دانشگاه گنبد کاووس
نشریه "تحقیقات کاربردی اکوفیزیولوژی گیاهی"
دوره پنجم، شماره اول، بهار و تابستان ۹۷
http://arpe.gonbad.ac.ir

بررسی اثر تنش خشکی بر فنولوژی، عملکرد و اجزای عملکرد ارقام مختلف گندم (*Triticum aestivum* L.) در منطقه نیمه‌خشک

زهره مولوی[۱]، عباس بیابانی[۲]، علی نخزری مقدم[۳]، علی راحمی کاریزکی[۴*]

[۱]دانشجوی کارشناسی ارشد گروه زراعت، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گنبد کاووس
[۲]دانشیار گروه تولیدات گیاهی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گنبد کاووس
[۴،۳]استادیاران گروه تولیدات گیاهی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گنبد کاووس
تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۱/۱۷ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۴/۲۹

چکیده

مقدمه: غلات نقش مهم و خاصی در الگوی مصرف مردم جوامع مختلف در جهان دارند. مطالعه واکنش‌های فیزیولوژیک گونه‌های مختلف غلات به تنش خشکی می‌تواند به شناسایی مکانیسم‌های مؤثر در مقاومت به خشکی کمک کند. تنش خشکی مهم‌ترین عامل محدودکننده عملکرد و رشد در گیاهان است و بر روی بسیاری از فرآیندهای فیزیولوژیک، بیوشیمیایی و مولکولی گیاه تأثیرگذار است. لذا پژوهش حاضر با هدف بررسی اثر تنش خشکی بر فنولوژی، عملکرد و اجزای عملکرد، سرعت و دوره‌ی پرشدن دانه ارقام مختلف گندم در منطقه نیمه‌خشک اجرا گردید.

مواد و روش‌ها: به‌منظور بررسی اثر تنش خشکی بر روی ارقام مختلف گندم آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در ۶ تکرار در سال ۹۶-۱۳۹۵ در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه گنبد کاووس انجام شد. تیمارهای آزمایشی شامل: رقم در ۵ سطح (آفتاب، قابوس، کوهدشت، کریم و لاین ۱۷) و تنش خشکی در چهار سطح (عدم تنش خشکی (شاهد)، تنش خشکی جزئی (۲۵ درصد تخلیه ظرفیت زراعی)، تنش خشکی شدید (۵۰ درصد تخلیه ظرفیت زراعی) و تنش خشکی خیلی شدید (۷۵ درصد تخلیه ظرفیت زراعی) بودند.

*نویسنده مسئول: alirahemi@yahoo.com

نتایج: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر رقم بر روی عملکرد و اجزای عملکرد به جزء عملکرد بیولوژیک در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود؛ درحالی‌که خشکی بر صفات عملکرد دانه و شاخص برداشت در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود؛ اما اثر متقابل رقم × خشکی فقط بر صفت عملکرد دانه در بوته معنی‌دار بود. در شرایط تنش خشکی جزئی کمترین و بیش‌ترین عملکرد دانه در بوته به‌ترتیب در رقم کوهدشت و لاین ۱۷ مشاهده شد. با شدیدتر شدن تنش (تنش شدید) بین ارقام تفاوتی مشاهده نشد. کم‌ترین و بیش‌ترین شاخص برداشت به‌ترتیب مربوط به رقم کوهدشت و آفتاب بود. همبستگی مثبت و معنی‌داری بین طول سنبله با روز تا گرده‌افشانی مشاهده شد و از طرفی رابطه تعداد پنجه بارور، شاخص برداشت، عملکرد دانه و طول دوره پرشدن دانه با طول سنبله منفی و معنی‌دار بود.

نتیجه‌گیری: با توجه به نتایج تحقیق در این آزمایش، سطوح مختلف تنش خشکی باعث واکنش متفاوتی بین ارقام مختلف گندم شد که می‌توان به تفاوت‌های ژنتیکی و سطوح تحمل‌پذیری آن‌ها نسبت داد. با توجه به نتایج رقم کوهدشت و لاین ۱۷ به‌ترتیب حساس‌ترین و مقاوم‌ترین رقم به تنش بودند.

واژه‌های کلیدی: تنش، سرعت پرشدن دانه، شاخص برداشت، گندم

مقدمه

گندم نان با نام علمی (*Triticum aestivum* L.) مهم‌ترین گیاه زراعی جهان بوده، بالاترین سطح کشت (بیش از ۲۵۰ میلیون هکتار) را در بین دیگر غلات داشته و به‌عنوان سلطان غلات شناخته می‌شود (Suleiman *et al*., 2014)؛ اما متأسفانه میزان تولید آن به‌شدت تحت تأثیر عوامل محیطی به‌ویژه تنش خشکی قرار می‌گیرد که در نهایت منجر به بروز مشکلات اقتصادی و اجتماعی نیز می‌گردد (Ilker *et al*., 2011).

تنش خشکی یکی از مهم‌ترین تنش‌های غیرزنده محیطی است که موجب کاهش عملکرد گیاهان زراعی، به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه خشک جهان می شود (Khezrie-afravi *et al*., 2010). کشور ایران به لحاظ قرار گرفتن در منطقه خشک و نیمه‌خشک جهان از نظر میزان و پراکنش نامناسب نزولات آسمانی دچار محدودیت آبی است، که البته با برنامه‌ریزی و استفاده اصولی از امکانات می‌توان تا حدودی از کاهش تولید محصولات کشاورزی جلوگیری کرد (Naseri *et al*., 2016). از آنجائی‌که کشور ما در منطقه خشک و نیمه خشک جهان واقع شده است، مرحله پرشدن دانه گندم با کاهش میزان بارندگی‌ها مواجه شده و از طرفی با افزایش دمای هوا، میزان تبخیر و تعرق و در نتیجه نیاز آبی گیاه گندم افزایش می‌یابد. بنابراین در زراعت دیم و نقاط در معرض کمبود آب در چنین مرحله‌ای از رشد ممکن است گیاه تا حدودی با کمبود آب مواجه شده و حدی از تنش خشکی و گرمایی را تجربه کند که این امر می‌تواند باعث کاهش تولید شود (Miri, 2011).

در مطالعات مختلفی اثر تنش خشکی بر صفات فیزیولوژیک و مورفولوژیک بررسی شده است؛ نتایج نشان داده که تنش خشکی اثر بارز و اغلب کاهنده‌ای بر بیشتر صفات فیزیولوژیک و مورفولوژیک دارد (Amiri *et al*., 2013; Abdoli and Saeidi, 2013). بیشترین آسیب وارده ناشی از تنش خشکی در مرحله زایشی به‌صورت کاهش تعداد دانه درسنبله و وزن هزار دانه می‌باشد (Rahman *et al*., 2009). بررسی‌های بلوم (Blum, 2005) در مناطق نیمه خشک دنیا نشان می‌دهد که گندم در مرحله پرشدن دانه با کاهش بارندگی و افزایش میزان تبخیر از خاک مواجه می‌شود و در طول دوران رشد و نمو دانه، اغلب کمبود آب و افزایش دما کاهش محصول گندم را به دنبال دارد. کمبود آب و درجه حرارت بالا اغلب به طور همزمان در مراحل حساس رشد بروز می‌کنند و باعث کاهش تولید گندم با کاهش تعداد یا وزن دانه می‌شوند (Tricker *et al*., 2018).

