

## کمی سازی وقوع تنش‌های دمایی در زراعت گندم (*Triticum aestivum*) در گرگان

\* پیمان رضایی<sup>۱</sup>، افشین سلطانی<sup>۲</sup>، فرشید اکرم‌قادری<sup>۳</sup>، ابراهیم زینلی<sup>۳</sup>

<sup>۱</sup> دانشجوی سابق کارشناس‌ارشد گروه زراعت دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، آستاد گروه زراعت دانشگاه علوم

کشاورزی و منابع طبیعی گرگان و <sup>۳</sup> مربی گروه زراعت دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

تاریخ دریافت: ۸۵/۸/۹؛ تاریخ پذیرش: ۸۷/۳/۶

### چکیده

برخلاف پیشرفت‌های گسترده تکنولوژیک در کشاورزی، هنوز هم اقلیم، اصلی‌ترین عامل تعیین‌کننده عملکرد گیاهان زراعی به‌شمار می‌آید. هدف از این مطالعه کمی‌سازی احتمال وقوع تنش‌های مختلف دمایی در مراحل مختلف رشد گندم تحت شرایط محیطی گرگان بود. بدین‌منظور ابتدا با استفاده از مطالعات انجام شده قبلی درجه روز رشد مورد نیاز گیاه گندم رقم تجن برای طی کردن مراحل اصلی نمو محاسبه شدند. سپس با استفاده از آمار هواشناسی ۴۰ ساله گرگان و برنامه رایانه‌ای، که به همین منظور تهیه شده بود احتمال وقوع دماهای مختلف تنش‌زا برای فرآیندهای مختلف محاسبه گردید. نتایج نشان داد که گندم در مراحل نموی سبز شدن، رشد رویشی، طویل شدن ساقه، گلدهی و گرده‌افشانی با تنش سرمایی و یخ‌زدگی مواجه است، در حالی که تنش گرما در طی دوره پر شدن دانه، فتوسنتز این گیاه را محدود می‌سازد. از نتایج این تحقیق می‌توان در به‌زراعی و به‌نژادی گندم و طراحی تحقیقات فیزیولوژی تنش‌های محیطی گیاه گندم در آینده استفاده کرد.

واژه‌های کلیدی: گندم، تنش، دما

### مقدمه

ناشی از این تنش‌ها کمتر از خسارت تنش خشکی نباشد. اخیراً مسأله تغییرات اقلیمی و پدیده گرم شدن کره زمین مطرح شده که اهمیت تنش‌های حرارتی و بروز تنش گرمایی را افزایش می‌دهد، بنابراین شناخت دماهایی که گیاه در طی دوره رشد در معرض آنها قرار دارد، اهمیت یافته است و باید بررسی شود که گیاه در کدام یک از مراحل رشد، با چه تنش دمایی و با چه شدتی مواجه است. تحقیقات متعددی در مورد اثرات دما بر رشد و نمو، فیزیولوژی، مورفولوژی و فنولوژی گیاه گندم صورت گرفته است (الخطیب و گری، ۱۹۹۰ فرآیند جوانه‌زنی گندم تحت تأثیر دما قرار می‌گیرد. سرعت جذب آب در دمای ۳۲ درجه سانتی‌گراد و بالاتر افزایش می‌یابد و در ۳۸ درجه سانتی‌گراد به حداکثر می‌رسد (بلوم

گندم بیش از هر گیاهی در جهان کشت می‌گردد و در دنیا هیچ ماهی از سال نیست که در آن محصول گندم به‌دست نیاید (آناقلی، ۲۰۰۰). ارزش غذایی و ارزانی گندم باعث شده است که در الگوی غذایی بیش از ۷۵ درصد جمعیت دنیا نقش داشته باشد. بر طبق آمارهای مختلف، متوسط سهم مصرف نان در کل انرژی مورد احتیاج انسان حدود ۴۰ درصد می‌باشد (نورمحمدی و سیادت، ۲۰۰۱). اثرات منفی تنش‌های دمایی بر تولید گیاهان زراعی مشکلی جدی و اساسی است و ممکن است خسارت

\*- مسئول مکاتبه: reza\_0012003@yahoo.com

مقاوم، اثرات تنش را به حداقل رساند. نتایج این گونه تحقیقات می‌تواند در سه بخش کاربرد داشته باشد (الف) کمک به بهبود مدیریت زراعی، (ب) روشن نمودن نیازهای به‌نژادی و (ج) کمک به طراحی بهتر مطالعات مربوط به تنش‌های دمایی در گیاه گندم. برای مثال اگر مسئله تنش گرما در محدوده زمانی خاص برای گندم مشکل‌ساز باشد، با مشخص شدن دقیق و کمی شدن قضیه می‌توان مشکل را برطرف کرد یا در مورد بند ب ممکن است مشخص شود که باید اصلاح نباتات برای تولید ارقام گندم متحمل به تنش سرما و دمای بالا صورت گیرد و در مورد بند (ج) با کمی شدن تنش‌ها و احتمال وقوع آنها، می‌توان از اطلاعات حاصله در انتخاب تیمارهای تنش در مطالعات بعدی فیزیولوژیک سود جست. هدف از این تحقیق کمی‌سازی وقوع تنش‌های دمایی برای فرایندهای مختلف در گیاه گندم در گرگان است.

### مواد و روش‌ها

گرگان در عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۵۱ دقیقه شمالی، طول جغرافیایی ۵۴ درجه و ۱۶ دقیقه شرقی و در ارتفاع ۱۳ متر از سطح دریا واقع شده است. ویژگی‌های مهم اقلیمی گرگان شامل حداقل و حداکثر دمای ماهانه، تشعشع ماهانه، بارندگی کل ماهانه، رطوبت نسبی و سرعت باد در جدول ۱ درج شده است.

