مجله به‌نژادی نهال و بذر
جلد ۱-۲۶، شماره ۱، سال ۱۳۸۹

بررسی تحمل به سرما در برخی از ژنوتیپ‌های زمستانه و بینابین گندم نان در شرایط مزرعه در مراغه

Study of Cold Tolerance in some Facultative and Winter Bread Wheat Genotypes in Field Conditions in Maragheh

آی‌تک صادقی[۱]، حمداله کاظمی اربط[۲]، مظفر روستایی[۳] و فرهاد فرح‌وش[۴]

۱- دانشجوی سابق کارشناسی ارشد اصلاح نباتات، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تبریز
۲ و ۴- به ترتیب استاد و استادیار، دانشکده کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تبریز
۳- استادیار، موسسه تحقیقات کشاورزی دیم، مراغه

تاریخ دریافت: ۱۳۸۷/۱۰/۱۶ تاریخ پذیرش: ۱۳۸۸/۹/۲۶

چکیده

صادقی، ا.، کاظمی اربط، 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.

سرما یکی از مهم‌ترین تنش‌های غیرزنده است که رشد، تولید و عملکرد گندم را دربسیاری از نقاط ایران تحت تأثیر قرار می‌دهد. تولید ارقام متحمل به سرما یکی از راهکارهای مهم برای جلوگیری از کاهش خسارت سرما و افزایش عملکرد است. در سال ۱۳۸۴ آزمایشی در ایستگاه تحقیقات کشاورزی دیم مراغه با استفاده از طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار و بیست ژنوتیپ گندم نان در دو مرحله برای تعیین میزان تحمل به سرما انجام شد. ژنوتیپ‌ها به هنگام پنجه‌زنی در دو زمان مختلف از خاک بیرون آورده شدند و طوقه‌های آن‌ها در فریزر در معرض ده دمای زیر صفر (از ۵- تا ۲۳- درجه سانتی‌گراد) قرار گرفتند و LT50 (دمای انجمادی که بر اثر آن ۵۰ درصد بوته‌ها از بین می‌روند) برای هر ژنوتیپ تعیین شد. برای بررسی اثر زمان انجماد طوقه برتحمل به سرمای ژنوتیپ‌ها تجزیه نهایی بر اساس آزمایش کرت خرد شده در زمان بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی انجام شد. نتایج نشان داد که از نظر تحمل به سرما بین ژنوتیپ‌ها اختلاف معنی‌داری وجود دارد و ژنوتیپ‌های شماره ۱، ۳ و ۱۵ با LT50 برابر ۱۳- درجه سانتی‌گراد متحمل‌ترین ژنوتیپ‌ها و ژنوتیپ شماره ۴ با LT50 برابر۹/۳۳- درجه سانتی‌گراد حساس‌ترین ژنوتیپ نسبت به سرما شناخته شدند. اثر زمان نمونه‌گیری نیز معنی‌دار بود به طوری که تحمل به سرمای ژنوتیپ‌ها در نمونه‌برداری اول نسبت به نمونه‌برداری دوم به دلیل فرایند خوگرفتگی و تکمیل دوره بهاره‌سازی بیشتر بود. با توجه به این که این آزمایش در محدوده ده دمای زیر صفر انجام شد، انتخاب ژنوتیپ‌های متحمل به سرما از دقت بالایی برخوردار بود و می‌توان از آن‌ها در برنامه‌های اصلاحی استفاده کرد.

واژه‌های کلیدی: گندم نان، انجماد طوقه، تحمل به سرما، LT50 ، خوگرفتگی.

