ارزیابی واکنش فیزیولوژیکی ژنوتیپ‌های گندم به تنش سرما در مرحله پنجه‌زنی

مهرزاد طاوسی*[۱]، احمد نادری[۲] و غلامعباس لطفعلی‌آینه[۳]

۱) دانشجوی کارشناسی ارشد دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات خوزستان، گروه زراعت، خوزستان، ایران.
۲ و ۳) اعضای هیات علمی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، خوزستان، ایران.

این مقاله برگرفته از پایان‌نامه کارشناسی ارشد است.

* نویسنده مسئول: Tavoosimehr@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۹۱/۱۱/۱۵ **تاریخ پذیرش: ۹۲/۰۲/۲۹**

چکیده

کاهش دما در ماه‌های دی و بهمن در خوزستان یک پدیده غالب اقلیمی است که باعث خسارت به گیاه و در نتیجه عملکرد می‌گردد. در این تحقیق اثر تنش سرما در مرحله پنجه‌زنی بر عملکرد، اجزای عملکرد و برخی صفات فنولوژیکی و فیزیولوژیکی، در آزمایش فاکتوریل تحت شرایط کنترل شده گلخانه با پنج ژنوتیپ گندم (ارقام چمران، ویریناک، استار، کرخه و لاین M-83-17) و چهار دمای محیط (بدون سرما، ۳+، صفر، ۳- درجه سانتی‌گراد) در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار اجرا شد. نتایج نشان داد از نظر تحمل به سرما بین ژنوتیپ‌ها اختلاف معنی‌دار وجود داشت و تفاوت ژنوتیپ‌ها و اثر سرما و برهمکنش آن‌ها بر عملکرد و اجزای عملکرد و برخی صفات فیزیولوژیکی معنی‌دار بود. در شرایط بدون تنش و دمای صفر درجه سانتی‌گراد بالاترین عملکرد دانه به ترتیب به میزان ۰/۸ و ۰/۳ گرم در ساقه اصلی به لاین M-83-17 و در دماهای ۳+ و ۳- درجه سانتی‌گراد به ترتیب با ۰/۴ و ۰/۴۵ گرم در ساقه اصلی به رقم استار تعلق داشت. کم‌ترین کاهش فلورسانس حداقل، در رقم چمران در تنش صفر درجه سانتی‌گراد و کم‌ترین افزایش فلورسانس حداکثر در رقم چمران در تنش ۳- درجه سانتی‌گراد مشاهده شد. بیش‌ترین کارایی فتوشیمیایی فتوسیستم II در رقم استار مشاهده شد. بر اساس شاخص‌های SSI و STI، ارقام استار و چمران از پایداری عملکرد بیش‌تری در تنش‌های سرما برخوردار بودند. تغییرات صفات مورد بررسی در ژنوتیپ‌های مورد مطالعه نشان‌دهنده واکنش متفاوت ژنوتیپ‌ها ارزیابی می‌شود که خود ناشی از تنوع ژنتیکی این ژنوتیپ‌ها می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: شاخص فلورسانس کلروفیل، عملکرد دانه، کارایی فتوشیمیایی، گندم.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-01-16]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1393.6.21.3.3]

مقدمه

سازمان کشاورزی و خواربار جهانی[1] جمعیت جهان را در سال ۲۰۵۰ در حدود ۱۰ میلیارد نفر برآورد کرده است (Anonymous, 2007). تولید محصولات کشاورزی با تنش‌های مختلف زنده و غیرزنده مواجه است. یکی از راه‌های پایداری تولید برای جمعیت در حال رشد جهان، به حداقل رساندن کاهش تولید ناشی از این تنش‌ها به شمار می‌رود. گندم مهم‌ترین گیاه زراعی به شمار می‌آید و کشت آن در مناطقی با شرایط آب و هوایی متفاوت امکان‌پذیر می‌باشد. سطح زیر کشت گندم در سال زراعی ۹۱-۱۳۹۰ به میزان شش میلیون و پانصد هزار هکتار در ایران بود. تنش، قرار گرفتن موجود زنده تحت اثر شدتی از یک عامل محیطی می‌باشد که موجب افت ظاهری، بازده و یا ارزش آن می‌شود و سبب خارج شدن سیستم‌ها از کارکرد طبیعی شده و موجب اختلاف قابل توجهی بین عملکرد واقعی و عملکرد بالقوه محصولات زراعی می‌گردد (اندرزیان، ۱۳۷۹؛ Ashraf and Abu-shakras, 1987). دمای پایین یکی از مهم‌ترین تنش‌های غیرزنده می‌باشد که رشد، تولید و گسترش زراعت گندم‌های بهاره و پاییزه را تحت تأثیر قرار داده و عملکرد را شدیداً کاهش می‌دهد، در عین حال تحمل گندم پاییزه به سرما بیش‌تر از گندم بهاره است (صادقی و همکاران، ۱۳۸۹). وقوع سرمای شدید در برخی سال‌ها رشد و نمو گیاهان زراعی زمستانه نظیر گندم تحت تأثیر قرار گرفته و عملکرد کاهش می‌یابد (کافی و همکاران، ۱۳۷۹). خسارت تنش سرما در گندم به دو شکل سرمازدگی[2] که در دمای بالاتر از صفر درجه سانتی‌گراد اتفاق می‌افتد و یخزدگی[3] که در دامنه ۳- تا ۱۵- درجه سانتی‌گراد می‌باشد (Saulescu and Brawn, 2001). هر یک از مراحل رشد گیاه، نیاز دمایی متفاوتی دارند بنابراین در تنش های دما، مرحله وقوع، دوام و شدت تنش سرما و ویژگی‌های ژنتیکی ژنوتیپ گندم مهم‌ترین عوامل مؤثر به شمار می‌روند (Paulsen *et al.*,1982; Levitt, 1980). بر اساس شدت سرما و زمان وقوع آن علائمی چون خسارت به برگ، کاهش سطح برگ، تأخیر رشد و ضعف گیاه و سوختگی یا مرگ دانه گرده، از بین رفتن گل‌ها و یا مرگ کامل بوته دیده می‌شود (صادقی و همکاران، ۱۳۸۹؛ Saulescu and Brawn, 2001). سرما در مرحله پنجه‌زنی ضمن کاهش ارتفاع گیاه باعث کاهش عملکرد می‌شود (سرمدنیا، ۱۳۷۴). در یک تحقیق با ارزیابی خسارت سرما در ژنوتیپ‌های گندم، همبستگی معنی‌دار بین خسارت سرما و کاهش عملکرد دانه گزارش شد (Rizza *et al.*,1994). برای تعیین میزان تحمل به سرما، ژنوتیپ‌های گندم در شرایط مناطق سردسیر و نیز شرایط کنترل شده‌ی آزمایشگاه ارزیابی شدند. در آزمون‌های مزرعه‌ای به دلیل بقای کامل و یا مرگ کامل گیاه، تفاوت بقا در زمستان آشکار نمی‌شود. حتی وقتی که تفاوت در میزان بقا نیز وجود دارد، تعیین تفاوت‌های کوچک در بقای زمستانه غالباً به دلیل شرایط ناهمگن مزرعه مشکل می‌باشد، لذا جهت پرهیز از بعضی محدودیت‌های اجتناب‌ناپذیر در ارزیابی‌های

[1] Food and Agriculture organization
[2] Chilling
[3] Freezing

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-01-16]
[DOR: 20.1001.1.2008403.1393.6.21.3.3]