امیدی و همکاران (Omidi *et al*., 2013) نشان دادند که تنش گرما باعث کاهش معنی‌دار صفات فنولوژیک شامل تعداد روز از کاشت تا خوشه‌دهی (۲۹ درصد) و تعداد روز از کاشت تا رسیدگی (۳۵ درصد)، صفات مورفولوژیک شامل ارتفاع بوته (۳۱ درصد) و عملکرد بیولوژیک (۳۷ درصد) شد. دستور و همکاران (Dastoor *et al*., 2014) با بررسی لاین‌های گندم بیان کردند که میانگین عملکرد ژنوتیپ‌ها در محیط دارای تنش کمتر از شرایط بدون تنش است و خشکی بعد از گرده‌افشانی موجب کاهش شدید عملکرد گردیده است. نتایج مشابهی را فرشادفر و امیری (Farshadfar and Amiri, 2016) در بررسی اثر تنش بر روی کاهش عملکرد لاین‌های گندم بیان کردند. سلیمانی (Soleymani, 2016) علت کاهش شاخص برداشت با افزایش شدت تنش خشکی را به دلیل کاهش بیشتر عملکرد دانه نسبت به تولید کاه بیان کرد. نتایج احمدی لاهیجانی و امام (Ahmadi-Lahijani and Emam, 2013) نشان داد که با قطع آبیاری بعد از زمان گلدهی در گندم عملکرد دانه، تعداد دانه در سنبله، عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت کاهش یافت. بنابراین رسالت پژوهش‌گران به‌منظور یافتن راهکارهای مقابله با این عوامل محدود کننده تولید، سنگین‌تر شده و ضرورت انجام تحقیق و مطالعه پیرامون مسائل و مشکلات مربوط به خشکی بیش از پیش احساس می‌شود. هدف از این مطالعه ارزیابی سطوح تنش خشکی، برفنولوژی، عملکرد دانه و اجزای عملکرد، سرعت و دوره‌ی پرشدن دانه در ارقام گندم در شرایط کنترل شده (گلخانه) بود.

مواد و روش

آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۶ تکرار در سال ۹۶-۱۳۹۵ در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه گنبدکاووس (واقع در ۱۰۰ کیلومتری شمال شرق گرگان و در ۵۵ درجه و ۱۲ دقیقه طول شرقی و ۳۷ درجه و ۱۶ دقیقه عرض شمالی) انجام شد.

فاکتور اول ارقام مختلف گندم شامل: کریم، کوهدشت، لاین ۱۷، قابوس و آفتاب؛ و فاکتور دوم تنش خشکی در چهار سطح شامل: عدم تنش خشکی (شاهد)، تنش خشکی متوسط (۲۵ درصد تخلیه ظرفیت زراعی)، تنش خشکی شدید (۵۰ درصد تخلیه ظرفیت زراعی) و تنش خشکی خیلی شدید (۷۵ درصد تخلیه ظرفیت زراعی) بود. عملیات کاشت در اواخر آبان‌ماه ۱۳۹۵ انجام شد. برای تهیه خاک، از خاک مزرعه آموزشی و پژوهشی دانشگاه گنبدکاووس استفاده شد. براساس آنالیز فیزیکی و شیمیایی خاک، بافت خاک لوم سیلتی بود (جدول ۱).

جدول ۱- برخی از مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک مورد استفاده در آزمایش (۰-۳۰ سانتی‌متری)
Table 1- Some of physical and chemical characteristics of the soil used in the test (0-30 cm)

Characteristic	مشخصه	مقدار quantity
EC (dS/m)	هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر)	1.19
pH	پی اچ	7.9
Neutralizing agents(%)	مواد خنثی شونده (درصد)	9.8
Organic Carbon(%)	کربن آلی (درصد)	0.68
Total nitrogen (%)	نیتروژن کل (درصد)	0.07
Acceptable phosphorus (ppm)	فسفر قابل جذب (قسمت در میلیون)	13.4
Acceptable potassium (ppm)	پتاسیم قابل جذب (قسمت در میلیون)	356
Clay (percentage)	رس (درصد)	15
Lay (percentage)	لای (درصد)	64
Sand (percentage)	ماسه (درصد)	21

بذرها در گلدان‌های پلاستیکی که با محتوای ۵ کیلوگرم خاک با ترکیبی از دوسوم خاک سرند شده و یک‌سوم کود حیوانی برای جلوگیری از سله بستن خاک که دارای قطر ۲۲ سانتی‌متر و ارتفاع ۱۸ سانتی‌متر بودند؛ کاشته شد. در هر گلدان ۷ بذر در عمق سه سانتی‌متر قرار داده شد و پس از سبز شدن، با تنک کردن تعداد سه بوته در هر گلدان باقی گذاشته شد. با توجه به آزمایش خاک، تنها کود اوره استفاده گردید. با توجه به مساحت گلدان، کود ازت در اوایل کاشت قبل از جوانه‌زنی و بعد از مرحله ساقه‌دهی به‌صورت محلول استفاده شد. مصرف کود با توجه به متوسط آمار عملکرد ده‌ساله غلات و توصیه شده ایستگاه تحقیقات گنبدکاووس در نظر گرفته شد. کود مطلوب ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار (۱۵ گرم در مترمربع)، در نظر گرفته شد. تمام گلدان‌ها روزانه تا رسیدن به ظرفیت زراعی آبیاری شدند. عملیات داشت شامل وجین به‌صورت دستی در هر گلدان، مبارزه با بیماری زنگ زرد در

مرحله سنبله‌دهی با استفاده از سم تیلت (پروپیکونازول) به مقدار ۵ سی‌سی در یک لیتر آب و مبارزه با آفات با سم مالاتیون به میزان ۴ سی‌سی در نیم لیتر آب به‌صورت اسپری بود. آبیاری به‌طور دقیق در طول فصل رشد انجام شد. اعمال تنش خشکی در مرحله گلدهی صورت گرفت.

برای تعیین مقادیر آب مورد نیاز هر گلدان در هر بار آبیاری، در ابتدای آزمایش ظرفیت زراعی خاک مورد نظر مشخص شد. ابتدا مقداری خاک در داخل آون در درجه حرارت ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد و پس از ۲۴ ساعت وزن خاک خشک تعیین شد. سپس خاک خشک شده در گلدانی ریخته شده و به آرامی و تا حد اشباع آب به آن اضافه شد و پس از خارج شدن کامل آب ثقلی، گلدان توزین شد و پس از کسر وزن گلدان و خاک خشک، مقدار آب نگهداری شده در ظرفیت زراعی تعیین شد و سطوح دیگر تنش بر مبنای درصدی از ظرفیت زراعی اعمال شد. نحوه‌ی اعمال تنش به این صورت بود که گلدان‌ها به‌طور مرتب وزن می‌شدند و در هنگام نیاز به اندازه اختلاف از وزن مرجع به آن‌ها آب اضافه می‌شد.