نویسنده مسئول: aitaksadeghi@yahoo.com

مقدمه

جمعیت جهان به طور روزافزون در حال افزایش است و پیش‌بینی می‌شود که در پایان سال ۲۰۵۰ میلادی به حدود ۱۰ میلیارد نفر برسد (FAO, 2007)[1]. از طرفی تولید محصولات کشاورزی با انواع مختلف تنش‌های زنده و غیرزنده مواجه است. بنابراین، مهم‌ترین هدف کلیه دولت‌ها در رابطه با تولید مواد غذایی برای مردم به حداقل رساندن کاهش ناشی از این تنش‌ها است (Mahajan and Tutejan, 2005). تنش‌های محیطی، از جمله سرما، سبب کاهش معنی‌داردر عملکرد محصولات کشاورزی می‌شوند. بویر (Boyer, 1982) معتقد است که پتانسیل ژنتیکی برای عملکرد بالا در بسیاری از ارقام فعلی گندم وجود دارد. ولی آن چه را که این ارقام فاقد هستند، سازگاری و تحمل کمتر آن‌ها در مقابل تنش‌های زنده و غیرزنده است. در این شرایط عملکرد ارقام مذکور در برخورد با تنش‌های محیطی شدیداً کاهش می‌یابد.

دمای پایین یکی از مهم‌ترین تنش‌های غیرزنده است که رشد، تولید و گسترش زراعت گندم‌های بهاره و پائیزه را تحت تأثیر قرار می‌دهد، در عین حال تحمل گندم پائیزه به سرما بیشتر از گندم بهاره است. سازگاری گندم پاییزه به سرما به آن اجازه می‌دهد تا رشد و متابولیسم خود را در دماهای پایین تنظیم و تکمیل کند. سازگاری به سرما و بهاره‌سازی دو سازوکار مهم مرتبط به هم هستند که غلات برای مقابله با تنش دماهای پایین به کار می‌گیرند (Sutka, 2001). در طول ۵۰ سال اخیر روش‌های متفاوتی برای مطالعه تحمل به سرما و یخزدگی به کار گرفته شده‌اند. این گونه مطالعات در مزرعه و یا در شرایط آزمایشگاهی، با کنترل عوامل محیطی، فرآیندهای فیزیولوژیک و رشد مجدد پس ازسرماو یخزدگی، به اجرا در آمده‌اند (Sutka, 2001؛ Mahfoozi *et al.*, 2005). با این حال، بهبود و به کارگیری فنون جدیدتر و در شرایط مزرعه‌ای می‌تواند در انتخاب ارقام متحمل به سرما و یخزدگی مؤثر باشد.

شدت فتوسنتز و سرعت واکنش‌های آنزیمی در دماهای پایین کاهش می‌یابند. میزان خسارت ناشی از دمای پایین همانند سایر تنش‌ها به مدت دوام آن و مرحله‌ای از رشد گیاه که با سرما مصادف می‌شود بستگی دارد (Sarmadnia, 1993).

دماهای بیش از حد بالا و پایین، در بین عوامل محیطی، از مهم‌ترین عوامل محدودکننده رشد و نمو در گیاه به شمار می‌روند. (Hashemi Dezfuli *et al.*, 1996). دمای پایین رشد گیاه را به تاخیر می‌اندازد و دوره رشد را طولانی می‌کند. دماهای پایین یکی از تنش‌های محدودکننده ابتدایی رشد و تولید گندم است (Fowler *et al.*, 1996 a). طولانی شدن دوره‌ی رشد، ناشی از دمای پایین، ممکن

1. agrostat database. Updated annually, http://apss.fao.org

است سبب شود که زمان رسیدن دانه با شرایط نامساعد محیطی مصادف شده و عملکرد پایین آید و یا برداشت محصول با بارندگی‌های پاییزه همزمان شده و عملیات برداشت دچار اشکال شود و یا دانه هرگز به مرحله رسیدن نرسد. در صورتی که دما به شدت افت کند، گیاهان غیر متحمل دچار سرمازدگی می‌شوند. بر اساس شدت سرما و زمان وقوع آن علایمی چون سوختگی یا مرگ دانه گرده، از بین رفتن گل‌ها و یا مرگ کامل بوته دیده می‌شود (Khajehpour, 1999). سر مدنیا (Sarmadnia, 1993) تاثیرسرما در مرحله جوانه‌زنی، پنجه‌زنی و گلدهی را بر عملکرد پنج رقم گندم مورد مطالعه قرار داد و نتیجه گرفت که جوانه زدن گندم در اثر تنش سرما به تاخیر می‌افتد و بذرهای گندمی که در مرحله جوانه‌زنی با سرما مواجه شوند، دارای رشد و عملکرد کمتری نسبت به گیاهان سرما ندیده خواهند بود. همچنین وی بیان داشت که اعمال سرما در مرحله پنجه‌زنی ضمن کاهش ارتفاع گیاه باعث تقلیل عملکرد می‌شود و بیشترین خسارت سرما در زمان گلدهی اتفاق می‌افتد.