مزرعه‌ای، آزمون‌های مختلف یخبندان مصنوعی ابداع شد (Fowler *et al.*, 1981). این آزمون‌ها کنترل دما را ممکن ساخته و به محقق این امکان را می‌دهند که تکرار در زمان را اعمال کند (Gusta and Fowler, 1977). خسارات ناشی از تنش‌ها با شاخص‌های متفاوت عملکرد و اجزای عملکرد، ویژگی‌های فنوتیپی مانند LT50 یعنی دمای انجمادی که بر اثر آن ۵۰ درصد بوته‌ها از بین می‌روند و فنولوژیکی، شاخص‌های مولکولی، صفات اکوفیزیولوژی و شاخص‌های فیزیولوژیکی مثل کلروفیل فلورسانس و غیره بررسی شده است (عزیزی و همکاران،۱۳۸۷؛ Araus *et al.*, 1998; Araus *et al.*, 2000; Kendal and McKersie, 1989; Kocheva *et al.*, 2004; Sofalian *et al.*, 2006). از فلوروسنس‌کلروفیل به منظور ارزیابی حساسیت غشاهای فتوسنتزکننده به دماهای پایین استفاده شده است (Rekika *et al.*, 1997). کلروفیل فلورسانس منعکس‌کننده فرآیندهای اولیه فتوسنتز (جذب نور، انتقال انرژی برانگیخته شده و واکنش‌های فتوشیمیایی در فتوسیستم II) می‌باشد که در کلروپلاست انجام می‌شود. تغییرات کلروفیل فلورسانس به‌عنوان شاخصی مهم برای کمّی کردن واکنش ارقام و لاین‌های مختلف به تنش‌های محیطی توسط به‌نژادگران مورد استفاده قرار گرفته است (Smillie and Nott, 1982)، از این روش برای انتخاب ارقام متحمل به تنش‌های سرما و گرما به ترتیب در ذرت و برنج استفاده گردیده است (Wilson and Greaves, 1993). میزان فتوسنتز تعیین‌کننده اصلی رشد و عملکرد گیاهان است و توانایی حفظ آن در شرایط تنش‌های محیطی برای حفظ ثبات عملکرد مهم است (Atteya, 2003). نسبت فلورسانس متغیر به حداکثر فلورسانس (Fv/Fm)، نشان‌دهنده پتانسیل یا حداکثر ظرفیت فتوشیمیایی PSII است (Hormann *et al.*,1994). نه تنها کاهش Fv/Fm پس از تنش سرما ارتباط زیادی به علائم ظاهری آسیب‌های سرما و نیز نشت الکترولیت[1] دارد، سایر پارامترهای فلورسانس مانند Fm (حداکثر فلورسانس)، Fo (حداقل فلورسانس)، Fv (فلورسانس متغیر) نیز در بررسی‌های تنش سرما استفاده شدند. این پارامتر برای بررسی میزان آسیب‌های ناشی از تنش، روشی سریع و مناسب تشخیص داده شد (Van Hasselt, 1996). محققان از این پارامتر در بررسی‌های تنش‌های مختلف اعم از تنش گرما، تنش شوری و نیز بررسی ارقام جدید گندم در طرح‌های هیبریداسیون استفاده کردند (Sheikh *et al.*, 2008; Muhammad *et al.*, 2006; Šlapakauskas and Ruzgas, 2005). Warrington و همکاران (۱۹۷۷) نشان دادند که در ژنوتیپ‌های جو، تنش محدودیت آبی، کارایی فتوشیمیایی فتوسیستم II را به دلیل افزایش فلورسانس مبدأ و کاهش فلورسانس بیشینه کاهش داد. برای مقایسه، شناسایی و انتخاب ارقام متحمل گیاهان زراعی به تنش‌های محیطی مختلف، شاخص‌های (SSI)[2] توسط Fischer و Maurer (۱۹۷۸) و تحمل به تنش (STI)[3] توسط Fernandez (۱۹۹۲) پیشنهاد شد. مقدار کم‌تر شاخص حساسیت به تنش نشان‌دهنده تغییرات کم‌تر عملکرد یک ژنوتیپ در شرایط تنش نسبت به

[1] Electrolyte leakage
[2] Stress Susceptibility index
[3] Stress tolerance index

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-01-16]
[DOR: 20.1001.1.2008403.1393.6.21.3.3]

شرایط مطلوب و در نتیجه پایداری بیش‌تر آن ژنوتیپ است. بر اساس شاخص تحمل به تنش STI، ژنوتیپ‌های متحمل‌تر و پایدارتر، مقادیر عملکرد بالاتری در هر دو محیط تنش و بدون تنش دارند (Fernandez, 1992). انتخاب ارقام متحمل بر اساس دو شاخص SSI و STI نسبت به انتخاب ژنوتیپ‌ها بر اساس هر کدام از این دو شاخص به تنهایی، کارایی بالاتری دارد و بهتر است ژنوتیپ‌ها ابتدا بر اساس STI بالا انتخاب و سپس در بین مواد انتخابی، ژنوتیپ‌های دارای SSI پایین را به‌عنوان ارقام متحمل معرفی کرد (Najafian,2009). این شاخص‌ها برای مطالعات تنش گرمای آخر فصل در ارقام گندم نیز استفاده شد (رادمهر و همکاران، ۱۳۷۵). افزایش عملکرد و پایداری آن در محصولات پاییزه به استقرار مناسب گیاه در پاییز و استفاده بهتر از نزولات جوی و اجتناب از تنش‌های گرما و خشکی رایج در بهار و تابستان بستگی دارد. علاوه بر این در کشت پاییزه دوره رشد رویشی گیاه و زیست‌توده آن افزایش یافته و این افزایش سبب می‌شود که مخازن زایشی گیاه به نحو مناسبی تأمین شده و در نتیجه عملکرد افزایش یابد. با توجه به شرایط اقلیمی خوزستان، تیپ‌های بهاره گندم به‌صورت پاییزه در این استان کشت می‌شوند. گزارش شده است ژنوتیپ‌های با تیپ رشد بهاره در اثر تنش سرما، بیش‌ترین میزان نشت یونی و کاهش عملکرد را داشتند (عیوضی و همکاران، ۱۳۹۰). ژنوتیپ‌های با تیپ رشد بهاره، به دلیل عدم نیاز به بهاره‌سازی در روزهای بلند، به سرعت وارد مرحله زایشی شده و حساس به تنش سرما می‌شوند (Mahfoozi *et al.*, 2001). از آن جایی که ارقام بهاره نسبت به ارقام پاییزه تحمل کم‌تری به سرما دارند، بررسی تنش‌های معمول در منطقه حائز اهمیت است. وقوع یخبندان در استان خوزستان از موارد کم دوام محسوب می‌شود. این امر به ویژه در مناطق کم فراز و جلگه‌ای استان مصداق عینی می‌یابد و در سال به‌طور متوسط یک تا پنج روز تداوم یخبندان به ثبت رسیده است که زمان آن در محدوده‌ای بین آذر تا اواخر اسفند است (لطفعلی‌آینه و همکاران، ۱۳۹۱). در سال ۱۳۸۷، در شهرهای بهبهان، دزفول، ایذه و اهواز تعداد روزهای یخبندان به ترتیب ۱۱، ۴، ۱۵ و ۱ روز ثبت گردید. تنوع در کاشت ژنوتیپ‌های گندم با توجه به الگوی زراعی استان و در نتیجه عدم رعایت تاریخ کاشت در سطوح نسبتاً بالایی از اراضی زیر کشت گندم ممکن است مراحل مختلف رشد گندم از جمله پنجه‌زنی در تاریخ کاشت‌های متأخر را با خطر کاهش دما در ماه‌های دی و بهمن مواجه سازد. شناخت واکنش ژنوتیپ‌های گندم برای بررسی احتمال وجود تنوع ژنتیکی برای تحمل به سرما از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. این تحقیق با هدف ارزیابی واکنش ژنوتیپ‌های گندم به تنش سرما بر اساس عملکرد و اجزای عملکرد و برخی صفات فیزیولوژیکی اجرا گردید.

مواد و روش‌ها

این تحقیق به‌صورت گلدانی با پنج ژنوتیپ گندم در چهار دمای محیط به‌صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی و سه تکرار انجام شد. چهار ژنوتیپ گندم نان شامل ارقام چمران، ویریناک، استار و لاین M-83-17 و رقم دوروم

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-01-16]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1393.6.21.3.3]