و سینمنا، ۱۹۹۴). فتوسنتز گندم در ۲۸ تا ۲۹ درجه سانتی‌گراد متوقف می‌شود. بنابراین زمانی که دمای برگ به بالاتر از ۲۹ تا ۳۲ سانتی‌گراد می‌رسد، گیاه از بین می‌رود و مواد جدیدی تولید نمی‌شود. مقدار فتوسنتز و مقدار تنفس در دمای نزدیک صفر تا حرارت کشنده (۴۵ درجه سانتی‌گراد) افزایش می‌یابد (جمزکوک و راگر، ۱۹۹۷). سویدی و همکاران (۱۹۹۸) گزارش کردند که وجود دماهای سرمازای زیر ۸ درجه سانتی‌گراد در حین نمو زایشی گندم ممکن است منجر به کاهش عملکرد کل گردد. دماهای شبانه زیر ۵ درجه سانتی‌گراد و میانگین دمای روزانه زیر ۱۰ درجه سانتی‌گراد باعث ۹۸ درصد عقیمی می‌گردد. با افزایش دما از ۲۰ به ۳۵ درجه سانتی‌گراد فعالیت غشای تیلاکوئید در سلول‌های گندم کاهش می‌یابد که این، به موازات کاهش فعالیت سیستم انتقال الکترون است (الخطیب و گری، ۱۹۹۰). تاشیر و واردلو (۱۹۸۹) ثابت کردند که اگر در طی یک دوره ۷ روزه بعد از گرده‌افشانی دما از ۲۰/۱۶ (دمای شب/روز) درجه سانتی‌گراد به ۳۶/۳۱ (دمای شب/روز) سانتی‌گراد افزایش یابد، وزن دانه‌های گندم تا بیش از ۸۵ درصد کاهش می‌یابد. بولار و جنر (۱۹۸۵) گزارش کردند که دمای بالا باعث به تأخیر افتادن تبدیل ساکارز به نشاسته در دانه‌های گندم در حال پر شدن می‌شود. بعد از شناخت کافی از نوع و شدت تنش‌های دمایی در مراحل مختلف رشد می‌توان با تغییر مدیریت زراعی و یا استفاده از ارقام

جدول ۱- ویژگی‌های مهم اقلیمی گرگان در دراز مدت (۴۰ ساله).

ماه	رطوبت نسبی	سرعت باد (متر بر ثانیه)	بارندگی ماهانه (میلی‌متر)	حداقل دما (درجه سانتی‌گراد)	حداکثر دما (درجه سانتی‌گراد)	تشعشع ماهانه (مگاژول بر مترمربع)
فروردین	۰/۷۷	۰/۸۰	۶۰/۳	۹	۱۹/۳	۱۷/۴
اردیبهشت	۰/۷۲	۰/۸۶	۴۷/۲	۱۳/۸	۲۴/۹	۲۰/۱
خرداد	۰/۶۸	۰/۹۰	۳۵/۷	۱۸/۴	۲۹/۶	۲۱/۶
تیر	۰/۶۸	۰/۷۵	۲۳/۱	۲۱/۹	۳۲	۲۱/۲
مرداد	۰/۷۲	۰/۵۷	۲۷/۷	۲۲/۷	۳۲/۳	۱۹/۶
شهریور	۰/۷۴	۰/۵۳	۳۷/۷	۲۰/۳	۳۰/۴	۱۷/۸
مهر	۰/۷۴	۰/۴۵	۶۴/۴	۱۵/۱	۲۵/۹	۱۴/۸
آبان	۰/۷۵	۰/۴۲	۶۷	۱۰/۴	۲۰/۹	۱۱/۱
آذر	۰/۷۸	۰/۴۱	۶۲/۷	۶/۳	۱۵/۹	۹/۲
دی	۰/۷۹	۰/۴۷	۵۶/۹	۳/۸	۱۲/۹	۹/۴
بهمن	۰/۷۷	۰/۵۴	۵۷/۶	۳/۴	۱۲/۴	۱۱/۲
اسفند	۰/۷۷	۰/۷۱	۷۳/۳	۵/۲	۱۴/۵	۱۴/۱

برای انجام تحقیق لازم بود درجه روز رشد لازم مورد نیاز برای مراحل مختلف رشد گیاه گندم در دسترس باشد. بدین منظور از اطلاعات مربوط به رقم تجن (رقم متداول منطقه)، استفاده گردید (آناقلی، ۲۰۰۰). در کنار جمع‌آوری این اطلاعات درباره مراحل فنولوژیک، اطلاعات هواشناسی شامل حداقل و حداکثر دمای روزانه مربوط به هر دوره نیز از اداره هواشناسی گرگان تهیه شد. درجه روز رشد مورد نیاز برای مراحل مختلف رشد گیاه گندم به صورت معادله (۱) محاسبه شد:

$$GDD = \sum ((T_{max} + T_{min}) / 2) - T_b \quad (1)$$

که در آن  $T_{max}$  و  $T_{min}$  به ترتیب حداکثر و حداقل دمای روزانه و  $T_b$  دمای پایه برای نمو گیاه می‌باشد. دمای پایه برای گندم صفر درجه سانتی‌گراد در نظر گرفته شد (زینلی و سلطانی، ۲۰۰۱). همچنین در محاسبه میانگین دمای هوا، اگر حداقل دمای روزانه کمتر از دمای پایه بود، مساوی با آن قرار داده شد و نیز اگر حداکثر دمای روزانه بیشتر از یک حد معین بود، برابر با آن قرار داده شد. این حد معین برای گندم ۳۰ درجه سانتی‌گراد در نظر گرفته شد (کوچکی، ۲۰۰۲). مراحل رشد گیاه به چهار دوره مهم تقسیم‌بندی شد که عبارت بود از کاشت تا سبز شدن (سبز شدن) سبز شدن تا سنبله‌دهی (رشد رویشی)، سنبله‌دهی تا گرده‌افشانی (گلدهی) و گرده‌افشانی تا رسیدگی فیزیولوژیک (پر شدن دانه). در جدول (۲)، معدل مقادیر  $GDD$  در مراحل مختلف آورده شده است. از این مقادیر برای شبیه‌سازی وقوع مراحل مختلف فنولوژیک هر گیاه در هر سال معین استفاده شد.