در طی فصل رشد مراحل فنولوژیک براساس شاخص زادوکس و همکاران (Zadox *et al.*, 1974) ثبت شد. در پایان آزمایش و پس از رسیدگی، بوته‌های گلدان‌ها، کف‌بر و به آزمایشگاه منتقل شدند. صفات زراعی از قبیل ارتفاع بلندترین ساقه از قسمت طوقه تا انتهای ساقه بدون در نظر گرفتن ریشک، طول سنبله در بلندترین ساقه با در نظر گرفتن ریشک با استفاده از خط‌کش اندازه‌گیری شد. تعداد پنجه بارور، تعداد دانه در سنبله شمارش و میانگین گرفته شد. عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک با استفاده از ترازوی یک صدم گرم (مدل ANP EKG-۶۱۰، ساخت کشور ژاپن) اندازه‌گیری شد. عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک به‌صورت تک بوته در هر گلدان محاسبه شد و شاخص برداشت از فرمول زیر به‌دست آمد.

$$HI = \left(\frac{Y}{BY}\right) \times 100 \qquad \text{رابطه (۱)}$$

در این معادله Y[1]، عملکرد دانه (بر حسب گرم در بوته)، BY[2]، عملکرد بیولوژیک (بر حسب گرم در بوته) و HI[3]، شاخص برداشت (بر حسب درصد) می‌باشد. تجزیه واریانس داده‌ها به رویه Proc Anova و مقایسه میانگین‌ها با کمک آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال پنج درصد با نرم‌افزار آماری SAS نسخه ۹/۳ انجام شد.

[1] Seed yield
[2] Biologic yield
[3] Harvest Index

نتایج و بحث

تاثیر تنش خشکی، بر عملکرد و اجزای عملکرد ارقام مختلف گندم: نتایج تجزیه واریانس (جدول‌های ۲ و ۴) نشان داد که اثر رقم بر روی عملکرد و اجزای عملکرد به جزء عملکرد بیولوژیک در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود؛ درحالی‌که خشکی تنها بر صفات عملکرد دانه و شاخص برداشت در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. اثر متقابل رقم × خشکی فقط بر صفت عملکرد دانه در بوته معنی‌دار بود و برای بقیه صفات معنی‌دار نبود. این موضوع حاکی از مستقل بودن این دو عامل از هم در اکثر صفات می‌باشد. به‌عبارت دیگر هر یک از عوامل بررسی شده به‌خودی‌خود و بدون در نظر گرفتن عامل دیگر قابل ارزیابی است.

هم‌چنین از آنجایی‌که اعمال تنش از مرحله گرده‌افشانی به بعد صورت گرفت منطقی به نظر می‌رسد که اثر اصلی و متقابل خشکی بر روی اکثر صفات معنی‌دار نباشد، زیرا گندم گیاهی رشد محدود می‌باشد و در زمان گرده‌افشانی ارتفاع بوته، طول خوشه و تعداد پنجه در بوته تثبیت شده است و گیاه وارد فاز زایشی شده است. از طرفی دیگر چون در مرحله گرده‌افشانی تعداد دانه در بوته مشخص می‌شود، لذا همین دلیل باعث شده در این مرحله، اثر خشکی و اثر متقابل خشکی و رقم معنی‌دار نباشند. دستور و همکاران (Dastoor *et al*., 2014) با بررسی لاین‌های گندم بیان کردند که میانگین عملکرد ژنوتیپ‌ها در محیط دارای تنش کمتر از شرایط بدون تنش است و خشکی بعد از گرده‌افشانی موجب کاهش شدید عملکرد گردیده است. نتایج مشابهی را فرشادفر و امیری (Farshadfar and Amiri, 2016) در بررسی اثر تنش بر روی کاهش عملکرد لاین‌های گندم بیان کردند.

ارتفاع بوته و طول سنبله: نتایج مقایسه میانگین نشان داد که دامنه تغییرات ارتفاع در بین ارقام از ۷۲/۶۷ تا ۸۳/۷۲ سانتی‌متر می‌باشد که بیش‌ترین ارتفاع را رقم کوهدشت و کم‌ترین ارتفاع را رقم آفتاب به‌خود اختصاص دادند (جدول ۳). مقایسه میانگین نشان داد که دامنه‌ی تغییرات طول سنبله بین ۸/۷۷ سانتی‌متر در رقم لاین ۱۷ تا ۱۲/۴۶ سانتی‌متر در رقم کوهدشت بود (جدول ۳). ویت و کاستیل (White and Castille, 1989) گزارش نمودند که کاهش ارتفاع گیاه در شرایط تنش خشکی ناشی از کاهش تقسیم و گسترش سلولی می‌باشد. معاونی و همکاران (Moaveni *et al*., 2009) و کیانی و همکاران (Kiani *et al*., 2004) نیز گزارش کردند که تنش خشکی بر ارتفاع بوته گندم اثر منفی داشت. در پژوهشی در استرالیا واکنش طول سنبله ارقام مختلف گندم به تنش رطوبتی بررسی شد و عنوان گردید که تغییرات طول سنبله بستگی کامل به نوع رقم داشته و ممکن است افزایش یا کاهش داشته باشد (Izanloo *et al*., 2008). در پژوهشی دیگر رابطه خاصی بین تنش رطوبتی و طول سنبله یافت نشد (Ahmadi *et al*., 2006; Ghandi and Jalali, 2014).

جدول ۲- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اجزای عملکرد ارقام گندم دیم تحت تاثیر تنش خشکی

Table 2- Analysis of variance (MS) of yield components of rain fed wheat cultivars under drought stress

منبع تغییرات S.O.V.	درجه آزادی DF	ارتفاع بوته Plant height	طول سنبله Spike length	تعداد پنجه بارور Number of fertile tillers	تعداد دانه در سنبله Number of seeds/spike
رقم Cultivar (C)	3	501.14**	41.24**	8.78**	130.26**
خشکی Stress (S)	4	49.04	0.64	1.73	55.37
رقم × خشکی C × S	12	41.83	0.82	0.56	31.87
خطا Error	100	24.42	0.52	1.33	35.87
ضریب تغییرات CV (%)		6.36	6.83	21.94	19.97

ns، * و **: به‌ترتیب عدم وجود اختلاف معنی‌دار و اختلاف معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد.

ns, * and **: non-significant difference, significant difference at the level of five and one percent probability, respectively.

