مجله علوم گیاهان زراعی ایران
دوره ۳۹، شماره ۱، ۱۳۸۷ (۹۷-۸۹)

بررسی اثر تنش گرمای پایان فصل بر محدودیت مبداء و عملکرد ژنوتیپ‌های گندم (*Triticum aestivum* L.) در خوزستان

عادل مدحج
هیات علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد شوشتر
(تاریخ دریافت: ۸۴/۱۰/۳- تاریخ تصویب: ۸۵/۷/۱۹)

چکیده

به منظور بررسی اثر تنش گرمای بعد از گرده‌افشانی بر میزان محدودیت مبداء و عملکرد دانه ژنوتیپ‌های گندم نان، دو آزمایش جداگانه هر کدام در قالب بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال زراعی ۸۴-۱۳۸۳ و در شرایط محیطی اهواز اجرا گردید. شش ژنوتیپ گندم (چمران، ویناک، ۱۰-S۷۹، فونگ، دز و کویر) در دو تاریخ کشت مطلوب و با تاخیر، به منظور برخورد مراحل فنولوژیک بعد از گرده‌افشانی با گرما مورد ارزیابی قرار گرفتند. نتایج نشان داد، بیشترین و کمترین عملکرد دانه در شرایط مطلوب به ترتیب به ارقام چمران و فونگ اختصاص داشت. بیشترین و کمترین عملکرد دانه در شرایط تنش گرمای پایان فصل به ترتیب در ژنوتیپ‌های ویناک و۱۰-S۷۹ مشاهده شد. ژنوتیپ‌های ۱۰-S۷۹ و فونگ به ترتیب از بیشترین و کمترین میزان حساسیت به تنش برای عملکرد دانه برخوردار بودند، بیشترین و کمترین میزان کاهش عملکرد دانه در شرایط تنش به ترتیب در همین ژنوتیپ‌ها مشاهده شد. با استفاده از شاخص تحمل به تنش، چمران متحمل‌ترین و کویر حساس‌ترین ژنوتیپ‌ها به تنش گرمای پایان فصل برای عملکرد دانه برآورد شدند. میانگین محدودیت مبداء در شرایط مطلوب و تنش به ترتیب ۸/۳ و ۲٤ درصد بود. میانگین افزایش محدودیت مبداء در شرایط تنش نسبت به پتانسیل منبع در شرایط مطلوب ۲۹ درصد برآورد شد. نتایج همچنین نشان داد، لاین دیررس ۱۰-S۷۹ نسبت به ارقام زودرس نظیر فونگ و ویناک از محدودیت منبع و کاهش وزن و عملکرد دانه بیشتری در شرایط تنش برخوردار بود. به نظر می‌رسد، افزایش محدودیت مبداء ژنوتیپ‌های دیررس به دلیل مواجه شدن دوره پر شدن دانه در این ژنوتیپ‌ها با گرمای پایان فصل بود، در حالی که ژنوتیپ‌های زودرس با گرده‌افشانی زود هنگام، قبل از وقوع شرایط تنش گرمای پایان فصل، محدودیت مبداء و تغییرات وزن دانه کمتری در شرایط تنش داشتند.

واژه‌های کلیدی: **تنش گرمای پایان فصل، محدودیت مبداء، حساسیت و تحمل به تنش، ژنوتیپ‌های گندم**

مقدمه

گندم به دلیل ارزش غذایی و طیف نسبتاً وسیع سازگاری به شرایط متفاوت آب و هوایی در مقایسه با سایر گیاهان زراعی در سطح وسیعتری کشت می‌شود (۱۷). گسترش کشت گندم در مناطق مختلف این گیاه را تحت تاثیر شرایط محیطی مختلفی قرار داده، واکنش‌های متفاوت عملکردی را در آن موجب گردیده است. به‌هرحال‌اگر چه تمامی تنش‌های زنده و غیر زنده از عوامل مهم کاهش دهنده عملکرد گندم محسوب می‌شوند، اما رطوبت و دما از مهمترین عوامل‌موثر بر عملکرد این گیاه زراعی به شمار می‌روند (۳، ۱۹).

تلفن: ۰۹۱۶-۶۱۴۹۱۰۶ E-mail:adelmodhej2006@yahoo.com

مطالعات نشان داده‌اند که گندم در مناطق گرمسیری در سطحی معادل هفت میلیون هکتار در دنیا تحت شرایط تنش گرما کشت می‌شود (۲). تنش گرمای پایان فصل در شرایط آب و هوای خوزستان یکی از عوامل مهم محدود کننده رشد گندم است (۱۴). تنش گرما از طریق اختلال در فعالیت‌های متابولیکی گیاه نظیر فتوسنتز، تنفس، تعرق و گرده‌افشانی موجب کاهش عملکرد دانه گندم می‌شود (۱۲). به علت همزمانی تنش گرمای آخر فصل با مرحله پر شدن دانه، وزن دانه به عنوان یکی از مولفه‌های مهم عملکرد بیشتر از سایر مولفه‌ها تحت تاثیر قرار می‌گیرد. این مؤلفه از یک سو به میزان اسیمیلات‌های (مبداء) موجود، بویژه در مراحل اولیه رشد دانه و از سوی دیگر به ظرفیت و توانایی دانه‌های در حال رشد (مخزن) برای ذخیره اسیمیلات‌ها بستگی دارد (۶).