کرخه در چهار دمای محیط شامل بدون سرما، ۳+، صفر، ۳- درجه سانتی‌گراد بررسی شدند. بذر هر رقم در گلدان‌هایی به قطر ۲۰ سانتی‌متر و ارتفاع ۲۵ سانتی‌متر کشت گردید. خاک گلدان‌ها از خاک مزرعه و ماسه به نسبت ۳:۱ (سه واحد رس و یک واحد ماسه) بود. در هر گلدان تعدادی بذر در عمق ۳-۲ سانتی‌متر کشت شد که با تنک کردن در مرحله چهار برگی، پنج بوته باقی ماند. گیاهان در مرحله پنجه‌زنی به سردخانه برای اعمال تنش سرما منتقل شدند. گلدان‌ها در سردخانه SAB COOL ساخت شرکت AYEGH BARD با قابلیت تنظیم دما در دامنه ۱۶+ تا ۲۰- با رطوبت ۸۰-۷۰ درصد قرار گرفتند. پس از قرار دادن گلدان‌ها در سردخانه و با توجه به دمای یکنواخت محیط ، سردخانه به تدریج با سرعت چهار درجه در ساعت کاهش داده شد تا به میزان دمای مورد نظر رسید (جلیلیان و همکاران، ۱۳۸۷؛ Carry, 1975; Mahfoozi *et al*., 1975). پس از چهار ساعت اعمال دمای مورد نظر، دمای سردخانه مجدداً تا رسیدن به دمای محیط به تدریج افزایش یافت، سپس گلدان‌ها به فضای گلخانه منتقل شدند. سنجش فلورسانس از کلروفیل با استفاده از دستگاه کلروفیل فلورسانس‌متر (استرس‌متر) مدل OS 30P ساخت هلند انجام شد. ظهور مراحل فنولوژیکی شامل تاریخ جوانه‌زنی، سه برگه شدن، شروع پنجه‌زنی، ساقه رفتن، ظهور برگ پرچم، ظهور سنبله، رسیدگی فیزیولوژیکی و رسیدگی کامل، ارتفاع بوته و طول سنبله (بدون ریشک)، عملکرد و اجزای عملکرد شامل تعداد سنبلچه در سنبله، تعداد دانه در سنبله، وزن دانه و عملکرد در ساقه اصلی تعیین شدند (Zadox *et al*., 1974). شاخص‌های حساسیت به تنش SSI و تحمل تنش STI با استفاده از روابط زیر محاسبه شدند (Limin and Flower, 1981; Fernandez, 1992; Fischer and Maurer, 1978):

رابطه ۱: $STI= (Ys.Yp) / (Y'p)^2$

رابطه ۲: $SSI= [1-(Ys/Yp)] / [1-(Y's/Y'p)]$

در روابط فوق Yp ، Ys، Y′p، Y′s به ترتیب میانگین عملکرد دانه هر رقم تحت شرایط مطلوب، میانگین عملکرد دانه هر رقم تحت شرایط تنش، میانگین عملکرد دانه تمام ارقام تحت شرایط مطلوب و میانگین عملکرد دانه تمام ارقام تحت شرایط تنش می‌باشد. تجزیه واریانس و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از نرم‌افزار MSTATC و رسم نمودارها با استفاده از نرم افزار Excel انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج نشان داد که اثر تنش سرما، تفاوت ژنوتیپ‌ها و برهمکنش تنش × ژنوتیپ بر عملکرد دانه، تعداد دانه در سنبله، تعداد سنبلچه در سنبله، طول سنبله، وزن هزار دانه، زمان‌های آبستنی و ۸۰ درصد ظهور سنبله و ارتفاع گیاه معنی‌دار بود

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-01-16]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1393.6.21.3.3]

(جدول ۱). تفاوت در واکنش ژنوتیپ‌های مورد بررسی در این تحقیق در بیان تحمل به تنش سرما با نتایج صادقی و همکاران (۱۳۸۹) مطابقت داشت. در برهمکنش تنش × ژنوتیپ، ΔFo و ΔFm معنی‌دار بود (جدول۲). تفاوت ژنوتیپ‌ها از نظر پارامترهای فلورسانس حداقل (Fo) قبل و بعد از تنش، فلورسانس حداکثر (Fm) قبل و بعد از تنش و حداکثر ظرفیت فتوشیمیایی فتوسیستم II (Fv/Fm) قبل از تنش در ژنوتیپ‌های مختلف، تفاوت معنی‌دار داشت. اثر تنش سرما بر شاخص تنش و پارامترهای فلورسانس حداقل قبل از اعمال تنش معنی‌دار بود اما بر حداکثر ظرفیت فتوشیمیایی فتوسیستم II (Fv/Fm) اثر معنی‌دار نداشت که نشان‌دهنده عدم واکنش ژنوتیپ‌ها به تنش از نظر این صفت بود. بدین معنا که به نظر می‌رسد در تنش‌های بررسی شده سطوح تنش سرمای ۳+، صفر و ۳-درجه سانتی‌گراد، اختلال معنی‌دار در کارایی فتوسنتز ژنوتیپ‌های مورد بررسی ایجاد نشد. نتایج این تحقیق با یافته‌های Araus و همکاران (۱۹۹۸) مطابقت داشت که بیان داشتند برهمکنش تنش × ژنوتیپ برای پارامترهای ΔFo و ΔFm معنی‌دار، اما برای Fv/Fm معنی‌دار نشد، مطابقت دارد.

جدول ۱: تجزیه واریانس عملکرد، اجزای عملکرد و برخی ویژگی‌های زراعی و فنولوژیکی در اثر تنش سرما در مرحله پنجه‌زنی

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات								
		عملکرد دانه	تعداد دانه در سنبله	تعداد سنبلچه در سنبله	طول سنبله	وزن هزار دانه	ارتفاع گیاه	ساقه دهی	ظهور سنبله	ظهور برگ پرچم	رسیدگی کامل
ژنوتیپ	۴	۰/۱۵۹**	۶۷۵/۳۳۸**	۱۸/۵۸۸**	۲۱/۰۶۷**	۲۷۰/۰۹۰**	۲۷۰/۴۱۸**	۵۶/۱۹۲*	۴۸/۳۹۲**	۵۰/۵۶۷**	۵۵/۳۵۰ **
تنش سرما	۳	۰/۳۵۷**	۵۵۰/۵۸۴**	۲۶/۰۷۵**	۱۰/۷۳۳**	۳۷۱/۴۱۵**	۶۵/۶۲۸**	۱۳۶/۴۱۷**	۱۱۸/۵۵۰**	۲۰۴/۹۵۰**	۰/۱۵۰**
ژنوتیپ × تنش سرما	۱۲	۰/۰۴۲**	۸۵/۴۲۷**	۶/۲۴۱**	۱/۸۲۳**	۱۸۹/۰۵۰**	۴۳/۲۶۰**	۵۳/۰۱۴**	۱۸/۸۱۵**	۳/۵۸۹ ^{ns}	۰/۱۵۰ **
خطا	۴۰	۰/۰۰۲	۷/۲۰۹	۲/۴۲۳	۰/۶۵۰	۶/۵۷۵	۱۲/۹۹۷	۱۹/۵۰۰	۵/۰۵۰	۶/۳۱۷	۰/۰۰۰۱
ضریب تغییرات (درصد)		۱۷	۲۰	۱۶	۱۴	۱۸	۱۱	۶	۲	۳	۰

ns، * و **: به ترتیب بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار و اختلاف معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد می‌باشند.

جدول ۲: تجزیه واریانس شاخص‌های فیزیولوژیکی حاصل از تنش سرما در مرحله پنجه‌زنی

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات								
		فلورسانس حداقل (Fo)			فلورسانس حداکثر (Fm)			حداکثر ظرفیت فتوشیمیایی فتوسیستمII (Fv/Fm)		
		قبل از تنش	بعد از تنش	Δ Fo	قبل از تنش	بعد از تنش	Δ Fm	قبل از تنش	بعد از تنش	Δ Fv/Fm
ژنوتیپ	۴	۱۶۷/۲۲۰*	۴۶۸/۴۱۴**	۲/۸۴۶**	۱۷۷۰۲/۰۹۹*	۱۲۸۶۱/۳۴۹*	۶/۳۸۶**	۰/۰۰۴*	۰/۰۰۱^{ns}	۰/۰۰۱^{ns}
تنش سرما	۲	۷۶۲/۰۰۵**	۸۳/۴۱۶^{ns}	۷/۶۵۰**	۴۲۸۲/۸۹۰^{ns}	۱۱۹۶/۰۸۰^{ns}	۱۰/۷۴۹**	۰/۰۰۳^{ns}	۰/۰۰۰۱^{ns}	۰/۰۰۱^{ns}
ژنوتیپ × تنش‌سرما	۸	۹۶/۱۵۷^{ns}	۹۰/۳۴۰^{ns}	۱/۷۶۷**	۸۱۲/۰۵۸^{ns}	۱۶۴۰/۷۸۹^{ns}	۳/۲۵۱**	۰/۰۰۱^{ns}	۰/۰۰۱^{ns}	۰/۰۰۱^{ns}
خطا	۳۰	۵۸/۷۷۱	۵۲/۸۵۳	۰/۲۴۸	۱۵۹۳/۷۶۷	۱۰۸۶/۸۸۹	۱/۳۵۱	۰/۰۰۱	۰/۰۱۵	۰/۰۰۱
ضریب تغییرات (درصد)		۱۱	۱۰	۱۱	۱۲	۱۰	۱۱	۴	۳	۲

ns، * و **: به ترتیب بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار و اختلاف معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد می‌باشند.