در مرحله دوم تحقیق، ابتدا آمار هواشناسی ۴۰ ساله گرگان از سال ۱۹۶۱ تا ۲۰۰۰ از اداره هواشناسی گرگان گرفته سپس یک برنامه کامپیوتری (به زبان QBASIC) تهیه شد. این برنامه قادر است تاریخ کاشت مورد نظر را در فایل آمار هواشناسی پیدا کند و سپس با استفاده از حداقل و حداکثر دمای روزانه، دمای ساعت به ساعت هوا در طول شبانه‌روز را محاسبه کند. این برنامه، روی فایل هواشناسی روز به روز جلو می‌رود و دمای هوا را ساعت به ساعت محاسبه کرده و دمای هوای مربوط به هر مرحله از رشد گیاه و مربوط به شب و روز را جداگانه ذخیره می‌نماید. تا بتوان آمار ساعت به ساعت هوای مربوط به هر مرحله از رشد را تجزیه و تحلیل آماری کرد. دمای ساعت به ساعت هوا با استفاده از معادلات ارائه شده توسط گودریان و ون‌لار (۱۹۹۴) محاسبه می‌گردد. برای تعیین دماهایی که گیاه گندم در طول مراحل مختلف فنولوژیک خود دریافت می‌کند، تاریخ‌های کشت مختلفی به شرح جدول (۳) در نظر گرفته شد. برای هر سال، برنامه کامپیوتری تهیه شده، محاسبات خود را از تاریخ کاشت‌های ذکر شده در جدول (۳) شروع می‌کند. در هر روز که  $GDD$  جمعی به حد مشخص شده برای هر مرحله برسد، آن مرحله تمام شده تلقی می‌شود. به عبارت دیگر شروع و پایان هر مرحله رشد در هر سال با کمک  $GDD$  هر مرحله مشخص می‌شود.

جدول ۲- مقادیر  $GDD$  مورد نیاز برای مراحل مختلف رشد در گندم (رقم تجن) تحت شرایط گرگان.

GDD	مرحله رشد
۱۲۵	از کاشت تا سبز شدن
۱۳۵۳	از کاشت تا گلدهی
۱۴۴۳	از کاشت تا شروع رشد دانه
۲۱۷۵	از کاشت تا رسیدگی

جدول ۳- تاریخ کاشت‌های زود، معمول و دیر برای گندم در گرگان.

تاریخ کاشت	معیار
زود	آخرین روز از یک دوره ۵ روزه بدون بارش پس از اول آبان
معمول	آخرین روز از یک دوره ۵ روزه بدون بارش پس از اول آذر
دیر	آخرین روز از یک دوره ۵ روزه بدون بارش پس از اول دی

جدول ۴- دماهای دریافت‌شده (درجه سانتی‌گراد) در طی سبز شدن گندم در تاریخ‌های کاشت زود، معمول و دیر.

حداقل	زود	معمول	دیر
حداقل	۰	-۳	-۱۰
حداکثر	۳۴	۳۳	۲۹
میانه	۱۵/۵	۱۰	۶/۵

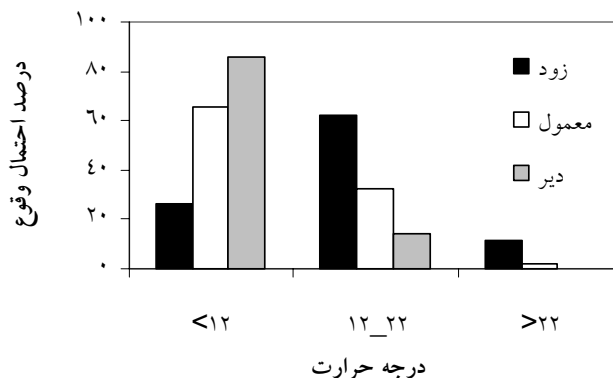
به ترتیب صفر، ۳- و ۱۰- درجه سانتی‌گراد (حداقل دما) و ۳۴، ۳۳ و ۲۹ درجه سانتی‌گراد (حداکثر دما) است و میانه دما در طی این دوره برای سه تاریخ کاشت به ترتیب ۱۵/۵، ۱۰ و ۶/۵ درجه سانتی‌گراد می‌باشد.

گندم در تاریخ کاشت زود در ۶۲/۴ درصد از زمان‌ها در دامنه حرارتی مطلوب برای جوانه‌زنی قرار داشت ولی با تاخیر در تاریخ کاشت، احتمال وقوع دمای مطلوب برای جوانه‌زنی کاهش یافت به طوری که در تاریخ‌های کاشت معمول و دیر به ترتیب در ۳۲/۲ درصد و ۱۳/۹ درصد از موارد در این دامنه دمایی قرار گرفت. با تأخیر در تاریخ کاشت، احتمال وقوع دماهای زیر مطلوب افزایش یافت به طوری که احتمال وقوع این دماها در تاریخ کاشت زود، معمول و دیر به ترتیب ۲۶/۴، ۶۵/۶ و ۸۵/۸ درصد بود. همچنین احتمال وقوع دماهای فوق مطلوب در تاریخ‌های کاشت زود، معمول و دیر به ترتیب ۱۱/۲، ۲/۲ و ۰/۳ درصد بود (شکل ۱).

در مرحله آخر از برنامه SAS برای تجزیه و تحلیل فراوانی وقوع دماهای مختلف به صورت نسبی و تجمعی استفاده گردید (سلطانی، ۲۰۰۲). رویه FREQ (فراوانی) در SAS برای این منظور مورد استفاده قرار گرفت. از این رویه برای بررسی احتمال وقوع دمای تنش‌زا در طی شب، در طول روز و شبانه روز جداگانه استفاده شد.