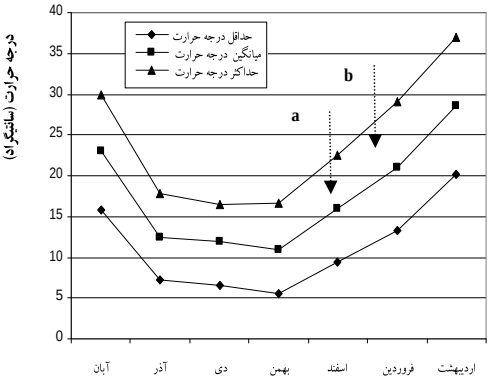
ژنوتیپ‌های گندم کشت شده در مناطق گرمسیری و نیمه گرمسیری با شرایط تنش گرمای پایان فصل، معمولاً با محدودیت مبداء روبرو هستند. در این مناطق در زمانی که بیشترین نیاز به مواد فتوسنتزی برای رشد دانه وجود دارد، منابع تامین این مواد به دلیل پیری زودرس برگ‌ها و کاهش منابع غذایی گیاه کاهش می‌یابد (۱۰). در برخی از مطالعات، میزان محدودیت مبداء به عنوان شاخصی برای ارزیابی میزان تحمل به تنش گرمای پایان فصل بکار گرفته شده است (۱۱، ۱۵). به منظور ارزیابی میزان محدودیت منبع و نحوه عرضه مواد پرورده به دانه، از تیمارهایی نظیر غنی سازی گاز کربنیک، حذف گزینشی دانه‌ها (۷) و تنک کردن تعدادی از بوته‌ها (۶) استفاده می‌شود. برخی پژوهش‌ها نشان داده‌اند، میزان محدودیت مبداء در شرایط تنش گرمای پس از گرده‌افشانی نسبت به شرایط مطلوب به شکل معنی‌دار افزایش می‌یابد. در این پژوهش‌ها مشخص شده است، ژنوتیپ‌هایی‌که دیررس‌تر هستند، اغلب محدودیت مبداء بیشتری در شرایط تنش دارند (۱۸). رادمهر و همکاران (۲۰۰۴) میزان محدودیت مبداء ۲۰ ژنوتیپ گندم را در شرایط مطلوب و تنش گرمای پایان فصل مورد بررسی قرار داده و نتیجه گرفتند، میانگین محدودیت مبداء ژنوتیپ‌های گندم در شرایط گرمای پایان فصل شش درصد نسبت به شرایط مطلوب افزایش یافت. در این پژوهش محدوده محدودیت مبداء ژنوتیپ‌ها در شرایط مطلوب ۳۴/۸-۰ درصد و در شرایط تنش گرمای انتهایی ۴۱/۲-۵/۷ گزارش شد. پانوزو و ایگلز (۱۹۹۹) گزارش دادند که تنش گرما، رشد دانه گندم را از طریق تغییر ظرفیت منبع و مخزن کاهش داد. در این پژوهش نمو زایشی در تلاقی با دمای بالا در مرحله پس از گرده‌افشانی به شدت تحت تاثیر قرار گرفت. مدحج و ذاکر نژاد (۲۰۰۴) با بررسی میزان محدودیت مبداء ژنوتیپ‌های گندم و تریتیکاله در شرایط محیطی خوزستان گزارش دادند که تمامی ژنوتیپ‌های مورد مطالعه دارای محدودیت مبداء بودند. این پژوهشگران همچنین نتیجه گرفتند که بین میزان محدودیت مبداء و وزن دانه همبستگی منفی و معنی‌دار وجود دارد (۱۳). بررسی منابع نشان می‌دهد با وجود اهمیت تنش گرمای آخر فصل در شرایط آب و هوایی خوزستان، ارزیابی اثر تنش گرمای پایان بر ویژگی‌های فیزیولوژیکی ژنوتیپ‌های گندم متداول در منطقه کمتر انجام شده است. از طرفی بهبود ژنتیکی تحمل به تنش نیازمند شناخت سازوکارهای فیزیولوژیکی تحمل به تنش به عنوان معیاری برای انتخاب ژنوتیپ‌های متحمل و پیشرفت ژنتیکی در این راستا می‌باشد. بنابراین مطالعه ویژگی‌های فیزیولوژیکی نظیر محدودیت مبداء و رابطه مبدا و مخزن در شرایط تنش گرمای پایان فصل ضروری به نظر می‌رسد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در سال زراعی ۸۴-۱۳۸۳ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه آزاد اسلامی اهواز با مشخصات جغرافیایی ´۲۰ ?۴۰ طول شرقی و ´۲۰ ?۳۲ عرض شمالی اجرا گردید. بر اساس نتایج حاصل از تجزیه خاک محل آزمایش، بافت خاک رسی لومی بود. محل انجام آزمایش دارای اقلیم گرم و خشک با زمستان‌های معتدل و تابستان‌های گرم می‌باشد. متوسط دما در فصل رشد گندم، میانگین حداکثر و حداقل آن به ترتیب ۲۰، ۲۵/۶ و ۱۴ درجه سانتیگراد بود. روند تغییرات حداقل، متوسط و حداکثر دمای محل انجام آزمایش (سال زراعی ۸۴-۱۳۸۳) در نمودار (۱) ارائه شده است.