یخ‌زدگی اصولاً موقعی اتفاق می‌افتد که سطح مزرعه در زمستان فاقد پوشش برف بوده و دما شدیداً به زیر صفر تنزل کند. گیاهچه‌ها در این شرایط در نتیجه یخ‌زدگی خسارت شدیدی می‌بینند و میزان خسارت نیز با کاهش دما و جریان باد تشدید می‌شود. اگر دما، در فصل بهار تا زیر صفر درجه سانتی‌گراد کاهش یابد، اندام‌های تولیدمثلی صدمه دیده، گرده‌ها نازا و عقیم می‌شوند (Kazemi Arbat, 1995). قرارگرفتن گیاه در معرض دماهای پایین، ولی بالای صفر، تغییرات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی در گیاهان را به وجود می‌آورد که موجب افزایش تحمل گیاه به سرما می‌شود. این فرایند را خوگیری یا عادت‌دهی به سرما می‌گویند (Guy, 1990؛ Palva *et al.*, 2001؛ Gordon *et al.*, 1997). عقیده بر این است وقتی که گیاهان در دمای عادت‌دهی به سرما قرار می‌گیرند تظاهر ژن‌های ساختمانی مرتبط با تحمل به سرما آغاز و به تدریج میزان تحمل به سرما در آن‌ها افزایش می‌یابد و در نهایت به حداکثر تحمل خود می‌رسند. زمان لازم برای حصول حداکثر تحمل غلات به سرما ، بسته به نوع ژنوتیپ، مقدار دما و طول دوره‌ی عادت‌دهی، ۴ تا ۸ هفته گزارش شده است (Mahfoozi *et al.*, 2001). عادت‌دهی به دماهای پایین یک فرآیند تجمعی است که می‌تواند متوقف شده، برگشته و مجدداً شروع شود قرار گرفتن گیاهان عادت داده شده به سرما در معرض دماهای بالا باعث برگشت سریع عادت‌دهی می‌شود (Mahfoozi *et al.*, 2005). دمای آستانه برای آغاز عادت‌دهی به دماهای پایین به طور تقریبی ۱۰ درجه سانتی‌گراد است (Flower *et al.*, 1996b؛ Oline, 1967)، اما این دما نمی‌تواند سطح بالایی از تحمل به سرما را در گیاهان عادت داده شده، القاء کند

(Gusta and Fowler, 1976).

