Sari Agriculture Sceinces and Natural Resources University

Journal of Crop Breeding Vol. 15, No 46, Summer 2023 p: 93-103

"Research Paper"

Investigation of Terminal Season Drought Stress effects on Grain Yield and Some Agronomic and Physiological Traits in Promising Barley (*Hordeum Vulgare* L.) Genotypes

Shahin Qavidel[1], Khodadad Mostafavi[2] and Alireza Pourabouqadare[3]

1- Master's degree graduate, Department of Agriculture and Plant Breeding, Karaj Branch, Islamic Azad University, Karaj, Iran
2- Associate Professor, Department of Agriculture and Plant Breeding, Karaj Branch, Islamic Azad University, Karaj, Iran, (corresponding author: mostafavi@kiau.ac.ir)
3- Assistant Professor, Seed and Breeding Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Karaj, Iran
Received: 10 June, 2022 Accepted: 24 December, 2022

Extended Abstract

Introduction: Drought stress is known as one of the main factors limiting agricultural production. Investigation of the effect of drought stress on grain yield and other agronomic and physiological traits can be useful in identifying drought-tolerant cultivars. The aim objective of the present study was to study the effect of terminal drought stress on some of the agronomic and physiological characteristics in a set of promising barley lines.

Material and methods: This study was carried out at the Cereal Research Station located in Seed and Plant Improvement Institute, Karaj, Iran during 2020-2021 cropping seasons. The plant material consisted of 17 promising genotypes of barley along with a commercial cultivar (cv. Jolgeh). All genotypes were investigated in two separate experiments based on a randomized complete block design with three replications under two control and drought stress conditions.

Results: The results of combined analysis of variance showed a significant difference between control and drought stress conditions in terms of all measured traits except spike length and the number of seeds per spike. Furthermore, a significant difference was observed among the tested genotypes in terms of all measured traits except initial chlorophyll fluorescence, maximum quantum yield of PSII, and maximum primary yield of photochemistry of PSII. However, the interaction effect between drought stress conditions and genotype was only significant for the number of days to physiological maturity, grain filling period, main spike length, and chlorophyll content.

The results of principal component analysis (PCA) revealed that the first five components accounted for 84.80% of the total phenotypic variation, under drought stress condition. Considering the angle among trait-vectors indicated that some of traits such as number of days to anthesis and to physiological maturity, awn length, plant height, leaf area index, chlorophyll content, and number of seeds per spike positively correlated with grain yield in the drought stress condition. In general, our results showed that genotypes G2, G3, G6, G7, G12, and G18 were identified as the best genotypes compared with other tested genotypes.

Conclusion: According to results, genotype G7 due to its highest grain yield and ideal agronomic and physiological features can be candidates for further complementary investigations in multi-environmental trials with the aims of realization of a new commercial cultivar.

Keywords: Barley, Grain yield, Photosynthesis capacity, Principal component analysis, Water deficit stress

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-01-29]

[DOI: 10.61186/jcb.15.46.93]

OPEN ACCESS
CC BY NC

"مقاله پژوهشی"

بررسی اثر تنش خشکی آخر فصل بر عملکرد دانه و برخی از صفات زراعی و فیزیولوژیکی در لاین‌های امیدبخش جو (*Hordeum vulgare L.*)

شاهین قویدل[۱]، خداداد مصطفوی[۲] و علیرضا پورابوقداره[۳]

۱- فارغ التحصیل کارشناسی ارشد، گروه زراعت و اصلاح نباتات، واحد کرج، دانشگاه آزاد اسلامی، کرج، ایران
۲- دانشیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، واحد کرج، دانشگاه آزاد اسلامی، کرج، ایران، (نویسنده مسوول: mostafavi@kiau.ac.ir)
۳- استادیار، موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۳/۲۰ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۱۰/۳
صفحه: ۹۳ تا ۱۰۳

چکیده مبسوط

مقدمه و هدف: تنش خشکی به‌عنوان یکی از اصلی‌ترین عوامل محدودکننده تولید محصولات کشاورزی شناخته شده است. ارزیابی تأثیر تنش خشکی بر عملکرد دانه و سایر صفات زراعی و فیزیولوژیکی می‌تواند در شناسایی ارقام متحمل به خشکی مفید باشد. هدف از تحقیق حاضر، بررسی اثر تنش خشکی آخر فصل بر برخی از خصوصیات زراعی و فیزیولوژیکی مجموعه‌ای از لاین‌های امیدبخش جو بود.

مواد و روش‌ها: این تحقیق در ایستگاه تحقیقاتی بخش تحقیقات غلات واقع در مؤسسه اصلاح و تهیه نهال و بذر در سال زراعی ۱۴۰۰-۱۳۹۹ انجام شد. مواد گیاهی شامل ۱۷ لاین امیدبخش جو به همراه یک رقم تجاری (جلگه) بود که در قالب دو آزمایش جداگانه بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در دو شرایط عدم تنش و تنش آخر فصل مورد ارزیابی قرار گرفتند.

یافته‌ها: نتایج حاصل از تجزیه واریانس مرکب داده‌های آزمایشی نشان داد که از نظر کلیه صفات اندازه‌گیری شده به‌جز طول سنبله اصلی و تعداد دانه در سنبله بین شرایط عدم تنش و تنش خشکی اختلاف معنی‌داری وجود داشت. علاوه بر این تفاوت بین ژنوتیپ‌های بررسی‌شده نیز از نظر کلیه صفات به‌جز فلورسانس حداقل، حداکثر عملکرد فیتوشیمیایی PSII و ظرفیت فتوسنتزی معنی‌دار بود. اثر متقابل بین شرایط تنش و عدم تنش با لاین‌های مورد بررسی تنها برای صفات تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیکی، دوره پر شدن دانه، طول سنبله اصلی و شاخص کلروفیل معنی‌دار بود. نتایج تجزیه به مؤلفه‌های اصلی نشان داد پنج مؤلفه نخست ۸۴/۸۰ درصد از کل تغییرات فنوتیپی در شرایط تنش را توجیه کردند. با توجه به زاویه بین بردار صفات اندازه‌گیری شده مشخص شد صفات تعداد روز تا ظهور سنبله، تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیکی، طول ریشک، ارتفاع بوته، شاخص سطح برگ، محتوای کلروفیل و تعداد دانه در سنبله دارای همبستگی مثبت و معنی‌داری با عملکرد دانه ارتباط در شرایط تنش خشکی بودند. با در نظر گرفتن نتایج به دست‌آمده از این تحقیق مشخص شد ژنوتیپ‌های G2، G3، G6، G7، G12 و G18 به‌عنوان برترین لاین‌های از سایر لاین‌ها و رقم شاهد متمایز شدند.

نتیجه‌گیری: در بین لاین‌های مورد بررسی G7 به‌دلیل داشتن بیشترین عملکرد دانه و برتر بودن از نظر دیگر خصوصیات اندازه‌گیری شده می‌تواند به‌عنوان لاین کاندید برای بررسی‌های تکمیلی در آزمایش‌های چند محیطی مورد ارزیابی قرار گیرد تا در صورت دارا بودن سازگاری و پایداری عملکرد به‌عنوان لاین جدید معرفی شود.

واژه‌های کلیدی: تنش کم‌آبی، تجزیه به مؤلفه‌های اصلی، جو، ظرفیت فتوسنتزی، عملکرد دانه

مقدمه

براساس آخرین آمار و اطلاعات منتشر حدود ۱۲ میلیون هکتار سطح برداشت محصولات زراعی می‌باشد که تقریباً ۸/۵۰ میلیون هکتار (معادل ۷۱/۲۰ درصد از کل سطح برداشت محصولات زراعی) آن به غلات اختصاص داشته و در این بین جو با ۱/۵ میلیون هکتار از کل سطح برداشت پس از گندم (۵/۸۶ میلیون هکتار) در جایگاه دوم قرار دارد(۴). جو دارای مصارف گوناگونی است که می‌توان به استفاده از دانه و علوفه آن برای تغذیه دام، صنایع مالت‌سازی، نوشابه‌های الکلی و بدون الکل و نیز تغذیه انسان اشاره نمود. در کشور ما مصرف عمده جو برای تغذیه دام و به مقدار کم برای تولید مالت و فرآورده‌های بدون الکل می‌باشد (۱۱). با رشد جمعیت تقاضای غذا نیز به‌میزان قابل ملاحظه‌ای افزایش خواهد یافت. علاوه بر مواد غذایی، مصرف آب نیز بیشتر خواهد شد. نزدیک به ۴۰ درصد از زمین‌های جهان در مناطق خشک و نیمه‌خشک قرار گرفته‌اند (۹)؛ بنابراین به‌کارگیری مناسب از منابع آبی و بهینه‌سازی بهره‌وری آن در چنین شرایطی یک امر ضروری می‌باشد.