مقایسه میانگین برهمکنش تنش × ژنوتیپ نشان داد با توجه به شدت تنش سرما، پاسخ ژنوتیپ‌ها متفاوت بود (جدول ۳). Asadi و همکاران (۲۰۱۳) نیز معنی‌دار بودن برهمکنش ژنوتیپ و تنش سرما را در صفات مورد بررسی نشان دادند. گزارش شده است بقاء تحت تنش سرما به عوامل زیادی ازجمله عوامل ژنتیکی و شدت دمایی که گیاه در آن خسارت می‌بیند، بستگی دارد (Lecomte *et al.*, 2003).

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-01-16]
[DOR: 20.1001.1.2008403.1393.6.21.3.3]

در شرایط بدون تنش عملکرد دانه لاین M-83-17 بیش‌تر بود. در شرایط بدون تنش بیش‌ترین عملکرد مربوط به لاین M-83-17 با تولید ۰/۸گرم دانه در ساقه اصلی بود. در تنش‌های سرمای ۳-، صفر و ۳+ درجه سانتی‌گراد به ترتیب رقم استار، لاین M-83-17 و رقم چمران به ترتیب با عملکرد دانه ۰/۴۴۷، ۰/۲۵۳ و ۰/۲۴۹ گرم دانه در ساقه اصلی بالاترین عملکرد دانه را داشتند (جدول ۳).

لاین M-83-17 در شرایط بدون تنش، علاوه بر برتری عملکرد، بیش‌ترین تعداد دانه در سنبله را داشت. ارقام استار، چمران و لاین M-83-17 با داشتن تعداد سنبلچه و دانه بیش‌تر در سنبله، عملکرد بیش‌تری نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها داشتند (جدول۳). به‌طورکلی ژنوتیپ‌ها در دو شرایط تنش و بدون تنش اختلاف بسیار زیادی در عملکرد دانه داشتند (جدول ۳) که نشان‌دهنده اثرات منفی دماهای تنش‌زا بر گیاه بود. این نتایج با یافته‌های Rizza (۱۹۹۴) و Peter (۱۹۹۱) مبنی بر کاهش عملکرد در تنش سرما مطابقت داشت. درصد خسارت ناشی از سرما در ارقام ویریناک، کرخه، استار، چمران و لاین M-83-17 به ترتیب ۷۸، ۹۴، ۲۷، ۳۸ و ۷۴ درصد بود.

در تنش سرمای ۳- درجه سانتی‌گراد، رقم چمران و در تیمار بدون تنش، لاین M-83-17 بیش‌ترین تعداد سنبلچه در سنبله را داشتند. بیش‌ترین تعداد سنبلچه در سنبله در تنش‌های سرمای ۳- به رقم چمران و در دماهای صفر و ۳+ درجه سانتی‌گراد به رقم استار تعلق داشت (جدول ۳). درصد کاهش تعداد سنبلچه در سنبله در اثر تنش سرما در ارقام ویریناک، کرخه، استار، چمران و لاین M-83-17 به ترتیب ۳۰، ۲۹، ۶، ۹ و ۲۹ درصد بود. رقم استار کم‌ترین کاهش تعداد سنبلچه در سنبله را نسبت به شرایط مطلوب داشت.

در تیمار بدون تنش، بیش‌ترین تعداد دانه در سنبله مربوط به لاین M-83-17 بود. در تنش‌های سرمای ۳-، صفر و ۳+ درجه سانتی‌گراد به ترتیب رقم استار، لاین M-83-17 و رقم چمران بالاترین تعداد دانه در سنبله را داشتند (جدول ۳). درصد کاهش تعداد دانه در سنبله در اثر تنش سرما در ارقام ویریناک، کرخه، استار، چمران و لاین M-83-17 به ترتیب ۷۲، ۹۰، ۲۱، ۳۴ و ۶۵ درصد بود. رقم استار کم‌ترین کاهش تعداد دانه در سنبله را نسبت به شرایط مطلوب داشت.

در برهمکنش تنش × ژنوتیپ بیش‌ترین وزن هزار دانه مربوط به تیمار بدون تنش رقم کرخه بود که با وزن هزار دانه لاین M-83-17 در تنش سرمای ۳- درجه سانتی‌گراد در یک سطح آماری قرار داشت (جدول ۳). در تنش‌های سرمای ۳- و صفر رقم ویریناک و در ۳+ درجه سانتی‌گراد رقم چمران بالاترین وزن هزار دانه را داشتند. وزن هزار دانه رقم استار و لاین M-83-17 در شرایط تنش سرما کاهش کم‌تری داشت، درحالی‌که میانگین وزن هزار دانه رقم کرخه به شدت تحت اثر تنش قرار گرفت. درصد کاهش وزن هزار دانه در اثر تنش سرما در ارقام ویریناک، کرخه، استار، چمران و لاین M-83-17 به ترتیب ۴۸، ۹۷، ۱۱، ۱۷ و ۱۱ درصد بود. عزیزی و همکاران (۱۳۸۷) نیز کاهش وزن هزار دانه در اثرتنش سرما را گزارش دادند.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-01-16]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1393.6.21.3.3]

در تیمار بدون تنش گرچه لاین M-83-17 طول سنبله بیش‌تری داشت اما بسیاری از تیمارها از نظر آماری با این تیمار در یک سطح بودند. در همه تنش‌های سرمای ۳-، صفر و ۳+ درجه سانتی‌گراد رقم استار طول سنبله بیش‌تری نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها داشت (جدول ۳). در برهمکنش تنش × ژنوتیپ رقم چمران در تنش سرمای ۳+ درجه سانتی‌گراد بیش‌ترین ارتفاع بوته را داشت. در همه تنش‌های سرمای ۳-، صفر و ۳+ درجه سانتی‌گراد رقم چمران ارتفاع بوته بیش‌تری نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها داشت (جدول ۳).

در تنش‌های دمای ۳+ و صفر درجه سانتی‌گراد، مدت زمان رسیدن به زمان ۸۰ درصد ساقه رفتن بوته‌ها، به ویژه در رقم استار بیش‌تر از سایر ژنوتیپ‌ها بود اما در تیمار بدون تنش، لاین M-83-17 زودتر از سایر ژنوتیپ‌ها به مرحله ساقه رفتن رسید، در شرایط تنش به‌طور معنی‌دار ظهور ساقه این لاین به تأخیر افتاد (جدول ۳). به جز کرخه که در کلیه شرایط تنش و بدون تنش زمان سنبله‌دهی یکسانی داشت، سایر ژنوتیپ‌ها در شرایط تنش دیرتر به مرحله سنبله رسیدند. رقم استار در تنش ۳- درجه سانتی‌گراد بیش‌ترین تأخیر را در ظهور سنبله داشت (جدول ۳). رقم استار در تنش ۳- درجه سانتی‌گراد بیش‌ترین تأخیر را در ظهور برگ پرچم داشت. به‌طورکلی ژنوتیپ‌ها در شرایط تنش دیرتر به مرحله ظهور برگ پرچم رسیدند (جدول ۳).