طرح پژوهشی به صورت دو آزمایش مستقل و در قالب بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. شش ژنوتیپ

گندم (ویناک، چمران، فونگ، S۷۹-۱۰، دز و کویر) در تاریخ کشت‌های مطلوب (اول آذر) و با تاخیر (اول بهمن) به منظور برخورد مراحل فنولوژیکی رشد بعد از گرده‌افشانی با تنش گرمای پایان فصل، مورد مطالعه قرار گرفتند. ارقام ویناک و فونگ زودرس، لاین S۷۹-۱۰ دیررس و ارقام چمران، دز و کویر میانرس بودند. مقدار بذر کشت شده بر اساس توصیه‌های پژوهشی با تراکم ۴۰۰ بوته در متر مربع تعیین شد. کشت ژنوتیپ‌ها در شش خط در هر کرت صورت گرفت. طول هر خط سه متر و فاصله بین ردیف‌ها ۰/۲ متر بود. کود نیتروژن از منبع اوره به میزان ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص و فسفر به میزان ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار اکسید فسفر از منبع فسفات آمونیوم به خاک اضافه شد. یک سوم کود نیتروژن و تمام کود فسفر به صورت پایه بعد از دیسک اول در مزرعه توزیع و توسط دیسک دوم با خاک مخلوط گردید. به منظور تعیین میزان عملکرد دانه و اجزای آن، برداشت در مرحله رسیدگی نهایی و پس از حذف نیم متر از ابتدا و انتهای هر کرت از خطوط سوم و چهارم در سطحی معادل ۱/۲ متر مربع انجام گرفت.



شکل ۱- میانگین حداقل، متوسط و حداکثر دمای محل آزمایش در طول دوره رشد ژنوتیپ‌های گندم در سال زراعی ۸۴-۱۳۸۳. *پیکانهای* a (۱۸ اسفند) و b (۹ فروردین) به ترتیب نشان‌دهنده زمان آغاز مرحله گرده‌افشانی در تاریخ کاشت مطلوب و با تاخیر می‌باشد.

به منظور بررسی میزان محدودیت مبداء در ژنوتیپ‌های مورد مطالعه، تیمار قطع سنبلک اعمال گردید، که عبارت بود از حذف ۵۰ درصد از سنبلک‌های یک سمت سنبله. هر خط کشت سه متری به شش قسمت نیم متری تقسیم شده، نیم متر اول و آخر هر خط به عنوان حاشیه در نظر گرفته شد. عمل قطع سنبلک و همچنین تیمار شاهد (سنبله های دست نخورده)، در خطوط نیم متری از خطوط کاشت دوم و پنجم اعمال شدند (۱۱). پس از محاسبه وزن دانه در تیمارهای شاهد (سنبله‌های دست نخورده) و قطع سنبلک، میزان محدودیت مبداء با استفاده از رابطه زیر محاسبه شد (۸، ۹):

$$\text{(Source limitation)}\ S.L = (\frac{a}{b} - 1) \times 100$$

در این رابطه S.L ، a و b به ترتیب محدودیت مبداء بر حسب درصد، وزن دانه در تیمار قطع سنبلک و وزن دانه تیمار شاهد بودند. میزان افزایش محدودیت مبداء در شرایط تنش نسبت به پتانسیل مبداء در شرایط مطلوب با استفاده از رابطه زیر ارزیابی گردید:

$$S'.L' = (\frac{a'}{b'} - 1) \times 100$$

در این رابطه، S´.L´ ، a´ و b´ به ترتیب محدودیت مبداء در شرایط تنش نسبت به پتانسیل مبداء در شرایط مطلوب بر حسب درصد، وزن دانه در تیمار قطع سنبلک در شرایط مطلوب و وزن دانه تیمار شاهد در شرایط تنش گرما بودند (۱۱). پس از محاسبه عملکرد دانه و صفات وابسته به آن، این پارامترها با استفاده از شاخص‌های حساسیت به تنش پیشنهادی فیشر و مائورر (SSI) و تحمل به تنش پیشنهادی فرناندز (STI) ارزیابی شدند.

مقدار SSI از رابطه زیر محاسبه شد (۵):

$$SSI = \frac{1 - \frac{Y_{Si}}{Y_{Pi}}}{1 - \frac{Y_S}{Y_P}}$$

در این رابطه، Ypi ،Ysi ،Y_P و Ys به ترتیب عملکرد هر ژنوتیپ در شرایط مطلوب، عملکرد همان ژنوتیپ در شرایط تنش، میانگین عملکرد تمامی ژنوتیپ‌های در شرایط مطلوب و تنش بودند. مقادیر کمتر SSI نشان دهنده تغییرات کم عملکرد یک ژنوتیپ در شرایط تنش نسبت به شرایط مطلوب و در نتیجه تحمل بیشتر آن ژنوتیپ به شرایط تنش است.

