تنش‌های محیطی در علوم زراعی
Environmental Stresses in Crop Sciences
جلد یازدهم، شماره دوم، تابستان ۱۳۹۷
۲۶۱-۲۷۴
http://dx.doi.org/10.22077/escs.2017.455.1090

تعیین مهم‌ترین صفات مؤثر بر عملکرد دانه برخی ژنوتیپ‌های جو در شرایط آبیاری مطلوب و تنش خشکی

رسول احمدزاده[۱]، حسن پاک‌نیت[۲]، الهه توکل[۲*]، صادق شهراسبی[۱]
۱. دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز.
۲. هیئت‌علمی بخش زراعت و اصلاح نباتات دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز.

تاریخ دریافت: ۹۵/۰۹/۲۶؛ تاریخ پذیرش: ۹۶/۰۶/۰۴

چکیده

به‌منظور مقایسه صفات مورفوفیزیولوژیک هشت ژنوتیپ خارجی و دو رقم ایرانی جو در شرایط آبیاری مطلوب و تنش خشکی و تعیین ارتباط این صفات با عملکرد دانه، آزمایشی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال زراعی ۹۳-۱۳۹۲ در دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز اجرا شد. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که در هر دو شرایط مطلوب و تنش خشکی بین ژنوتیپ-ها ازنظر طول سنبله، ارتفاع، وزن هزار دانه، تعداد دانه در سنبله، تعداد سنبله در مترمربع، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت تفاوت معنی‌داری وجود دارد. بیشترین میانگین عملکرد دانه در شرایط مطلوب مربوط به ژنوتیپ‌های ۷۹، ۹۵، ۱۲۰ و رقم یوسف (با میانگین ۹۳۵/۳ گرم در مترمربع) و در شرایط تنش مربوط به ژنوتیپ‌های ۹۵ و ۱۲۰ (با میانگین ۸۳۴/۲۷ گرم در مترمربع) بود. در شرایط آبیاری مطلوب، عملکرد بیولوژیک (۰/۹۴)، تعداد سنبله (۰/۵۱) و تعداد دانه (۰/۵۱) و در شرایط تنش عملکرد بیولوژیک (۰/۹۶)، وزن هزار دانه (۰/۶۵) و تعداد دانه در سنبله (۰/۶۳) بیشترین همبستگی مثبت و معنی‌دار را با عملکرد دانه داشتند. بر اساس مدل رگرسیونی، مهم‌ترین صفات مؤثر بر عملکرد دانه در شرایط آبیاری مطلوب شامل طول سنبله، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت به ترتیب با ضرایب تبیین ۰/۹۹۸، ۰/۹۲۰ و ۰/۹۹۵ و در شرایط تنش شامل عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت به ترتیب با ضرایب تبیین ۰/۹۳۵ و ۰/۹۹۵ بودند. درمجموع ژنوتیپ‌های ۹۵ و ۱۲۰ به ترتیب با میانگین عملکرد دانه ۸۸۰۹/۷ و ۸۹۲۵ کیلوگرم در هکتار به‌عنوان ژنوتیپ‌های برتر در هر دو شرایط مطلوب و تنش خشکی شناخته شدند.

واژه‌های کلیدی: **خشکی، رگرسیون گام‌به‌گام، صفات مورفوفیزیولوژیک، همبستگی**

مقدمه

جو یکی از گیاهان زراعی با اهمیت و جزء چهار غله مهم جهان و یکی از اولین گیاهانی است کـه توسط انسان اهلی شده است و دومین گیاه زراعی با سطحی معادل ۱/۵ میلیون هکتار در ایران است که از این میزان ۶۰ درصد آن به زراعت دیم اختصاص دارد (Emam, 2011).

کشور ایران ازنظر موقعیت آب و هوایی جزء مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان محسوب می‌شود، به‌طوری‌که متوسط بارندگی آن حدود ۲۵۰ میلی‌متر و کمتر از یک‌سوم میانگین بارندگی جهانی است. علاوه بر آن میزان تبخیر سالیانه در برخی از نقاط آن ۲۰ تا ۴۰ برابر میزان بارندگی است (Khazaie, 2009).

خشکی، شایع‌ترین تنش محیطی است که حدود ۲۵ درصد سطح زیر کشت را محدود می‌سازد و وقوع این تنش باعث کاهش معنی‌دار عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه، شاخص برداشت و گاهی کارایی مصرف آب می‌شود (Xue et al., 2006). باوجود اینکه جو نسبت به سایر غلات به تنش خشکی متحمل‌تر است، اما این گیاه در دوره رشد و نمو خود در دو مرحله ساقه‌رفتن و تشکیل دانه نسبت به کمبود آب حساس است و تنش خشکی در این مراحل منجر

* نگارنده پاسخگو: الهه توکل. پست الکترونیک: etavakol@shirazu.ac.ir.

به کاهش عملکرد آن می‌شود (Nor Mohamadi et al., 2001).

نبوی‌کلات و شریف الحسینی (Nabavi-kalat and Sharif al-Husseini, 2009) با بررسی ۲۰ ژنوتیپ جو تحت تنش خشکی مشاهده کردند که بین ژنوتیپ‌ها ازنظر عملکرد اختلاف معنی‌داری وجود دارد به‌طوری‌که ژنوتیپ های ۸، ۲۰ و ۱۸ عملکرد بیشتری نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها داشتند. آن‌ها همچنین گزارش کردند که وقوع خشکی در مرحله پر شدن دانه موجب تسریع در پیری برگ‌ها، کاهش طول دوره پر شدن دانه‌ها و کاهش اندازه و وزن دانه می‌شود.

عملکرد دانه غلات ترکیبی از تعداد بوته در واحد سطح، تعداد سنبله بارور در هر بوته، تعداد سنبلک در سنبله، تعداد دانه در سنبلک و وزن تک‌دانه است که کاهش هر یک از اجزای عملکرد در اثر تنش خشکی درنهایت منجر به کاهش عملکرد دانه می‌گردد (Rajala et al., 2009).

حساس‌ترین مرحله گیاه جو به خشکی مرحله گلدهی است که کمبود آب در این مرحله موجب کاهش گلچه‌های بارور و درنتیجه کاهش تعداد دانه‌های سنبله می‌گردد (Emam, 2011). رویو و همکاران (Royo et al, 2000) نشان دادند که تنش خشکی از مرحله گرده‌افشانی تا رسیدن از طریق تشدید پیر شدن برگ‌ها، کاهش دوره رشد و کاهش سرعت پر شدن دانه سبب کاهش میانگین وزن دانه و کاهش عملکرد دانه می‌شود. حسن‌پور و همکاران (Hassanpour et al., 2008) اثر تنش خشکی بر عملکرد و برخی خصوصیات فیزیولوژیک را در پانزده رقم جو و در سه سطح آبیاری (۱۰۰، ۷۵ و ۵۰ درصد ظرفیت مزرعه) مورد بررسی قرار دادند. آن‌ها مشاهده کردند که افزایش شدت تنش اثر معنی‌داری بر عملکرد دانه اکثر ارقام داشت.

پیری و ریزش برگ‌های گیاه تحت شرایط تنش خشکی، دلیل اصلی در کاهش وزن خشک گیاه و در نهایت عملکرد بیولوژیک است (Cornic, 2000). افضلی فر و همکاران (Afzalifar et al., 2011) گزارش کردند که صفات تعداد کل دانه، بیوماس و ارتفاع گیاه بیشترین تأثیر را بر عملکرد دانه دارند و ازاین‌رو در برنامه‌های اصلاحی جهت افزایش عملکرد باید به این صفات توجه ویژه داشت. نیکخواه و یوسفی (Nikkhah and Yousefi, 2004) در آزمایشی به‌منظور ارزیابی تنش خشکی آخر فصل و بررسی ارتباط صفات مورفوفیزیولوژیک با عملکرد دانه در ۱۲۵ لاین و رقم جو در دو شرایط تنش و عدم تنش خشکی به این نتیجه رسیدند که اکثر صفات اندازه‌گیری شده در بین ژنوتیپ‌ها دارای تفاوت معنی‌دار بوده و بیشترین تأثیر تنش خشکی مربوط به عملکرد دانه بود.