صفت ارتفاع بوته به‌شدت به محیط رشد وابسته است. براساس جدول همبستگی، بین صفت ارتفاع بوته با تعداد دانه در سنبله و طول سنبله در بوته همبستگی مثبت و معنی‌داری وجود داشت؛ در حالی‌که بین این صفت با شاخص برداشت همبستگی منفی و معنی‌داری مشاهده شد (جدول ۱۰). هم‌چنین همبستگی مثبت و معنی‌داری بین طول سنبله با روز تا گرده‌افشانی مشاهده شد و از طرفی رابطه تعداد پنجه بارور، شاخص برداشت، عملکرد دانه و طول دوره پرشدن دانه با طول سنبله منفی و معنی‌دار بود (جدول ۱۰). در توجیه باید بیان داشت، هنگامی‌که طول دوره رویشی گیاه افزایش پیدا کند (یعنی روز تا گرده‌افشانی افزایش پیدا کند)؛ به‌طور حتم افزایش ارتفاع بوته را در پی خواهد داشت که بخشی از افزایش ارتفاع ناشی از افزایش طول سنبله است و هنگامی‌که طول سنبله افزایش یابد، نتیجه‌اش افزایش تعداد دانه در سنبله است از طرفی افزایش ارتفاع بوته سبب کاهش دوره پرشدن دانه شده که نتیجه آن افزایش عملکرد بیولوژیک و کاهش عملکرد دانه است؛ لذا منطقی است که شاخص برداشت رابطه منفی با ارتفاع داشته باشد. رابطه مستقیم بین عملکرد دانه با ارتفاع بوته در گندم گزارش شده است (Subhani and Chowdhy, 2000). اکرم و همکاران (Akram *et al*., 2008) نیز بیان داشتند رابطه مثبت بین ارتفاع بوته با وزن هزار دانه و همبستگی منفی بین ارتفاع بوته با عملکرد دانه گندم وجود دارد که این موضوع ممکن است به خاطر افزایش ورس در گیاهان با ارتفاع بالاتر باشد.

جدول ۳- مقایسه میانگین اجزای عملکرد غلات سردسیری تحت تاثیر تنش خشکی

Table 3- Mean comparison of yield components of cold crops under drought

رقم Cultivar	ارتفاع بوته Plant height (cm)	طول سنبله Spike length (cm)	تعداد پنجه بارور Number of fertile tillers	تعداد دانه در سنبله Number of seeds/spike
کودهشت Koohdasht	83.72a	12.46a	4.53c	32.72a
قابوس Qaboos	80.85b	10.42b	5.32b	32.33a
کریم Karim	76.75c	10.42b	5.14bc	28.19b
لاین ۱۷ Line 17	74.35cd	8.77c	6.21a	28.42b
آفتاب Aftab	72.67c	10.72b	5.15bc	28.23b
LSD (0.05)	2.83	0.41	0.66	3.43

میانگین‌هایی که در هر ستون دارای حرف مشترک می‌باشند، براساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

Means in each column fallowed by similar letters are not significantly different at the %5 probability level (LSD Test).

تعداد پنجه بارور و تعداد دانه در سنبله: دامنه تعداد پنجه‌های بارور در بوته با احتساب پنجه اصلی بین ۴ تا ۶ عدد بودند. کمترین تعداد پنجه بین ۴/۵۳ در رقم کوهدشت و بیشترین آن ۶/۲۲ عدد در لاین ۱۷ مشاهده شد (جدول ۳). هم‌چنین نتایج مقایسه میانگین نشان داد که تعداد دانه در سنبله بین ۲۸/۱۹ تا ۳۲/۷۲ عدد متغیر بود. در بین ارقام، بیش‌ترین و کم‌ترین تعداد دانه در سنبله به‌ترتیب مربوط به رقم کوهدشت و کریم بود (جدول ۳). ناصریان و همکاران (Naserian *et al.*, 2007) به وجود تفاوت معنی‌دار در بین ژنوتیپ‌های گندم از نظر تعداد دانه در سنبله اشاره داشته‌اند. اهمیت ویژه تعداد دانه در سنبله در افزایش عملکرد دانه گندم توسط دیگر محققین نیز بیان شده است (Mohsin *et al.*, 2009; Dogan, 2009). هرچه گیاه گندم دیرتر وارد مرحله گرده‌افشانی گردد دوره رشد رویشی افزایش می‌یابد و با افزایش دوره رشد رویشی در گندم، تعداد کل پنجه افزایش می‌یابد و به همین نسبت تعداد پنجه بارور افزایش می‌یابد. معمولاً تنش‌های رطوبتی قبل از ظهور سنبله، با کاهش تعداد پنجه‌ها، باعث کاهش تعداد سنبله بارور و در نهایت عملکرد محصول می‌گردد. این امر ناشی از ویژگی خود تنکی است که در واکنش به کمبود منابعی مثل رطوبت رخ می‌دهد (Chu *et al.*, 2010).

عملکرد دانه: نتایج مقایسه میانگین نشان داد (جدول ۵) در شرایط عدم تنش، دامنه تغییرات عملکرد دانه در بوته در بین ارقام گندم از ۵/۱۳ در رقم کوهدشت تا ۶/۴۹ گرم در رقم آفتاب متغیر بود، با این حال بین اکثر ارقام تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. همچنین در شرایط تنش متوسط کمترین عملکرد دانه در بوته در رقم کوهدشت مشاهده شد؛ در حالی که بیشترین عملکرد دانه در بوته در لاین ۱۷ مشاهده شد، هر چند که بین لاین ۱۷ و رقم آفتاب تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. با شدیدتر شدن تنش (تنش شدید) بین ارقام تفاوتی مشاهده نشد؛ به عبارتی ارقامی که در شرایط عدم تنش موفق‌تر بودند در این شرایط عملکردشان بیشتر تحت تاثیر تنش قرار گرفتند که نشان‌دهنده‌ی این است که اگر یک رقم در شرایط عدم تنش موفق است، حتماً در شرایط تنش هم این برتری را حفظ نمی‌کند. با ادامه تنش ارقام واکنش‌های متفاوتی نشان دادند به نحوی که کمترین عملکرد در رقم کوهدشت و بیشترین عملکرد در لاین ۱۷ در تنش خیلی شدید مشاهده شد. در مجموع می‌توان بیان داشت که رقم کوهدشت حساس‌ترین رقم و لاین ۱۷ مقاوم‌ترین رقم به تنش می‌باشند.

بین عملکرد دانه با عملکرد بیولوژیک همبستگی منفی و معنی‌داری و با شاخص برداشت همبستگی مثبت و معنی‌داری مشاهده شد (جدول ۱۰). به عبارتی هر چه عملکرد دانه افزایش یابد، شاخص برداشت افزایش می‌یابد. آیدین و همکاران (Aydin *et al.*, 2010) با مطالعه ۲۵ رقم گندم در ترکیه گزارش نمودند که عملکرد دانه و ارتفاع نسبت به وزن ۱۰۰۰ دانه بیش‌تر تحت تأثیر محیط بودند.

جدول ۴- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) عملکرد ارقام گندم دیم تحت تاثیر تنش خشکی

Table 4- Analysis of variance (MS) of yield of rain fed wheat cultivars under drought stress

منبع تغییرات S.O.V.	درجه آزادی DF	عملکرد دانه Grain yield	عملکرد بیولوژیک Biological yield	شاخص برداشت Harvest index
رقم Cultivar (C)	3	4.51**	1.56	221.07**
خشکی Stress (S)	4	15.32**	18.01	318.62**
رقم × خشکی C × S	12	1.75*	6.42	43.58
خطا Error	100	0.76	7.27	29.71
ضریب تغییرات CV (%)		17.83	18.24	16.27

ns، * و **: به‌ترتیب عدم وجود اختلاف معنی‌دار و اختلاف معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد.

ns, * and **: non-significant difference, significant difference at the level of five and one percent probability, respectively.