مقدار STI از رابطه زیر محاسبه گردید(۴):

$$STI = \frac{Y_{Si} \cdot Y_{Pi}}{\overline{Y}^{2}_{P}}$$

در این معادله، Ypi ،Ysi و $\overline{Y}^{2}_{P}$ به ترتیب عملکرد هر ژنوتیپ در شرایط مطلوب، عملکرد و همان ژنوتیپ در شرایط تنش و مربع میانگین همه ژنوتیپ‌های در شرایط مطلوب بودند. مقادیر بیشتر STI منعکس کننده تحمل بیشتر گیاهان زراعی به شرایط تنش می‌باشد. تجزیه واریانس داده‌ها با استفاده از نرم افزار آماری MiniTab انجام شد. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن صورت گرفت.

عملکرد دانه و اجزای آن

شرایط مطلوب

مقایسه میانگین‌ها نشان داد، بیشترین و کمترین عملکرد دانه در شرایط مطلوب به ترتیب به ژنوتیپ‌های چمران و فونگ اختصاص داشت (جدول۲). مدحج و همکاران (۲۰۰۸)، سیادت و همکاران (۲۰۰۴) و رادمهر و همکاران (۲۰۰۴) گزارش دادند، ژنوتیپ چمران از عملکرد دانه بیشتری نسبت به سایر ژنوتیپ‌های مورد مطالعه در شرایط مطلوب برخوردار بود. در این پژوهش، عملکرد دانه، رقم فونگ در شرایط مساعد نسبت به سایر ژنوتیپ‌های کمتر بود.

ارقام گندم دز و کویر به ترتیب بیشترین و کمترین تعداد دانه در سنبله را در شرایط مطلوب به خود اختصاص دادند (جدول ۲). تفاوت بین دو رقم فونگ و دز از لحاظ تعداد دانه در سنبله معنی دار نبود. مدحج و همکاران (۲۰۰۸) گزارش داد، در میان ژنوتیپ‌های گندم مورد مطالعه، رقم فونگ از پتانسیل تعداد دانه در سنبله بالا در شرایط مطلوب برخوردار بود. مقایسه میانگین‌ها نشان داد، بیشترین و کمترین وزن تک دانه در شرایط مطلوب به ترتیب در لاین S۷۹-۱۰ و رقم کویر مشاهد شد (جدول ۲).

شرایط تنش گرمای پایان فصل

بیشترین و کمترین عملکرد دانه در شرایط تنش به ترتیب به رقم ویناک و کویر تعلق داشت، تفاوت دو رقم ویناک و چمران معنی‌دار نشد (جدول ۲). اگر چه رقم فونگ از کمترین عملکرد دانه در شرایط مطلوب برخوردار بود، عملکرد این رقم در شرایط تنش گرمای پایان فصل نسبت به ژنوتیپ‌های کویر و دز بیشتر بود (جدول ۲).

نتایج پژوهش‌های رادمهر و همکاران (۲۰۰۴) نشان داد که اگرچه عملکرد دانه رقم فونگ نسبت به سایر ژنوتیپ‌های مورد مطالعه در شرایط مطلوب کمتر بود، اما در شرایط تنش گرمای پایان فصل این رقم عملکرد نسبتاً بالایی در مقایسه با اکثر ارقام نشان داد. در شرایط تنش گرمای پایان فصل تعداد دانه در سنبله رقم دز و فونگ نسبت به سایر ژنوتیپ‌های بیشتر بود، کمترین تعداد دانه در سنبله به ژنوتیپ کویر مربوط بود (جدول ۲). بیشترین و کمترین وزن تک دانه در شرایط تنش به ترتیب در ارقام زودرس ویناک و دیررس کویر مشاهده شد (جدول ۲).

مدحج و بنی سعیدی (۲۰۰۷) گزارش دادند، در شرایط تنش گرمای انتهای فصل ژنوتیپ‌های دیررس‌تر از وزن دانه کمتری نسبت به ژنوتیپ‌های زودرس برخوردار بودند.

جدول۱- خلاصه نتایج تجزیه واریانس مرکب عملکرد دانه، اجزای عملکرد و محدودیت مبداء ژنوتیپ‌های گندم در شرایط مطلوب و تنش گرمای پایان فصل

منابع تغییرات	درجه آزادی	عملکرد دانه	وزن تک دانه	تعداد دانه در سنبله	محدودیت مبداء	وزن دانه در تیمار قطع سنبلک
آزمایش	۱	۱۰۳۲۳۱**	۴۶۸/۵**	۴۶۵**	۲۸۸۳**	۱۸/۷**
تکرار(آزمایش)	۶	۱۸۰۵	۰/۹۸	۰/۹۵	۰/۰۴	۰/۰۲
ژنوتیپ	۵	۱۱۷۲۲**	۱۰۵/۷**	۱۰۱/۲**	۳۹۵/۹**	۲۵/۶**
ژنوتیپ* آزمایش	۵	۵۹۸۵**	۹/۵**	۸/۵**	۲۸۲/۳**	۳۹/۱**
خطا	۳۰	۹۸۲	۱/۰	۰/۹۰	۰/۱۳	۰/۴۹
ضریب تغییرات (٪)		۷/۲	۲/۹	۹/۲	۲/۲	۱/۸