در پژوهش ایروانی و همکاران (Iravani et al., 2008) نتایج ضرایب همبستگی ساده نشان داد که عملکرد دانه جو با تعداد سنبله در مترمربع بیشترین همبستگی را دارد و این صفت در رگرسیون گام‌به‌گام اولین صفتی بود که وارد مدل گردید. پسیو و واچ (Pecio and Wach, 2015) نشان دادند که تنش خشکی در مرحله پر شدن دانه باعث کاهش وزن هزار دانه و درنهایت کاهش ۱۶ درصدی عملکرد دانه در مقایسه با تیمار شاهد شد. این پژوهش به‌منظور مطالعه عملکرد و اجزای عملکرد ژنوتیپ‌های جو در شرایط آبیاری مطلوب و تنش خشکی و همچنین تجزیه‌وتحلیل روابط بین صفات و عملکرد دانه اجرا شد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در سال زراعی ۹۳-۱۳۹۲ به‌صورت دو آزمایش جداگانه با آبیاری مطلوب و تنش خشکی با نقشه‌های مشابه در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز، واقع در منطقه باجگاه شیراز (طول جغرافیایی ۵۲ درجه و ۲۵ دقیقه، عرض جغرافیایی ۲۹ درجه و ۴۰ دقیقه و ارتفاع ۱۸۱۰ متر از سطح دریا) صورت گرفت. به‌منظور مقایسه عملکرد و اجزای عملکرد در این پژوهش مواد گیاهی مورد استفاده شامل ۸ ژنوتیپ غیربومی (خارجی) جو دو و شش ردیفه که از مرکز تحقیقات فیرنزولا در ایتالیا تهیه شده بود (جدول ۱) به همراه ۲ رقم زراعی ایرانی (رقم متحمل یوسف و رقم حساس ریحان ۰۳) به‌عنوان ارقام شاهد منطقه بررسی شدند.

پژوهش در قالب دو طرح بلوک‌های کامل تصادفی تحت شرایط تنش و بدون تنش با ۳ تکرار انجام شد. پیش از اجرای آزمایش و برای اطلاع از وضعیت فیزیکوشیمیایی خاک، اقدام به نمونه‌برداری مرکب از خاک مزرعه (بافت رسی-شنی) از عمق صفر تا سی سانتی‌متری شد (جدول ۲). اطلاعات هواشناسی نیز در شکل ۱ آورده شده است.

جدول ۱. لیست و شجره ژنوتیپ‌های مورداستفاده

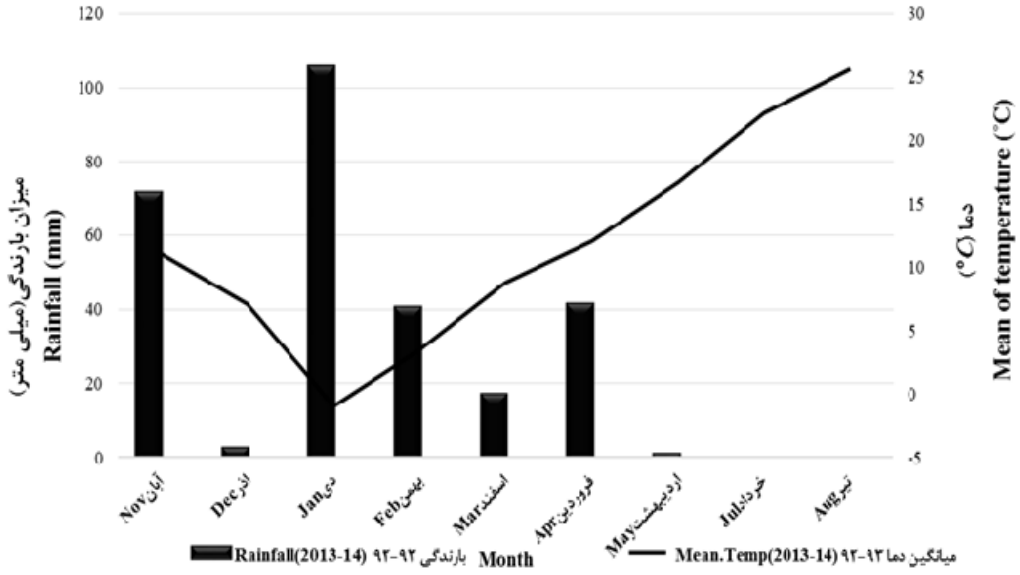
Table 1. List and pedigree of used genotypes

ژنوتیپ Genotype	ردیف Row type	شجره Pedigree
21	6	(Bruina x Express) x75
28	2	((Opal x Binder)) x Balder) x Rica
79	6	Canada x British 50
87	2	Laba x Astrid
95	6	Local
97	2	Sanrys x Laba
120	6	-
125	2	Tryya x Malta

جدول ۲. ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی خاک مورداستفاده در آزمایش در عمق صفر تا ۳۰ سانتیمتری

Table 2. Physical and chemical characteristics of soil used for the experiment.

هدایت الکتریکی EC ($dS.m^{-1}$)	رس Clay (%)	سیلت Silt (%)	شن Sand (%)	نیتروژن N (%)	کربن آلی OC (%)	فسفر P ($mg.kg^{-1}$)	پتاسیم K ($mg.kg^{-1}$)	اسیدیته pH
0.83	40	42	18	0.12	1.09	21.4	563	7.8



شکل ۱. میانگین دما و بارش کل ماهانه در طول فصل رشد در ایستگاه باجگاه فارس، شیراز (۹۳-۱۳۹۲)

Fig. 1. Mean of monthly temperature (C) and total rainfall (mm) in Badjgah, Shiraz, Iran (2013-2014)

آماده‌سازی زمین موردنظر در زمان مناسب و پس از اولین بارندگی مؤثر به‌صورت شخم، دیسک، تسطیح و کودپاشی انجام شد. هر کرت شامل چهار پشته به طول ۳ متر بود. فاصله ردیف‌ها از یکدیگر ۲۰ سانتی‌متر و فاصله گیاهان روی ردیف ۲ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. هر کرت به‌وسیله یک ردیف کشت نشده از کرت بعدی جدا شد. دو آزمایش با فاصله ۲۰ متر زمین نکاشت از هم جدا شدند. بذور ژنوتیپ‌های موردبررسی پس از تهیه زمین و ضدعفونی با قارچ‌کش کربوکسین در عمق ۴-۳ سانتی‌متر در اواخر آبان ماه سال ۱۳۹۲ کشت شدند. دو آزمایش ازنظر نقشه کاشت و صفات اندازه‌گیری شده کاملاً مشابه بودند، تنها تفاوت آن‌ها در این بود که در تیمار آبیاری مطلوب، گیاهان تا پایان مرحله رشد به اندازه ظرفیت مزرعه (FC) آبیاری شدند، درحالی‌که در تیمار تنش خشکی، گیاهان تا مرحله گلدهی به اندازه ظرفیت مزرعه آبیاری شدند و سپس تنش خشکی به‌صورت قطع آبیاری اعمال گردید. برای تعیین میزان آب موردنیاز در هر نوبت آبیاری از درصد رطوبت وزنی خاک استفاده شد. برای انجام این کار قبل از هر آبیاری از دو عمق خاک مزرعه (۳۰-۰ و ۶۰-۳۰ سانتی‌متری) نمونه‌برداری و در آون در دمای ۱۰۵ درجه سلسیوس به مدت ۲۴ ساعت خشک شد و میزان رطوبت وزنی خاک تعیین گردید. سپس میزان آب موردنیاز برای هر آبیاری تا رسیدن رطوبت خاک تا عمق ریشه گیاه به حد ظرفیت مزرعه از رابطه (۱) محاسبه شد (Michael and Ojha, 1987).

$$dn = \frac{(Fc - \theta m \times \rho b)D}{100} \qquad [۱]$$

که در این رابطه d= ارتفاع آب موردنیاز برای آبیاری برحسب متر؛ Fc= حد ظرفیت مزرعه‌ای در خاک محل مورد آزمایش برحسب درصد وزنی (برای عمق ۳۰-۰ ظرفیت مزرعه برابر ۳۳، برای عمق ۶۰-۳۰ مقدار آن ۳۷ و برای ۹۰-۶۰ برابر ۳۸ بود)؛ ρb = چگالی ظاهری خاک (برای خاک باجگاه g/cm^3 ۱/۴ در نظر گرفته شد)؛ D= عمق ریشه گیاه (در اینجا برابر ۰/۳ متر (۳۰ سانتی‌متر) بود.