جدول ۳: مقایسه میانگین برهمکنش ژنوتیپ × شدت تنش بر عملکرد و اجزای عملکرد

ژنوتیپ	تنش سرما (درجه سانتی‌گراد)	عملکرد دانه در ساقه اصلی (گرم)	تعداد دانه در سنبله	تعداد سنبلچه در سنبله	طول سنبله بدون ریشک (سانتی‌متر)	وزن هزار دانه (گرم)	ارتفاع گیاه (سانتی‌متر)	روز از کاشت تا ساقه‌دهی	روز از کاشت تا ظهور سنبله	روز از کاشت تا ظهور برگ پرچم	روز از کاشت تا ظهور رسیدگی کامل
رقم ویریناک	۳	۰/۱۷۳	۹	۷/۶	۳/۴	۱۳	۲۶/۴	۷۹	۹۰	۸۳	۱۱۰
	۰	۰/۰۴۴	۲	۷/۴	۴/۵	۹	۲۱/۴	۷۴	۹۳	۸۵	۱۱۰
	-۳	۰/۰۴۵	۳	۸/۱	۵/۲	۴	۲۶/۰	۷۲	۹۳	۸۵	۱۱۰
	شاهد	۰/۴۰۲	۱۸	۱۰/۹	۷/۱	۱۶	۳۰/۵	۷۵	۸۶	۷۹	۱۱۱
رقم کرخه	۳	۰/۰۰۳	۱	۶/۴	۳	۱	۲۰/۴	۷۷	۹۴	۸۳	۱۱۴
	۰	۰/۰۱۸	۲	۸/۵	۳/۸	۱	۳۴/۲	۷۴	۹۳	۸۳	۱۱۴
	-۳	۰/۰۲۹	۱	۹/۱	۳/۸	۱	۲۸/۹	۷۲	۹۳	۸۳	۱۱۴
	شاهد	۰/۳۰۷	۱۰	۱۱/۲	۵/۳	۳۳	۳۴/۵	۷۵	۹۳	۷۵	۱۱۴
رقم استار	۳	۰/۲۴۷	۱۷	۱۰/۶	۷/۲	۱۳	۳۴/۹	۸۰	۹۵	۸۵	۱۱۴
	۰	۰/۱۵۵	۱۳	۱۱/۱	۷/۵	۱۱	۳۵/۱	۸۰	۹۴	۸۶	۱۱۴
	-۳	۰/۴۴۷	۲۵	۱۱/۳	۷/۸	۱۸	۳۲/۴	۷۸	۹۷	۹۰	۱۱۴
	شاهد	۰/۳۸۷	۲۳	۱۰/۴	۷/۲	۱۶	۳۵/۱	۷۵	۹۴	۷۹	۱۱۴
لاین M-83-17	۳	۰/۱۰۱	۳	۹/۰	۵/۰	۱۱	۲۶/۹	۷۶	۹۳	۸۳	۱۱۰
	۰	۰/۲۵۳	۱۷	۱۰/۶	۶/۳	۱۸	۳۲/۲	۷۹	۹۴	۸۳	۱۱۰
	-۳	۰/۲۸۱	۱۶	۹/۹	۶/۰	۳۲	۲۷/۱	۷۶	۹۳	۸۳	۱۱۰
	شاهد	۰/۸۰۱	۳۴	۱۳/۹	۸	۲۳	۳۴/۹	۵۹	۸۳	۷۵	۱۱۰
رقم چمران	۳	۰/۲۴۹	۲۰	۱۰/۱	۶/۶	۱۷	۴۱/۲	۷۷	۹۳	۸۰	۱۱۰
	۰	۰/۱۸۷	۱۲	۸/۳	۴/۹	۱۳	۳۵/۹	۸۰	۹۳	۸۳	۱۱۰
	-۳	۰/۳۹۴	۲۱	۱۳/۹	۶/۵	۱۶	۳۸/۲	۷۲	۹۳	۸۲	۱۱۰
	شاهد	۰/۴۴۸	۲۷	۱۱/۹	۷/۲	۱۹	۳۸/۲	۷۵	۸۳	۷۵	۱۱۰
LSD (٪۱)		۰/۰۹۸۷۵	۶	۳	۱/۸	۶	۸	۵	۵	۴	۰/۰۰۱۷

حروف مشابه در هر ستون به منزله عدم وجود اختلاف معنی‌دار بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد می‌باشد.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-01-16]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1393.6.21.3.3]

بیش‌ترین آثار تنش که موجب افزایش Fo گردید در رقم استار در تنش سرمای ۳- درجه سانتی‌گراد بود و کم‌ترین اثر تنش در رقم چمران در تنش سرمای صفر درجه سانتی‌گراد بود. بیش‌ترین آثار تنش در کاهش Fm در رقم کرخه در تنش ۳+درجه سانتی‌گراد و کم‌ترین اثر در رقم چمران در تنش ۳- درجه سانتی‌گراد مشاهده شد. بیش‌ترین کارایی فتوسیستم II (Fv/Fm) در رقم استار مشاهده شد (جدول ۴).

ارزیابی واکنش ژنوتیپ‌ها با شاخص تحمل به تنش نشان داد که ارقام چمران و استار با وجود داشتن STI کم، از ثبات عملکرد بیش‌تری در شرایط تنش نسبت به شرایط مطلوب برخوردار بودند. در تنش سرمای ۳+ درجه سانتی‌گراد رقم کرخه دارای STI بالایی بود اما اختلاف زیاد STI این رقم در شرایط مختلف تنش‌های سرمایی و نیز بدون تنش، نشان‌دهنده عدم پایداری عملکرد و تحمل کم رقم کرخه بود (جدول ۵). همین امر موجب گردید که ارقام استار و کرخه به ترتیب کم‌ترین و بیش‌ترین SSI را به خود اختصاص دهند (جدول ۵).

جدول ۴: مقایسه میانگین شاخص‌های فیزیولوژیکی در برهمکنش ژنوتیپ × تنش سرما

ژنوتیپ	تنش سرما (درجه سانتی‌گراد)	فلورسانس حداقل Fo			فلورسانس حداکثر Fm			حداکثر ظرفیت فتوشیمیایی فتوسیستم II Fv/Fm		
		Fo قبل از تنش	Fo بعد از تنش	Δ Fo	Fm قبل از تنش	Fm بعد از تنش	Δ Fm	Fv/Fm قبل از تنش	Fv/Fm بعد از تنش	Δ Fv/Fm
ویناک	۳	۵۹/۲۲	۶۶/۵۵	-۷/۳۹	۲۶۶/۰۰	۲۹۰/۱۱	-۲۴/۱۲	۰/۷۷	۰/۷۶	۰/۰۴
	۰	۸۱/۱۱	۷۸/۱۱	۲/۹۸	۲۹۳/۶۳	۲۸۸/۴۰	۲/۹۲	۰/۷۲	۰/۷۳	۰/۰۴۴
	-۳	۶۲/۶۳	۶۳/۱۱	-۰/۵۴	۲۷۳/۵۰	۲۹۱/۲۲	-۱۸/۸۸	۰/۷۷	۰/۷۸	-۰/۰۱۱
کرخه	۳	۷۵/۶۶	۷۲/۶۶	۲/۷۲	۳۰۲/۱۱	۳۰۳/۹۹	-۳/۰۴	۰/۷۵	۰/۷۶	۰/۰۲۸
	۰	۷۱/۱۱	۷۲/۷۷	-۳/۰۲	۲۸۴/۷۷	۳۰۹/۲۰	-۴۲/۱۹	۰/۷۵	۰/۷۶	-۰/۰۲۹
	-۳	۶۳/۵۳	۶۶/۸۸	-۳/۳۶	۲۶۰/۴۴	۲۹۱/۶۶	-۳۱/۴	۰/۷۵	۰/۷۷	۰/۰۱۲
استار	۳	۸۰/۲۷	۸۶/۹۹	-۶/۹۴	۳۸۹/۶۳	۳۳۸/۳۰	۵۱/۰۱	۰/۷۹	۰/۷۴	-۰/۰۵۷
	۰	۸۶/۱۱	۸۶/۴۴	-۵/۸	۳۸۶/۲۲	۳۹۶/۸۷	-۱۱/۰۹	۰/۷۸	۰/۷۸	-۰/۰۰۵
	-۳	۶۴/۲۲	۸۱/۶۳	-۲۱/۶۳	۳۷۰/۸۸	۳۶۶/۵۳	۲/۶۸	۰/۸۳	۰/۷۸	۰/۰۰۶
M-83-17	۳	۷۰/۲۲	۶۵/۷۷	۴/۲۱	۳۲۸/۴۴	۲۹۲/۴۴	۳۵/۰۳	۰/۷۹	۰/۷۷	۰/۰۳
	۰	۷۸/۲۲	۷۹/۴۴	-۱/۲۹	۳۵۰/۴۳	۳۵۶/۳۰	۹/۸۷	۰/۷۷	۰/۷۸	-۰/۰۳۳
	-۳	۶۴/۴۱	۷۵/۶۶	-۱۱/۶۶	۲۸۹/۳۰	۳۲۸/۳۳	-۲۱/۳۶	۰/۷۸	۰/۷۶	-۰/۰۰۳
چمران	۳	۸۰/۵۵	۸۴/۲۲	-۳/۸۱	۳۷۸/۷۷	۳۸۴/۱۱	-۶/۸۱	۰/۷۹	۰/۷۸	۰/۰۴
	۰	۸۰/۴۴	۷۸/۴۴	۶/۴۵	۳۴۵/۲۰	۳۴۵/۳۰	-۰/۹۹	۰/۷۶	۰/۷۸	-۰/۰۰۷
	-۳	۷۱/۱۱	۸۶/۳۳	-۱۵/۵۰	۳۲۲/۲۰	۳۹۱/۷۷	-۵۸/۶۴	۰/۷۸	۰/۷۸	-۰/۰۰۳
LSD (٪۱)		۱۲/۷۸	۱۲/۱۲	۱۲/۹۱	۶۶/۵۷	۵۴/۹۷	۶۴/۰۶	۰/۰۵۲	۰/۰۲	۰/۰۷۱۰

حروف مشابه در هر ستون به منزله عدم وجود اختلاف معنی‌دار بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد می‌باشد.