برای تعیین میزان تحمل به سرمای گیاهان روش‌های متفاوتی وجود دارد. ارزیابی ارقام در مزرعه به طور گسترده‌ای جهت غربال کردن برای تحمل به سرما مورد استفاده قرار می‌گیرد و از آن جمله روش شاخص بقای مزرعه‌ای یا FSI (Field Survival Index) است (Fowler, 1982) ، که در بعضی سال‌ها به دلیل عدم وجود زمستان‌های سرد که موجب عدم تشخیص بهتر و موفقیت‌آمیز ژنوتیپ‌ها ی متحمل به سرما می‌شود، روش مناسبی برای ارزیابی تحمل به سرما نیست(Kolar *et al.*, 1999؛ Mahfoozi *et al.*, 2005). برای تعیین تفاوت ژنتیکی بین ارقام گندم از نظر تحمل به سرما می‌توان از تلفیق روش‌های کشت در شرایط مزرعه‌ای و کنترل‌شده از طریق به کار بردن تک دمای حداقل (Single Minimum Temperature) نیز استفاده کرد .این روش فقط زمانی که اختلاف زیادی بین ارقام از نظر تحمل به سرما وجود داشته باشد مؤثر است و اختلافات جزئی را تشخیص نمی‌دهد. روش LD (Lethal Dose) به جای تک‌دمای حداقل به کار برده شد. کاربرد این روش به دلیل استفاده از دماهای مختلف می‌تواند اطلاعات بیشتری را در مقایسه با روش قبلی ارائه کند. بعدها توسط لیمین و فاولر (Limin and Fowler, 1988) تغییراتی در این روش داده شد و روش LT50 به جای روش LD به کار برده شد (اقتباس از Mahfoozi *et al.*, 2005). شاخص LT50 اصطلاحی است برای بیان دمایی که در آن ۵۰ درصد بوته‌ها در اثر سرما از بین می‌روند و برای محاسبه آن رشد مجدد برگ و ریشه اندازه‌گیری می‌شود (Limin and Fowler, 1988). این روش هم بر روی نمونه‌های عادت داده شده به سرما در شرایط آزمایشگاهی و هم بر روی نمونه‌های جو و گندم در شرایط مزرعه کاربرد دارد(Flower *et al.*, 1981؛ Mahfoozi *et al.*, 2000). شاخص LT50 بر خلاف دیگر روش‌های آزمون انجماد در مزرعه تابع تغییرات آب و هوایی نیست. این روش، انعطاف‌پذیر، آسان و کم‌خرج بوده و برای ارزیابی ارقام از نظر تحمل به سرما بسیار مناسب است. با استفاده از این روش می‌توان منابع ژنتیکی را در مدت کوتاهی ارزیابی کرد. روش LT50 برای تعیین منابع تحمل روش مناسبی است، زیرا در بعضی سال‌ها به دلیل عدم وجود سرما در مزرعه و یا اثر ناقص سرما نتایج حاصله از مزرعه قابل اعتماد نیستند و اختلافات ارقام از نظر تحمل به سرما بین ارقام قابل تشخیص نیستند (Mahfoozi *et al.*, 2005). هدف از انجام این بررسی ارزیابی تحمل به تنش سرما تعدادی از ژنوتیپ‌های گندم نان با روش LT50 بود.

مواد و روش‌ها

در این بررسی ۱۸ لاین جدید گندم مورد ارزیابی قرار گرفتند و ارقام آذر ۲ و سرداری نیز به عنوان شاهد استفاده شدند. آزمایش‌های مزرعه ای مربوط به تحمل سرمای ژنوتیپ‌های گندم در سال زراعی (۸۵-۱۳۸۴) در ایستگاه تحقیقاتی مؤسسه دیم واقع در ۳۰ کیلومتری شرق مراغه انجام شد. ارتفاع این منطقه از سطح دریا ۱۶۵۰ متر، طول و عرض جغرافیایی به ترتیب ’۱۵، °۴۶ شرقی و ’۱۵، °۳۷ شمالی، میانگین دمای شش ماهه ایستگاه (از مهر تا اسفند) ۳/۵ درجه سانتی‌گراد، میزان بارندگی آن ۲۶۴/۶ میلی‌متر، میانگین دمای حداکثر ۷/۳۱ درجه‌ی سانتی‌گراد و میانگین دمای حداقل آن در این مدت ۲/۲۱- درجه سانتی‌گراد بود. آماده‌سازی زمین با روش معمول در مؤسسه تحقیقات کشاورزی دیم مراغه انجام شد. تاریخ کاشت مزرعه۱۳۸۴/۷/۱۵ بود و نمونه‌برداری اول درتاریخ ۱۳۸۴/۹/۲۷انجام شد. هر کرت آزمایشی شامل چهار خط به طول دو متر و به فاصله‌ی خطوط ۲۵ سانتی‌متر از یکدیگر بود و کلیه عملیات داشت، مطابق معمول منطقه در مزرعه اعمال شدند. بافت خاک محل آزمایش در عمق صفر تا۲۰سانتی‌متری لوم رسی با pH=۷/۸ وEC=۰/۳۷ میکروموز بر سانتی‌متر و در عمق ۲۰ تا ۴۰ سانتی‌متری رسی با pH=۷/۸ و EC=۰/۳۲ میکروموز بر سانتی‌متر گزارش شده است (Feizi Asl *et al.*, 2004). این آزمایش با توجه به بررسی تأثیر زمان‌های مختلف برای تحمل به سرما در دو زمان مختلف نمونه گیری انجام شد. طرح با استفاده از بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار با بیست تیمار (۲۰ ژنوتیپ) پیاده شد و برای ارزیابی اثر زمان در دو نمونه‌گیری، تجزیه بر اساس آزمایش کرت خرد شده در زمان بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی انجام شد.