با توجه به نتایج آزمون خاک و مشخص شدن عدم احتیاج به عناصری از قبیل پتاسیم و فسفر تنها کود مورد استفاده میزان ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره در ۲ نوبت (نیمی در زمان کاشت و نیمی در زمان طویل شدن ساقه) به کرت‌ها داده شد. در طول دوره رشد برای مقابله با سن، سم دسیس به میزان ۰/۳ لیتر در هکتار در مرحله ظهور خوشه و برای کنترل علف‌های هرز در مرحله پنجه‌زنی، علف‌کش 2,4-D به میزان یک لیتر در هکتار ماده تجاری در مرحله پنجه‌زنی استفاده شد و همچنین وجین دستی نیز در بهار طی دو مرحله انجام گرفت. کلیه عملیات زراعی کاشت، داشت و برداشت غیر از آبیاری به‌صورت کاملاً مشابه برای هر دو آزمایش انجام پذیرفت. برداشت زمانی انجام گرفت که حدود ۹۰ درصد بوته‌های آزمایش به مرحله رسیدگی فیزیولوژیک رسیده بودند. در پایان مرحله رشد و پس از رسیدگی فیزیولوژیک، از ناحیه مرکزی هر کرت به‌صورت تصادفی یک و نیم مترمربع برداشت شد و ارتفاع بوته، طول سنبله، تعداد سنبله در مترمربع، تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت اندازه‌گیری شدند. تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار MINITAB و SAS انجام شد و میانگین‌ها با آزمون دانکن در سطح ۱٪ مقایسه شدند.

نتایج و بحث

صفات مورفولوژیک

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که در ژنوتیپ‌های جو صفات ارتفاع بوته و طول سنبله در هر دو شرایط آبیاری مطلوب (جدول ۳) و تنش خشکی (جدول ۴) در سطح احتمال یک درصد تفاوت معنی‌داری داشتند. ارتفاع ژنوتیپ‌ها، دامنه‌ای بین ۵۶/۴۸ تا ۸۰/۶۷ سانتی‌متر در شرایط مطلوب و ۵۵/۷۳ تا ۸۰/۳ سانتی‌متر در شرایط تنش خشکی داشتند که بیانگر تنوع خوبی در بین آن‌ها بود. در این پژوهش، تنش خشکی به‌صورت قطع آبیاری در زمان گلدهی اعمال گردید که در این زمان جو تقریباً به حداکثر ارتفاع خود رسیده است (Khajeh et al., 2008; Emam, 2011) و درنتیجه اعمال تنش خشکی تأثیر چندانی بر ارتفاع بوته‌های جو ندارد. رشد طولی بوته‌های غلات بعد از گلدهی ناچیز و قابل‌اغماض است. خواجه و همکاران (Khajeh et al., 2008) و پیرسته انوشه و امام (Pirasteh-Anosheh and Emam, 2012) گزارش کردند که تنش خشکی در مرحله گلدهی تأثیر معنی‌داری بر ارتفاع ژنوتیپ‌های جو و گندم ندارد. بیشترین و کمترین ارتفاع بوته در شرایط مطلوب به ترتیب از ژنوتیپ ۷۹ و ژنوتیپ-های ۹۵ و ۲۱ به دست آمد (جدول ۵). در شرایط تنش خشکی نیز، ژنوتیپ ۷۹ بیشترین و ژنوتیپ‌های ۹۵ و ۲۱

دارای کمترین ارتفاع بوته بودند (**Error! Reference source not found.**۶). به‌طورکلی، ارتفاع بوته یک صفت وابسته به رقم است که در بین ارقام دارای تغییرات زیادی است (Emam, 2011). ژنوتیپ‌های پابلند برای مناطقی که طی دوره پر شدن دانه تنش رخ می‌دهد، مفید و مطلوب نیستند (Zahedi, 2012). ارقام پابلند در شرایط آبیاری محدود بیشتر تحت تأثیر تنش خشکی قرار می‌گیرند، بنابراین به نظر می‌رسد که کاهش ارتفاع ساقه یک استراتژی مقاومت در برابر خشکی باشد که باعث می‌شود نسبت بیشتری از مواد فتوسنتزی در شرایط تنش خشکی به سنبله ها منتقل گردد (Pantuwan et al., 2002).

جدول ۳. تجزیه واریانس صفات موردمطالعه ژنوتیپ‌های جو تحت شرایط آبیاری مطلوب

Table 3. Analysis of variance on the studied traits in barley genotypes under normal irrigation condition

SOV	منابع تغییر	درجه آزادی d.f	میانگین مربعات MS			
			عملکرد دانه Grain yield	تعداد دانه در سنبله Grains per spike	وزن هزار دانه 1000-grain weight	تعداد سنبله در مترمربع Spikes m^{-2}
Block	بلوک	2	5245.15	20.66	12.51	3026.53
Genotype	ژنوتیپ	9	130439.20**	325.84**	76.75**	23956.09**
Error	خطا	18	6020.75	15.02	11.13	1500.76
CV (%)	ضریب تغییرات		*10.66*	*8.88*	*8.00*	*11.60*

* و ** به ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد

* and **: significant at the 5% and 1% levels of probability respectively

Table 3. Continued **جدول ۳. ادامه**

SOV	منابع تغییر	درجه آزادی d.f	میانگین مربعات MS			
			عملکرد بیولوژیک Biological yield	شاخص برداشت Harvest index	طول سنبله Spike length	ارتفاع Plant height
Block	بلوک	2	27522.98	6.19	0.36	19.80
Genotype	ژنوتیپ	9	937589.58**	65.09**	3.44**	206.27**
Error	خطا	18	55506.73	7.34	0.38	14.66
CV (%)	ضریب تغییرات		*13.13*	*6.57*	*7.68*	*5.58*

* و ** به ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد

* and **: significant at the 5% and 1% levels of probability respectively

جدول ۴. تجزیه واریانس صفات موردمطالعه ژنوتیپ‌های جو تحت شرایط تنش خشکی

Table 4. Analysis of variance on the studied traits in barley genotypes under drought stress condition

منابع تغییر SOV		درجه آزادی d.f	میانگین مربعات MS			
			عملکرد دانه Grain yield	تعداد دانه در سنبله Grains per spike	وزن هزار دانه 1000-grain weight	تعداد سنبله در مترمربع Spikes m^{-2}
Block	بلوک	2	19187.53*	4.01	7.21	9390.03
Genotype	ژنوتیپ	9	124246.561**	237.550**	117.117**	23927.559**
Error	خطا	18	4756.94	8.16	6.54	1538.18
CV (%)	ضریب تغییرات		11.99	6.17	6.61	7.34

* و ** به ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد

* and **: significant at the 5% and 1% levels of probability respectively

جدول ۴. ادامه **Table 4. Continued**

منابع تغییر SOV		درجه آزادی d.f	میانگین مربعات MS			
			عملکرد بیولوژیک Biological yield	شاخص برداشت Harvest index	طول سنبله Spike length	ارتفاع Plant height
Block	بلوک	2	176666.91**	8.44	0.82	45.20
Genotype	ژنوتیپ	9	950599.269**	32.42**	3.365**	206.552**
Error	خطا	18	38220.10	6.78	0.43	19.29
CV (%)	ضریب تغییرات		12.30	7.12	8.44	6.56

* و ** به ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد

* and **: significant at the 5% and 1% levels of probability respectively

جدول ۵. مقایسه میانگین صفات موردمطالعه در ژنوتیپ‌های جو تحت شرایط آبیاری مطلوب

Table 5. Mean comparison of the studied traits in barley genotypes under normal irrigation condition

ژنوتیپ Genotype	ارتفاع Plant height (سانتی‌متر cm)	طول سنبله Spike length (سانتی‌متر cm)	تعداد دانه در سنبله Grains spike	وزن هزار دانه 1000- grain weight (گرم gr)
21	57.63 e	7.27 d	28.30 c	35.00 c
28	76.60 ab	8.10 cd	47.93 a	38.00 c
79	80.67 a	8.63 bc	51.57 a	44.87 ab
87	62.87 de	7.10 d	50.43 a	44.40 ab
95	56.47 e	9.97 a	51.67 a	45.20 ab
97	65.53 cd	7.33 d	31.07 c	35.57 c
120	68.73 cd	8.93 abc	51.57 a	47.37 a
125	67.57 cd	6.97 d	38.00 b	37.27 c
ریحان	77.87 ab	7.13 d	30.83 c	40.53 bc
یوسف	72.13 bc	9.27 ab	55.20 a	48.87 a

میانگین‌های با حروف یکسان برای هر صفت بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی‌دار ندارد.