** معنی‌دار در سطح احتمال خطای ۱٪

جدول ۲- میانگین عملکرد دانه و صفات وابسته به آن در شرایط مطلوب و تنش گرمای پایان فصل

ژنوتیپ‌ها	میانگین‌ها					
	شرایط مطلوب			شرایط تنش		
	عملکرد دانه (کیلوگرم درهکتار)	وزن تک دانه (میلی‌گرم)	تعداد دانه در سنبله	عملکرد دانه (کیلوگرم درهکتار)	وزن تک دانه (میلی‌گرم)	تعداد دانه در سنبله
ویناک	۴۶۲۱^{cd}	۳۸^{b}	۳۱^{c}	۴۱۵۰^{a}	۳۳^{b}	۳۰^{b}
چمران	۵۶۶۰^{a}	۳۶^{c}	۳۴^{b}	۴۱۳۱^{a}	۲۹^{d}	۳۲^{b}
S۷۹ -۱۰	۵۱۶۲^{ab}	۴۰^{a}	۳۲^{c}	۳۴۸۲^{c}	۳۰^{cd}	۲۹^{b}
دز	۴۸۱۰^{bc}	۳۵^{c}	۳۸^{a}	۳۹۹۰^{a}	۳۱^{c}	۳۶^{a}
فونگ	۴۰۹۱^{e}	۳۹^{ab}	۳۷^{a}	۳۷۹۱^{b}	۳۵^{a}	۳۶^{a}
کویر	۴۲۸۲^{de}	۳۲^{d}	۲۷^{d}	۳۵۰۲^{c}	۲۹^{d}	۲۵^{c}
میانگین	۴۷۷۱	۳۶	۳۳	۳۸۴۱	۳۱	۳۱

در هر ستون میانگین‌هایی که حروف غیر مشترک دارند، دارای اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال خطای ۵٪ به روش دانکن هستند.

نتایج تجزیه واریانس نشان داد، تفاوت آزمایش، ژنوتیپ و برهمکنش ژنوتیپ و آزمایش برای تمامی صفات مورد مطالعه در سطح احتمال خطای ۱٪ معنی‌دار بود (جدول۱). مقایسه میانگین‌های عملکرد دانه در شرایط تنش گرمای پایان فصل نسبت به شرایط مطلوب نشان داد، میانگین عملکرد دانه تمامی ژنوتیپ‌ها در شرایط تنش گرمای پایانی نسبت به شرایط مطلوب ۲۴ درصد کاهش یافت. بیشترین و کمترین شیب تغییرات کاهش عملکرد دانه در شرایط تنش به ترتیب به لاین دیررس S۷۹-۱۰ و رقم زودرس فونگ اختصاص داشت (جداول ۲ و ۶). این نتایج با برخی پژوهش‌های انجام شده در شرایط تنش گرمای آخر فصل در منطقه خوزستان مطابق بود (۱۴، ۱۸). با توجه به همزمانی وقوع تنش گرما با مرحله پر شدن دانه گندم، صفت وزن دانه بیشتر از تعداد دانه تحت تأثیر قرار گرفت. بطوری که میانگین وزن دانه ژنوتیپ‌های مورد مطالعه در شرایط تنش نسبت به شرایط مطلوب ۱۷ درصد کاهش یافت. لاین S۷۹-۱۰ بیشترین و ارقام فونگ و کویر کمترین تغییرات کاهشی وزن دانه در شرایط تنش را به خود اختصاص دادند (جداول ۲، ۶).

محدودیت مبداء

نتایج نشان داد، وزن دانه تمامی ژنوتیپ‌های مورد مطالعه در شرایط مطلوب و تنش گرما در هنگام حذف ۵۰ درصد از سنبلک‌های روی سنبله نسبت به سنبله‌های شاهد (سنبله‌های دست نخورده) افزایش یافت (جدول ۳). ما و همکاران (۱۹۹۰ و ۱۹۹۶) گزارش دادند، ژنوتیپ‌هایی که نسبت به حذف تعدادی از مخزن‌های گیاه (دانه‌ها) واکنش نشان داده و وزن دانه افزایش یابد، دارای محدودیت مبداء هستند. به هر حال، تمامی ژنوتیپ‌ها در شرایط مطلوب و تنش گرما محدودیت مبداء داشتند (جدول ۳). تفاوت محدودیت مبداء برای آزمایش، ژنوتیپ و برهمکنش رقم و آزمایش در سطح احتمال خطای ۱٪ معنی‌دار بود (جدول ۱). بیشترین و کمترین محدودیت منبع در شرایط مطلوب به ترتیب در ارقام چمران و فونگ مشاهده شد (جدول ۳). نتایج مربوط به میزان محدودیت مبداء در ژنوتیپ‌های گندم در شرایط محیطی خوزستان بسیار متفاوت است. محدودیت منبع در رقم چمران در شرایط مطلوب در پژوهش‌های مختلف بین صفر تا ۱۴ درصد ارزیابی شده است (۱۰، ۱۱). مقایسه میانگین‌ها نشان داد، میانگین محدودیت مبداء در شرایط تنش گرما نسبت به شرایط مطلوب افزایش یافت، به طوری که محدودیت مبداء ژنوتیپ‌های گندم در شرایط تنش نسبت به شرایط مطلوب ۱۵/۷ درصد افزایش داشت (جدول ۳). بیشترین و کمترین میزان محدودیت مبداء در شرایط تنش به ترتیب به ارقام دیررس کویر و زودرس ویناک اختصاص داشت، تفاوت بین دو رقم زودرس ویناک و