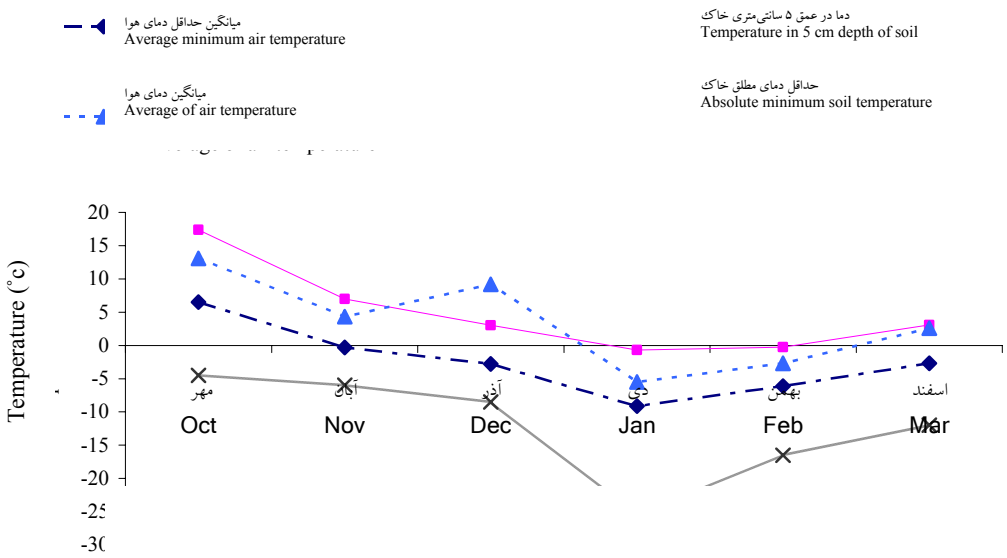
برای تعیین تحمل به سرمای ژنوتیپ‌های گندم از آزمون انجماد طوقه به روش LT50 استفاده شد. با توجه به شناخت قبلی و نسبی از ژنوتیپ‌ها، دماهای انجماد تنظیم شد. نمونه‌گیری اول موقعی که بوته‌ها در مرحله‌ی پنجه‌زنی بودند آغاز شد. به این ترتیب که برای ده گروه دمایی (۵-، ۷-، ۹-، ۱۱- ۱۳-، ۱۵-، ۱۷-، ۱۹-، ۲۱- و ۲۳- درجه سانتی‌گراد) پنج بوته از هر تکرار و از هر تیمار به ازای هر دما از خاک بیرون آورده شد. دقت کافی اعمال شد تا بوته‌ها به طور کامل و با ریشه سالم از عمق خاک بیرون آورده شوند. بوته‌ها در کیسه‌های پلاستیکی که مشخصات ژنوتیپ و تکرارها روی آن‌ها نوشته شده بود قرارداده و بلافاصله به آزمایشگاه منتقل شدند. هربوته به اندازه سه سانتی‌متر از بالا و یک سانتی‌متر از پایین طوقه با قیچی بریده شد و سپس پنج بوته طوری کنار هم قرار داده شدند که طوقه‌های آن‌ها در یک سطح قرار گیرند. روی آن‌ها برچسب پلاستیکی که روی آن دما، تکرار و رقم مورد نظر نوشته شده بود چسبانده شد. این مجموعه به طور