Means with similar letters in each column are not significantly different (Duncan ≤ 0.05).

جدول ۵. ادامه **Table 5. Continued**

ژنوتیپ Genotype	تعداد سنبله در مترمربع Spikes m^{-2}	عملکرد دانه Grain yield (گرم بر مترمربع gr/m^2)	عملکرد بیولوژیک Biological yield (گرم بر مترمربع gr/m^2)	شاخص برداشت Harvest index (%)
21	600.00 cd	368.47 e	855.00 d	43.17 bc
28	641.33 bc	718.00 bc	2103.60 ab	34.25 d
79	568.00 de	927.47 a	1903.90 b	48.67 a
87	708.67 ab	757.33 b	2121.20 ab	35.88 d
95	704.00 ab	942.17 a	2439.80 a	39.12 cd
97	512.00 ef	601.13 cd	1299.00 c	46.20 ab
120	706.67 ab	936.23 a	2453.50 a	38.25 cd
125	482.00 f	604.30 cd	1352.10 c	44.57 ab
ریحان	694.00 ab	487.83 de	1257.80 cd	38.83 cd
یوسف	728.67 a	935.37 a	2163.10 ab	43.21 bc

میانگین‌های با حروف یکسان برای هر صفت بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی‌دار ندارد.

Means with similar letters in each column are not significantly different (Duncan ≤ 0.05).

جدول ۶. مقایسه میانگین صفات موردمطالعه در ژنوتیپ‌های جو در شرایط تنش خشکی

Table 6. Mean comparison of the studied traits in barley genotypes under drought stress condition

ژنوتیپ Genotype	ارتفاع Plant height (سانتی‌متر cm)	طول سنبله Spike length (سانتی‌متر cm)	تعداد دانه در سنبله Grains per spike	وزن هزار دانه 1000- grain weight (گرم gr)
21	55.73 ^{d}	6.83 ^{cd}	26.73 ^{e}	30.23 ^{e}
28	72.40 ^{ab}	7.97 ^{bc}	34.43 ^{cd}	41.17 ^{bc}
79	80.30 ^{a}	7.67 ^{cd}	49.07 ^{a}	41.47 ^{b}
87	60.00 ^{cd}	6.83 ^{cd}	43.10 ^{b}	36.83 ^{cd}
95	56.20 ^{d}	9.63 ^{a}	43.67 ^{b}	46.70 ^{a}
97	64.73 ^{bc}	7.30 ^{cd}	29.80 ^{cde}	33.53 ^{de}
120	67.87 ^{bc}	8.87 ^{ab}	47.20 ^{ab}	46.97 ^{a}
125	66.07 ^{bc}	6.53 ^{d}	34.87 ^{c}	34.20 ^{de}
ریحان	77.60 ^{a}	7.00 ^{cd}	29.47 ^{de}	31.40 ^{e}
یوسف	68.40 ^{b}	8.90 ^{ab}	50.90 ^{a}	44.17 ^{ab}

میانگین‌های با حروف یکسان برای هر صفت بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی‌دار ندارد.

Means with similar letters in each column are not significantly different (Duncan ≤ 0.05).

جدول ۶. ادامه

Table 6. Continued

ژنوتیپ Genotype	تعداد سنبله در مترمربع Spikes m^{-2}	عملکرد دانه Grain yield (گرم بر مترمربع $(gr/m^2$	عملکرد بیولوژیک Biological yield (گرم بر مترمربع $(gr/m^2$	شاخص برداشت Harvest index (%)
21	607.33 ^{cd}	227.03 ^{f}	620.20 ^{e}	37.03 ^{bc}
28	643.33 ^{bc}	650.13 ^{bc}	1778.60 ^{c}	37.13 ^{bc}
79	566.67 ^{de}	646.07 ^{bc}	1881.90 ^{bc}	34.21 ^{cd}
87	706.67 ^{ab}	557.93 ^{cd}	1866.80 ^{bc}	29.94 ^{d}
95	713.33 ^{ab}	819.77 ^{a}	2162.90 ^{ab}	37.90 ^{abc}
97	511.33 ^{ef}	440.90 ^{de}	1045.90 ^{d}	42.34 ^{a}
120	707.33 ^{ab}	848.77 ^{a}	2361.20 ^{a}	36.11 ^{bc}
125	483.00 ^{f}	452.99 ^{de}	1254.00 ^{d}	36.13 ^{bc}
ریحان	690.67 ^{ab}	365.27 ^{e}	1044.20 ^{d}	34.99 ^{bc}
یوسف	726.00 ^{a}	745.17 ^{ab}	1880.00 ^{bc}	39.61 ^{ab}

میانگین‌های با حروف یکسان برای هر صفت بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی‌دار ندارد.

Means with similar letters in each column are not significantly different (Duncan ≤ 0.05).

ژنوتیپ‌های جو مورد بررسی ازنظر طول سنبله تفاوت معنی‌داری داشتند. این تفاوت هم در شرایط آبیاری مطلوب (**Error! Reference source not found.**ل ۳) و هم در شرایط تنش خشکی (جدول ۴) در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. سنبله بوته‌های جو از ۶/۹۷ تا ۹/۹۷ سانتی‌متر در شرایط آبیاری مطلوب و از ۶/۵۳ تا ۹/۶۳ سانتی‌متر در شرایط تنش خشکی طول داشتند. تنش خشکی تأثیر معنی‌داری بر میانگین طول سنبله ده ژنوتیپ و رقم جو نداشت. همان‌طور که در مورد صفات ارتفاع بوته و تعداد سنبله در مترمربع نیز این‌گونه شد، چون تنش خشکی در مرحله گلدهی اعمال گردید، در این زمان سنبله‌ها تشکیل شده بودند و وقوع تنش پس‌ازاین مرحله تأثیری بر اندازه

سنبله ندارد. تنش خشکی پیش از ظهور سنبله می‌تواند از طریق کوتاه کردن زمان نمو و همچنین افزایش سرعت نمو موجب کاهش طول سنبله گردد. تنش خشکی همچنین از طریق تأثیر منفی بر مریستم انتهایی در غلاف سنبله به‌ویژه در مرحله آبستنی[1] می‌تواند سبب کوتاه شدن سنبله گردد (Emam, 2011). ژنوتیپ‌های ۹۵ و ۱۲۵ در هر دو شرایط آبیاری مطلوب (**Error! Reference source not found.**۵) و تنش خشکی (**Error! Reference source not found.**۶) به ترتیب دارای بیشترین و کمترین طول سنبله بودند. طول سنبله ژنوتیپ ۹۵ در شرایط آبیاری مطلوب و تنش خشکی به ترتیب معادل ۳۰/۱ و ۳۲/۲ درصد بیشتر از طول سنبله ژنوتیپ ۱۲۵ بود. زاهدی (Zahedi, 2012) با مطالعه ارقام جو وجود دامنه ۹/۶ تا ۴/۳ سانتیمتری را بین این ارقام گزارش کرد. همچنین دامنه ۱۲/۶ تا ۶/۳ سانتی‌متری در بین ارقام گندم در مطالعه هاشمی‌نسب و همکاران (Hasheminasab et al., 2013) گزارش شد.