جدول ۵- مقایسه میانگین به روش برش‌دهی فیزیکی صفت عملکرد دانه در بوته (گرم در بوته)

Table 5- Mean comparison by physical method for grain yield per plant (g/plant)

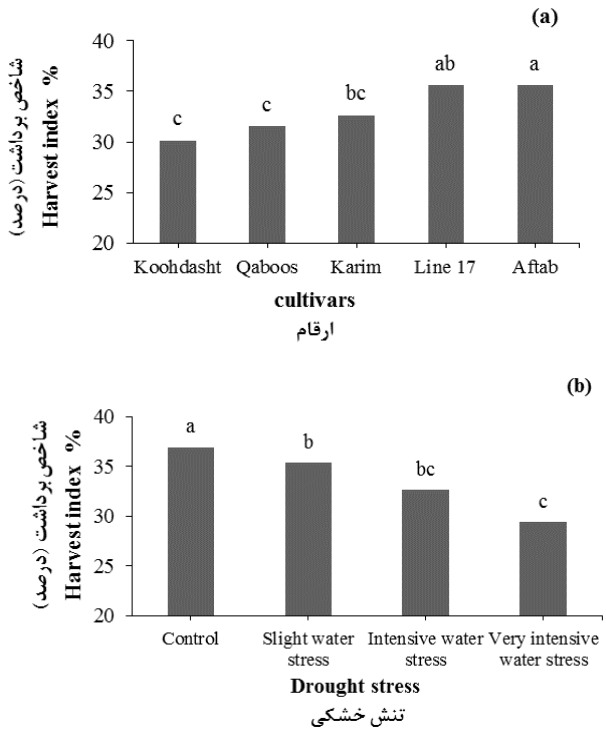
رقم Cultivar	شاهد Control	تنش متوسط Moderate stress	تنش شدید Intensive stress	تنش خیلی شدید Very intensive stress
کودهشت Koohdasht	5.13b	4.02c	4.62a	3.56c
قابوس Qaboos	5.43ab	4.28bc	5.45a	3.57c
کریم Karim	6.12ab	4.38bc	5.25a	3.64c
لاین ۱۷ Line 17	5.74ab	6.01a	4.97a	5.11a
آفتاب Aftab	6.49a	5.40ab	4.50a	4.30b
LSD (0.05)	1.27	1.19	1.01	0.52

میانگین‌هایی که در هر ستون دارای حرف مشترک می‌باشند، براساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

Means in each column fallowed by similar letters are not significantly different at the %5 probability level (LSD Test).

گوتیری و همکاران (Guttieri *et al.*, 2006) گزارش نمودند که تنش خشکی بر اجزای عملکرد، بیشترین اثر را در وزن دانه گندم داشته باش. آن‌ها اظهار داشتند که وزن هزار دانه در تنش متوسط کاهش چندانی نداشت، اما در تنش شدید ۱۸ درصد افت نشان داد. لذا تنش خشکی از طریق کاهش وزن هزار دانه موجب کاهش عملکرد دانه می‌گردد. تنوع و تفاوت در وزن و تعداد دانه در غلات سرمادوست به‌دلیل واکنش آن‌ها به شرایط محیطی در مراحل مختلف نموی است.

شاخص برداشت: نتایج مقایسه میانگین نشان داد که دامنه تغییرات شاخص برداشت در ارقام مختلف گندم از ۳۰/۱۶ تا ۳۵/۶۲ درصد متغیر بود. کم‌ترین و بیش‌ترین شاخص برداشت به‌ترتیب مربوط به کوهدشت و آفتاب بود (شکل ۱ الف).



شکل ۱- مقایسه میانگین شاخص برداشت (درصد) در ارقام مختلف گندم (الف) و سطوح مختلف تنش (ب)

Figure1- Mean comparison of harvest index in wheat different cultivars (a) and different levels of stress (b)

(Means in each column fallowed by similar letters are not significantly different at the %5 probability level (LSD Test)

مقایسه میانگین بین سطوح مختلف تنش خشکی نشان داد که بیش‌ترین شاخص برداشت در تیمار شاهد با ۳۶/۹۴ درصد و کم‌ترین شاخص برداشت در تیمار تنش خشکی خیلی شدید با ۲۹/۳۹ درصد مشاهده شد (شکل ۱ ب). مورگونوا و همکاران (Morgounova *et al*., 2010) معتقد است که در بیش‌تر پژوهش‌هایی که روی مبانی فیزیولوژیک افزایش عملکرد دانه صورت گرفته‌اند؛ ارتباط بین عملکرد دانه و شاخص برداشت مثبت بوده ولی بین عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک یا ارتباطی وجود نداشته یا این ارتباط ضعیف بوده است. سلیمانی (Soleymani, 2016) علت کاهش شاخص برداشت با افزایش شدت تنش خشکی را به دلیل کاهش بیشتر عملکرد دانه نسبت به تولید کاه بیان کرد. انگل و همکاران (Engel *et al*., 2003) نیز بیان داشتند شدت کاهش عملکرد دانه در اثر تنش خشکی بیشتر از میزان ماده خشک کل مشاهده شد.

صفات فنولوژیک: نتایج تجزیه واریانس صفات فنولوژیک نشان داد که اثر رقم بر صفات تعداد روز تا گرده‌افشانی، روز تا رسیدگی فیزیولوژیک و طول دوره‌ی پرشدن دانه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود؛ در حالی‌که اثر خشکی بر صفات روز تا رسیدگی فیزیولوژیک، طول دوره پرشدن دانه و متوسط سرعت پرشدن دانه در واحد سطح در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. هم‌چنین اثر متقابل رقم در خشکی بر روی صفات روز تا رسیدگی فیزیولوژیک و طول دوره‌ی پرشدن دانه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول‌های ۶ و ۸).

جدول ۶- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) صفات مرتبط با رشد دانه‌ی ارقام گندم دیم تحت تاثیر تنش خشکی

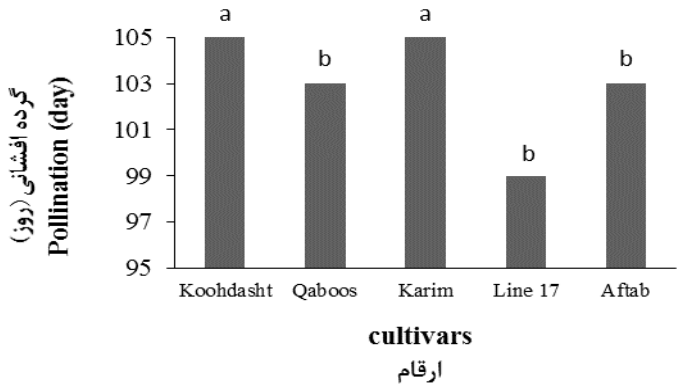
Table 6- Analysis of variance (MS) of characteristics related to grain growth of wheat cultivars under the influence of drought stress

منبع تغییرات S.O.V.	درجه آزادی DF	روز تا گرده‌افشانی Day to pollination	روز تا رسیدگی فیزیولوژیک Day to physiological maturity
رقم Cultivar	3	144**	5.30**
خشکی Drought	4	0	56.98**
رقم × خشکی C × D	12	0	8.31**
خطا Error	100	0	1.62
ضریب تغییرات CV (%)	-	0	0.99

ns، * و **: به‌ترتیب عدم وجود اختلاف معنی‌دار و اختلاف معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد.

ns, * and **: non-significant difference, significant difference at the level of five and one percent probability, respectively.