محکم به وسیله کش به هم بسته شد و برای دماهای مورد نظر در سه تکرار آماده شد. هر نمونه‌ای که بدین ترتیب آماده می‌شد در سینی‌های حاوی کاغذ صافی مرطوب قرار گرفت. مجموعه نمونه‌ها سپس در ظرف‌های آلومینیومی طوری قرار داده شدند که طوقه‌ها به دیواره آن بچسبند و سپس کل ظرف با ماسه نسبتاً مرطوب پر شد (ماسه مورد استفاده نباید زیاد خیس باشد زیرا در فریزر یخ می‌زند). کلیه نمونه‌ها نخست در فریزر و در دمای ۳- درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۲ ساعت گذاشته شدند و صبح روز بعد دمای فریزر، که قابل برنامه‌ریزی رایانه‌ای بود، به ازای هر یک ساعت ۲ درجه سانتی‌گراد کاهش یافت. نمونه‌ها، پس از رسیدن به دمای مورد نظر، از فریزر خارج و در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد در طول شب نگهداری شدند. نمونه‌ها بعد از آن در جعبه‌های چوبی به ابعاد ۴۰ × ۸۰ سانتی‌متر در داخل خاک گلخانه کاشته شدند و در فیتوترون به ابعاد ۲/۵ × ۳/۵ متر و باطول روز (فتوپریود) ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی به مدت سه هفته قرار گرفتند. بعد از سه هفته با توجه به رشد مجدد طوقه‌ها، بوته‌های متحمل و حساس مشخص شدند. به این ترتیب ژنوتیپ‌هایی که طوقه آن‌ها توانایی تولید برگ و رشد مجدد را داشتند به عنوان ژنوتیپ‌های متحمل و آن‌هایی که خشک شده و یا توانایی رشد مجدد کافی را نداشتند به عنوان ژنوتیپ‌های حساس تعیین و در نهایت LT50 هر یک از ژنوتیپ‌ها، یعنی دمایی که ۵۰ درصد بوته‌ها در اثر سرما از بین رفته بودند، مشخص شد. نمونه‌گیری دوم در تاریخ ۱۳۸۴/۱۱/۲۷ (حدود ۶۰ روز بعد از نمونه‌گیری اول) برای همان ده درجه سانتی‌گراد انتخابی مشابه نمونه‌گیری اول به مورد اجرا گذاشته شد و داده‌برداری‌های لازم به عمل آمد. تجزیه‌های آماری با استفاده از نرم‌افزار MSTAT-C و مقایسه میانگین‌ها با آزمون LSD در سطح ۵ درصد انجام شد.

نتایج و بحث

آمار هواشناسی ایستگاه مراغه (شکل ۱) نشان می‌دهد که میانگین حداقل دمای هوا و خاک در عمق پنج سانتی‌متری برای رشد و استقرار بوته‌ها و روند عادت‌دهی به سرما مناسب بود و شرایط برای ارزیابی ژنوتیپ‌ها نسبت به سرما به خوبی فراهم بود. اندازه‌گیری دمای خاک درعمق پنج سانتی‌متری از این نظر مهم است که معمولاً طوقه گیاه در آن عمق قرار دارد و حساس‌ترین بافت گیاه به تنش سرماست (Mahfoozi *et al.*, 2005). خو گرفتن یا عادت‌دهی (Acclimation) به سرما از روندهای بسیار مهم در غلات در طول فصل پاییز است که طی آن تغییرات مهم بیوشیمیایی و متابولیکی آن اتفاق می‌افتد و در نتیجه گیاهان مواد محافظت کننده در برابر تنش سرما را انباشته می‌کنند (Mahfoozi *et al.*, 2005).

بریجر و همکاران (Bridger *et al.*, 1996) در تحقیقی بر روی ۱۱ ژنوتیپ گندم در دو



شکل ۱- تغییرات دمای هوا و خاک در ایستگاه تحقیقات کشاورزی دیم مراغه از مهر ماه تا اسفند ماه سال ۱۳۸۴

Fig. 1. Variation in air and soil temperatures from October 2005 to March 2006 in Dryland Agricultural Research Station of Maragheh

حالت عادت داده شده و عادت داده نشده میانگین LT50 ارقام مورد آزمایش خود را به ترتیب ۱۳- و۸- برآوردکردند، آن‌ها نتیجه گرفتند که ارقام در حالت عادت داده شده از تحمل به سرمای بالاتری برخوردار هستند.