فونگ از لحاظ این صفت معنی‌دار نبود (جدول ۳). مدحج و بنی‌سعیدی (۲۰۰۷) و همچنین نادری و همکاران (۲۰۰۰) گزارش دادند، در شرایط تنش گرما و خشکی پس از گرده افشانی محدودیت مبداء ژنوتیپ‌های زودرس نظیر فونگ نسبت به ژنوتیپ‌های دیررس‌تر کمتر بود. ژنوتیپ‌هایی که در شرایط تنش محدودیت مبداء بیشتری داشتند، از عملکرد و وزن دانه کمتری نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها برخوردار بودند (جدول ۳). بین محدودیت مبداء در شرایط تنش با وزن دانه ($r= -۰/۷۸^{**}$) و عملکرد دانه ($r= -۰/۸۳^{**}$) همبستگی منفی و معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪ مشاهده شد(جدول ۴).

جدول ۴- ضریب همبستگی بین وزن دانه، عملکرد دانه و محدودیت مبداء در شرایط تنش گرمای پایان فصل

	وزن دانه	عملکرد دانه
محدودیت مبداء	$-۰/۸۷^{**}$	$-۰/۸۳^{**}$

** معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪

میزان افزایش محدودیت مبداء در شرایط تنش گرمای انتهایی نسبت به پتانسیل مبداء در شرایط مطلوب به منظور درک بهتر تغییرات عملکرد دانه و وزن دانه در شرایط تنش مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج نشان داد، میانگین افزایش محدودیت مبداء ژنوتیپ‌های مورد مطالعه در شرایط تنش نسبت به شرایط مطلوب ۲۹ درصد بود (جدول ۳). ژنوتیپ‌هایی که افزایش محدودیت منبع بیشتری داشتند، از شیب تغییرات عملکرد و وزن دانه بالاتری در شرایط تنش برخوردار بودند، بطوری که ضریب همبستگی بین میزان افزایش محدودیت مبداء با شیب تغییرات وزن دانه ($r=۰/۸۴^{**}$) و عملکرد دانه ($r=۰/۹۶^{**}$) مثبت و معنی‌دار در سطح احتمال خطای ۱٪ ارزیابی شد (جدول ۵).

بیشترین و کمترین میزان افزایش محدودیت مبداء در شرایط تنش به ترتیب به لاین S۷۹-۱۰ و رقم فونگ اختصاص داشت (جدول ۳).

بیشترین و کمترین کاهش عملکرد وزن دانه در شرایط تنش نسبت به شرایط مطلوب به ترتیب در همین ژنوتیپ‌ها مشاهده شد (جدول ۶). زودرسی و گرده افشانی زودهنگام در رقم فونگ موجب شد، مراحل پر شدن دانه در این ژنوتیپ‌ها از گرمای پایان فصل کمتر خسارت ببینند و این واکنش، محدودیت مبداء کمتر و تغییرات کم وزن دانه و عملکرد دانه را به همراه داشت (جداول ۳ و ۶).

جدول ۵- ضریب همبستگی بین کاهش وزن دانه (درصد)، کاهش عملکرد دانه (درصد) و میزان افزایش محدودیت مبداء در شرایط مطلوب نسبت به شرایط تنش گرمای پایان فصل

	کاهش وزن دانه	کاهش عملکرد دانه
افزایش محدودیت منبع	$۰/۸۴^{**}$	$۰/۹۶^{**}$

** معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪

شاخص‌های حساسیت و تحمل به تنش

به منظور بررسی میزان تحمل و حساسیت عملکرد و وزن دانه ژنوتیپ‌های گندم به تنش گرما، شاخص‌های ارزیابی کننده میزان تحمل و حساسیت به تنش برای این صفات محاسبه شد. بیشترین و کمترین میزان شاخص حساسیت به تنش برای صفت وزن دانه به ترتیب به ژنوتیپ‌های S۷۹-۱۰ و کویر اختصاص داشت، بیشترین و کمترین شیب تغییرات وزن دانه در شرایط تنش نیز در همین ژنوتیپ‌ها مشاهده شد (جدول ۶). مدحج و همکاران (۲۰۰۸) نتیجه گرفتند ژنوتیپ‌هایی که از شیب تغییرات وزن دانه بیشتری در شرایط تنش برخوردار باشند، با استفاده از شاخص حساسیت به تنش، ژنوتیپ‌هایی حساس ارزیابی می‌شوند. به هرحال با استفاده از این روش ژنوتیپ‌هایی نظیر کویر که از پتانسیل کم وزن دانه در هر دو شرایط مطلوب و تنش برخوردار بودند، اما تغییرات وزن دانه کمتری در شرایط تنش نسبت به شرایط مطلوب داشتند، ژنوتیپ‌هایی متحمل و مناسب جهت به‌کارگیری معرفی شدند. ضریب همبستگی بین شاخص حساسیت به تنش و شیب کاهش وزن دانه در شرایط تنش ($r=۰/۹۹^{**}$) مثبت و معنی‌دار در سطح احتمال خطای ۱٪ ارزیابی شد.