تعداد روز از کاشت تا گرده‌افشانی: نتایج مقایسه میانگین نشان داد که حداکثر تعداد روز از کاشت تا گرده‌افشانی مربوط به ارقام کریم و کوهدشت و حداقل تعداد روز از کاشت تا گرده‌افشانی مربوط به لاین ۱۷ بود (شکل ۲). امیدی و همکاران (Omidi *et al*., 2013) با بررسی اثر گرما در ارقام گندم بیان کردند تعداد روز از کاشت تا خوشه‌دهی بین ارقام مختلف متفاوت بود که تعداد روز بیشتر از کاشت تا خوشه‌دهی را به مفهوم برخورد مرحله گل‌دهی آن رقم با دمای محیطی بالاتر دانستند؛ لذا به نظر می‌رسد دیررسی بیش‌تر یکی از عوامل مهم در حساسیت ارقام به خشکی است.



شکل ۲- مقایسه میانگین تعداد روز تا گرده‌افشانی در ارقام مختلف گندم

Figure 2- Mean comparison of day to pollination in wheat different cultivars
(Means in each column fallowed by similar letters are not significantly different at the %5 probability level (LSD Test)

تعداد روز از کاشت تا رسیدگی فیزیولوژیک: نتایج مقایسه نشان داد که دامنه تغییرات تعداد روز از کاشت تا رسیدگی فیزیولوژیک در شرایط عدم تنش بین ۱۲۹ روز در رقم کوهدشت تا ۱۳۱/۳۳ روز در ارقام آفتاب و کریم متغیر بود؛ در حالی که در شرایط تنش متوسط بین اکثر ارقام تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد و تنها رقم آفتاب با سایر ارقام تفاوت معنی‌داری داشت (جدول ۷). اختلاف تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیک بین ارقام در تنش شدید ۲/۶۵ روز بود به گونه‌ای که ارقام در این شرایط در دو گروه متفاوت قرار گرفتند (جدول ۷). همچنین در شرایط تنش ۷۵ درصد تخلیه ظرفیت زراعی بین اکثر ارقام تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۷). جدول همبستگی نشان داد که رابطه مثبت و معنی‌داری بین روز تا رسیدگی فیزیولوژیک با عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت و طول دوره‌ی پرشدن دانه مشاهده شد (جدول ۱۰). کوچکی و همکاران (Koocheki *et al*., 2005) با

بررسی ژنوتیپ‌های امید بخش گندم نشان داد تعداد روز تا رسیدگی در شرایط تنش در مقایسه با شرایط عدم تنش ۷ درصد کاهش نشان می‌دهد.

جدول ۷- مقایسه میانگین به روش برش‌دهی فیزیکی تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیک

Table 7- Mean comparison by physical method for number of day to physiological maturity

رقم Cultivar	شاهد Control	تنش متوسط Moderate stress	تنش شدید Intensive stress	تنش خیلی شدید Very intensive stress
کودهشت Koohdasht	129.00b	126.83b	129.83a	127.33ab
قابوس Qaboos	130.17ab	127.33b	129.83a	128.73a
کریم Karim	131.33a	126.67b	127.33b	126.50b
لاین ۱۷ Line 17	129.83b	128.17b	129.67a	127.17b
آفتاب Aftab	131.33a	129.83a	127.18b	126.33b
LSD (0.05)	1.43	1.63	1.49	1.50
میانگین Average	130.33	127.77	128.97	127.23

میانگین‌هایی که در هر ستون دارای حرف مشترک می‌باشند، براساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

Means in each column fallowed by similar letters are not significantly different at the %5 probability level (LSD Test).

دوره پرشدن دانه و سرعت پرشدن دانه: مقایسه میانگین نشان داد که دوره پرشدن دانه بیش‌تر تحت تاثیر ارقام قرار گرفته است و رقم لاین ۱۷ بالاترین طول دوره پرشدن را در تمامی سطوح تنش داشت، در حالی که در مقایسه سطوح شاهد و تنش کوتاه‌ترین دوره‌ی پر شدن دانه به‌ترتیب به ارقام کوهدشت و کریم اختصاص داشت (جدول ۹). با توجه به همبستگی مثبت و معنی دار ۶۷ و ۷۲ درصدی دوره پرشدن دانه به‌ترتیب با عملکرد دانه و شاخص برداشت نشان می‌دهد ارقام مقاوم به خشکی از دوره پرشدن طولانی‌تری برخوردار بودند (جدول ۱۰)؛ در حالی که با افزایش تنش، سرعت پرشدن دانه به صورت خطی کاهش یافت که نشان می‌دهد سرعت رشد دانه بیش‌تر تحت تاثیر تنش قرار می‌گیرد (شکل ۳).

جدول ۸- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) صفات مرتبط با رشد دانه‌ی ارقام گندم دیم تحت تاثیر تنش خشکی

Table 8- Analysis of variance (MS) of characteristics related to grain growth of wheat cultivars under the influence of drought stress

منبع تغییرات S.O.V.	درجه آزادی DF	طول دوره‌ی پرشدن دانه Seed filling duration	متوسط سرعت پرشدن دانه در واحد سطح Average grain filling rate per unit area
رقم Cultivar	3	178.03**	0.00353
خشکی Drought	4	56.99**	0.01050**
رقم × خشکی C × D	12	8.31**	0.00211
خطا Error	100	1.62	0.00126
ضریب تغییرات CV (%)	-	4.98	18.57

ns، * و **: به‌ترتیب عدم وجود اختلاف معنی‌دار و اختلاف معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد.

ns, * and **: non-significant difference, significant difference at the level of five and one percent probability, respectively.

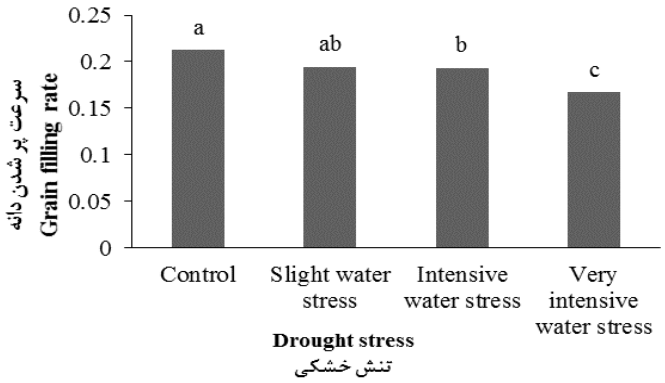
جدول ۹- مقایسه میانگین به روش برش‌دهی فیزیکی طول دوره پرشدن دانه

Table 9- Mean comparison by physical method for seed filling duration

رقم Cultivar	شاهد Control	تنش متوسط Moderate stress	تنش شدید Intensive stress	تنش خیلی شدید Very intensive stress
کودهشت Koohdasht	24.00d	21.83d	24.83c	22.33c
قابوس Qaboos	27.17bc	24.33c	26.83b	25.83a
کریم Karim	26.33c	21.66d	22.33d	21.5d
لاین ۱۷ Line 17	30.83a	29.17a	30.66a	28.17a
آفتاب Aftab	28.33b	26.83b	25.17c	23.33c
LSD (0.05)	1.43	1.63	1.49	1.50
میانگین Average	27.33	24.77	25.97	24.33

میانگین‌هایی که در هر ستون دارای حرف مشترک می‌باشند، براساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

Means in each column fallowed by similar letters are not significantly different at the %5 probability level (LSD Test).