کمبود آب در مناطق خشک عمدتاً به‌صورت تنش خشکی ظاهر می‌شود که خود مهم‌ترین عامل محدودکننده تولید محصولات کشاورزی بشمار می‌آید. از این‌رو برنامه‌های به‌نژادی باید به‌گونه‌ای طراحی شوند که در صورت بروز با مشکل کم‌آبی در آینده نه‌چندان دور حداکثر تولید محصول حاصل شود. از طرف دیگر آگاهی از پاسخ گیاهان به تنش خشکی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است و اصول ابتدایی مقاومت به تنش در گیاهان زراعی را ایجاد می‌کند (۳۳). هنگامی‌که گیاه با شرایط تنش روبرو می‌شود، پاسخ‌های متفاوتی از خود نشان می‌دهد که شامل تغییرات مورفولوژیکی و نموی مانند کوتاه کردن چرخه زیستی، جلوگیری از رشد ساقه، افزایش رشد ریشه، تنظیم انتقال یون‌ها و تغییرات متابولیکی است (۱۰). بسته شدن روزنه‌ها و جلوگیری از خروج آب به‌واسطه تبخیر از سطح برگ و همچنین بهبود روابط آبی از مهم‌ترین پاسخ‌های اولیه گیاه در برابر تنش خشکی در نظر گرفته شده است (۱۰، ۲۴، ۲۵). در واقع هدایت روزنه‌ای، میزان تبادلات گازی بین بافت‌های درونی برگ و هوا را تنظیم می‌کند (۲۴). کاهش هدایت روزنه‌ای موجب آزاد شدن انرژی اضافی

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-01-29]

[DOI: 10.61186/jcb.15.46.93]

در کلروپلاست و کاهش عکس‌العمل اجزای درگیر در فرآیند فتوسنتز موجود در مجموعه فتوسیستم II خواهد شد (۲۳). رشد و نمو گیاهان بستگی به‌میزان فعالیت فتوسنتزی آن‌ها در شرایط محیطی نامساعد همچون شرایط تنش خشکی دارد. در طول مدت فتوسنتز، امواج نوری توسط کلروفیل و رنگیزه‌های موجود در مجموعه کلروپلاست جمع‌آوری شده و سپس به مرکز فتوسیستم I و II منتقل و در این مراکز مجموعه وقایع تبدیل انرژی نورانی به انرژی بیوشیمیایی اتفاق می‌افتد (۱۷). این وقایع سبب شده تا مطالعه سطوح مختلفی از مکانیسم‌های فتوسنتزی شکل گیرد. مطالعات انجام‌شده در این رابطه نشان داده است که در شرایط تنش، بین زنده‌مانی و تحمل به خشکی و پارامترهای فلورسانس کلروفیل رابطه مستقیمی وجود دارد و این پارامترها می‌توانند در غربال و شناسایی ژنوتیپ‌های متحمل به‌خوبی ایفای نقش کنند (۲، ۱۶، ۱۷، ۲۱، ۲۵). به‌طور کلی فتوسنتز عامل تعیین‌کننده اصلی رشد و عملکرد گیاهان است. مهم‌ترین اثر فیزیولوژیکی تنش خشکی محدود شدن فتوسنتز است (۲۴). رابطه نزدیک بین بازدارندگی فتوسنتز در شرایط تنش و تغییرات فرا ساختمانی در کلروپلاست دلیلی بر اثر مستقیم تنش بر کلروپلاست‌ها است (۱۵). سنجش غلظت کلروفیل به‌عنوان یک شاخص برای ارزیابی تحمل به تنش در بسیاری از مطالعات در نظر گرفته شده است. احمدی و بیکر (۳) کاهش فتوسنتز ناشی از تنش خشکی شدید یا طولانی‌مدت را تحت تأثیر عوامل غیر روزنه‌ای بخصوص کاهش غلظت کلروفیل دانسته‌اند. کدخدایی و همکاران (۱۲) گزارش کردند که دوام فتوسنتز و حفظ غلظت کلروفیل تحت شرایط تنش از جمله شاخص‌های فیزیولوژیکی تحمل خشکی است و به ثبات فتوسنتز کمک می‌کند به طوریکه می‌تواند به‌عنوان معیار مهمی در گزینش ارقام متحمل به خشکی مؤثر باشد.

در اکثر مناطق کشت غلات به‌ویژه جو، پر شدن دانه معمولاً زمانی صورت می‌گیرد که دمای هوا و تنش خشکی در حال افزایش است. حتی در شرایط آب و هوایی مناسب نیز، مواد پرورده جاری ممکن است برای پر شدن طبیعی دانه‌ها کافی نباشد (۷). گزارش شده است در شرایط بدون تنش و تنش خشکی سهم ذخایر ساقه در پر شدن دانه به‌ترتیب حدود ۶۷ و ۳۸ درصد می‌باشد (۸). مواد فتوسنتزی که در دانه ذخیره می‌شوند از سه مبداء عمده فتوسنتزی جاری برگ، فتوسنتز جاری قسمت‌های سبز غیر از برگ و انتقال مواد فتوسنتزی ذخیره‌شده در سایر اندام‌های گیاه تأمین می‌شود (۱۵). در آزمایشی بر روی ارقام مختلف جو و گندم گزارش شده است هنگامی‌که ظرفیت فتوسنتزی گیاه به‌وسیله تنش خشکی یا گرمای کاهش یابد، پر شدن دانه شدیداً وابسته به انتقال مجدد ذخایر ساقه می‌شود و میزان مشارکت ذخایر در شکل‌گیری عملکرد دانه در این شرایط ۲۲ تا ۶۶ درصد وزن خشک دانه می‌باشد (۷)؛ بنابراین به نظر می‌رسد تمرکز بر روی صفاتی همچون طول پدانکل و ارتفاع بوته نیز می‌تواند نقش کلیدی در افزایش تحمل به خشکی و کاهش خسارات ناشی از آن بشود.

عملکرد گیاهان زراعی تحت تأثیر فرآیندهای مختلفی قرار می‌گیرد، زیرا عوامل مؤثر بر عملکرد بر همدیگر تأثیر می‌گذارند و تعیین اثر هر یک از این عوامل بر عملکرد، به‌تنهایی مشکل است. معـمولا گیاه برای رسیدن به عملکرد بالا باید بتواند در طول رشد و نمو از کلیه عوامل تولید نظیر آب، عناصر غذایی، نور و دی اکسید کربن حداکثر استفاده را به عمل آورد. تعداد دانه در گیاه، مهم‌ترین جزء عملکرد دانه در غلات می‌باشد که به‌شدت به عوامل فیزیولوژیکی مؤثر همچون ژنوتیپ، شرایط محیطی و عوامل مدیریتی در طی دوره گلدهی و پر شدن دانه وابسته است (۳۲). مطالعات متعددی در رابطه با تأثیر تنش خشکی در مراحل مختلف رشدی جو بر عملکرد دانه انجام شده است. باقری و حیدری شریف‌آبادی (۶) در آزمایشی اثر تنش خشکی بر خصوصیات زراعی و مورفولوژیکی جو بدون پوشینه بررسی نمودند. نتایج مطالعات این محققان نشان داد تنش خشکی منجر به کاهش تعداد دانه در سنبله تا میزان ۳۰ درصد در مقایسه با نمونه‌های شاهد شد و به‌موازات آن وزن هزار دانه نیز به‌شدت کاهش یافت. بررسی اثر تنش خشکی آخر فصل بر عملکرد و اجزای عملکرد ۱۰ رقم جو توسط پاک‌نژاد و همکاران (۲۲) مورد بررسی قرار گرفت. در این پژوهش مشخص شد تنش خشکی به‌طور معنی‌داری منجر به کاهش عملکرد دانه، ماده خشک، وزن هزار دانه، تعداد دانه در سنبله، ارتفاع بوته و طول پدانکل شده است. در دیگر آزمایش انجام‌شده توسط خماری و همکاران (۱۳) اثر تنش خشکی بر مجموعه‌ای از لاین‌های دابلد هاپلوئید جو بررسی شد. نتایج به‌دست‌آمده از این آزمایش نشان داد تنش خشکی تأثیر منفی بر صفات زراعی و مورفولوژیکی لاین‌های ارزیابی شده داشته است. همچنین مشخص شد که صفات عملکرد کاه، وزن هزار دان و تعداد دانه در سنبله جز تأثیرگذارترین صفات بر عملکرد دانه هستند.

نظر به اینکه ارقام جو در مناطق خشک و نیمه‌خشک کشور عمدتاً با تنش خشکی آخر فصل مواجه می‌شوند، بنابراین تعیین میزان تحمل به تنش خشکی در این مرحله ضروری به نظر می‌رسد. در این راستا، این مطالعه با هدف ارزیابی اثر تنش خشکی آخر فصل بر عملکرد دانه و برخی از صفات زراعی و فیزیولوژیکی در مجموعه‌ای از لاین‌های امیدبخش جو در شرایط مزرعه انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

مواد گیاهی مورد ارزیابی در این آزمایش شامل ۱۷ لاین امیدبخش جو به همراه رقم جلگه به‌عنوان شاهد بود. لاین‌های بررسی‌شده حاصل گزینش آزمایش‌های مقایسه عملکرد یکنواخت مناطق سرد کشور بوده که در جدول ۱ شجره هر یک از آن‌ها درج شده است. آزمایش طی سال زراعی ۱۴۰۰-۱۳۹۹ در ایستگاه تحقیقاتی بخش تحقیقات غلات واقع در مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر اجرا شد. قبل از کاشت بذور، عملیات تهیه زمین بر اساس دستورالعمل کارشناسان مزرعه صورت گرفت. بعد از شخم و تسطیح نمودن زمین، جهت تقویت خاک کودهای فسفات آمونیوم، اوره و پتاس به‌ترتیب به‌میزان ۲۰۰، ۱۰۰ و ۵۰ کیلوگرم در هکتار استفاده شد. بذور هر یک از لاین‌ها مورد بررسی با استفاده از دستگاه بذرکار مدل Wintersteiger و با تراکم ۴۵۰ دانه در متر مربع کشت شدند.