### نتایج و بحث

**سبز شدن:** برای جوانه‌زنی گندم دماهای بین ۱۲-۲۲ درجه سانتی‌گراد مطلوب بوده و در دامنه دمایی ۴-۱۲ درجه سانتی‌گراد و ۲۲-۲۵ درجه سانتی‌گراد جوانه‌زنی افت می‌کند و در دماهای بیش از ۲۵ درجه سانتی‌گراد و کمتر از ۴ درجه سانتی‌گراد جوانه‌زنی متوقف می‌شود (رادمهر، ۱۹۹۷). در جدول (۴) دماهای دریافت شده در طی دوره سبز شدن گندم در تاریخ کاشت‌های زود، معمول و دیر ارائه شده است. حداقل و حداکثر دمایی که گیاه در تاریخ کاشت‌های زود، معمول و دیر دریافت کرده است،



شکل ۱- احتمال وقوع دماهای تنش‌زا برای سبز شدن گندم.

به طور کلی با تاخیر در کاشت، احتمال وقوع دماهای زیر مطلوب و متوقف کننده جوانه زنی افزایش و با تسریع در کاشت احتمال دماهای فوق مطلوب افزایش یافت.

**رشد رویشی:** گندم پاییزه در مرحله رشد رویشی ممکن است در معرض تنش های یخ زدگی و سرمازدگی زمستانه قرار گیرد. در طی دو تاریخ کاشت زود و معمول از نظر تیمارهای حرارتی تقریباً یکسان بوده در حالی که در تاریخ کاشت دیر فراوانی دماهای بالاتر بیش از تاریخ های کاشت زود و معمول می باشد. حداقل، حداکثر و میانه

دمای شب در تاریخ کاشت های زود، معمول و دیر برای حداقل دما به ترتیب  $-10$ ،  $-8$  و  $-4$  درجه سانتی گراد و برای حداکثر دما به ترتیب  $28$ ،  $29$  و  $29$  درجه سانتی گراد و برای میانه دما به ترتیب  $6$ ،  $6$  و  $7$  درجه سانتی گراد می باشد. همچنین حداقل، حداکثر و میانه دمای روز در تاریخ کاشت های زود، معمول و دیر برای حداقل به ترتیب  $-8$ ،  $-8$  و  $-4$  درجه سانتی گراد و برای حداکثر به ترتیب  $35$ ،  $36$  و  $39$  درجه سانتی گراد و برای میانه به ترتیب  $11$ ،  $11$  و  $13$  درجه سانتی گراد می باشد (جدول ۵).

جدول ۵- دماهای دریافت شده در طی دوره رشد رویشی گندم در تاریخ های کاشت زود، معمول و دیر.

دیر	معمول	زود	
			حداقل
-8	-10	-10	شب
-4	-8	-8	روز
-8	-10	-10	شبانه روز
			حداکثر
29	29	28	شب
39	36	35	روز
39	36	35	شبانه روز
			میانه
7	6	6	شب
13	11	11	روز
11	9	9	شبانه روز

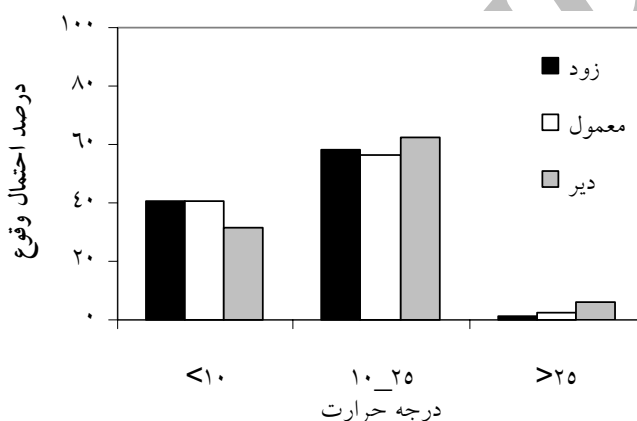
دیر  $2/2$  درصد از زمان ها در تنش دمای زیر صفر بود که چندان زیاد نیست و تأثیری در زمستان گذرانی ندارد. از نقطه نظر فتوسنتزی دماهای  $10-25$  درجه سانتی گراد برای گندم مطلوب است و در دامنه دمایی  $25-35$  درجه سانتی گراد (فوق مطلوب) و  $0-10$  درجه سانتی گراد (زیر مطلوب) میزان فتوسنتز کمتر از حد مطلوب می باشد و در دماهای بیش از  $35$  درجه سانتی گراد و کمتر از صفر درجه سانتی گراد فتوسنتز متوقف می شود (هال و آنتونی، ۱۹۹۲). گندم در مرحله رشد رویشی در تاریخ های کاشت زود، معمول و دیر به ترتیب  $58$ ،  $56/6$  و  $62/4$  درصد از زمان ها تحت دماهای روز در بازه مطلوب قرار داشت.

در طی دوره رشد رویشی، اگر دمای هوا بیش از  $25$  درجه سانتی گراد باشد، ممکن است فیلوکرون برگ تحت تأثیر قرار گرفته و کاهش یابد. فیلوکرون زمان ظهور دو برگ متوالی در روی ساقه اصلی است و درجه حرارت، مهم ترین عامل موثر بر آن می باشد (فرانک و بوئر، ۱۹۹۶). وقوع درجه حرارت بالاتر از  $25$  درجه سانتی گراد در شبانه روز طی این دوره در تاریخ کاشت زود  $0/7$ ، معمول  $1/4$  و دیر  $3/2$  درصد بود که چندان زیاد نیست. در طول زمستان درجه حرارت های پایین (زیر صفر) باعث کاهش مقدار پنجه زنی و بقای پنجه ها می شود، ولی در گرگان طی این دوره در تاریخ کاشت زود گندم در  $2/7$ ، معمول  $2/6$  و

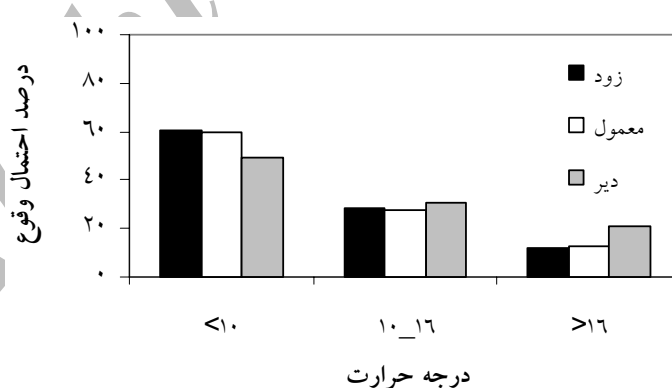
احتمال وقوع دماهای فوق مطلوب، کم و در تاریخ‌های کاشت زود، معمول و دیر به ترتیب ۱/۳، ۲/۶ و ۵/۸ درصد بود. احتمال وقوع دماهای زیر مطلوب بیشتر از فوق مطلوب بوده است و مقدار آن برای تاریخ‌های کاشت زود، معمول و دیر به ترتیب ۴۰/۷، ۴۰/۸ و ۳۱/۸ درصد بود (شکل ۲).