شکل ۳- مقایسه میانگین سرعت پرشدن دانه در واحد سطح در سطوح مختلف تنش

Figure 3- Mean comparison of grain filling rate in different levels of stress
(Means in each column fallowed by similar letters are not significantly different at the %5 probability level (LSD Test)

دستور و همکاران (Dastoor *et al*., 2014) در مقایسه میانگین ژنوتیپ‌های گندم در دو محیط تنش و بدون تنش نشان دادند که از لحاظ سرعت پرشدن دانه بین ژنوتیپ های گندم اختلاف معنی‌داری وجود داشت. هم‌چنین نشان دادند که سرعت پرشدن دانه تحت تنش خشکی کاهش پیدا کرد؛ به طوری‌که محیط دارای تنش با ۰/۹۱ میلی‌گرم در روز و محیط بدون تنش با ۱/۳۳ میلی‌گرم در روز به‌ترتیب دارای کمترین و بیشترین سرعت پرشدن دانه بودند. مطابق با این نتایج، معنی‌دار بودن اثر تنش رطوبتی بر روی دوره پرشدن دانه و سرعت پرشدن دانه را در ارقام مختلف گندم گزارش شده است (Paknejad *et al*., 2007).

بنابراین می‌توان گفت، اگر چه در شرایط بهینه سرعت پرشدن دانه با طول دوره پرشدن دانه طولانی‌تر ممکن است از نظر تئوری برآیند مطلوب‌تری داشته باشد، اما با توجه به اهداف برنامه‌های به‌نژادی و گزینش ارقام زودرس و متحمل به تنش‌های محیطی، سرعت بیشتر پرشدن دانه با توجه به شرایط محیطی مناطق خشک و نیمه خشک یک مزیت تلقی می‌گردد. افزایش سرعت پرشدن دانه می‌تواند کاهش وزن دانه را در شرایط دشوار که عمدتاً از طریق کوتاه شدن دوره پرشدن دانه حادث می‌گردد، جبران نماید. علاوه بر این، از آنجائی‌که سرعت پرشدن دانه در اکثر موارد از ثبات ژنتیکی بیشتری برخوردار می‌باشد بنابراین، استفاده از این ویژگی در برنامه‌های اصلاحی قابل اعتمادتر است (Kafi and Damghani, 2002).

جدول ۱۰- ضرایب همبستگی بین صفات مورد مطالعه در ارقام مختلف گندم

Table 10- Correlation coefficients between the studied characteristics in wheat different cultivars

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	1										
2	0.63**	1									
3	-0.30	-0.69*	1								
4	0.71**	0.39	-0.30	1							
5	-0.33	-0.87*	0.22	-0.11	1						
6	0.31	0.17	-0.09	0.40	-0.55*	1					
7	-0.49*	-0.50*	0.31	-0.22	0.93*	-0.27*	1				
8	0.46	0.80*	-0.65**	0.25	-0.38	0.13	-0.51*	1			
9	-0.06	-0.11	-0.12	0.20	0.70**	0.48*	0.62**	-0.14	1		
10	-0.38	-0.67*	0.43	-0.08	0.67**	0.16	0.72**	-0.84**	0.65**	1	
11	-0.14	0.03	-0.05	-0.11	0.77**	0.59**	0.64**	0.20	0.36	0.04	1

۱) ارتفاع بوته، ۲) طول سنبله، ۳) تعداد پنجه بارور، ۴) تعداد دانه در سنبله، ۵) عملکرد دانه، ۶) عملکرد بیولوژیک، ۷) شاخص برداشت، ۸) روز تا گرده‌افشانی، ۹) روز تا رسیدگی فیزیولوژیک، ۱۰) طول دوره پرشدن دانه و ۱۱) سرعت پرشدن دانه.

1) Plant height; 2) Spike length; 3) Number of fertile tillers; 4) Number of seeds per spike; 5) Grain yield; 6) Biological yield; 7) Harvest index; 8) Day to pollination; 9) Day to Physiological maturity; 10) Seed filling duration and 11) Grain filling rate.

ns، * و **: به‌ترتیب عدم وجود اختلاف معنی‌دار و اختلاف معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد.

ns, * and **: non-significant difference, significant difference at the level of five and one percent probability, respectively.

نتیجه‌گیری

نتایج این تحقیق حاکی از آن است که تنش خشکی باعث کاهش معنی‌دار برخی صفات مورد مطالعه از جمله عملکرد دانه، شاخص برداشت، سرعت پرشدن دانه، روز تا گرده افشانی و روز تا رسیدگی فیزیولوژیک شد و همچنین برخی از این صفات تحت تاثیر ژنوتیپ قرار گرفتند. در عملکرد دانه اکثر ارقام تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد، در حالی که کم‌ترین و بیش‌ترین شاخص برداشت به‌ترتیب مربوط به رقم کوهدشت و آفتاب بود. در شرایط تنش متوسط کمترین و بیشترین عملکرد دانه در بوته به‌ترتیب در رقم کوهدشت و لاین ۱۷ مشاهده شد، با شدیدتر شدن تنش (تنش شدید) بین ارقام تفاوتی مشاهده نشد. از آن جایی که لاین ۱۷ از بالاترین دوره پرشدن دانه در تمامی سطوح تنش برخوردار بود به نظر می‌رسد طولانی‌تر شدن دوره پرشدن دانه باعث مقاوم شدن رقم به تنش و افزایش عملکرد شد. با توجه به نتایج رقم کوهدشت حساس‌ترین رقم و لاین ۱۷ مقاوم‌ترین به تنش می‌باشند. لذا می‌توان لاین ۱۷ را به عنوان رقم مقاوم به خشکی در بین ارقام مورد آزمایش در این تحقیق معرفی کرد.

منابع

Abdoli M., Saeidi M. 2013. Effects of water deficiency stress during seed growth on yield and its components, germination and seedling growth parameters of some wheat cultivars. International Journal of Agriculture and Crop Sciences, 4 (15): 1110-1118. (In Persian).

Ahmadi A., Judi M., Tavakoli A., Ranjbar M. 2006.Yield and some of associated morphological responses in different wheat genotypes under stress and non-stress conditions. Journal Science Technology Agriculture Natural Resources, 46: 155-165. (In Persian).