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-01-29]
[DOI: 10.61186/jcb.15.46.93]

در طول فصل رشد و توسعه گیاه، جهت کنترل علف‌های هرز پهن‌برگ و باریک برگ به‌ترتیب از پوماسوپر (Puma Super) وگرانستار (Granstar) استفاده شد. کلیه لاین‌ها در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار به‌صورت جداگانه در دو شرایط بدون تنش و تنش خشکی کشت شدند. هر ژنوتیپ بر روی ۴ خط ۳ متری و فاصله بین خطوط ۳۰ سانتی‌متر و تراکم ۴۵۰ بذر در مترمربع کشت شد. اعمال تنش خشکی به‌صورت قطع آبیاری صورت گرفت. اولین آبیاری در تاریخ ۱۳۹۹/۷/۲۹ اعمال شد. سپس به فاصله زمانی ۱۰ روز یکبار آبیاری به‌صورت مرتب انجام و تا زمان مورد نظر برای اعمال تنش خشکی ادامه یافت.

جدول ۱- شجره ۱۸ لاین ارزیابی شده جو

Table 1. Pedigree of the 18 investigated barley line

Code /نمایه	Pedigree / شجره
G1	Jolge (Check 1)
G2	Bahman/3/MAKOUEE//ZARJOW/80-5151
G3	ALGER/(CI10117/CHOYO../3/Makouee/4/STB-12
G4	Comp.Cr229//As46/Pro/3/Srs/4/Express/5/D10*2
G5	ZARJOW/80-5151//Makouee*2
G6	MAKOUEE/3/ZARJOW/80-5151//Bahman
G7	Radical/Birgit//Pamir-154/3/Rhn-03//L.527/NK1272
G8	CALI92/ROBUST//ND16301
G9	Radical/Birgit//Pamir-154/3/Rhn-03//L.527/NK1272
G10	Yousef/4 /82S:510/3/Arinar/Aths//DS 29
G11	Courlis/Rhn-03//Karoon
G12	Bereke-54/3/Rhn-03//L.527/NK1272
G13	Comp.Cr229//As46/Pro/3/Srs/4/Express/5/D10*2
G14	Pamir-147/Sonata/8/Alpha/Durra/7/P101/5/3896/…
G15	Courlis/Rhn-03//Karoon
G16	(D-16)Bda/Rhn-03//ICB-107766/3/Yousef
G17	Sonata/8/Api/CM67//Hma-03/4/Cq/Cm//Apm/3/…
G18	Nadawa/Rhn-03//Birka

در طول دوره رشد و نمو برخی از صفات زراعی و فیزیولوژیکی از قبیل تعداد روز تا ظهور سنبله (تعداد روز از زمان کاشت تا ظهور ۵۰ درصد سنبله در هر پلات آزمایشی)، تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیکی (فاصله بین زمان کاشت تا رسیدن کامل بوته‌ها)، دوره پر شدن دانه (تعداد روز بین دو زمان گلدهی و گرده‌افشانی تا رسیدگی فیزیولوژیکی)، ارتفاع بوته (از محل طوقه تا زیر محور سنبله برحسب سانتی‌متر)، طول پدانکل (حدفاصل بین آخرین میانگره تا زیر محور اصلی سنبله برحسب سانتی‌متر)، طول ریشک (برحسب سانتی‌متر)، طول سنبله اصلی (برحسب سانتی‌متر)، شاخص سطح برگ (پس از اتمام دوره رشد رویشی از هر بوته تعداد ۵ برگ جدا و با استفاده از دستگاه Leaf area meter مدل LI-3100 AREA METER شاخص سطح برگ تخمین زده شد)، شاخص کلروفیل (با استفاده از دستگاه کلروفیل متر SPAD 502 Plus میزان نسبی کلروفیل گیاه سنجیده شد)، فلورسانس کلروفیل (با استفاده از دستگاه فلورومتر مدل Opti-Science OS-30p پارامترهای فلورسانس حداقل، حداکثر عملکرد فیتوشیمیایی PSII و ظرفیت فتوسنتزی سنجیده شد) اندازه‌گیری شدند. در پایان فصل رشد نیز پس از حذف اثرات حاشیه کل کرت آزمایشی برداشت و عملکرد دانه برحسب تن در هکتار تخمین و ثبت شد.

پس از جمع‌آوری داده‌های آزمایشی و قبل از انجام تجزیه و تحلیل آن‌ها، ابتدا فرض‌های تجزیه واریانس از قبیل نرمال بودن داده‌ها، توزیع نرمال خطاهای آزمایشی، یکنواختی واریانس‌ها و افزایشی بودن اثر بلوک با تیمار برای کلیه صفات بررسی شدند. تجزیه واریانس به‌صورت مرکب و در قالب بلوک‌های کامل تصادفی صورت گرفت. مقایسه میانگین لاین‌ها از نظر صفات اندازه‌گیری شده با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال معنی‌داری هر یک از صفات صورت گرفت. روابط بین صفات اندازه‌گیری شده با استفاده از بای‌پلات ترسیم شده بر اساس دو مؤلفه نخست استخراجی از تجزیه به مؤلفه‌های اصلی تعیین شد. کلیه تجزیه و تحلیل‌های آماری با استفاده از نرم‌افزارهای MSTATC و SAS انجام شدند.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس مرکب صفات اندازه‌گیری شده در جدول ۲ نشان داده شده است. بین شرایط محیطی از نظر کلیه صفات به‌جز طول سنبله اصلی و تعداد دانه در سنبله تفاوت

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-01-29]
[DOI: 10.61186/jcb.15.46.93]

معنی‌دار وجود داشت که این امر بیانگر مؤثر بودن تیمار تنش خشکی و همچنین اهمیت صفات اندازه‌گیری شده در شناسایی لاین‌های متحمل به خشکی می‌باشد. از نظر کلیه صفات به‌جز فلورسانس حداقل، حداکثر عملکرد فیتوشیمیایی PSII و ظرفیت فتوسنتزی نیز اختلاف معنی‌داری بین لاین‌های مورد بررسی مشاهده شد که این نتیجه می‌تواند نشان‌دهنده سطح بالایی از تنوع ژنتیکی در بین لاین‌های ارزیابی‌شده جو باشد. اثر متقابل محیط در لاین نیز تنها برای صفات تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیکی، دوره پر شدن دانه، طول سنبله اصلی و شاخص کلروفیل معنی‌دار بود. ضریب تغییرات فنوتیپی (CV) صفات بین ۰/۲۵ (برای صفت تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیکی) و ۵۱/۶۹ درصد (برای صفت حداکثر ظرفیت فتوسنتزی) متغیر، و بیشترین مقدار آن به‌ترتیب مربوط به صفات ظرفیت فتوسنتزی، فلورسانس حداقل، شاخص سطح برگ و حداکثر عملکرد فیتوشیمیایی PSII بود. در مقابل کمترین مقدار CV برای صفات تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیکی، دوره پر شدن دانه، وزن هزار دانه و ارتفاع بوته مشاهده شد.

جدول ۲- تجزیه واریانس مرکب صفات اندازه‌گیری شده در ۱۸ ژنوتیپ جو

Table 2. The combined analysis of variance for measured traits in the 18 investigated barley genotypes

منابع تغییرات SOV / صفات Traits	محیط Environment (E)	تکرار/محیط Replication / E	ژنوتیپ Genotype (G)	اثر متقابل GE interaction	خطا Error	ضریب تغییرات CV (%)		میانگین Mean	
	1	4	17	17	68	–	عدم تنش Control	تنش خشکی Drought stress	
DH	24.08 **	0.77	35.04 **	2.57 ns	2.59	0.93	173	172.06	
GFP	1768.21 **	1.41	40.53 **	8.29 **	2.30	3	54.63	46.54	
DM	2115.59 **	1.34	16.67**	5.74**	0.31	0.25	227.63	218.78	
PH	1003.45 *	88.42	219.32 **	32.05ns	21.56	5.12	93.77	87.67	
PL	121.07 *	9.24	13.74 **	4.37ns	3.49	11.40	17.45	15.33	
LAI	1175.79 **	21.11	372.81 **	74.19ns	51.09	23.68	33.48	26.88	
SPAD	3896.40 **	33.07	54.25 **	58.95 **	10.46	7.47	49.29	37.28	
Fo	2.96 *	0.23	0.16 ns	0.16 ns	0.10	40.57	0.96	0.63	
Fv/Fm	0.41 **	0.01	0.02 ns	0.017 ns	0.013	18.30	2.32	0.55	
Fv/Fo	17.95 **	0.76	1.03 ns	0.78	0.97	51.69	6.56	1.50	
AL	40.58 **	0.90	2.29 **	0.98 ns	0.64	6.42	13.08	11.85	
SL	0.57 ns	0.45	6.17 **	0.61 **	0.19	6.95	6.39	6.25	
NSS	0.77 ns	28.41	774.04 **	13.10 ns	9.21	6.25	48.50	48.67	
TKW	17.86 **	0.64	14.33 **	0.62 ns	0.89	4.50	21.45	20.63	
GY	39.96 **	0.11	1.97 **	0.66 ns	0.53	12.25	6.56	5.34	

ns، *، ** و *** به‌ترتیب نشان دهنده غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد.

ns, *, and **: non-significant, and significant at 0.05 and 0.01 probability levels, respectively.