رشد طولی ساقه گندم در بازه دمایی ۱۰-۱۶ درجه سانتی‌گراد در حداکثر میزان بود ولی در دماهای ۱۰-۴ درجه سانتی‌گراد و ۲۰-۱۶ درجه سانتی‌گراد کاهش یافته و در دماهای بیش از ۲۰ درجه سانتی‌گراد و کمتر از ۴

درجه سانتی‌گراد متوقف می‌شود (رادمهر، ۱۹۹۷). گندم در این مرحله در تاریخ کاشت زود، معمول و دیر به ترتیب در ۲۸، ۲۷/۶ و ۳۰/۴ درصد از مواقع در بازه دمایی (شبانه روز) مطلوب، در ۱۱/۹، ۱۲/۴ و ۲۰/۶ درصد از مواقع در بازه دمایی فوق مطلوب و در ۶۰/۱، ۶۰ و ۴۹ درصد از مواقع در دمای زیر مطلوب قرار داشت. طبق آمار موجود، احتمال وقوع دماهای فوق مطلوب و بازدارنده رشد ساقه کمتر از دماهای زیر مطلوب است (شکل ۳).



شکل ۲- احتمال وقوع دماهای تنش‌زا برای قوت‌سنج در رشد رویشی گندم.



شکل ۳- احتمال وقوع دماهای تنش‌زا برای رشد طولی ساقه گندم.

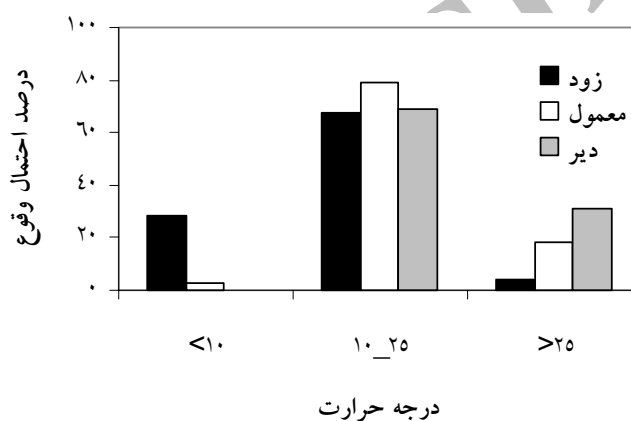
و دیر به ترتیب در دماهای شبانه روز در ۰/۶، صفر و صفر درصد از مواقع در دامنه دمایی زیر صفر قرار داشت. درجه حرارت پایه در دوره خروج سنبله تا زمان گرده‌افشانی در گندم ۸ درجه سانتی‌گراد تخمین زده شده است و وجود درجه حرارت‌های پایین (زیر ۸ درجه

گلدهی و گرده‌افشانی: یخ‌زدگی در طی مرحله گلدهی باعث خسارت به گلچه‌ها شده، عقیمی گلچه‌ها را در پی دارد و باعث کاهش شدید عملکرد می‌شود (سودی، ۱۹۹۸). گندم در این مرحله در تاریخ کاشت زود، معمول

سانتی‌گراد) در حین نمو زایشی ممکن است به کاهش عملکرد کل منجر شود (راسون و اسلافر، ۱۹۹۸). در مطالعه آمار هواشناسی ۴۰ ساله گرگان مشاهده شد که گندم در تاریخ‌های کشت زود، معمول و دیر به ترتیب در ۳۳، ۳/۷ و ۰/۵ درصد از موارد در تنش سرمایی زیر ۸ درجه سانتی‌گراد قرار دارد پس احتمال چنین تنشی فقط در تاریخ کاشت زود قابل ملاحظه است.

همان‌طور که قبلاً ذکر شد، دمای مطلوب روزانه برای فتوسنتز ۱۰-۲۵ درجه سانتی‌گراد است و در دمای ۲۵-۳۵ درجه سانتی‌گراد و ۰-۱۰ درجه سانتی‌گراد میزان فتوسنتز کمتر از حد طبیعی است و در دماهای بیش از ۳۵ درجه

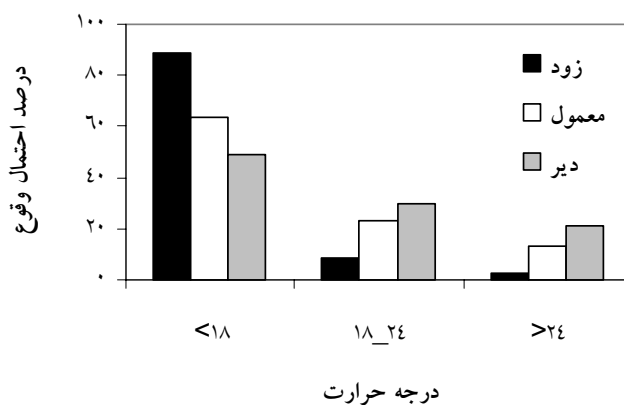
سانتی‌گراد و کمتر از صفر درجه سانتی‌گراد فتوسنتز صفر می‌شود. در کاشت زود، معمول و دیر به ترتیب ۶۷/۳، ۷۸/۹ و ۶۸/۶ درصد از دماهای روز در بازه دمایی مطلوب قرار داشتند. همچنین احتمال تنش دمای پایین در تاریخ کاشت زود ۲۸/۷ درصد بود و با تأخیر تاریخ کاشت کاهش یافته، به ترتیب به ۲/۶ و صفر درصد در تاریخ‌های کاشت معمول و دیر رسید. در حالی که تنش دمای بالا در تاریخ کاشت زود ناچیز (۴ درصد) بود و با تأخیر در تاریخ کاشت افزایش یافت و به ۱۸/۵ درصد در تاریخ کاشت معمول و ۳۱/۲ درصد در تاریخ کاشت دیر رسید (شکل ۴).