اجزای عملکرد دانه

بر اساس جدول تجزیه واریانس اثر ژنوتیپ بر تعداد سنبله در شرایط مطلوب و تنش خشکی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جداول ۳ و ۴). ژنوتیپ‌های موردبررسی دارای دامنه وسیعی از تعداد سنبله در مترمربع بودند به‌طوری‌که این صفت از تعداد ۴۸۲ تا ۷۲۹ سنبله در مترمربع در شرایط مطلوب و ۴۸۳ تا ۷۲۶ سنبله در مترمربع در شرایط تنش خشکی متغیر بود. مقایسه میانگین اثر تنش خشکی نشان داد که تعداد سنبله در مترمربع تحت تأثیر تنش قرار نگرفت. ازآنجایی‌که در این پژوهش تنش خشکی به‌صورت قطع آبیاری در مرحله گلدهی اعمال گردید، لذا تأثیری بر تعداد سنبله در مترمربع نداشت. پس از مرحله ظهور سنبله، تعداد سنبله تغییری نمی‌کند (Emam and Niknejad, 2012). در هردو شرایط مطلوب (**Error! Reference source not found.**۵) و تنش خشکی (**Error! Reference source not found.**۶) بیشترین تعداد سنبله در مترمربع مربوط به رقم یوسف و کمترین آن مربوط به ژنوتیپ ۱۲۵ بود. تفاوت این دو ژنوتیپ به‌طور میانگین معادل ۳۳/۴۷ درصد بود. تعداد سنبله در واحد سطح به همراه تعداد دانه در هر سنبله و وزن دانه از اجزای اصلی تعیین‌کننده عملکرد دانه هستند (Hasheminasab et al., 2013). توانایی تولید پنجه در غلات مانند گندم و جو بدون محدودیت است و بسته به ژنوتیپ، میزان رطوبت، دما و وضعیت عناصر غذایی خاک تعداد محدودی از این پنجه‌ها منجر به تولید سنبله می‌کنند (Emam and Niknejad, 2012). گندم و جو ازجمله گیاهانی هستند که توانایی بالایی در جبران تراکم پایین را دارند، به‌عبارت‌دیگر در تراکم‌های پایین‌تر این گیاهان با پنجه‌زنی بالاتر کمبود تراکم را جبران می‌کنند. ژنوتیپ‌های با پنجه‌زنی متوسط در شرایط محدودیت رطوبت بهترین کارکرد را دارند (Araus et al., 1999).

نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که در هر دو شرایط آبیاری مطلوب (**Error! Reference source not found.**۳) و تنش خشکی (**Error! Reference source not found.**۴) بین ژنوتیپ‌های موردبررسی ازنظر تعداد دانه در سنبله در سطح احتمال یک درصد تفاوت معنی‌داری وجود داشت. تنوع در بین تعداد دانه در سنبله از مهم‌ترین دلایل تفاوت در عملکرد بین ژنوتیپ‌ها است. ارقام جو موردمطالعه در پژوهش نوروزی (Norouzi, 2014) در دامنه‌ای بین ۱۶/۷ تا ۶۸/۰ دانه در سنبله متغیر بود که منجر به تفاوت معنی‌دار در عملکرد دانه این ارقام گردید. نتایج همچنین نشان داد که تنش خشکی موجب کاهش معنی‌دار تعداد دانه در سنبله گردید که میزان کاهش در بین ژنوتیپ‌ها متفاوت بود. به‌طور میانگین برای ده ژنوتیپ و رقم، قطع آبیاری در مرحله گلدهی منجر به کاهش ۱۲/۱ درصدی تعداد دانه در سنبله گردید. حساس‌ترین مرحله زندگی بیشتر گیاهان زراعی به‌ویژه جو مرحله گلدهی است (Emam, 2011)، بنابراین هرگونه کاهش میزان رطوبت قابل‌دسترس در این مرحله باعث اختلال در لقاح و کاهش تعداد دانه‌های تشکیل‌شده در هر سنبله می‌گردد. رقم یوسف بیشترین تعداد دانه در سنبله را در هر دو شرایط آبیاری مطلوب (۵۵/۲) تنش خشکی (۵۰/۹) داشت. از سوی دیگر، کمترین تعداد دانه در سنبله در هر دو شرایط مطلوب (۲۸/۳) و تنش (۲۶/۷) در ژنوتیپ ۲۱ مشاهده شد (جداول ۵ و ۶). اگرچه تنش خشکی در همه ژنوتیپ‌ها با کاهش تعداد دانه در سنبله همراه شد، ولی درصد کاهش در بین آن‌ها متفاوت بود. کمترین میزان کاهش (۴/۸۴ درصد) در ژنوتیپ ۷۹ و بیشترین میزان آن در ژنوتیپ‌های ۲۸ (۲۸/۱۶ درصد) و ۹۵ (۱۵/۴۸) مشاهده شد. گنزالز و

[1] - Booting

همکاران (Gonzalez et al., 2010) در مطالعه‌ای بر روی یازده رقم جو بیان کردند که تنش خشکی باعث کاهش فتوسنتز شده و با کاهش تعداد دانه در سنبله درنهایت موجب افت عملکرد دانه می‌گردد.

با توجه به جدول تجزیه واریانس در هر دو شرایط مطلوب (جدول ۳) و تنش خشکی (**Error! Reference source not found.**۴) در سطح احتمال یک درصد تفاوت معنی‌داری ازنظر وزن هزار دانه در بین ژنوتیپ‌های جو مشاهده گردید. وزن هزار دانه از مهم‌ترین اجزای عملکرد است که نقش تعیین‌کننده‌ای در عملکرد دانه به‌ویژه در شرایط تنش خشکی دارد (Araus et al., 1999). در مطالعه حاضر بوته‌های جو دارای وزن هزاردانه‌ای از ۳۵ تا ۴۸/۸۷ گرم در شرایط مطلوب و ۳۰/۲۳ تا ۴۶/۹۷ گرم در شرایط تنش خشکی بود. در مطالعه هاشمی نسب و همکاران (Hasheminasab et al., 2013) وزن هزار دانه ارقام گندم بین ۳۲ تا ۴۴ گرم در شرایط مطلوب و ۲۵ تا ۳۸ گرم در شرایط خشکی متغیر بود. همچنین زاهدی (Zahedi, 2012) دامنه بین ۲۱ تا ۴۷ گرمی را برای شرایط مطلوب و ۱۶ تا ۴۱ گرمی را برای شرایط خشکی گزارش کرد. این موضوع نشان‌دهنده وجود تفاوتی تا دو برابر در وزن دانه بین ارقام و تأثیر مهم این صفت در عملکرد نهایی آن‌ها است. وزن هزار دانه ژنوتیپ‌های جو به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر تنش خشکی کاهش یافت؛ به‌طوری‌که میانگین وزن هزار دانه ده ژنوتیپ و رقم جو در تیمار آبیاری مطلوب به میزان ۱۱/۲ درصد بیشتر از تیمار تنش خشکی بود. این میزان کاهش در ژنوتیپ‌ها تفاوت قابل‌ملاحظه‌ای داشت. تنش خشکی از مرحله گرده‌افشانی تا رسیدگی از طریق تشدید پیر شدن برگ‌ها، کاهش دوره رشد و کاهش سرعت پر شدن دانه سبب کاهش میانگین وزن دانه و کاهش عملکرد دانه می‌شود (Royo et al., 2000). زاهدی (Zahedi, 2012) و نوروزی (Norouzi, 2014) به ترتیب ۱۱/۸ درصد و ۱۶/۰ درصد کاهش وزن هزار دانه در ارقام جو بر اثر تنش آبی را گزارش کردند. وزن هزار دانه رقم یوسف در شرایط آبیاری مطلوب (۴۸/۸۷ گرم) و ژنوتیپ ۱۲۰ (۴۶/۹۷ گرم) در تنش خشکی بیشتر از سایر ژنوتیپ‌ها بود، درحالی‌که کمترین وزن هزار دانه در شرایط آبیاری مطلوب (۳۵/۵ گرم) و تنش خشکی (۳۰/۲ گرم) به ترتیب در ژنوتیپ‌های ۹۷ و ۲۱ به دست آمد (جداول ۵ و ۶). کمترین تأثیر منفی تنش خشکی بر وزن هزار دانه در ژنوتیپ ۲۸ مشاهده شد. وزن هزار دانه رقم ریحان و ژنوتیپ ۸۷ بیشترین تأثیر منفی را از تنش خشکی داشتند. در شرایط تنش خشکی وزن هزار دانه از اهمیت بیشتری برخوردار خواهد بود. گنزالز و همکاران (Gonzalez et al., 2010) دلیل اصلی کاهش عملکرد ارقام را درجه اول کاهش وزن هزار دانه و درجه دوم کاهش تعداد دانه در واحد سطح بیان کردند. پسیو و واچ (Pecio and Wach, 2015) بیان کرد که تنش خشکی در مرحله پر شدن دانه باعث کاهش وزن هزار دانه و درنهایت عملکرد دانه جو به میزان ۱۶ درصد در مقایسه با تیمار شاهد می‌شود.