DH، DM، GFP، SPAD، PH، LA، GY، NSS، Fo، TKW، PL، SL، Fv/Fo، Fv/Fm و AL به‌ترتیب بیانگر تعداد روز تا ظهور سنبله، تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیکی، دوره پر شدن دانه، محتوای کلروفیل،ارتفاع بوته، شاخص سطح برگ، عملکرد دانه، تعداد دانه در سنبله، حداقل فلورسانس، وزن هزار دانه، طول پدانکل، طول سنبله اصلی، حداکثر عملکرد فیتوشیمیایی، ظرفیت فتوسنتزی و طول ریشک می‌باشند.

DH, DM, GFP, SPAD, PH, LA, GY, NSS, Fo, TKW, PL, SL, Fv/Fo, Fv/Fm, AL indicate the number of days to heading, number of days to physiological maturity, grain filling period, SPAD value, plant height, leaf area index, grain yield, number of seeds per spike, initial fluorescence, thousand kernels weights, peduncle length, spike length, maximum, phytochemical yield, photosynthetic capacity, and awn length, respectively.

گزارش‌های متعددی در رابطه با اثر تنش خشکی بر روی صفات مختلف زراعی در جو موجود است. افضلی‌فر و همکاران (۱) در شناسایی ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی جو اسپانتانئوم ایران اختلاف معنی‌داری بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه از نظر ارتفاع بوته، تعداد دانه، بیوماس، طول سنبله و عملکرد دانه در بوته گزارش کردند. در مطالعه خماری و همکاران (۱۳) اثر تنش کم آبی بر برخی از صفات زراعی در مجموعه‌ای از لاین‌های دابل هاپلوئید جو مورد بررسی قرار گرفت. نتایج آزمایش این محققان نشان داد تنش کم‌آبی تأثیر معنی بر صفات ارتفاع بوته، طول پدانکل، وزن هزار دانه و عملکرد دانه داشت. در مطالعه امینی و همکاران (۵)، اختلاف معنی‌داری بین سطوح تنش کم‌آبی از نظر شاخص کلروفیل، وزن خشک اندام‌های هوایی و ارتفاع بوته در ژنوتیپ‌های جو بهاره گزارش دادند. به‌منظور بررسی میزان اثر تنش خشکی بر هر یک از صفات ارزیابی شده میانگین هر یک از صفات در دو شرایط عدم تنش و تنش خشکی در جدول ۲ نشان داده شده است.

صفت دوره پر شدن دانه نیز نسبت به دو صفت فنولوژیک دیگر به‌میزان بیشتری متأثر از شرایط تنش بود و ۱۶/۴۱ درصد کاهش یافت. کاهش معنی‌دار صفات فنولوژیک در شرایط تنش خشکی در مطالعات دیگری همچون صابری و همکاران (۲۷) گزارش شده است. در مطالعه این محققان ۱۹ لاین امیدبخش جو از نظر خصوصیات فنولوژیکی و زراعی مورد بررسی قرار گرفت و نتایج آن‌ها نشان داد صفات تعداد روز تا ظهور سنبله و روز تا رسیدگی فیزیولوژیکی تحت تأثیر تنش خشکی در لاین‌های ارزیابی شده کاهش یافته و این دو صفت در گروه‌بندی لاین‌ها از نظر رسیدگی مؤثر بودند. علاوه‌براین محققان عنوان کردند لاین‌های زودرس‌تر در مقایسه با لاین‌های دیررس از نظر عملکرد دانه برتری کمتری داشتند. در واقع این لاین‌ها برای فرار از شرایط تنش سریع‌تر سیکل خود را تکمیل نموده و در نتیجه ممکن است عملکرد پایین‌تری داشته باشند (۲۹). با توجه به مقادیر میانگین صفات اندازه‌گیری شده در هر یک از شرایط محیطی، سه لاین G7، G15 و G16

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-01-29]
[DOI: 10.61186/jcb.15.46.93]

دارای کمترین میزان تعداد روز تا ظهور سنبله در هر دو شرایط محیطی بودند. از نظر صفت تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیکی سه لاین G11، G15 و G17 در شرایط تنش دارای کمترین تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیکی بودند. در بین صفات فنولوژیکی دوره پر شدن دانه نقش مهمی در حفظ وزن دانه و به موازات آن شاخصه وزن هزار دانه دارد. از این‌رو، در شرایط تنش خشکی دستیابی به ارقام زودرس با طول دوره پر شدن دانه بیشتر بسیار با ارزش است. در این پژوهش لاین‌های G7، G8 و G16 در شرایط تنش خشکی دارای بیشترین طول دوره پر شدن دانه بودند. دو لاین G7 و G16 در شرایط عدم تنش نیز دارای بیشترین دوره پر شدن دانه بودند (جدول ۳). علاوه براین، این دو لاین از نظر تعداد روز تا ظهور سنبله نیز جز لاین‌های برتر بودند. به‌طور کلی می‌توان اظهار داشت لاین‌هایی که زمان رسیدن آن‌ها زودتر است تحمل به تنش خشکی کم‌تری دارند زیرا برای تکمیل سیکل زندگی خود از مکانیسم فرار استفاده کرده و در نتیجه عملکرد دانه آن کاهش خواهد یافت. بنابراین از اختلاف بین زمان سنبله رفتن و زمان رسیدن می‌توان نتیجه گرفت که ژنوتیپ‌هایی که دوره پر شدن دانه بیشتری دارند به خشکی متحمل‌تر باشند (۲۹). ارتفاع بوته و طول پدانکل متأثر از شرایط تنش خشکی بودند. میزان کاهش این دو صفت نسبت به شرایط عدم تنش به‌ترتیب برابر ۶/۵۰ و ۱۲/۱۳ درصد تخمین زده شد (جدول ۲). کاهش میانگین ارتفاع بوته نسبت به طول پدانکل بیشتر بود. یکی از دلایل عدم اختلاف زیاد در ارتفاع بوته در دو شرایط محیطی می‌تواند به‌دلیل زمان اعمال تنش خشکی باشد. به‌طور کلی غلات تا زمان گلدهی بیشترین ارتفاع خود را به دست می‌آورند و در مراحل باقی‌مانده رشد تغییر چندانی در ارتفاع بوته مشاهده نمی‌شود (۳۰). در این پژوهش نیز زمان اعمال تنش خشکی بعد از گلدهی بود بنابراین تفاوت جزئی در میانگین ارتفاع بوته بین دو شرایط عدم تنش و تنش خشکی دور انتظار نبود. طول پدانکل نقش مهمی در تثبیت عملکرد دانه در شرایط تنش خشکی دارد و در بسیاری از مطالعات به نقش آن در مقاومت به خشکی و افزایش عملکرد نیز اشاره شده است (۱۴، ۲۰). محمدی و همکاران (۱۸) اظهار داشتند که تنش کم‌آبی باعث کاهش در ارتفاع بوته و طول پدانکل در غلات خواهد شد. این محققان عنوان کردند که در شرایط تنش، محدودیت در منابع آبی منجر به محدودیت در کلیه منابع غذایی شده و گیاه مجبور به کم کردن رشد رویشی و اتمام زودهنگام مرحله رویشی و شروع مرحله زایشی می‌گردد، در نتیجه دوره رشدی، ارتفاع، طول سنبله اصلی و عملکرد کاهش می‌یابد.

از نظر ارتفاع بوته، لاین‌های G2، G10، G12 و G18 نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها دارای بیشترین ارتفاع بوته در هر دو شرایط محیطی بودند (جدول ۳). علاوه براین لاین‌های G14، G1 و G17 در شرایط تنش دارای بلندترین طول پدانکل بودند. طول پدانکل نقش مهمی در تحمل به تنش خشکی دارد؛ به عبارت دیگر ژنوتیپ‌های پابلند به واسطه دارا بودن طول پدانکل بیشتر از ذخایر ساقه بیشتری برخوردارند که این امر به پر شدن دانه در شرایط نامساعد به‌ویژه خشکی و شرایط دیم اهمیت ویژه‌ای دارد (۳۰). ریشک‌ها سهم مهمی در افزایش عملکرد دانه در شرایط تنش خشکی دارند. عبادی و همکاران (۸) اظهار داشتند ژنوتیپ‌های برخوردار از ریشک‌های بلندتر دارای عملکرد دانه بیشتری هستند. در واقع دلیل این اهمیت می‌تواند به قابلیت فتوسنتز آن‌ها در مراحل پایانی رشد و تأثیر آن‌ها در پر دانه باشد. بر اساس نتایج به‌دست آمده مشخص شد تنش خشکی تأثیر بسزایی بر طول ریشک نداشت و میانگین این صفت در شرایط تنش خشکی نسبت به شرایط عدم تنش تنها ۱۰ درصد کاهش یافت (جدول ۲). این نتیجه نشان می‌دهد که لاین‌های ارزیابی‌شده در محیط تنش به‌خوبی قادر به حفظ رشد خصوصیات رشدی و حیاتی خود بوده‌اند. با توجه به نتایج مقایسه میانگین‌ها مشخص شد در شرایط تنش خشکی لاین‌های G1، G8، G11 و G14 دارای بیشترین طول ریشک بودند. تنش خشکی همچنین موجب کاهش ۲۰ درصدی میانگین شاخص سطح برگ در مقایسه با شرایط عدم تنش شد (جدول ۲). با توجه به اینکه گیاه تا قبل از اعمال تنش آخر فصل سطح برگ خود را تکمیل می‌کند، لذا بالا بودن شاخص سطح برگ می‌تواند نشان‌دهنده توانایی آن در نگهداری ساختار برگ و حفظ فتوسنتز جاری و در نتیجه افزایش یا ثبات عملکرد باشد. نتایج مطالعه طباطبایی و همکاران (۲۹) نیز با نتایج به‌دست آمده در این رابطه مطابقت نشان داد. این محققان با بررسی تغییرات عملکرد دانه و اجزای آن ژنوتیپ‌های جو تحت شرایط تنش آبی اظهار داشتند ژنوتیپ‌هایی که در شرایط تنش شاخص سطح برگ و محتوای کلروفیل بیشتری دارند به‌واسطه قابلیت بالای فتوسنتز خود تحمل بالاتری داشته و در نتیجه عملکرد آن‌ها به‌طور چشمگیری متاثر از شرایط تنش نخواهد شد.