شکل ۴- احتمال وقوع دماهای تنش‌زا برای فتوسنتز در گلدهی گندم.

به‌طور کلی امکان گرده‌افشانی و تلقیح گل گندم در دمای ۱۸-۲۴ درجه سانتی‌گراد در حداکثر میزان است و در دماهای کمتر از ۱۸ و بیشتر از ۲۴ درجه سانتی‌گراد، کاهش می‌یابد (ردی، ۱۹۹۵). با تأخیر در کاشت، احتمال وقوع دماهای مطلوب برای این مرحله افزایش یافت و احتمال آن برای تاریخ‌های کاشت زود، معمول و دیر به ترتیب ۸/۴، ۲۳/۲ و ۳۰ درصد از دماهای شبانه روز بود. همچنین با تأخیر در کاشت، احتمال وقوع دماهای فوق مطلوب (بیش از ۲۴) افزایش یافته، از ۲/۹ درصد برای تاریخ کاشت زود به ۱۳/۳ و ۲۰/۹ درصد برای تاریخ‌های کاشت معمول و دیر رسید، این در حالی است که احتمال

وقوع دماهای زیر مطلوب با تأخیر کاشت، کاهش یافت، و از ۸۸/۷ درصد برای تاریخ کاشت زود به ۶۳/۵ و ۴۹/۱ درصد برای تاریخ‌های کاشت معمول و دیر، رسید (شکل ۵). در این مرحله با افزایش درجه حرارت از ۲۲ درجه سانتی‌گراد به ۳۲ درجه سانتی‌گراد، تعداد دانه در سنبله کاهش می‌یابد. در گرگان مشاهده شد که در مرحله گلدهی در تاریخ‌های کاشت زود، معمول و دیر به ترتیب در ۴/۹، ۱۸/۸ و ۲۹/۱ درصد از شبانه روز، گندم در دمای بیش از ۲۲ درجه سانتی‌گراد قرار می‌گیرد. پس با به تعویق افتادن تاریخ کاشت احتمال حرارت‌های تنش‌زا در طی این مرحله افزایش می‌یابد.

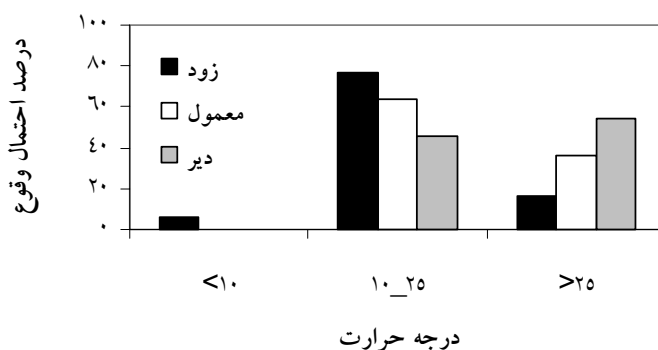


شکل ۵- احتمال وقوع دماهای تنش‌زا در گلدهی گندم.

دانه‌هایی که به شدت یخ‌زده باشند، بافت‌شان بسیار سخت می‌شود در نتیجه کیفیت دانه پایین آمده، عملکرد آرد کاهش می‌یابد، رنگ آرد نامطلوب و مقدار خاکستر در آرد زیاد می‌شود. به علت توقف سنتز پروتئین، گلوتن ضعیف‌تر می‌شود ولی اگر خسارت یخ‌زدگی در موقعی که رطوبت بذر ۳۰ درصد است اتفاق بیفتد، چون بذر تقریباً رسیده است، خسارت کمتر خواهد بود. پوسته سبوس دانه‌های گندم در معرض یخ‌بندان چروکیده شده و رنگ دانه نیز تیره می‌شود. شدت خسارت، به مرحله نمو دانه، محتوای رطوبتی دانه و درجه یا دوام در معرض تنش قرار گرفتن وابسته است. احتمال وقوع دماهای زیر صفر درجه در تاریخ‌های کاشت زود معمول و دیر صفر است (رادمهر، ۱۹۹۷).

در طول مرحله پر شدن دانه‌ها در تاریخ کاشت زود، احتمال وقوع دماهای مطلوب فتوسنتز ۷۷/۱ درصد از دماهای روز است و با تأخیر در تاریخ‌های کاشت این احتمال کاهش می‌یابد و در تاریخ‌های کاشت معمول و دیر به ۶۳/۵ و ۴۶ درصد می‌رسد (شکل ۶).