جدول ۵: شاخص های پایداری عملکرد

ژنوتیپ	STI			SSI		
	۳+ درجه سانتی‌گراد	صفر درجه سانتی‌گراد	۳- درجه سانتی‌گراد	۳+ درجه سانتی‌گراد	صفر درجه سانتی‌گراد	۳- درجه سانتی‌گراد
رقم ویریناک	۰/۳۱۶	۰/۰۸۰	۰/۰۸۲	۰/۹۰۹	۱/۴۲۰	۱/۴۱۶
رقم کرخه	۴/۱۸۸	۰/۰۲۵	۰/۰۴۰	۱/۵۷۹	۱/۵۰۱	۱/۴۴۴
رقم استار	۰/۴۳۵	۰/۲۷۳	۰/۷۸۷	۰/۵۷۷	۰/۹۵۶	۰/۲۴۷
لاین M-83-17	۰/۳۶۸	۰/۹۲۲	۱/۰۲۴	۱/۳۹۴	۱/۰۹۱	۱/۰۳۵
رقم چمران	۰/۵۰۷	۰/۳۸۱	۰/۸۰۳	۰/۷۰۸	۰/۹۲۹	۰/۱۹۲

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-01-16]

[DOR: 20.1001.1.20084403.1393.6.21.3.3]

ارزیابی واکنش ژنوتیپ‌ها بر اساس شاخص حساسیت به تنش نشان داد که در تنش‌های مختلف سرما، ارقام گندم نسبت به دمای صفر درجه سانتی‌گراد دارای SSI بالایی بودند که نشان‌دهنده تغییرات زیاد عملکرد در شرایط تنش صفر درجه نسبت به شرایط مطلوب و در نتیجه حساسیت ژنوتیپ‌های گندم به تنش سرما در دمای صفر درجه بود (جدول ۵). شاخص SSI پایین در ارقام چمران و استار نشان‌دهنده حساسیت کم‌تر این ارقام نسبت به تنش سرما بود. گرچه ثبات SSI در لاین M-83-17 و رقم کرخه بیش‌تر از سایر ژنوتیپ‌ها بود ولی مقدار SSI در چمران و استار بسیار پایین‌تر ارزیابی شد. به‌طوری‌که در تنش‌های مختلف، بالاترین SSI در ارقام چمران و استار، از پایین‌ترین SSI لاین M-83-17 نیز کم‌تر بود (جدول ۵). شاخص‌های SSI و STI حاصل از تنش‌های مختلف در ارقام استار و چمران از تغییرات کم‌تری برخوردار بودند که نشان‌دهنده پایداری عملکرد این دو رقم در تنش‌های سرمایی بودند. گرچه مشتعلی و همکاران (۱۳۹۲) STI را برای ارزیابی تنش گرما کافی دانستند، نتایج به دست آمده بر نتایج نجفیان (۲۰۰۹) که بیان داشت ارقام ابتدا بر اساس STI و سپس بر اساس SSI ارزیابی و انتخاب شوند، مطابقت داشت.

نتایج حاصل از جدول ۶ نشان داد تغییرات عملکرد در تنش سرما تحت اثر کلیه اجزای عملکرد بود. عملکرد دانه با صفات تعداد دانه در سنبله، تعداد سنبلچه در سنبله، طول سنبله، وزن هزار دانه و ارتفاع گیاه همبستگی مثبت و معنی‌دار داشت لذا افزایش یا کاهش ارزش صفات فوق می‌تواند روی عملکرد گندم‌های آزمون شده اثرگذار باشد. بیش‌ترین اثر تنش سرما در اجزای عملکرد مربوط به تعداد دانه در سنبله و تعداد سنبلچه در سنبله بود که با نتایج عزیزی و همکاران (۱۳۸۷) مطابقت داشت. بالا بودن ضریب همبستگی عملکرد با تعداد دانه در سنبله ناشی از اثر تعداد سنبلچه در سنبله داشت. همبستگی تعداد سنبلچه در سنبله با عملکرد در نتایج عزیزی و همکاران (۱۳۸۷) نیز گزارش شده است. با افزایش تعداد سنبلچه در سنبله، پتانسیل تولید دانه در سنبله و در نتیجه عملکرد افزایش داشت. این روند به‌صورت کاهشی در تنش‌های سرما رخ داد. عیوضی و همکاران (۱۳۹۰) نیز به نتایج مشابه دست یافتند. کافی و همکاران (۱۳۸۴) نیز کاهش عملکرد در اثر وقوع سرمای شدید را بیان داشته و معتقدند در گندم، تعداد سنبلچه در سنبله در طول مرحله پنجه‌زنی تا کمی قبل از مرحله ساقه‌دهی شکل می‌گیرد و بر این اساس، تنش سرما در مرحله پنجه‌زنی بر روی تکامل سنبلچه‌ها اثر داشته است. عملکرد با صفات روز تا ساقه رفتن، روز تا ظهور سنبله و روز تا ظهور برگ پرچم همبستگی منفی و معنی‌دار داشت که نشان‌دهنده تأخیر در ظهور مراحل فنولوژیکی بود. به نظر می‌رسد تنش سرما با کند کردن روند رشد رویشی و کوتاه شدن دوره پر شدن دانه‌ها بر عملکرد دانه و نیز کاهش تعداد سنبلچه در سنبله، در کاهش عملکرد اثر گذاشت. روستایی (۱۳۸۸) و رشیدی و همکاران (۱۳۸۹) نیز نتایج مشابهی از نظر همبستگی عملکرد با برخی اجزای عملکرد همچون تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه و ارتفاع بوته گزارش کردند. از طرف دیگر مشخص گردید علاوه بر عوامل

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-01-16]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1393.6.21.3.3]

ژنتیکی، به دلیل اثر سرما و اثر بر فتوسنتز و سنتز مواد، ارتفاع گیاه کاهش یافت لذا رابطه رشد گیاه در شرایط تنش سرما با مقاومت به سرما منفی است. ساختار ظاهری گیاه نقش زیادی در میزان تولید خالص دارد. ارتفاع بلندتر گیاه در شرایط مطلوب و بدون تنش، به معنای داشتن سطح فتوسنتزکننده وسیع‌تر برای افزایش ظرفیت مبدأ فیزیولوژیک گیاه می‌باشد. ارتفاع علاوه بر نوع رقم، به حاصلخیزی خاک و نوع تیپ مورد کشت و نیز شرایط آب و هوایی بستگی دارد که در تحقیق اجرا شده کشت گلدانی در کاهش ارتفاع گیاه نیز اثرگذار بود. نتایج با یافته‌های نظامی و همکاران (۱۳۸۸) و سرمدنیا (۱۳۷۴) مبنی بر کاهش ارتفاع گیاه و نهایتاً عملکرد در اثر تنش سرما، مطابقت دارد. Ruzgas و Liutkericus (۲۰۰۱) نیز همبستگی بین تحمل به سرما با ارتفاع گیاه، عملکرد و اجزا آن را گزارش کردند.

همبستگی منفی عملکرد با ΔFo (r = -۰/۷۹) بیانگر افزایش Fo و نهایتاً ΔFo در اثر تنش سرما و در نتیجه کاهش عملکرد بود که با گزارش ممنوعی و سیدشریفی (۱۳۸۹) یکسان بود. به نظر می‌رسد در ژنوتیپ‌ها و دماهای آزمون شده بیش‌ترین اثر در افزایش Fo و نهایتاً ΔFo در اثر تنش سرما بود. اثرپذیری Fo در شرایط مختلف و تنش سبب استفاده این صفت در غربال ژنوتیپ‌ها در تحقیقات Araus و همکاران (۲۰۰۰) گردید. همبستگی بسیار بالا و منفی SSI با عملکرد (r = - ۰/۹۳۵) و همبستگی بسیار بالا و مثبت آن با ΔFo (r = ۰/۷۶۱) بیانگر درجه حساسیت و اثر تنش سرما بر ΔFo و عملکرد داشت.

