 45 (4), 531-540. (In Persian).