Ahmadi-Lahijani M., 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).

Akram Z., Ajmal S.U., Munir M. 2008. Estimation of correlation coefficient among some yield parameters of wheat under rainfed conditions. Pakestan Journal of Botany, 40 (4): 1777-1781.

Amiri R., Bahraminejad S., Sasani S. 2013. Evaluation of genetic diversity of bread wheat genotypes based on physiological traits in non-stress and terminal drought stress conditions. Cereal Research, 2 (4): 289-305. (In Persian).

Aydin N., Mut Z, Ozcan H. 2010. Estimation of broad-sense heritability for grain yield and some agronomic and quality traits of bread wheat (*Triticum aestivum* L.). Journal of Food, Agricultural, Environment, 8: 419-421.

Blum A. 2005. Drought resistance, water-use efficiency, and yield pot Entail-are they compatible, dissonant, or mutually exclusive. Australian Journal of Agricultural Researches, 56: 1159-1168.

Chu C.J., Weiner J., Maestre F.T., Wang Y. S., Morris C., Xiao S., Yuan J.L., Du J.Z., Wang G. 2010. Effects of positive interactions, size symmetry of competition and abiotic stress on self- thinning in simulated plant populations. Journal of the Annals of Botany, 106: 647-652.

Dastoor A., Asghari R., Shahbazi H. 2014. Evaluation of wheat genotypes for yield and grain- filling rate of wheat genotypes under non stress and post anthesis drought stress conditions. Agro-ecology, 6 (3): 561-570. (In Persian).

Dogan R. 2009. The correlation and path coefficient analysis. For yield and some yield components of durum wheat (Triticum turgidum var. durum L.) in west Anatolia conditions. Pakistan Journal of Botany 41(3): 1081-1089.

Engel R.E., Long D.S., Carlson G.R. 2003. Predicting straw yield of hard red spring wheat. Agronomy Journal, 95: 290-293.

Farshadfar E., Amiri R. 2016. Assessment of drought resistance in different bread wheat lines using agro-physiological traits and integrated selection index. Environmental Stresses in Crop Sciences, 11(1): 79-91. (In Persian).

Ghandi A. Jalali A.H. 2013. Effects of moderate drought last season on wheat agronomic characteristics. Journal of Crop Production, 6 (2): 117-134. (In Persian).

Guttieri M.J., Stark J.C., Brien K., Souza E. 2006. Relative sensitivity of spring wheat grain yield and quality parameters to moisture deficit. Crop Science, 41: 327-335.

Ilker E., Tatar O., Aykut Tonk F., Tosun M., 2011. Determination of tolerance level of some wheat genotypes to post-anthesis drought. Turkish Journal of Field Crops, 16 (1): 59-63.

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.

Kafi M., Damghani A. 2002. Mechanisms of plant resistance to environmental stress. Press University Ferdowsi Mashhad, Pp: 466-467. (In Persian).

Khezrie-afravi M., Hoseinzadeh A., Mohammadi, V., Ahmadi A. 2010. Assessment of drought resistance in Iran durum wheat landraces under water stress conditions and natural irrigation. Journal of Crop Science, 41 (4): 741-753. (In Persian).

Kiani A.R., Mirlatifi M. Homaee M., Gheraghi A. 2004. Effect of different irrigation regimes and salinity on wheat yield in Gorgon region. Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources, 11: 79-90. (In Persian).

Koocheki A.R., Yazdansepas A., Nikkhah H.R. 2005. Effects of terminal drought on grain yield and some morphological traits in wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes. Iranian Journal of Crop Science, 8 (1): 14-29. (In Persian).

Miri H. R. 2011. Effect of post-anthesis drought stress on contribution of stem reserves in grain yield of different wheat cultivars. Journal of Crop Production, 3 (1): 1-23. (In Persian).

Moaveni P., Habibi D., Abasszadeh B. 2009. Effect of drought stress on yield and yield components of four wheat cultivars in Shahr-e-Ghods. Iranian Journal of Agronomy and Plant Breeding, 5 (1): 69-85. (In Persian)

Mohsin T., Khan N., Nasir-Naqvi F. 2009. Heritability, phenotypic correlation and path coefficient studies for some agronomic characters in synthetic elite lines of wheat. Journal of Food, Agriculture and Environment, 7 (4): 278-282.

Morgounova A., Zykinb V., Belanb I., Roseevab L., Zelenskiyc Yu., Budakd H., Bekese F. 2010. Genetic gains for grain yield in high latitude spring wheat grown in Western, Siberia in 1900-2008. Journal of Field Crops Research, 117: 101–112.

Nachit M.M., Jarrah M. 1986. Association of some morphological characters to grain yield in durum wheat under Mediterranean dry land conditions. Journal of Rachis, 5: 33-34.

Naseri R., Barary M., Zarea M.J., Khavazi K., Tahmasebi Z. 2016. Studying root morphological characteristics of seminal roots systems of durum and bread wheat cultivars. Journal of Crop Ecophysiology, 10 (2): 477-492. (In Persian).

Naserian B., Asadi A.A., Rahimi M., Ardakani M. R. 2007. Evaluation of wheat cultivars and mutants for morphological and yield traits and comparing of yield components under irrigated and rain fed conditions. Plant Science, 6 (2): 214-224.

Omidi M., Siahpoosh M.R., Mamghani R., Modarres M. 2013. The effects of terminal heat stress on yield, yield components and some morpho-phenological traits of wheat genotypes in Ahwaz weather conditions. Journal of Crop Production, 6(4): 33-35. (In Persian).

Paknejad F., Majid E., Nourmohamadi G., Vazan S. 2007. Evaluation of drought stress on effective traits at accumulative assimilate of grain in different cultivars of wheat. Journal of Agricultural Science, Islamic Azad University, 13(1): 1-12. (In Persian).

Rahbarian R., Khavari-nejad R., Ganjeali A., Bagheri A.R., Najafi F. 2011. Drought stress effects on photosynthesis, chlorophyll fluorescence and water. Acta Biological Cracoviensa Botanical, 53: 47-56.

Rahman M.A., Chikushi J., Yoshida, S., Karim A.J.M.S. 2009. Growth and yield components of wheat genotypes exposed to high temperature stress under control environment. Bangladesh Journal of Agricultural Research, 34: 361-372.

Soleymani A. 2016. Effect of drought stress on yield and yield components of wheat by ET-HS model. Environmental Stresses in Crop Sciences, 9 (3): 205-215. (In Persian).

Subhani G. M., Chowdhy M.A. 2000. Correlation and path coefficient analysis in bread wheat under drought stress and normal conditions. Pakistan Journal of Biology Science, 3: 72-77.

Tricker P., Elltabti A., Schmidt J., Feary D. 2018. The physiological and genetic basis of combined drought and heat tolerance in wheat. Journal of Experimental Botany, 69 (13): 3195-3210.

White J., Castille W. 1989. Relation effect of root and shoot genotype on yield on common bean under drought stress. Journal of Crop Science, 29: 360-362.

Zadox J.C., chang T.T., Konzak C.F. 1974. A decimal code for the growth of Cereals. Weed Research, 14: 415-421.