عملکرد بیولوژیک و دانه

عملکرد بیولوژیک به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر خشکی و ژنوتیپ در سطح احتمال یک درصد قرار گرفت (**Error! Reference source not found.** ۴). در هر دو شرایط آبیاری مطلوب و تنش خشکی، ژنوتیپ ۱۲۰ به ترتیب با عملکرد بیولوژیک ۲۴۵۴ و ۲۳۶۱ گرم در مترمربع بیشترین و ژنوتیپ ۲۱ با عملکرد بیولوژیک ۸۵۵ و ۶۲۰/۲ گرم در مترمربع کمترین عملکرد بیولوژیک را هر دو شرایط آبیاری مطلوب و تنش خشکی دارا بودند (جداول ۵ و ۶). به‌طورکلی عملکرد بیولوژیک تمام ژنوتیپ‌ها در شرایط تنش خشکی نسبت به آبیاری مطلوب کاهش معنی‌دار نشان داده بود. به‌طوری‌که بیشترین کاهش مربوط به ژنوتیپ ۲۱ (۲۷/۴۶ درصد) و کمترین کاهش مربوط به ژنوتیپ ۱۲۰ (۳/۷۶ درصد) مشاهده گردید. خشکی از طریق کاهش هدایت روزنه‌ای به‌واسطه بسته شدن روزنه‌ها و اختلال در متابولیسم باعث کاهش میزان فتوسنتز و درنهایت کاهش عملکرد بیولوژیک می‌شود (Emam and Niknejad, 2012). محدودیت‌های روزنه‌ای و همچنین غیر روزنه‌ای نیز به‌عنوان عامل کاهش فتوسنتز و درنتیجه کاهش عملکرد بیولوژیک در شرایط خشکی اعلام شده است (Xue et al., 2006). در شرایط خشکی پیری زودرس اندام‌های فتوسنتز کننده و همچنین کاهش فتوسنتز جاری گیاه باعث کاهش کل زیست‌توده تولیدی می‌گردد. کورنیک (Cornic, 2000) نیز نتایج مشابهی مبنی بر کاهش عملکرد بیولوژیک در اثر خشکی گزارش کرد.

تجزیه واریانس داده‌های عملکرد دانه در شرایط مطلوب (**Error! Reference source not found.** ۳) و تنش خشکی (**Error! Reference source not found.**۴) تفاوت

معنی‌داری را در بین ده ژنوتیپ و رقم جو در سطح احتمال یک درصد نشان داد. بیشترین میزان عملکرد در شرایط آبیاری مطلوب برابر ۹۴۲/۲ گرم در مترمربع برای ژنوتیپ ۹۵ و در شرایط تنش خشکی برابر ۸۴۸/۸ گرم در مترمربع برای ژنوتیپ ۱۲۰ بود (**Error! Reference source not found.**۵ و ۶). درحالی‌که کمترین میزان عملکرد دانه در هر دو شرایط آبیاری مطلوب و تنش خشکی مربوط به ژنوتیپ ۲۱ و به ترتیب برابر با ۳۶۸/۵ و ۲۲۷/۰ گرم در مترمربع بود. به‌طورکلی ارزیابی عملکرد دانه تحت شرایط تنش و آبیاری یکی از مهم‌ترین شاخص‌های مقاومت به خشکی در برنامه‌های اصلاحی جو و گندم معرفی شده است. میزان عملکرد ژنوتیپ‌های جو در شرایط تنش خشکی نسبت به شرایط مطلوب کاهش معنی‌داری را نشان داد و پاسخ ژنوتیپ‌ها متفاوت بود. به‌طور میانگین، عملکرد دانه ده ژنوتیپ جو در شرایط مطلوب ۲۶/۵ درصد بیشتر از شرایط تنش خشکی بود. زاهدی (Zahedi, 2012) گزارش کرد که تنش خشکی موجب کاهش معنی‌دار عملکرد دانه ارقام جو گردید که این کاهش به‌طور میانگین در بین سی‌ودو ژنوتیپ و رقم جو موردمطالعه ۴۰/۷ درصد بود. در این مطالعه تنش خشکی پیش از ظهور سنبله اعمال گردیده بود، به همین دلیل مقدار کاهش عملکرد دانه بیشتر از پژوهش حاضر بود. در پژوهش نوروزی (Norouzi, 2014) نیز تنش آبی موجب کاهش ۵۱/۳ درصدی ارقام جو گردید. کرت‌های تحت تیمار تنش خشکی در پژوهش آن‌ها، تنها در مرحله جوانه‌زنی آبیاری شدند و پس از آن به‌صورت دیم ادامه داشت، درحالی‌که در پژوهش حاضر، تنش خشکی از زمان گلدهی به بعد اعمال گردید. همین موضوع، علت تفاوت قابل‌توجه کاهش عملکرد دانه در پژوهش نوروزی (Norouzi, 2014) با پژوهش حاضر بود. کمترین کاهش عملکرد دانه در اثر تنش خشکی برابر با ۹/۳۴ و ۹/۴۵ درصد به ترتیب در ژنوتیپ‌های ۱۲۰ و ۲۸ مشاهده شد. ژنوتیپ‌های ۲۱ و ۷۹ با ۳۸/۴ و ۳۰/۴ درصد کاهش در عملکرد دانه بیشترین پاسخ را به تنش خشکی از خود نشان دادند. با توجه به تسریع پیری برگ‌ها، کاهش فتوسنتز جاری گیاه و کوتاه شدن مدت‌زمان مراحل نموی گیاه در اثر تنش خشکی (Emam, and Niknejad, 2011; Royo et al., 2000)، تعداد دانه و وزن دانه که از اجزای بسیار مهم عملکرد دانه می‌باشند، کاهش می‌یابد. کاهش تعداد دانه در سنبله و وزن هزار دانه در اثر تنش خشکی در ژنوتیپ‌های جو در پژوهش حاضر نیز نشان داده شد.

تأثیر خشکی بر شاخص برداشت ژنوتیپ‌های جو در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۴). در شرایط آبیاری مطلوب ژنوتیپ‌های ۷۹، ۹۷ و ۱۲۵ دارای شاخص برداشت بالا و ژنوتیپ‌های ۲۸ و ۸۷ پایین‌ترین مقدار شاخص برداشت را دارا بودند که در این میان بیشترین شاخص برداشت (۴۸/۶۷ درصد) در ژنوتیپ ۷۹ و کمترین مقدار در ژنوتیپ ۲۸ (۳۴/۲۵ در صد) مشاهده شد (جداول ۵ و ۶). در شرایط خشکی نیز، ژنوتیپ ۹۷ دارای بیشترین شاخص برداشت (۴۲/۳۴ درصد) و ژنوتیپ ۸۷ (۲۹/۹۴ درصد) دارای کمترین شاخص برداشت بودند. تنش خشکی باعث کاهش شاخص در همه ژنوتیپ‌های موردمطالعه گردید (جداول ۵ و ۶). بیشترین کاهش شاخص برداشت در اثر تنش خشکی برابر با ۱۴/۹۶ و ۱۴/۲۶ درصد به ترتیب در ژنوتیپ‌های ۱۲۵ و ۹۷ و کمترین کاهش شاخص برداشت با ۸/۵۲ درصد در ژنوتیپ ۸۷ مشاهده گردید. پیرسته انوشه و امام (Pirasteh-Anosheh and Emam, 2012) گزارش کردند که اگرچه تنش خشکی موجب کاهش شاخص برداشت همه ارقام گردید، ولی بیشترین و کمترین کاهش شاخص برداشت در اثر تنش خشکی به ترتیب در ارقام روشن و یاواروس مشاهده شد.