محتوای کلروفیل برگ به‌عنوان یکی از مهم‌ترین و ساده‌ترین ابزارهای فیزیولوژیک برای سنجش تأثیر تنش خشکی بر گونه‌های زراعی و همچنین تعیین میزان مقاومت آن‌ها به خشکی شناخته شده است. کلروفیل درون غشای تیلاکوئید جای دارد و تنش خشکی سبب جابجایی سریع نیتروژن و هیدرات‌های کربن از اندام‌های رویشی مختلف به بذور و رسیدگی آن‌ها خواهد شد (۳۱). بر اساس نتایج ارائه شده در جدول ۲ مشاهده می‌شود محتوای کلروفیل (SPAD) در شرایط تنش خشکی ۲۴/۳۷ درصد کاهش یافت؛ بنابراین به نظر می‌رسد این صفت می‌تواند به‌عنوان ابزار مناسبی در کنار عملکرد دانه برای غربال ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی مورد استفاده قرار گیرد. در بررسی حاضر لاین‌های G2، G3، G9 و G12 در هر دو شرایط محیطی دارای بیشترین شاخص سطح برگ بودند (جدول ۳). از طرف دیگر، لاین‌های G2، G9، G11 و G18 نیز دارای کمترین میزان کاهش در محتوای کلروفیل برگ بودند و نسبت به سایر ژنوتیپ دارای بیشترین مقدار کلروفیل نیز بودند؛ بنابراین می‌توان نتیجه گرفت لاین‌های G2 و G9 می‌توانند دارای میزان فتوسنتز خالص و محتوای آب بیشتری بوده و از نظر تحمل به خشکی نسبت به دیگر لاین‌ها از توانایی بالاتری برخوردار باشند.

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-01-29]
[DOI: 10.61186/jcb.15.46.93]

جدول ۳- میانگین صفات ارزیابی‌شده در ژنوتیپ‌های جو تحت شرایط عدم تنش (C) و تنش خشکی (S)

Table 3. Mean values for estimated traits in the investigated barley genotypes under control (C) and drought stress (S) conditions

Fv/Fm		Fo		SPAD		LAI		PL (cm)		PH (cm)		GFP		DM		DH		Code
S	C	S	C	S	C	S	C	S	C	S	C	S	C	S	C	S	C	
0.34	0.56	0.84	1.52	39.40	52.60	25.55	37.80	16.73	19.80	90.53	97.67	45.67	56.33	219	230	173.33	173.67	G1
0.58	0.74	0.55	0.78	48.33	52.40	35.19	41.11	15.63	17.73	95.73	98.67	41	50.67	219.67	230	175.33	179.33	G2
0.59	0.75	0.52	0.70	39.67	51.77	39.48	58.50	15.17	15.80	82.20	90.53	42.33	52.33	218.67	229	176.33	176.67	G3
0.50	0.71	0.82	1.29	34.43	46.77	24	29.39	13.20	15.30	87.20	95.87	47	58	219.33	229	171	172.33	G4
0.61	0.62	0.51	0.79	30.27	52.90	27.36	27.95	15.43	16.60	87.60	96	46.33	53.67	216.67	226	170.33	172.33	G5
0.55	0.67	0.50	0.90	41	49.83	24.68	42.12	15.30	17.50	87.67	94.33	44.33	51.67	219.33	228.33	175	176.67	G6
0.66	0.71	0.37	0.80	37.67	46.73	24.88	30.92	13.40	17.10	85.93	89.20	50	58.33	220	229.67	170	171.33	G7
0.58	0.63	0.52	1.03	35.23	46.93	19.79	26.55	15.70	18.50	78.80	90.60	49	51.33	219.33	224	170.33	172.67	G8
0.58	0.64	0.54	1.33	41.27	49.23	32.76	48.51	13.23	17.93	88	92.20	46	56.67	218.33	230	172.33	173.33	G9
0.55	0.70	0.66	0.84	36	47.10	30.01	36.73	18.13	20.20	96.33	105.60	48	58	219.67	230	171.67	172	G10
0.47	0.69	0.90	0.95	43.33	48.27	20.86	33.57	13.47	17.37	85.93	86.13	47.33	54.33	217	226	169.67	171.67	G11
0.65	0.67	0.54	0.96	40.80	4.83	33.72	40.50	15.87	20.43	92.33	98.80	43.67	51.33	220	226	174.68	176.33	G12
0.55	0.56	0.48	1.45	36.87	47.33	27.40	31.59	13.23	14.53	86	88.47	48.33	56.67	220	228.33	171.67	171.67	G13
0.62	0.73	0.62	0.69	41.17	53	14.46	18.65	17.57	19.07	83.07	88.87	47.67	51.33	218.67	224	171	172.67	G14
0.51	0.64	0.70	0.95	34.60	49.63	22.01	23.15	14.60	15.67	84.73	89.87	47	54	216	224	169	170	G15
0.33	0.75	0.58	0.96	34.33	45.73	26.11	36.15	16.10	19.73	87.40	87.73	51.67	61.33	220	230	168.33	168.67	G16
0.61	0.74	0.66	0.69	20.10	51.73	16.13	21.17	16.60	17.05	17.20	90.47	46	52.33	217	224	171	171.67	G17
0.58	0.65	0.48	1.10	41.63	48.50	28.66	28.90	14.20	16.10	101	110.33	46.33	66	219.33	229	173	174	G18
0.15	0.13	0.42	0.64	4.33	7.70	9.57	6.15	2.50	4.07	6.22	12.59	0.75	1.55	2.03	1.59	2.16	1.18	LSD (0.05)
0.12	0.11	0.33	0.51	3.41	6.06	7.53	4.84	1.97	3.20	4.89	9.90	0.59	1.22	1.60	1.25	1.70	0.92	LSD (0.01)

ادامه جدول ۳- میانگین صفات ارزیابی‌شده در ژنوتیپ‌های جو تحت شرایط عدم تنش (C) و تنش خشکی (S)

Continued Table 3. Mean values for estimated traits in the investigated barley genotypes under control (C) and drought stress (S) conditions

GY (ton/ha)		TKW (gr)		NSS		SL (cm)		AL (cm)		Fv/Fo		Code
S	C	S	C	S	C	S	C	S	C	S	C	
4.74	7.34	20.20	20.90	48.93	50.67	7.60	7.63	12.33	14	1.09	1.28	G1
5.40	7	18.03	19.73	55.43	56.40	7.80	8.43	12	12.97	1.67	3.19	G2
5.40	7.08	19.13	19.87	58.97	61.20	5.07	5.40	10.90	12.27	1.53	3.18	G3
6.13	7.78	20.27	21.27	53.47	56	5.10	5.10	12.27	12.97	1.14	1.89	G4
5.17	6.07	19.03	20.17	51.20	56	7.17	7.33	12.13	13.43	1.97	2	G5
5.46	6.32	19.10	20.10	50.77	56.03	6.60	7.20	11.33	12.33	1.30	2.86	G6
6.79	6.40	19.40	20.33	50.53	52.73	5.60	5.70	12.07	12.50	1.97	2.49	G7
4.42	5.93	20.67	21.63	25.70	28.37	7.27	9.60	12.80	14.77	1.59	1.78	G8
5.60	6.40	22.37	23.67	51.93	54.70	5.57	5.57	10.07	13.13	1.41	1.49	G9
4.35	5.16	21.20	21.37	54.90	56.67	5.83	6.13	12.30	13.30	1.36	2.53	G10
5.70	7	19.03	19.73	55.33	55.47	6.13	6.30	12.93	13.10	1.20	2.42	G11
5.49	5.79	20.90	21.40	42.23	49.17	5.87	5.87	12.33	12.40	1.99	2.85	G12
5.93	7.48	20.73	21.87	53.70	55.50	5.40	5.63	11.77	13.33	1.32	1.48	G13
5.22	6.49	20.37	21.37	23.30	24.67	7	7.40	13.07	13.17	1.95	3.07	G14
5.06	6.21	20.97	22.33	52.13	53.23	6.20	6.20	11.07	13.13	1.21	1.85	G15
5.67	6.43	22.70	23.83	51.73	52.20	5.43	5.53	11.67	13.70	0.51	2.98	G16
4.18	5.92	24.56	25.17	23.65	23.65	6.05	6.17	10.50	12.40	1.98	2.87	G17
5.36	7.19	21.37	22.67	52.73	52.73	5.57	5.97	11.80	12.50	1.44	1.99	G18
0.97	0.44	1.26	1.07	4.06	7.14	0.58	0.90	1.07	1.27	1.32	1.17	LSD (0.05)
0.77	0.35	0.99	0.84	3.20	5.61	0.46	0.71	0.84	1	1.04	0.92	LSD (0.01)