آمار هواشناسی ایستگاه مراغه (شکل ۱) نشان می‌دهد که میانگین حداقل دمای هوا و خاک در عمق پنج سانتی‌متری برای رشد و استقرار بوته‌ها و روند عادت‌دهی به سرما مناسب بود و شرایط برای ارزیابی ژنوتیپ‌ها نسبت به سرما به خوبی فراهم بود. اندازه‌گیری دمای خاک درعمق پنج سانتی‌متری از این نظر مهم است که معمولاً طوقه گیاه در آن عمق قرار دارد و حساس‌ترین بافت گیاه به تنش سرماست (Mahfoozi *et al.*, 2005). خو گرفتن یا عادت‌دهی (Acclimation) به سرما از روندهای بسیار مهم در غلات در طول فصل پاییز است که طی آن تغییرات مهم بیوشیمیایی و متابولیکی آن اتفاق می‌افتد و در نتیجه گیاهان مواد محافظت کننده در برابر تنش سرما را انباشته می‌کنند (Mahfoozi *et al.*, 2005).

بریجر و همکاران (Bridger *et al.*, 1996) در تحقیقی بر روی ۱۱ ژنوتیپ گندم در دو حالت عادت داده شده و عادت داده نشده میانگین LT50 ارقام مورد آزمایش خود را به ترتیب ۱۳- و۸- برآوردکردند، آن‌ها نتیجه گرفتند که ارقام در حالت عادت داده شده از تحمل به سرمای بالاتری برخوردار هستند.

نتایج حاصل از تجزیه‌ی واریانس داده‌های LT50 ژنوتیپ‌های مورد بررسی در

تاریخ۱۳۸۴/۹/۲۷ نشان داد که بین ژنوتیپ‌ها از نظر تحمل نسبی به سرما اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵٪ وجود دارد (جدول ۱).

مقادیر میانگین‌های LT50 ژنوتیپ‌ها در جدول ۲ درج شده‌اند و بیانگر آن است که محدوده این شاخص برای ژنوتیپ‌های مورد بررسی از ۱۰- تا ۱۶- درجه سانتی‌گراد متغیر بود.

آمار هواشناسی ایستگاه مراغه (شکل ۱) نشان می‌دهد که میانگین حداقل دمای هوا و خاک در عمق پنج سانتی‌متری برای رشد و استقرار بوته‌ها و روند عادت‌دهی به سرما مناسب بود و شرایط برای ارزیابی ژنوتیپ‌ها نسبت به سرما به خوبی فراهم بود. اندازه‌گیری دمای خاک درعمق پنج سانتی‌متری از این نظر مهم است که معمولاً طوقه گیاه در آن عمق قرار دارد و حساس‌ترین بافت گیاه به تنش سرماست (Mahfoozi *et al.*, 2005). خو گرفتن یا عادت‌دهی (Acclimation) به سرما از روندهای بسیار مهم در غلات در طول فصل پاییز است که طی آن تغییرات مهم بیوشیمیایی و متابولیکی آن اتفاق می‌افتد و در نتیجه گیاهان مواد محافظت کننده در برابر تنش سرما را انباشته می‌کنند (Mahfoozi *et al.*, 2005).

بریجر و همکاران (Bridger *et al.*, 1996) در تحقیقی بر روی ۱۱ ژنوتیپ گندم در دو حالت عادت داده شده و عادت داده نشده میانگین LT50 ارقام مورد آزمایش خود را به ترتیب ۱۳- و۸- برآوردکردند، آن‌ها نتیجه گرفتند که ارقام در حالت عادت داده شده از تحمل به سرمای بالاتری برخوردار هستند.

نتایج حاصل از تجزیه‌ی واریانس داده‌های LT50 ژنوتیپ‌های مورد بررسی در تاریخ۱۳۸۴/۹/۲۷ نشان داد که بین ژنوتیپ‌ها از نظر تحمل نسبی به سرما اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵٪ وجود دارد (جدول ۱).

مقادیر میانگین‌های LT50 ژنوتیپ‌ها در جدول ۲ درج شده‌اند و بیانگر آن است که محدوده این شاخص برای ژنوتیپ‌های مورد بررسی از ۱۰- تا ۱۶- درجه سانتی‌گراد متغیر بود.