جدول ۶: همبستگی میانگین‌های عملکرد و اجزای عملکرد و برخی ویژگی‌های زراعی و فنولوژیکی

صفات	عملکرد دانه	طول سنبله	تعداد سنبلچه در سنبله	تعداد دانه در سنبله	وزن هزار دانه	ساقه رفتن	ظهور سنبله	ظهور برگ پرچم	تعداد پنجه بارور در بوته
طول سنبله	۰/۷۸**								
تعداد سنبلچه‌درسنبله	۰/۸۴**	۰/۸۲**							
تعداد دانه در سنبله	۰/۹۴**	۰/۸۷**	۰/۸۲**						
وزن هزار دانه	۰/۶۷**	۰/۵۴**	۰/۵۹**	۰/۶۳**					
ساقه رفتن	-۰/۵۰**	-۰/۱۷ ns	-۰/۴۳ ns	-۰/۲۹ ns	-۰/۰۹ ns				
ظهور سنبله	-۰/۵۶**	-۰/۲۳ ns	-۰/۳۶ ns	-۰/۴۴*	-۰/۲۳ ns	۰/۵۶**			
ظهور برگ پرچم	-۰/۵۴**	-۰/۱۸ ns	-۰/۴۳ ns	-۰/۴۱ ns	-۰/۴۶*	۰/۴۹**	۰/۷۳**		
تعداد پنجه بارور در بوته	۰/۳۰ ns	۰/۰۷ ns	۰/۳۷ ns	۰/۰۱ ns	۰/۴۶*	-۰/۳۴ ns	-۰/۰۵ ns	-۰/۴۸*	
ارتفاع گیاه	۰/۵۳**	۰/۶۱**	۰/۷۰**	۰/۶۶**	۰/۳۷ ns	-۰/۰۳ ns	-۰/۱۷ ns	-۰/۳۸ ns	۰/۲۰ ns

ns، * و **: به ترتیب بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار و اختلاف معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد می‌باشند.

نتیجه‌گیری

اثر عوامل ژنتیکی در تحمل وحساسیت ژنوتیپ‌های گندم به تنش سرما از جایگاه خاصی برخوردار است. از طرف دیگر میزان خسارت ناشی از تنش سرما، به شدت و دمای تنش بستگی دارد. هر چند که شدت تنش‌های سرما در دماهای ۳+ ، صفر و ۳- درجه سانتی‌گراد باعث از بین رفتن گیاه نمی‌گردد اما به‌طور قابل ملاحظه‌ای باعث کاهش عملکرد می‌گردد. اثر

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-01-16]
[DOR: 20.1001.1.2008403.1393.6.21.3.3]

عوامل ژنتیکی در تحمل تنش سرما موجب گردید که میزان خسارت در ژنوتیپ‌های مختلف، متفاوت باشد. دامنه تغییرات کاهش عملکرد در شرایط تنش از ۹۴ درصد در رقم کرخه تا ۲۷ درصد در رقم استار بود. گرچه کلیه اجزای عملکرد در کاهش عملکرد در شرایط تنش سرما اثرگذار بودند اما بیش‌ترین سهم اثر سرما بر تولید تعداد دانه در سنبله و نیز تعداد سنبلچه در سنبله بود. تعداد سنبلچه در سنبله در طول مرحله پنجه‌زنی تا کمی قبل از ساقه‌دهی شکل می‌گیرد لذا اثر منفی تنش سرما بر تکامل سنبلچه‌ها موجب تغییرات فیزیولوژیکی و کاهش پتانسیل تولید سنبلچه در سنبله و نیز تعداد دانه در سنبله و در نهایت عملکرد گردید.تنش سرما با اثر بر افزایش یکسان Fo، موجب کاهش فتوسنتز گیاه شده و مواد فتوسنتزی لازم برای پر شدن دانه‌ها کاهش یافته و وزن هزار دانه را کاهش داد. مرحله رشدی گیاه قبل از تنش سرما با عملکرد دانه همبستگی منفی دارد بدان معنا که هر چه تنش سرما در مراحل رشدی تکامل یافته گیاه اتفاق بیفتد خسارت بر عملکرد بیش‌تر حادث می‌شود. لذا به نظر می‌رسد در مرحله پنجه‌زنی ایجاد تنش سرما با شدت زیاد اتفاق نمی‌افتد ولی موجب کاهش عملکرد و خسارت به تولید می‌گردد.

منابع

اندرزیان، ب. ۱۳۷۹. بررسی و مقایسه عملکرد گندم و جو تحت شرایط آبیاری محدود در شرایط آب و هوایی اهواز. پایان‌نامه کارشناسی ارشد زراعت، دانشگاه شهید چمران اهواز. ۱۵۱ ص.

جلیلیان، ع.، مظاهری، د.، توکل‌افشاری، ر.، عبداللهیان‌نوقابی، م.، رحیمیان‌مشهدی، ح. و احمدی، ع. ۱۳۸۷. اثر خسارت یخ زدگی در مرحله گیاهچه ارقام مختلف چغندر قند. مجله علوم زراعی ایران ۱۰ (۴): ۴۱۵-۴۰۰.

رادمهر، م.، لطفعلی‌آینه، غ.ع. و کجباف، ع. ۱۳۷۵. بررسی اثرات تنش گرما بر صفات زراعی، عملکرد و اجزای آن در ۲۵ ژنوتیپ گندم نان. مجله نهال و بذر. ۱۲ (۱): ۴۷-۳۵.

رشیدی، و.، عفت‌دوست، ن.، بیرون‌آرا، ع.ر.، بابازاده، ا. و مقدسی، ل. ۱۳۸۹. ارزیابی لاین‌های گندم دوروم برای تحمل به سرمای اول فصل از طریق کشت زودتر از موعد. مجله علوم کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی واحد تبریز. ۴ (۱۴): ۵۳-۶۴.

روستایی، م. ۱۳۸۸. بررسی تحمل به تنش انجماد و برخی از خصوصیات زراعی در ژنوتیپ‌ها گندم نان و دوروم دیم. مجله به‌زراعی به‌نژادی نهال و بذر ۱ (۲۵): ۲۹۵-۲۷۵.

سرمدنیا، غ. ۱۳۷۴. اثر درجه حرارت نامناسب بر رشد و عملکرد پنج رقم گندم پاییزه. مجله علوم کشاورزی ایران. ۲۶ (۲): ۹-۱.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-01-16]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1393.6.21.3.3]

صادقی، آ.، کاظمی‌اربط، ح.، روستایی، م. و فرحوش، ف. ۱۳۸۹. بررسی تحمل به سرما در برخی از ژنوتیپ‌های زمستانه و بینابین گندم نان در شرایط مزرعه در مراغه. مجله به‌نژادی نهال و بذر. ۱ (۲۶): ۷۶-۶۱.

عزیزی، ه.، نظامی، ا.، خزاعی، ح.ر. و نصیری‌محلاتی، م. ۱۳۸۷. ارزیابی تحمل به سرمای ارقام گندم در شرایط مزرعه. مجله پژوهش‌های زراعی ایران. ۶ (۲): ۳۵۲-۳۴۳.

عیوضی، ع.، جوانی، م. و رضایی، م. ۱۳۹۰. اثر تاریخ کاشت بر تحمل به تنش سرما در ژنوتیپ‌های گندم با تیپ رشد پاییزه، بهاره و بینابین. مجله تولید و فراوری محصولات زراعی و باغی. ۱ (۲): ۱۸-۱.

کافی، م.، جعفرنژاد، ا. و جامی‌الاحمدی، م. ۱۳۸۴. گندم، اکولوژی، فیزیولوژی و برآورد عملکرد (ترجمه)، چاپ اول، انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد. ۴۸۰ ص.

لطفعلی‌آینه، غ.، لک‌زاده، ا.، دارابی، ع.، نادری، ا.، اندرزیان، ب.، موسوی‌فضل، س.م.ه.، طاوسی، م.، مشرف، غ.، عبادوز، غ. و سوزنگر، ف. ۱۳۹۱. شرایط اقلیمی، آب و خاک و برنامه‌های توسعه‌ای زراعت آبی استان خوزستان. مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان. ۱۲۷ ص.