DH، DM، GFP، SPAD، PH، LA، GY، NSS، Fo، TKW، PL، SL، Fv/Fo، Fv/Fm و AL به‌ترتیب بیانگر تعداد روز تا ظهور سنبله، تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیکی، دوره پر شدن دانه، محتوای کلروفیل،ارتفاع بوته، شاخص سطح برگ، عملکرد دانه، تعداد دانه در سنبله، حداقل فلورسانس، وزن هزار دانه، طول پدانکل، طول سنبله اصلی، حداکثر عملکرد فیتوشیمایی، ظرفیت فتوسنتزی و طول ریشک می‌باشند

DH, DM, GFP, SPAD, PH, LA, GY, NSS, Fo, TKW, PL, SL, Fv/Fo, Fv/Fm, AL indicate the number of days to heading, number of days to physiological maturity, grain filling period, SPAD value, plant height, leaf area index, grain yield, number of seeds per spike, initial fluorescence, thousand kernels weights, peduncle length, spike length, maximum, phytochemical yield, photosynthetic capacity, and awn length, respectively

رشد و توسعه گیاهان به مجموعه‌ای از فرآیندهای فیزیولوژیکی و بیوشیمایی وابسته است که اغلب تحت تأثیر شرایط نامساعدی محیطی قرار می‌گیرند. در طی فرآیند فتوسنتز امواج نوری توسط مجموعه‌های نوری جمع‌آوری و به مراکز فتوسیستم I و II، جاییکه فرآیندهای تبدیل کوانتوم فتوسنتزی در آنجا رخ می‌دهد، منتقل می‌شوند (۱۷). فلورسانس کلروفیل ابزاری بسیار مفید جهت استفاده در برنامه‌های به‌نژادی مبتنی بر فرآیندهای فیزیولوژی در شرایط تنش است که سبب می‌شود محققان از طریق آن سطوح مختلفی از مکانیسیم‌های فتوسنتز را بررسی نمایند. در بین این پارامترها، فلورسانس حداقل، حداکثر کارایی فیتوشیمیایی PSII و ظرفیت فتوسنتزی شاخص‌های بسیاری مهمی در بررسی سلامت مکانیسم و کارکرد مرکز فتوسیستم بشمار می‌آیند. از طرف دیگر فلورسانس حداقل نیز به‌عنوان معیاری از پایداری غشای تیلاکوئیدی در نظر گرفته شود به‌طوریکه هر چقدر میزان افزایش آن کمتر باشد تحمل آن گونه به شرایط تنش می‌تواند بیشتر باشد. بررسی نتایج به‌دست آمده از این پژوهش نشان داد تنش خشکی تأثیر بسیار معنی‌داری بر پارامترهای فلورسانس حداقل، حداکثر کارایی فیتوشیمیایی PSII و ظرفیت فتوسنتزی داشت. مقایسه میانگین این صفات در دو شرایط محیطی نشان

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-01-29]
[DOI: 10.61186/jcb.15.46.93]

داد تنش خشکی موجب کاهش این صفات به‌ترتیب به‌میزان ۳۴/۵۶، ۷۶/۲۶ و ۷۷/۰۷ درصد شد (جدول ۲). در راستای نتایج به‌دست آمده از این پژوهش پورابوقداره و همکاران (۲۵) نیز کاهش معنی‌داری در پارامترهای فلورسانس کلروفیل به‌واسطه تنش خشکی در جمعیت‌هایی از گندم گزارش دادند. نتایج مقایسه میانگین لاین‌ها از نظر پارامتر فلورسانس حداقل نشان داد دو لاین G11 و G17 دارای کمترین میزان تغییر از نظر این صفت بودند که بیانگر پایداری سیستم PSII در ژنوتیپ‌های مذکور در شرایط تنش خشکی می‌باشد. در شرایط تنش خشکی نیز لاین‌های G5، G7، G12 و G17 بیشترین مقدار را برای صفات حداکثر کارایی فیتوشیمیایی PSII و ظرفیت فتوسنتزی نشان دادند.

اگرچه از نظر طول سنبله اصلی اختلاف معنی‌داری بین لاین‌های مورد بررسی مشاهده نشد، با این وجود لاین‌های G1، G2، G8 و G14 در هر دو شرایط محیطی دارای بیشترین طول سنبله اصلی بودند. در واقع این نتیجه بیانگر این موضوع است که در ژنوتیپ‌های فوق صفت طول سنبله دارای کمترین میزان تغییر به‌واسطه تنش می‌باشند. گزارش شده است تنش خشکی بر کاهش تعداد سنبلچه‌های بارور تأثیر مستقیم و معنی‌داری دارد و یکی از دلایل آن به اثر کمبود آب بر عدم تلقیح گل‌های هر سنبلچه و تولید کمتر سر آغازه سنبلچه نسبت داده شده است. در آزمایش باقری و شریف‌آباد (۶) نشان داده شده است که تنش خشکی تعداد دانه در سنبله را تا میزان ۳۰ درصد کاهش خواهد داد. با این حال، همان‌طور که در جدول ۲ مشاهده می‌شود تنش خشکی تأثیر معنی‌داری بر تعداد دانه در سنبله در ژنوتیپ‌های بررسی شده نداشت و میانگین این صفت تنها ۰/۳ درصد در شرایط تنش خشکی نسبت به شرایط نرمال کاهش یافت. با این‌حال، لاین‌های منتخب از نظر این صفت عبارت بودند از G2، G3، G10، G11 و G13. برخلاف تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه در اثر تأثیر تنش خشکی کاهش یافت (۴ درصد) (جدول ۲). کاهش در وزن هزار دانه در شرایط تنش خشکی یکی از بارزترین شاخص‌ها برای ارزیابی اثر تنش بر ژنوتیپ‌های مورد بررسی می‌باشد. بررسی روند تغییرات میانگین این صفت در لاین‌های مورد بررسی نشان سه لاین G9، G16 و G17 دارای کمترین میزان کاهش و بیشترین وزن هزار دانه در هر دو شرایط محیطی بودند. پیش از این در برخی از مطالعات نیز به کاهش وزن هزار دانه در شرایط تنش خشکی اشاره شده است که در این رابطه به می‌توان به مطالعه کوچکی و همکاران (۱۵)، پاک‌نژاد و همکاران (۲۲)، صابری و همکاران (۲۷) و خماری و همکاران (۱۳) اشاره کرد.

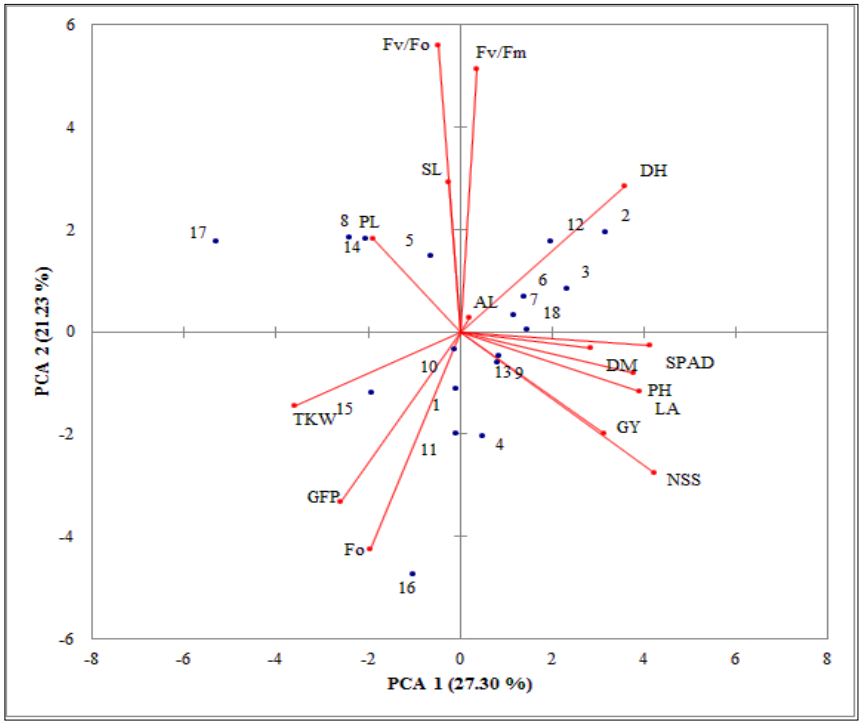
عملکرد دانه مهم‌ترین و اقتصادی‌ترین مؤلفه مورد بررسی در پژوهش‌های انجام‌شده در جو و سایر غلات دانه‌ای مانند گندم، ذرت و برنج و حتی سایر گیاهان زراعی می‌باشد. تنش خشکی از طریق تأثیر بر صفات مختلف موجب کاهش عملکرد دانه می‌شود. عملکرد دانه صفت پیچیده‌ای است که تحت تأثیر تعداد زیادی از فرآیندهای فیزیولوژیک و مورفولوژیک می‌باشد و شرایط محیطی، ساختار ژنتیکی گیاه و اثرهای متقابل آن‌ها عملکرد گیاهان زراعی را تحت تأثیر قرار می‌دهد (۱۹). مشابه سایر غلات، در جو عملکرد دانه تابع تعداد سنبله در واحد سطح، تعداد دانه در سنبله و وزن دانه است. هر یک از این اجزا به‌صورت متوالی و با تاثیر متقابل بر سایر اجزا و الگوهای جبرانی تحت شرایط تنش تشکیل می‌شوند. در این پژوهش نیز عملکرد دانه تحت تأثیر تنش خشکی قرار گرفت که با یافته‌های پورابوقداره و همکاران (۲۶) مطابقت نشان داد. پاک‌نژاد و همکاران (۲۳) نیز با ارزیابی عملکرد و اجزای آن در ده رقم جو نشان دادند تنش خشکی به‌طور معنی‌داری موجب کاهش صفات مورفولوژیک و عملکرد دانه به همراه اجزای آن همچون تعداد دانه در سنبله و وزن هزار دانه داشت. بررسی نتایج مقایسه میانگین عملکرد دانه نیز نشان داد پاسخ ژنوتیپ‌های ارزیابی‌شده به شرایط تنش بسیار متنوع و متفاوت از هم بود. با این‌حال، دو ژنوتیپ G4 و G13 در هر دو شرایط عدم تنش و تنش خشکی دارای بیشترین عملکرد بودند (جدول ۳).