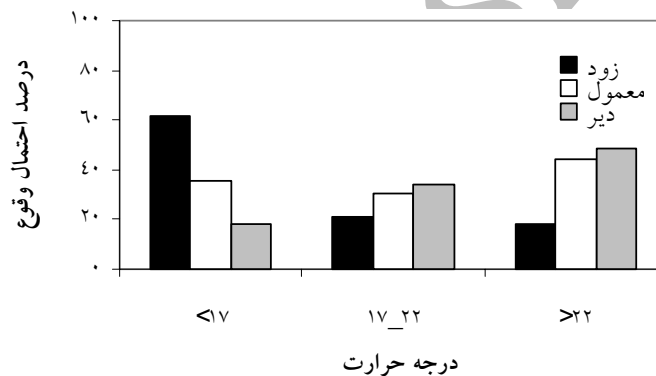
**پر شدن دانه‌ها:** فتوسنتز بعد از گلدهی در تعیین عملکرد دانه گندم اهمیت زیادی دارد، چون اکثر مواد فتوسنتزی دانه‌ها از فتوسنتز طی مرحله پر شدن دانه‌ها به دست می‌آید. در این مرحله باید شرایط برای فتوسنتز گیاه مطلوب باشد و از دوام بالایی نیز برخوردار باشد. دوام فتوسنتز بعد از گلدهی با افزایش درجه حرارت کاهش می‌یابد. علت کاهش عملکرد در دماهای بالا، کاهش دوام فتوسنتز و همچنین افزایش تنفس و کاهش فتوسنتز ظاهری است. در این مرحله، بذر تشکیل می‌شود و جنین و آندوسپرم شکل می‌گیرند و چون گندم گیاهی با رشد محدود است، در این مرحله، اکثر مواد فتوسنتزی گیاه به طرف دانه‌ها انتقال می‌یابد و وزن دانه‌ها را مشخص می‌کند (کوچکی، ۲۰۰۲). ابتدا سلول‌های آندوسپرمی تقسیم شده و سپس از کربوهیدرات فتوسنتزی پر می‌شوند و هر نوع تنشی که در این مرحله انتقال مواد فتوسنتزی را به دانه‌ها کاهش دهد، باعث کاهش چشمگیری در عملکرد دانه می‌شود. تنش گرمایی از تنش‌های رایج مرحله پر شدن دانه‌ها است (رادمهر، ۱۹۹۷).



شکل ۶- احتمال وقوع دماهای تنش را برای فتوسنتز در پر شدن دانه‌های گندم.



گندم می‌شود و در نتیجه دانه‌های گندم کوچک و چروکیده می‌شوند (بجورکمن و همکاران، ۱۹۸۰). گزارش شده است دمای مطلوب رشد در این مرحله ۱۷-۲۲ درجه سانتی‌گراد است و در دامنه دمایی ۹-۲۲ درجه سانتی‌گراد و ۲۵-۲۲ درجه سانتی‌گراد، سرعت پرشدن دانه‌ها کاهش می‌یابد و در دماهای بیش از ۲۵ درجه سانتی‌گراد و کمتر از ۹ درجه سانتی‌گراد، پر شدن دانه در گندم متوقف می‌شود. در این مرحله گیاه گندم در حدود ۳۰-۲۰ درصد در دمای مطلوب (شبانه روز) قرار داشت. احتمال وقوع دماهای زیر مطلوب در تاریخ‌های کاشت زود، معمول و دیر به ترتیب ۶۱/۱، ۳۵/۵ و ۱۸ درصد است پس با تأخیر در تاریخ کاشت احتمال وقوع این دماها کاهش می‌یابد (شکل ۷).



شکل ۷- احتمال وقوع دماهای تنش‌زا برای پر شدن دانه گندم.

است. در تاریخ‌های کاشت زود، معمول و دیر مشاهده شد که در ۴/۷، ۸/۸، ۸/۴ و ۴/۶۱ درصد (به ترتیب) از روزها گندم در طی این مرحله با تنش گرمایی مواجه است.

### نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج به دست آمده از این تحلیل، مهم‌ترین تنش‌های دمایی در زراعت گندم در گرگان را می‌توان به صورت زیر فهرست کرد:

- ۱- تنش دمای پایین (زیر ۱۲ درجه سانتی‌گراد) در مرحله سبز شدن در تاریخ کاشت‌های معمول و دیر.
- ۲- تنش دمای پایین (دمای کمتر از ۱۰ درجه سانتی‌گراد در طی روز) برای فتوسنتز گندم در مرحله رشد رویشی.
- ۳- تنش دمای پایین (زیر ۱۰ درجه سانتی‌گراد) برای طول شدن ساقه گندم در طی مرحله رشد رویشی.

گندم همانند سایر گیاهان مناطق معتدله، دوره‌های بلند مدت با دمای بیش از ۳۵ درجه سانتی‌گراد را نمی‌تواند تحمل و این در حالی است که این گیاه در بیشتر مناطق جهان در طول دوره پرشدن دانه‌ها با دمای بالا روبه‌رو است (گوستا و چن، ۱۹۸۷). گندم اگر در این دوره با تنش گرمایی مواجه شود معمولاً دانه‌های کوچک تولید می‌کند، ولی تعداد دانه تحت تأثیر تنش گرمایی در این دوره قرار نمی‌گیرد چون دانه‌ها در طی مرحله قبل تشکیل شده‌اند و در این مرحله فقط پر می‌شوند (بگا و راسون، ۱۹۷۷). تنش گرمایی در این مرحله از طریق کاهش دوام این دوره (اثر بیشتر) و کاهش سرعت پر شدن (اثر کمتر) بر روی سرعت و دوام تجمع ماده خشک اثر گذاشته و در نهایت باعث کاهش وزن نهایی دانه‌های

غشاء تیلاکوئید و آنزیم‌های کلروپلاست گندم نسبت به دمای بالا حساس هستند. دمای بالا باعث به تأخیر افتادن تبدیل ساکارز به نشاسته در دانه‌های در حال توسعه گندم می‌شود (بولار و جنر، ۱۹۸۵). مطالعات انجام شده در اتاقک‌های رشد نشان می‌دهد که قسمت اعظم کاهش عملکرد دانه گندم تحت تنش گرمایی، به علت کاهش وزن دانه‌ها است و کاهش تعداد دانه در عملکرد، نقش کمتری دارد. یکی از عواملی که باعث کاهش عملکرد به علت تنش در این مرحله می‌شود پیری زودرس برگ‌ها است. تنش حرارتی در زمان پرشدن دانه‌ها بر کیفیت پخت نان نیز تأثیر می‌گذارد. در طی این مرحله سرعت رشد دانه بیش از روز تا گرده‌افشانی و دوام پرشدن دانه‌ها به حرارت حساس است (اشفیلر و بلوم، ۱۹۹۱).

بر اساس گفته (تاشیرو و واردلو، ۱۹۸۹) دمای بیش از ۲۰ درجه سانتی‌گراد در روز برای این مرحله تنش‌زا

فهرست فوق راهنمای خوبی برای بهزراعی و بهزادگی گندم از نظر تنش‌های دمایی به‌شمار می‌آید، همچنین این فهرست، مشخص می‌کند که مطالعات تنش‌های دمایی برای این گیاه بر روی چه تنشی و چه مرحله‌ای از رشد گیاه متمرکز شود.