مشتعلی، ع.، سیادت، س.ع.، عالمی‌سعید، خ.، بخشنده، ع. و جلال‌کمالی، م.ر. ۱۳۹۲. مقایسه ارقام گندم با استفاده از شاخص‌های تحمل و حساسیت به تنش گرمای آخر فصل در اهواز. مجله تولیدات گیاهی (مجله علمی کشاورزی). ۳۶ (۲): ۷۳-۶۱.

ممنوعی، ا. و سیدشریفی، ر. ۱۳۸۹. بررسی اثر کمبود آب بر شاخص‌های فلورسانس کلروفیل و میزان پرولین در شش ژنوتیپ جو و رابطه آن با دمای آسمانه (Canopy) و عملکرد. مجله زیست‌شناسی گیاهی. ۲ (۵): ۶۲-۵۱.

نظامی، ا.، خزاعی، ح.ر.، عزیزی، ه. و نجیب‌نیا، س. ۱۳۸۸. اثرات خوسرمایی بر تحمل به سرمای گندم تحت شرایط آزمایشگاهی. مجله الکترونیک تولید گیاهان زراعی. ۲ (۴): ۷۰-۵۵.

موسوی، ع.، علیزاده، ب.، خدارحمی، م. و مصطفوی، خ. ۱۳۹۱. بررسی تحمل به سرما در ارقام زمستانه کلزا در شرایط مزرعه. مجله زراعت و اصلاح نباتات. ۸ (۳): ۳۷-۲۹.

Anonymous. 2007. Food and Agriculture organization (FAO). Agrostat database. Updated annually. Available on: http://apss.fao.org.

Araus, J.L., Amaro, T., Voltas, J., Nakkoul, H. and Nachit, M.M. 1998. Chlorophyll fluorescence as a selection criterion for grain yield in durum wheat under Mediterranean conditions. Field Crops Research 55: 209-224.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-01-16]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1393.6.21.3.3]

Araus. J.L., Bort, J., Casadesús, J., Nachit, M.M., Villegas, D., Aparicio, N. and Royo, C. 2000. Some remarks on ecophysiological traits for breeding. *In*: Royo C. (ed.), Nachit M. (ed.), Di Fonzo N. (ed.), Araus J.L. (ed.). Durum wheat in Mediterranean Region. New challenges. Zaragoza. CIHEAM-IAMZ, Zarago , Spain: 57-62.

Asadi, A., Askary Kelestanie, A.R., Mirfakhraii, S.R.G. and Abasi, A.R. 2013. Genetic variation of the 20 bread wheat cultivars under chilling stress by using GGE Biplot analysis. International Journal of Agronomy and Plant Production 4 (4): 696-706.

Ashraf, C.M. and Abu-shakras, S. 1987. Wheat seed germination under low temperature and moisture stress. Agronomy Journal 70: 135-139.

Atteya, A.M. 2003. Alteration of water relations and yield of corn genotypes in response to drought stress. Bulgarian Journal of Plant Physiology 29: 63-76.

Cray, J.W. 1975. Factors affecting cold injury of sugar beet seedling. Agronomy Journal 67: 258-262.

Fernandez, G.C.J. 1992. Effective selection criteria for assessing plant stress tolerance. pp: 257-270. *In*: Kuo, C.G. (Ed.). Proceeding of the international symposium on adaptation of vegetable and other food crops temperature and water stress. Taiwan.

Fischer, R.A. and Maurer, R. 1978. Drought resistance in spring wheat cultivars. I. Grain yield response. Australian Journal of Agricultural Research 29:897-912.

Fowler, D.B., Gusta, L.V. and Tyler, N.J. 1981. Selection for winter hardiness in wheat. III. Screening methods. Crop Science 21: 869-901.

Gusta, L.V. and Fowler, D.B. 1977. Cold resistance and injury in winter cereals. *In* "Stress Physiology in Crop Plants" (Eds: Mussel, H., and R.C. Staples). John Wiley & Sons, New York.

Hormann, H., Neubauer, C. and Schreiber, U. 1994. On the relationship between chlorophyll fluorescence quenching and quantum yield of electron transport in isolated thylakoids. Photosynthesis Research 40: 93-106.

Kendal, E.J. and McKersie, B.D. 1989. Free radical and freezing injury to cell membranes of winter wheat. Physiology Plant 76: 86-94.

Kocheva, K., Lambrev, P., Georgiev, G., Goltsev, V. and Karabaliev, M. 2004. Evaluation of chlorophyll fluorescence and membrane injury in the leaves of barley cultivars under osmotic stress. Bioelectrochemistry 63: 121-124.

Lecomte, C., Giraud, A. and Aubert, V. 2003. Testing a predicting model for frost resistance of winter wheat under natural condition. Agronomy Journal 23: 51-56.

Levitt, J. 1980. Response of plants to environmental stresses. Chilling, Freezing and High Temperature Stresses. I. Academic Press, New York.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-01-16]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1393.6.21.3.3]

Limin, A.E. and Fowler, D.B. 1981. Cold hardiness of some wild relatives of hexaploid wheat. Canadian Journal of Botany 59: 572-573.

Mahfoozi, S., Limin, A.E. and Fowler, D.B., 2001. Influence of vernalization and photoperiod responses on cold hardiness in winter cereals. Crop Science 41: 1006-1011.

Mohammad, A., Shafqat, F., Muhammad, A., Farah, N. and Rubina, A. 2006. Chlorophyll fluorescence in different wheat genotypes grown under salt stress. Pakistan Journal of Botany 38 (5):1739-1743.

Najafian, G. 2009. Drought tolerance indices, their relationship and manner of application to wheat breeding programs. Middle Eastern and Russian Journal of plant Science and Biotechnology 3: 25-34.

Paulsen, G.M., Heyne, E.G. and Wilkins, H.D. 1982. Spring freezing injury to Kansas wheat. Published by Agricultural Experiment Station and Cooperation Service. Kansas State University pp: 11.

Peter, J. 1991. Weather and yield, developments in crop science. Elsevier, Amsterdam and New York.

Rekika, D., Monneveux, P. and Havaux, M. 1997. The in vivo tolerance of photosynthetic membranes to high and low temperatures in cultivated and wild wheats of the Triticum and Aegilops genera. Journal of Plant Physiology 6: 734-738.

Rizza, F., Crosatti, C., Stanca, A.M. and Cttivella, L. 1994. Studies for assessing the influence of hardening on cold tolerance of barley genotypes. Euphytica 75: 131-138.

Ruzgas, V. and Liutkericus, G. 2001. Investigation of winter wheat cold tolerance in Lithuania for breeding purpose. Buvisindi 14: 29-34.

Saulescu, N.N. and Brawn, H.J. 2001. Cold tolerance. In Application of physiology in wheat breeding. Reynolds. M.P.Ortiz-Monasterio.J.I. and Mcnab (eds.). D.F.CIMMYT.

Sheikh, S., Behl, R.K. and Dhanda, S.S. 2008. Efficiency of stress-adaptive traits chlorophyll fluorescence and membrane thermo- stability in wheat under high temperature. Proceeding of 11th international wheat genetic symposium, Brisbane, QLD Australia.

Šlapakauskas, V. and Ruzgas, V. 2005. Chlorophyll fluorescence characteristics of different winter wheat varieties (Triticum aestivum L.). Agronomy Research 3 (2): 203–209.

Smillie, R.M. and Nott, R. 1982. Salt tolerance in crop plant monitored by chlorophyll fluorescence in vivo. Plant Physiology 70: 1049-1054.

Sofalian, O., Mohammadi, S.A., Aharizad, S., Moghaddam, M. and Shakiba, M.R. 2006. Inheritance of cold tolerance in common wheat (Triticum aestivum L.). Turkish Journal of Agriculture and Forestry 30: 399-405.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-01-16]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1393.6.21.3.3]

Van Hasselt, Ph.R. 1996. Chlorophyll fluorescence as a parameter for frost hardiness in winter wheat: a comparison with other hardiness parameters. Phyton-Annales Rei Botanicae 36 (1): 43-56.

Warrington, I.J., Dunstone, R.L. and Green, L.M. 1977. Temperature effects at three development stages on the yield of the wheat ear. Australian Journal of Agricultural Research 28 (1): 11-27.

Wilson, J.M. and Greaves, J.A. 1993. Development of fluorescence-based screening programs for temperature and water stress in crop plants. *In*: Adaptation of food crops to temperature and water stress. AVADC. Shanhua, Taiwan.

Zadoks, J.C., Chang, T.T. and Konzak, C.F. 1974. Adecimal code for the growth stages of cereals. Weed Research 14: 415-421.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2025-01-16]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1393.6.21.3.3]