به‌منظور بررسی روابط بین صفات اندازه‌گیری شده در شرایط تنش خشکی، از بای‌پلات ترسیم‌شده بر اساس دو مؤلفه نخست حاصل از تجزیه به مؤلفه‌های اصلی (PCA) استفاده شد. با توجه به نتایج به‌دست‌آمده مشاهده شد پنج مؤلفه نخست با مقادیر ویژه بزرگ‌تر از یک در مجموع ۸۴/۸۰ درصد از کل تغییرات فنوتیپی داده‌های آزمایشی را توجیه کردند (ضرایب استخراجی برای هر مؤلفه نشان داده نشده است). PC1 با توجیه ۲۷/۳۰ درصد از کل تغییرات با صفات تعداد روز تا ظهور سنبله، تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیکی، ارتفاع بوته، شاخص سطح برگ، تعداد دانه در سنبله و عملکرد دانه همبستگی مثبت و معنی‌داری نشان دادند. PC2 با توجیه ۲۱/۲۳ درصد تغییرات فنوتیپی عمدتاً متأثر از صفات حداکثر عملکرد فیتوشیمیایی و ظرفیت فتوسنتزی بود. صفات طول پدانکل، طول ریشک و طول سنبله اصلی دارای ضرایب مثبت و معنی‌داری با PC3 بودند. PC4 با توجیه ۱۲/۶۴ درصد از تغییرات موجود در صفات اندازه‌گیری شده دارای ضرایب مثبت و قابل توجهی برای صفات دوره پر شدن دانه، طول ریشک و عملکرد دانه بود. آخرین مؤلفه (PC5) تنها ۸/۷۶ درصد از تغییرات را توجیه نمود و دارای ارتباط مثبت و معنی‌داری با صفت تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیکی بود (جدول ضرایب نشان داده نشده است). همان‌گونه که در شکل ۱ مشاهده می‌شود تمامی صفات اندازه‌گیری شده توسط بردارهایی از مرکز بای‌پلات از یکدیگر جدا شده‌اند. در چنین شرایطی زاویه بین بردارهای صفات بیانگر وجود رابطه بین آن‌ها و نیز معنی‌داری روابط خواهد بود. به‌عنوان مثال اگر زاویه بین دو بردار کوچک باشد آن دو صفت دارای همبستگی معنی‌داری با یکدیگر هستند و در مقابل اگر زاویه بین آن‌ها بزرگ باشد نشان‌دهنده همبستگی ضعیف آن‌هاست. وجود زاویه ۹۰ بین دو بردار صفت نشان‌دهنده عدم همبستگی بین آن دو صفت و وجود زاویه ۱۸۰ بین آن‌ها نشان‌دهنده همبستگی منفی و معنی‌دار بین دو صفت است (۲۴).

نتایج ارائه شده در بای‌پلات مبتنی بر دو مؤلفه نخست نشان داد صفات تعداد روز تا ظهور سنبله، تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیکی، طول ریشک، ارتفاع بوته، شاخص سطح برگ، محتوای کلروفیل و تعداد دانه در سنبله با عملکرد دانه ارتباط مثبت و معنی‌داری داشتند (شکل ۱). همبستگی بین صفات

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-01-29]
[DOI: 10.61186/jcb.15.46.93]

تعداد روز تا ظهور سنبله، طول ریشک، طول سنبله اصلی، حداکثر عملکرد فیتوشیمیایی و ظرفیت فتوسنتزی و طول پدانکل با یکدیگر مثبت و معنی‌داری بود. صفات حداقل فلورسانس با وزن هزار دانه و دوره پر شدن دانه نیز با یکدیگر همبستگی مثبت و معنی‌داری داشتند (شکل ۱). پیش از این وجود ارتباط مثبت و معنی‌داری بین صفات مورفولوژیکی و اجزای عملکرد در گیاه جو و سایر گیاهان زراعی مانند گندم تحت شرایط تنش خشکی گزارش شده است. افضلی‌فر و همکاران (۱) همبستگی مثبت و معنی‌دار بین عملکرد دانه و ارتفاع بوته در جوهای اسپانتانئوم ایران را گزارش کردند. شهید مسعود و همکاران (۲۸) در بررسی تنوع فنوتیپی و ارزیابی تنوع بین توده‌های گندم نان همبستگی مثبت بین عملکرد دانه با تعداد دانه در سنبله و تعداد سنبلچه مشاهده کردند. در مطالعه دیگر خماری و همکاران (۱۳) همبستگی مثبت و معنی‌داری بین عملکرد دانه با صفات طول پدانکل، طول سنبله اصلی، تعداد دانه در سنبله و وزن هزار دانه گزارش دادند. طباطبایی و همکاران (۳۰) در بررسی صفات زراعی و مورفولوژیک در مجموعه‌ای از لاین‌های جو نشان دادند عملکرد دانه با صفات طول ریشک، شاخص سطح برگ، تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه و محتوای کلروفیل برگ دارای همبستگی مثبت و معنی‌داری بود. به‌طور کلی نتایج به‌دست‌آمده از این تحقیق با سایر یافته‌های گزارش شده مطابقت نشان داد. از دیگر نتایج به دست آمده از بای‌پلات ترسیم‌شده بر اساس دو مؤلفه نخست می‌توان به شناسایی لاین‌های برتر از نظر مجموع صفات اندازه‌گیری شده اشاره نمود.



شکل ۱- بای‌پلات حاصل از تجزیه به مؤلفه‌های اصلی بر اساس ۱۸ ژنوتیپ ارزیابی‌شده جو در شرایط تنش خشک. شماره‌های موجود در بای‌پلات بیانگر ژنوتیپ‌های مورد ارزیابی هستند. DH، DM، GFP، SPAD، PH، LA، GY، NSS، Fo، TKW، PL، SL، Fv/Fo، Fv/Fm و AL به‌ترتیب بیانگر تعداد روز تا ظهور سنبله، تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیکی، دوره پر شدن دانه، محتوای کلروفیل،ارتفاع بوته، شاخص سطح برگ، عملکرد دانه، تعداد دانه در سنبله، حداقل فلورسانس، وزن هزار دانه، طول پدانکل، طول سنبله اصلی، حداکثر عملکرد فیتوشیمیایی، ظرفیت فتوسنتزی و طول ریشک می‌باشند.

Figure 1. Biplot rendered by the principal component analysis (PCA) based on the 18 investigated barley genotypes under drought stress condition. The numbers in biplot indicate genotype codes. DH, DM, GFP, SPAD, PH, LA, GY, NSS, Fo, TKW, PL, SL, Fv/Fo, Fv/Fm, AL indicate the number of days to heading, number of days to physiological maturity, grain filling period, SPAD value, plant height, leaf area index, grain yield, number of seeds per spike, initial fluorescence, thousand kernels weights, peduncle length, spike length, maximum, phytochemical yield, photosynthetic capacity, and awn length, respectively.

با توجه به رابطه بین ضرایب استخراجی هر یک از مؤلفه‌ها با صفات مورد بررسی مشخص شد که انتخاب بر اساس مقادیر بالای هر دو مؤلفه PCA1 و PCA2 منجر به شناسایی لاین‌های متحمل به خشکی و همراه عملکرد بالا و سایر صفات زراعی و فیزیولوژیکی مطلوب خواهد شد. بر این اساس، همان‌گونه که در شکل ۱ مشاهده می‌شود لاین‌های G2، G3، G6، G7، G12 و G18 به‌عنوان برترین لاین‌های از سایر لاین‌ها و رقم شاهد متمایز شدند.