ارتباط بین صفات

در بررسی همبستگی صفات مربوط به عملکرد دانه در شرایط آبیاری مطلوب، عملکرد بیولوژیک (۰/۹۴)، تعداد سنبله (۰/۵۱) و تعداد دانه (۰/۵۱) بیشترین همبستگی مثبت و معنی‌دار را با عملکرد دانه داشتند (جدول ۷). همچنین صفت عملکرد بیولوژیک با تعداد سنبله (۰/۶۰) و وزن هزار دانه بیشترین همبستگی مثبت و معنی‌دار را داشت. مقدار مثبت این همبستگی بیانگر اهمیت تعداد سنبله در افزایش عملکرد بیولوژیک بوده و در پی آن افزایش محصول را شامل خواهد شد (Iravani et al., 2008). صفات طول سنبله (۰/۴۵) و وزن هزار دانه (۰/۴۷) نیز همبستگی مثبت و معنی‌داری با عملکرد داشتند (**Error! Reference source not found.**۷). سید آقا میری و همکاران (SeyedAghamiri et al., 2012) در بررسی روابط بین عملکرد دانه و اجزای آن در ارقام جو همبستگی مثبت و معنی‌دار (۰/۹۹) را بین صفت عملکرد بیولوژیک با

عملکرد دانه گزارش کردند. با توجه به اینکه بین صفاتی که دارای همبستگی معنی‌دار با عملکرد دانه بودند، عملکرد بیولوژیک بیشترین ضریب همبستگی را داشت، بنابراین پیشنهاد می‌شود برای اصلاح ارقام جهت افزایش عملکرد در شرایط آبیاری مطلوب، ارقام دارای صفت عملکرد بیولوژیک بیشتر انتخاب شوند. در شرایط تنش خشکی نیز عملکرد بیولوژیک، وزن هزار دانه و تعداد دانه به ترتیب با ۰/۹۶، ۰/۶۵ و ۰/۶۳ بیشترین همبستگی مثبت و معنی‌دار را با عملکرد دانه داشتند. عملکرد بیولوژیک نیز با وزن هزار دانه (۰/۶۲) بیشترین همبستگی را داشت (**Error! Reference source not found.**۷). دهقان و همکاران (Dehghan et al., 2010) در بررسی تنوع ژنتیکی صفات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی در لاین‌های گندم دوروم برای صفت عملکرد بیولوژیک و شاهمرادی و همکاران (Shahmoradi et al., 2011) برای صفت وزن هزار دانه بیشترین همبستگی با عملکرد دانه گزارش کردند. با توجه به همبستگی بالای عملکرد بیولوژیک با عملکرد دانه در شرایط مطلوب و تنش، این امر ارتباط نزدیک این صفات را در شرایط متفاوت محیطی نشان می‌دهد.

شناسایی صفات مهم و مرتبط با عملکرد شامل تعداد پنجه بارور، طول سنبله، تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت با رگرسیون گام‌به‌گام در شرایط آبیاری مطلوب انجام و نتایج حاصل در جدول ۸ آورده شد. نتایج حاکی از آن است که صفت عملکرد بیولوژیک توانست ۹۲ درصد از تغییرات عملکرد کل دانه را توجیه نموده و اولین متغیری بود که به مدل وارد گردید (**Error! Reference source not found.**۸). صفات شاخص برداشت و طول سنبله نیز به ترتیب با توجیه ۷/۶۵ و ۰/۲۹ درصد وارد مدل شد و ضریب تبیین را به ترتیب تا ۹۹/۵۵ و ۹۹/۸۴ درصد افزایش دادند (**Error! Reference source not found.**۸). بنابراین نتایج این مطالعه حاکی از نقش مؤثر صفات عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت در تبیین عملکرد در شرایط مطلوب بود. شناسایی صفات مهم و مؤثر بر عملکرد با رگرسیون مرحله‌ای در شرایط تنش نیز انجام و نتایج حاصل در (**Error! Reference source not found.**۹) آورده شد. نتایج حاکی از این بود که در شرایط تنش خشکی نیز صفات عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت نقشی مؤثر در تبیین عملکرد داشتند. بدین ترتیب که عملکرد بیولوژیک توانست ۹۳/۵۵ درصد از تغییرات عملکرد را توجیه نموده و اولین متغیری بود که به مدل وارد گردید.

جدول ۷. تجزیه همبستگی بین صفات ارزیابی‌شده در ژنوتیپ‌های جو تحت شرایط آبیاری مطلوب و تنش خشکی

Table 7. Correlation analysis among the studied traits in barley genotypes under normal irrigation and drought stress conditions

	عملکرد دانه Grain yield	تعداد سنبله Spikes m^{-2}	طول سنبله Spike length	تعداد دانه در سنبله Grains per spike
عملکرد دانه در آبیاری مطلوب Grain yield under normal irrigated	1	0.51*	0.45*	0.51*
عملکرد دانه در تنش خشکی Grain yield under drought stress	1	0.62*	0.51*	0.63*

*و ** به ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد.

* and **: Significant at 5 and 1% level of probability, respectively.

متغیر بعدی صفت شاخص برداشت بود که وارد مدل گردید و ۶/۰۳ درصد از تغییرات عملکرد را توجیه نمود و ضریب تبیین را تا ۹۹/۵۸ درصد افزایش داد (**Error! Reference source not found.**۹). نوروزی (Norouzi, 2014) نیز با تجزیه رگرسیون مرحله‌ای در شرایط مطلوب و تنش خشکی در جو بیان داشت که وزن دانه با عملکرد بیولوژیک و سرعت پر شدن دانه همبستگی مثبت و زیاد داشته و دو صفت عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت

مهم‌ترین اجزای توجیه‌کننده تغییرات عملکرد دانه بودند. کرمی (Karmi, 2004) در مطالعه ۲۲ ژنوتیپ جو در شرایط غیر تنش و تنش خشکی با استفاده از آمار چند متغیره نتیجه گرفت که صفاتی مانند تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه، ماده خشک، عملکرد کاه و کلش و شاخص برداشت در حدود ۹۷ درصد از تغییرات عملکرد دانه را در هر دو شرایط توجیه می‌نمایند.

جدول ۸. مراحل رگرسیون گام‌به‌گام برای عملکرد دانه به‌عنوان متغیر وابسته و سایر صفات به‌عنوان متغیر مستقل در شرایط آبیاری مطلوب

Table 8. Stepwise regression for grain yield (dependent variable) and other traits (independent variable) under normal irrigation conditions

گام Step	متغیر مستقل واردشده به مدل Added dependent variable to model	ضرایب رگرسیون (b)	Model R^2	Partial R^2	F value
1	عملکرد بیولوژیک (x_1) Biological yield	0.40	0.9200	0.9200	2485.11**
2	شاخص برداشت (x_2) Harvest Index	17.25	0.9955	0.0765	227.08**
3	طول سنبله (x_3) Spike length	12.24	0.9984	0.0029	11.08*
Intercept	عرض از مبدأ = -799.45				
مدل پیشنهادی برای عملکرد The proposed model for yield	$\hat{Y}$: -799.45 + 0.40 X1 +17.25 x2 + 12.24X3				

*و ** به ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد.

* and **: Significant at 5 and 1% level of probability, respectively

جدول ۹. مراحل رگرسیون گام‌به‌گام برای عملکرد دانه به‌عنوان متغیر وابسته و سایر صفات به‌عنوان متغیر مستقل در شرایط تنش خشکی

Table 9. Stepwise regression for grain yield (dependent variable) and other traits (independent variable) under drought stress condition.