۴- تنش دمایی پایین (زیر ۱۸ درجه سانتی‌گراد) در مرحله گلدهی و گرده‌افشانی که می‌تواند در کاهش دانه بستن مؤثر باشد.

۵- تنش گرما (بیش از ۲۵ درجه سانتی‌گراد) در طی روز برای فتوسنتز گندم در طی پر شدن دانه به ویژه در تاریخ کاشت‌های دیر هنگام.

## منابع

1. Anaghali, A. 2000. Investigation of nitrogen fertilizer amount and time of usage impact on morphological properties, yield and yield component of dry farming zagros wheat. M.Sc thesis. Gorgan University of Agricultural Science and Natural Resources.
2. Alkhatib, K., and Gerry, G.M. 1990. Photosynthesis and productivity during high temperature stress of wheat genotypes from major world regions. *Crop Sci.* 30: 1127-1132
3. Bagga, A.K., and Rawson, H.M. 1977. Contrasting response of morphologically similar wheat cultivars to temperatures appropriate to warm temperate climates with hot summers. *Aust. J. Plant Physiol.* 4:877-887.
4. Bjorkman, O., Badger, M.R., and Armond, P.A. 1980. Response and adaptation of photosynthesis to high temperature. P. 233-249. In N.C. Turner and P. J. Kramer (ed.) *Adaptation of Plants to Water and High Temperature Stress*. John Wiley and Sons, New York.
5. Blum, A., and Sinmina, B. 1994. Wheat seed endosperm utilization under heat stress and its relation to thermotolerance in the autotrophic plant. *Field Crop Res* 37:185-191.
6. Bular, S.S., and Jener, C.F. 1985. Difference response to high temperature of starch and nitrogen accumulation in the grain of four cultivar of wheat. *Aust. J. Plant Physiol.* 12:363-375.
7. Frank, A.B., and Bauer, M. 1996. Temperature, nitrogen, and carbon dioxide effects on spring wheat development and spikelet numbers. *Crop Sci.* 36: 659-665.
8. Guadrian, J., and Van Laar, H.H. 1994. *Modeling potential crop growth process*. Kluwer Academic Publisher, Dordrecht.
9. Gusta, L.V., and Chen, T.H. 1987. The Physiology of water and temperature stress p. 115-150 In E.G. Heyre. *Wheat and Wheat Improvement*.
10. Hall, A.E., and Antony, E. 1992. *Breeding for heat tolerance*. PP 129-167 in (ed.) Jules Janick. Off prints From Plant Breeding Review, volume 10. Rockville, Maryland, USA
11. James cook, R., and Roger, J.V. 1991. Wheat health management, American Physiology. Soc. USA, 152 pages.
12. Kocheiki, A. 2002. *Crop Production in Dry Regions*. Mashhad Jahad. Daneshgahi Press, 202p. (Translated in Persian).
13. Nour-Mohamadi, G., and Siadat, A. 2001. *Cereal Crops*. Shahid Chamran Univ. Press, 446p.
14. Radmehr, M. 1997. *Effect of Heat Stress on Physiology of Growth and Development of Wheat*. Ferdowsi Univ. Press, 201p.
15. Rawson, H.M., and Slafer, G.A. 1998. Base and optimum temperatures vary with cultivars and stage of development in wheat. *Plant cell Environ.* 18: 1-9.
16. Reddy, K.R. 1995. Effect of temperature., A review 149-150 in: (eds) C. George, K. U. O, KUO., *Adaptation of Food Crops to Temperature and Water Stresses*. CABI Publishing, Newyork, USA.
17. Soltani, A. 2002. *Application of SAS in Statistical Analysis*. Mashhad Jahad. Daneshgahi Press, 202p.
18. Sphiler, L., and Bulm, A. 1991. Heat tolerance in yield and its components in different wheat cultivars. *Euphytica*, 51:257-263.
19. Subedi, K.D. 1998. Cold temperature and boron deficiency caused grain set failure in spring wheat. *Field. Crops. Res.* 57: 277-288.
20. Tashiro, T., and Wardlaw, I.F. 1989. A grain development in wheat and rice. *Ann. Bot. (London)* 64: 59-65.
21. Zeinali, E., and Soltani, A. 2001. Determination cardinal temperature in wheat. Research Report, GUASNR, Gr, IR.

## **Quantifying the occurrence of thermal stresses in wheat in Gorgan**

**\*P. Rezaei<sup>1</sup>, A. Soltani<sup>2</sup>, F. Akram Ghaderi<sup>3</sup> and E. Zeinali<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Former M.sc. student, Dept. of Agronomy, Gorgan University of Agricultural Science and Natural Resources, Gorgan, Iran, <sup>2</sup>Professor Dept. of Agronomy, Gorgan University of Agricultural Science and Natural Resources, Gorgan, Iran, <sup>3</sup>Instructor Dept. of Agronomy, Gorgan University of Agricultural Science and Natural Resources, Gorgan, Iran

---

---

### **Abstract**

Irrespective of technological advances in agriculture, still climate is the most important yield determinant factor. The objective of this study was to quantify the probability of occurrence of Thermal stresses at different growth stages of wheat at Gorgan (the North of Iran) environmental conditions. To do this, first growth degree days requirement for different developmental stages were computed. Then, using 40 years daily weather data of Gorgan and a computer program, prepared for this study, the probability of occurrence of different stressful temperatures for different processes (like emergence and Photosynthesis) were calculated. The results showed that wheat encounters low stressful temperatures during emergence, photosynthesis during vegetative stage, stem elongation, flowering and pollination. However, high temperature occurs during grain filling period that limits the photosynthesis process. Results of this study can be used in cultural management and breeding of wheat and designing stress physiology researches.

**Keywords:** Wheat; Temperature; Stress

---

\*- Corresponding Author, Email: reza-0012003@yahoo.com