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-01-29]
[DOI: 10.61186/jcb.15.46.93]

نتیجه‌گیری کلی

به‌طور کلی با توجه به نتایج به دست آمد مشخص شد برخی از لاین‌های بررسی شده جو از نظر عملکرد دانه و صفات فیزیولوژیکی و مورفولوژیکی اندازه‌گبری شده نسبت به سایر لاین‌ها و رقم شاهد در شرایط تنش خشکی نمود بهتری داشتند. از این‌رو پیشنهاد می‌شود این لاین‌ها به‌ویژه لاین G7 به‌دلیل دارا بودن بیشترین عملکرد دانه در شرایط تنش در بیش از چند ناحیه و سال از نظر عملکرد دانه و سایر صفات زراعی و فیزیولوژیکی مورد بررسی قرار گیرند تا درجه پایداری و سازگاری آن‌ها نیز تعیین شود. در واقع انجام چنین آزمایش‌های تکمیلی می‌تواند منجر به معرفی ارقام پربازده جو و متحمل به تنش خشکی آخر فصل شود که به‌نوبه خود در حفظ تولید پایدار جو در مناطق متأثر از تنش خشکی دارای اهمیت بالایی می‌باشد.

منابع

1. Afzalifar, A., M. Zahravi and M.R. Bihamta. 2011. Evaluation of tolerant genotypes to drought stress in Karaj region. Journal of Agronomy and Plant Breeding, 7: 25-44 (In Persian).
2. Ahmad, I., H. Dai, W. Zheng, F. Cao, G. Zhang, D. Sun and F. Wu. 2013. Genotypic differences in physiological characteristics in the tolerance to drought and salinity combined stress between Tibetan wild and cultivated barley. Plant Physiology and Biochemistry, 63: 49-60.
3. Ahmadi, A. and D.A. Baker. 2001. The effect of water stress on grain filling processes in wheat. Journal of Agriculture Science, 136: 257-269.
4. Ahmadi, K., H. Hatami, F. Abdeshah and V. Kazemian. 2020. Agricultural Statistics (2019-2020 Cropping Year): Crop Plants. Ministry of Agriculture-Jahad 1: 97.
5. Amini, F., S. Dezhsetan and A. Rasoulzadeh. 2018. Evaluation the effects of water stress on some phenological, physiological and morphological traits in rainfed spring barley (*Hordeum vulgare* L.) Genotypes. Journal of Crop Breeding, 10(27):160-170 (In Persian).
6. Bagheri, A. and H. Heydari Sharifiabad. 2007. Effect of drought stress on yield and yield components and ions content in without glumel barley. Journal of Modern Agricultural Science, 7: 1-15.
7. Blum, A. 1996. Crop responses to drought and the interpretation of adaptation. Plant Growth Regulators, 20:135-148.
8. Ebadi, A., A. Sajedi and A. Senjari. 2012. The effect of irrigation cut on dry matter remobilization and some of agronomy traits on spring barley. Journal of Crop Production, 4: 19-38.
9. Elias, E., A. Salih and F. Alaily. 2001. Cracking patterns in the Vertisols of the Sudan Gezira at the end of dry season. International Agrophysics, 15(3): 151-156.
10. Ergen, N.Z. and H. Budak. 2009. Sequencing over 13000 expressed sequence tags from six subtractive cDNA libraries of wild and modern wheats following slow drought stress. Plant, Cell & Environment, 32: 220-236.
11. Ghazvini, H., S. Bagherikia, A. Pour-Aboughadareh, M. Sharifalhossaini, S.A. Razavi, S. Mohammadi, M. Ghasemikalkhoran, A. Fathihafshejania and G. Khakizadeh. 2021. GGE biplot analysis of promising barley lines in the cold regions of Iran. Journal of Crop Improvement, https://doi.org/10.1080/15427528.2021.1977448 (In Press).
12. Kadkhodaie, A., M. Zahedi, J. Razmjoo and M. Ressarakli. 2014. Changes in some anti-oxidative enzymes and physiological indices among sesame genotypes (*Sesamum indicum* L.) in response to soil water deficits under field conditions. Acta Physiologiae Plantarum, 36: 641-650.
13. Khomari, A., M. Mahboubi and S. Aharizad. 2017. The effect of water stress on some traits of barley double haploid lines. Journal of Agronomy and Plant Breeding, 13: 69-82.
14. Kilic, H. and T. Yagbasanlar. 2010. The effect of drought stress on grain yield, yield components and some quality traits of durum wheat (Triticum turgidum ssp. durum) cultivars. Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca, 38: 164-170.
15. Koochaki, A., A. Yazdansepas and H. Nikkhah. 2006. Effects of terminal drought on grain yield and some morphological traits in wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes. Iranian Journal of Crop Sciences, 8: 14-29 (In Persian).
16. Lee, T.Y., S.Y. Woo, M.J. Kwak, K. Inkyin, K.E. Lee, J.H. Jang and T.R. Kim. 2016. Photosynthesis and chlorophyll fluorescence responses of Populus sibirica to water deficit in a desertification area in Mongolia. Photosynthetica, 54: 317-320.
17. Li, R.H., G. Pei-Guo, M. Baum, S. Grando and S. Cecccarelli. 2006. Evaluation of chlorophyll content and fluorescence parameters as indicators of drought tolerance in barley. Agricultural Sciences in China, 5: 751-757.
18. Mohammadi, R., M. Armion, D. Kahrizi and A. Amri. 2010. Efficiency of screening techniques for evaluating durum wheat genotypes under mild drought conditions. Journal of Plant Production, 4(1): 11-24 (In Persian).
19. Monneveux, P. and E. Belhassen. 1996. The diversity of drought adaptation in the wide. Plant Growth Regulation, 20: 85-92.

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-01-29]

[DOI: 10.61186/jcb.15.46.93]

20. Ortiz-Ferrara, G. 1991. Identification of agronomic traits associated with yield under stress conditions. In: Acevedo E et al. (Eds.) Physiology breeding of winter cereals for stressed Mediterranean environments. INRA, Paris, 67-88 pp.
21. Ozkur, O., F. Ozdemir, M. Bor and I. Turkan. 2009. Physiochemical and antioxidant responses of the perennial xerophyte Capparis ovate Desf. to drought. Environmental and Experimental Botany, 66: 487-492.
22. Paknejad, F., Z. Fatemi Rika and M. Dehno 2017. Investigation end season drought effect on yield and yield components of ten barley (*Hordeum vulgare* L.) cultivars in Karaj region. Environmental Stresses in Crop Sciences, 10: 391-410.
23. Pietragalla, J. and A.J.D. Pask. 2012. Physiological Breeding II; Pietragalla, H., Pask, A.J.D., Mullan, D., Reynold, M.P., (Eds.) CIMMYT: Mexico, Mexico, pp: 15-17.
24. Pour-Aboughadareh, A., A. Etminan, M. Abdelrahman, K.H.M. Siddique and L.S.P. Tran. 2020. Assessment of biochemical and physiological parameters of durum wheat genotypes at the seedling stage during polyethylene glycol-induced water stress. Plant Growth Regulation, 92: 81-93.
25. Pour-Aboughadareh, A., M. Omidi, M.R. Naghavi, A. Etminan, A.A. Mehrabi, P. Poczai and H. Bayat. 2019. Efect of water defcit stress on seedling biomass and physio-chemical characteristics in different species of wheat possessing the D genome. Agronomy, 9: 522
26. Pour-Aboughadareh, A., M.R. Naghavi and M. Khalili. 2013. Water deficit stress tolerance in some of barley genotypes and landraces under field conditions. Notulae Scientia Biologicae, 5: 249-3246
27. Saberi, M.H., H.R. Nikkhah, H. Tajali and E. Arazmjo. 2015. Effects of terminal season drought stress on yield and choosing best tolerance indices in promising lines of Barley. Applied Field Crop Research. 107: 124-132.
28. Shahid Masood, M., A. Javaid, M. Ashiq Rabbani and R. Anwar. 2005. Phenotypic diversity and trait association in bread wheat (Triticum aestivum L.) landraces from Baluchistan, Pakistan. Pakistan Journal of Botany, 37: 949-957.
29. Tabatabaei, S., E. Shakeri, M. Shahedi Investigation of yield, yield components changes and some physiological characteristics of barley genotypes under irrigation tension conditions. Crop Physiology Journal, 18: 101-114 (In Persian).
30. Tajali, H., S.G. Mousavi, B. Baradaran, M.H. Saberi and E. Arazmjoo. Evaluation of 20 barley genotypes under the terminal drought conditions. Journal of Crop Ecophysiology, 7: 91-104 (In Persian).
31. Tian, S., X. Mao, H. Zhang, S. Chen, C. Zhai, S. Yang and R. Jing. 2013. Cloning and characterization of TaSnRK2.3, a novel SnRK2 gene in common wheat. Journal of Experimental Botany, 64: 2063-2080.
32. Vega, C.R.C., F.H. Andrade, V.O. Sadras, S.A. Uhart and O.R. Valentinuz. 2001. Seed number as a function of growth. A comparative study in soybean, sunflower and maize. Crop Science, 41: 748-754.
33. Zhao, C.X., L.Y. Guo, C.A. Jaleel, H.B. Shao and H.B. Yang. 2008. Prospects for dissecting plant-adaptive molecular mechanisms to improve wheat cultivars in drought environments. Comptes Rendus Biology Journal, 331: 579-586.

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-01-29]

[DOI: 10.61186/jcb.15.46.93]