گام Step	متغیر مستقل واردشده به مدل Added dependent variable to model	ضرایب رگرسیون (b)	Model R^2	Partial R^2	F value
1	عملکرد بیولوژیک (x_1) Biological yield	0.37	0.9355	0.9355	1673.87**
2	شاخص برداشت (x_2) Harvest Index	15.77	0.9958	0.0603	101.48*
Intercept	عرض از مبدأ =-589.12				
مدل پیشنهادی برای عملکرد The proposed model for yield	$\hat{Y}$:-589.12+0.37 X1 + 15.87 X2				

*و ** به ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد.

* and **: Significant at 5 and 1% level of probability, respectively

نتیجه‌گیری

در بین ژنوتیپ‌ها ازنظر اجزای عملکرد تفاوت معنی‌داری وجود داشت که در جهت کمک به محققین برای انتخاب در برنامه‌های اصلاحی می‌توانند مفید باشند. به دلیل اینکه تنش خشکی به‌صورت قطع آبیاری در مرحله گلدهی اعمال گردید، ارتفاع بوته، تعداد سنبله در مترمربع و طول سنبله

تحت تأثیر تنش خشکی قرار نگرفتند، ولی تنش خشکی موجب کاهش معنی‌دار تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه و عملکرد دانه گردید. در شرایط آبیاری مطلوب؛ عملکرد بیولوژیک و تعداد سنبله و در شرایط تنش خشکی؛ عملکرد بیولوژیک و وزن هزار دانه بیشترین همبستگی را با عملکرد دانه داشتند. نتایج حاکی از این بود که در شرایط آبیاری مطلوب و تنش خشکی، صفات عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت نقش مؤثری در تبیین عملکرد داشتند و در برنامه‌های به‌نژادی جهت افزایش عملکرد باید به این صفات توجه خاصی داشت.

منابع

Afzalifar, A., Zahravi, M., Bihamta, M.R., 2011. Evaluation of tolerant genotypes to drought stress in Karaj region. Journal of Agronomy and Plant Breeding. 7 (1), 25-44. [In Persian with English Summary].

Araus, J.L., Febrero, A., Catala, M., Molist, M., Voltas, J., Romagosa, I., 1999. Crop water availability in early agriculture: Evidence from carbon isotope discrimination of seeds from a tenth millennium BP site on the Euphrates. Global Change Biology. 5, 233-244.

Cornic, G., 2000. Drought stress inhibits photosynthesis by decreasing stomata aperture by affecting ATP synthesis. Trends in Plant Science. 5, 187-188.

Dehghan, M., Khodarahmi, M., Majidi-Harvan, E., Paknejad, F., 2010. Genetic variation of morphological and physiological traits in durum wheat lines. Seed and Plant Improvement Journal, 27(1), 103-120. [In Persian with English Summary].

Emam, Y., 2011. Cereal Production. (4th Ed.) Shiraz University Press, Shiraz. [In Persian].

Emam, Y., Niknejad, M., 2012. An Introduction to the Physiology of Crop Yield. (Translation). 3rd ed., Shiraz University Press. 571p. [In Persian].

Gonzalez, A., Bermjo, V., Gimeno, B.S., 2010. Effect of different physiological traits on grain yield in barley grown under irrigated and terminal water deficit conditions. Journal of Agricultural Science. 148, 319-328

Hasheminasab, H., Assad, M.T., Emam, Y., 2013. Effect of drought stress on antioxidant enzymes and cell death related traits in resistant and susceptible wheat cultivars at grain filling stage. Journal of Crop Production and Processing. 3(9), 1-14. [In Persian with English Summary].

Hassanpour, J., Kafi, M., Mirhadi, M.J., 2008. Effects of water stress on yield and some physiological characteristics of barley. Journal of Agricultural sciences. 39(1), 165-177. [[In Persian with English Summary].

Iravani, M., Solouki, M., Rezai, A.M., Siasar, B.A., Kohkan, S.A., 2008. Investigating the Diversity and Relationship between Agronomical Traits and Seed Yield in Barley Advanced lines Using Factor Analysis. Iranian Journal of Water and Soil Science. 12(45), 137-145. [In Persian with English Summary].

Karmi, A., 2004. Locating of controlling genes of morphological traits in barley under both normal and drought conditions by using AFLP molecular marker. Master of thesis in Plant breeding, college of Agriculture, Tehran University. [In Persian with English Summary].

Khajeh, N., Emam, Y., Pakneyat, H., Kamgarhaghighi, A.A., 2008. Interaction of plant growth regulator chlormequat chloride (CCC) and drought stress on growth and grain yield of three barley cultivars (*Hordeum vulgare* L.). Iranian Journal of Field Crop Sciences. 39, 215- 224. [In Persian with English Summary].

Khazaie, A., 2008. Drought and its effect on the mare crops production in dry lands. Ministry of Agriculture, the Rural Research Office Center, Tehran, Iran. [In Persian].

Michael, A.M., Ojha, T.P., 1987. Principles of agricultural engineering. Vol. II. New Delhi Jain Brothers Publisher. 320 pp.

Nabavi-Kalat, M., Sharif al-Husseini, M., 2009. Evaluation of drought tolerance of barley varieties and lines to terminal drought stress growing season. Journal of Crop Ecophysiology. 9, 55-74. [In Persian with English Summary].

Naderi, A., Hashemi-Dezfouli, E., Majidi-Heravan, A., Rezaei, A., Nourmohammadi, Gh., 2000. Study on correlation of traits and components affecting grain weight and determination of effect of some physiological parameters on grain yield in spring wheat

genotypes under optimum and drought stress conditions. Seed and Plant Improvement Journal. 16(3), 374-386. [In Persian with English Summary].

Nikkhah, H.R., Yousefi, V., 2004. Evaluation of drought tolerance of barley cultivars with water restrictions. Articles Summary of the 8th Congress of Agronomy and Plant Breeding. Guilan University. [In Persian].

Nor Mohamadi, G., Seiadat, A., Kashani, A., 2001. Cereal Agronomy. Vol. Shahid Chamran University Publications. Ahvaz, Iran. [In Persian].

Norouzi, O., 2014. Study the genetic diversity of barley cultivars (*Hordeum vulgare* L.) for drought tolerance. Master of thesis in Plant breeding, college of Agriculture, Shiraz University. [In Persian with English Summary].

Pantuwan, J., Fukai, S., Cooper, M., Tool, J., 2002. Yield response of rice (*Oryza sativa* L.) genotypes to drought under rainfed lowland. Field Crops Research. 73, 181-200.

Pirasteh-Anosheh, H., Emam, Y., 2012. Yield and yield component responses of bread and durum wheat to PGRs under drought stress conditions in field and greenhouse. Environmental Stresses in Crop Sciences, 5: 1-17. [In Persian with English Summary].

Pecio, A., Wach, D., 2015. Grain yield and yield components of spring barley genotypes as the indicators of their tolerance to temporal drought stress. Polish Journal of Agronomy. 21, 19-27.

Rajjala, A., Hakala, K., Makela, P., Muurinen, S., Peltonen-Sainio, P., 2009. Spring wheat response to timing of water deficit through sink and grain filling capacity. Field Crops Research. 114, 263-271.

Royo, C., Abaza, M., Blanco, R., Garcia Del Moral, L.F., 2000. Triticale grain growth and morphometry as affected by drought stress, late sowing and simulated drought stress. Australian Journal of Plant Physiology. 27, 1051-1059.

SeyedAghamiri, S., Mostafavi, M.M.Kh., Mohammadi, A., 2012. Investigation of the relationship between grain yield and yield components in barley varieties and new hybrids using multivariate statistical methods. Iranian Journal of Field Crops Research. 10, 2: 421-427. [In Persian].

Shahmoradi, S., Shafaoddin, S., Yousefi, A., 2011. Phenotypic diversity in barley ecotypes of arid-zone of Iran. Seed and Plant Improvement Journal. 27(4), 495-515. [In Persian].

Xue, Q., Zhu, Z., Musickb, J.T., Stewartd, B.A., Donald, A.D., 2006. Physiological mechanisms contributing to the increased water-use efficiency in winter wheat under deficit irrigation. Plant Physiology. 163, 154-164.

Zahedi, M.B., 2012. Evaluation of physiological and biochemical criteria related to drought tolerance in barley (*Hordeum vulgare* L.). Master of thesis in Plant breeding, college of Agriculture, Shiraz University. [In Persian with English Summary].