ارقام فونگ و کویر به ترتیب بیشترین و کمترین شاخص تحمل به تنش را برای صفت وزن دانه به خود

جدول۶- شاخص‌های تحمل و حساسیت به تنش برای عملکرد دانه و وزن تک دانه

ژنوتیپ	وزن تک دانه		عملکرد دانه		
	SSI	STI	کاهش وزن دانه در شرایط تنش(درصد)	SSI	STI	کاهش وزن دانه در شرایط تنش(درصد)
ویناک	۱/۰۰	۰/۹۶	۱۵/۰	۰/۵۵	۰/۸۴	۱۱/۰۰
چمران	۱/۴۰	۰/۸۰	۲۴/۰	۱/۳۵	۱/۰۲	۳۷/۰۰
S۷۹ -۱۰S	۱/۸۰	۰/۹۲	۳۳/۰	۱/۶۰	۰/۷۹	۴۸/۰۰
دز	۰/۸۵	۰/۸۳	۱۳/۰	۰/۸۵	۰/۸۴	۲۰/۰۰
فونگ	۰/۷۳	۱/۰۵	۱۱/۵	۰/۴۰	۰/۶۸	۸/۰۰
کویر	۰/۷۱	۰/۶۲	۱۱/۱	۱/۰۰	۰/۶۵	۲۳/۰۰

SSI = Stress Susceptibility Index= شاخص حساسیت به تنش

STI= Stress Tolerance Index = شاخص تحمل به تنش

اختصاص دادند (جدول ۶). بیشترین و کمترین وزن دانه در شرایط تنش نیز به همین ارقام تعلق داشت (جدول ۳). مدحج و همکاران (۲۰۰۸) معتقدند، ژنوتیپ‌هایی که از پتانسیل وزن دانه بالائی در شرایط مطلوب و یا تنش برخوردار هستند، شاخص تحمل به تنش بیشتری دارند. بنابراین اگر چه این شاخص برای معرفی ژنوتیپ‌های پر پتانسیل مناسب است، اما شیب تغییرات وزن دانه را در شرایط تنش به خوبی نشان نمی‌دهد. ضریب همبستگی بین شاخص تحمل به تنش و وزن دانه ژنوتیپ‌ها در شرایط مطلوب ($r=۰/۹۹^{**}$) مثبت و معنی‌دار بود. با استفاده از شاخص تحمل به تنش ژنوتیپ‌هایی نظیر S۷۹-۱۰ که از وزن دانه بالایی در شرایط مطلوب برخوردار بودند، ژنوتیپ‌هایی متحمل ارزیابی شدند (جداول ۳ و ۶). ارزیابی شاخص حساسیت به تنش گرمای انتهایی برای صفت عملکرد دانه نشان داد، بیشترین و کمترین حساسیت برای عملکرد دانه به ترتیب به ژنوتیپ‌های S۷۹-۱۰ و فونگ اختصاص داشت. بیشترین و کمترین میزان کاهش عملکرد دانه در شرایط تنش به ترتیب در همین ژنوتیپ‌ها مشاهده شد (جدول ۶). اگر چه شیب تغییرات عملکرد دانه در ژنوتیپ چمران نسبت به کویر بیشتر بود (جدول ۶)، با استفاده از شاخص تحمل به تنش، ارقام چمران و کویر به ترتیب متحمل‌ترین و حساس‌ترین ژنوتیپ‌ها به تنش گرمای پایان فصل ارزیابی شدند.

با توجه به نتایج مربوط به افزایش محدودیت مبداء، شیب تغییرات وزن و عملکرد دانه و همچنین شاخص‌های حساسیت و تحمل به تنش به نظر می‌رسد، حساسیت بالا برای صفات وزن دانه و عملکرد دانه ژنوتیپ‌های دیررس نظیرS۷۹-۱۰ و حساسیت کم برای این صفات در ارقام زودرس نظیر فونگ و ویناک به دلیل همزمانی بیشتر تنش گرمای پایان فصل با مراحل پس از گرده‌افشانی در ژنوتیپ‌های دیررس نسبت به ژنوتیپ‌های زودرس‌تر، تشدید محدودیت مبداء و متعاقب آن کاهش وزن دانه و عملکرد دانه در این ژنوتیپ‌ها می‌باشد. به هر حال، ارقام پرپتانسیل نظیر چمران با وجود حساسیت نسبتاً بالا برای وزن دانه و عملکرد دانه در شرایط تنش، از عملکرد بالائی در هر دو شرایط مطلوب و تنش برخوردار بودند (جدول ۶). این نتایج با گزارش احمدی و سی و سه مرده (۲۰۰۴) مطابقت داشت. بطور کلی با استفاده از شاخص‌هائی که به منظور ارزیابی ژنوتیپ‌ها در شرایط تنش مورد استفاده قرار گرفتند و همچنین میزان عملکرد ژنوتیپ‌ها در شرایط مطلوب و تنش گرمای انتهایی، ژنوتیپ‌های مورد مطالعه به چهار گروه تقسیم شدند:

گروه A: ژنوتیپ‌هایی که در شرایط مطلوب و تنش از عملکرد بالا و شاخص تحمل به تنش بالائی برخوردار بودند، نظیر رقم چمران.

گروه B: ژنوتیپ‌هایی که در شرایط مطلوب عملکرد بالا و در شرایط تنش به علت همزمانی با گرمای پایان فصل و تحمل کم به تنش، عملکرد پایین داشتند، نظیر لاین ۱۰-S ۷۹ و رقم دز.

گروه C: ژنوتیپ‌هایی که در شرایط مطلوب عملکرد کم و در شرایط تنش عملکرد بالایی داشتند، نظیر ارقام فونگ و ویناک. این ارقام از شاخص حساسیت به تنش و محدودیت مبداء کمتری نسبت به سایر ژنوتیپ‌های برخوردار بودند.

گروه D: ژنوتیپ‌هایی که در هر دو شرایط مطلوب و تنش پتانسیل عملکرد پایین و تحمل به تنش کمتری نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها داشتند، نظیر رقم کویر.

REFERENCES

1.Ahmadi, A., & A, A, Sio-Semardeh. 2004. The effect of water stress on soluble carbohydrates chlorophyll and proline content of four Iranian wheat cultivars and different moisture regimes. Iranian Journal of Agricultural Science. 35 (3): 776-784.

2.Badrruuddin, M., M. Reynelds., & O. Ageeb. 1999. Wheat management in warm environments: Effect of organic and inorganic fertilizers, irrigation frequency and mulching. Agron. J. 91:975-983.

3.Entez, M. H., & D. B. Flower. 1990. Differential agronomic response of wheat cultivars to environmental stress. Crop Sci. 30:1119-1123.

4.Fernandez, G. J. 1992. Effective selection criteria for assessing plant stress tolerance. pp. 257-270. In: Proceeding of the International Symposium on Adaptation of vegetables and other food crops In Temperate and water stress. Taiwan.

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

6.Hashemi-Dezfoli, A., & A. Marashi. 1995. Assimilate changes in flowering growth stage and its effect on grain growth, grain yield and yield components. Science and Agricultural Industries Journal. Mashhad, Iran. 9 (1): 16-32.

7.Hesami, A. 2000. A study of the correlation between grain filling period, grain yield and other agronomic characters of barley. 6th Iranian Agronomy and Plant Breeding Conference. Babolsar. Iran.

8.Ma, Y. Z., C. Mackown, & D. A. Van Sanford. 1996. Differential effects of partial spikelet removal and defoliation on kernel growth and assimilate partitioning among wheat cultivars. Field Crops Res. 47 : 201 - 209.

9.Ma, Y. Z, C. T. Mackown, & D. A. Van Sanford. 1990. Sink manipulation in wheat: Compensatory changes in kernel size. Crop Sci. 30:l099-1105.

10.McCaig, T. N., & J. M. Clark. 1982. Seasonal changes in nonstructural carbohydrates levels of wheat and out grown in semiarid environment. Crop Sci. 22:963-970.

11.Modhej. A., & A. Banisaidi. 2007. Evaluation of source restriction intensifying of wheat spring heat (Triticum aestivum L.) genotypes under post-anthesis heat stress. International Journal of Applied Agricultural Research. 2 (1): 1- 11.

12.Modhej, A., & G. Fathi. 2008. Wheat Physiology. Islamic Azad University Press, Shoushtar, Iran.

13.Modhej, A., and S. Zakernejad. 2004. Effect of spikelet removal on grain weight of wheat and triticale genotypes. Annual Research Report of Islamic Azad University, Ahvaz, Iran.

14.Modhej, A., A. Naderi., Y. Emam., G. Normohamadi., & A. Ayenehband. 2008. Effects of post-anthesis heat stress and nitrogen levels on grain yield in wheat (*T. durum* and *T. aestivum*) genotypes. International Journal of Plant Production. 2 (3): 257-267.

15.Naderi, A. 2000. A study of genetic diversity and modeling of assimilates and nitrogen remobilization to the grains in wheat genotypes under post-anthesis drought stress. Ph.D Tez, Islamic Azad University, Research and Science Unit, Ahvaz, Iran.

16.Panozzo, J. F., & H. A. Eagles. 1999. Rate and duration of grain filling and grain nitrogen accumulation of wheat cultivars grown in different environments. Aust. J. of Agric. Res. 50(60):1007-1015.
17.Radmehr, M. 1997. Effect of heat stress on physiology of growth and development of wheat. Ferdowsi University Press, Mashhad, Iran.
18.Radmehr, M., A. Lotfali-Ayeneh., & A, Naderi. 2004. A study of source-sink relationship of wheat genotypes under optimum and post-anthesis heat stress conditions. Iranian Agronomy Journal. 6 (2): 101-113.
19.Rawson H.M. 1988. Effect of high temperatures on the development and yield of wheat and practices to reduce deleterious effects. In: Klatt A.R., ed. Wheat production constrains in tropical environments. Mexico City: CIMMYT, 44-62.
20. Siadat, A., A. Modhej., & A. Naderi. 2004. Effect of post-anthesis heat stress on source restriction of wheat genotypes under Ahvaz conditions. 8th Iranian Agronomy and Breeding Conference, Karaj, Iran.