هر قدر دمای مربوط به LT50 بیشتر به زیر صفر تنزل کند به همان نسبت تحمل ژنوتیپ‌ها به سرما بیشتر خواهد بود. بدین ترتیب بر اساس نتایج حاصل از این آزمایش حساس‌ترین ژنوتیپ‌ها به سرما شماره ۴ با LT50 برابر ۱۰- درجه سانتی‌گراد و متحمل‌ترین آن‌ها، لاین‌های شماره ۱، ۳ و ۱۵ با LT50 برابر با ۱۶- درجه سانتی‌گراد بودند. بدین معنی که ۵۰ درصد بوته‌های ژنوتیپ شماره ۴ در ۱۰- درجه سانتی‌گراد از بین می‌روند در حالی که دمای مربوط به مرگ ۵۰ درصد بوته‌های ژنوتیپ‌های شماره ۱، ۳ و ۱۵ برابر ۱۶- درجه سانتی‌گراد است. در این بررسی LT50 برای ارقام شاهد سرداری و آذر۲ به ترتیب برابر با ۱۴- و۱۴/۶۷- درجه سانتی‌گراد بود و نشان می‌دهد که تحمل به سرمای ژنوتیپ‌های شماره ۱، ۳ و ۱۵ در مقایسه شاهدها بیشتر بود، ولی اختلافشان با

جدول ۱- تجزیهی واریانس دادههای مربوط به LT50 ژنوتیپهای گندم در آزمون انجماد طوقه در دو نمونهگیری

Table 1. Analysis of variance for LT50 of crown freezing for wheat genotypes in two samplings

S.O.V.	منابع تغییرات	درجه آزادی df.	میانگین مربعات MS	
			نمونهگیری ۱ Sampling 1	نمونهگیری ۲ Sampling 2
Replication	تکرار	2	8.26^{ns}	0.01^{ns}
Genotype	ژنوتیپ	19	8.26^{*}	1.55^{**}
Error	خطا	38	3.63	0.22
C.V. (%)	ضریب تغییرات (٪)		13.55	4.87

ns، * و **: به ترتیب غیرمعنیدار، معنیدار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪.

ns, * and **: Not significant, significant at the 5% and 1% probability levels, respectively.

تاریخ نمونهگیری ۱: ۱۳۸۴/۹/۲۷ Date of sampling 1: 17.12.2005

تاریخ نمونهگیری ۲: ۱۳۸۴/۱۱/۲۷ Date of sampling 2: 15.2.2006

شاهد معنیدار نبود.

محفوظی و همکاران (۲۰۰۵) با انجام آزمایشی روی ۳۲ ژنوتیپ گندم نان و ۸ ژنوتیپ گندم دوروم مقادیر LT50 مربوط به ژنوتیپها را بین ۸- تا ۲۵- درجه سانتیگراد برآورد کردند. در این مطالعه، ژنوتیپ شماره ۱ (Sabalan/1-27-56-4) حاصل از دو رگ رقم سبلان با رقم خارجی تیپ بهاره، کمترین تحمل را نسبت به دمای زیر صفر داشت در حالی که رقم نورستار (ژنوتیپ شماره۲۵)، انتخابی از کشور کانادا، نسبت به سرما بسیار متحمل بود. محفوظی و همکاران (۲۰۰۵)، تفاوت بین LT50 آنها را مربوط به قابلیت سازگاری ژنوتیپها به شرایط آب و هوایی مناطقی دانستند که از آن جا منشا گرفته و به آن سازگار شدهاند. فالر و همکاران (Fowler *et al.*, 1981) در محدوده ۵- تا ۲۵- برآورد کردند که بیشترین تحمل مربوط به رقم چاودار پوما (Puma) و بعد از آن مربوط به رقم گندم نورستار (Norstar) بود این رقم در سالهای گذشته در مناطق سرد کشور کانادا نظیر ایالت ساسکاچوان در پاییز به عنوان رقم بسیار متحمل کاشته میشد. احتمالاً تحمل بالای این رقم از گندم به سرما مربوط به سازگاری آن در منطقه سردسیری بوده که از آن منشا گرفته است. آنها در تحقیقی دیگر روی ۳۶ رقم گندم، مقدار LT50 را در محدوده ۱۱/۹- تا ۱۹/۶- با میانگین ۱۶/۸- برآورد کردند. تجزیهی واریانس دادههای مربوط به نمونهگیری دوم که در تاریخ ۱۳۸۴/۱۱/۲۷ انجام شد نشان داد که بین ژنوتیپهای مورد

بررسی از نظر میزان تحمل نسبی به سرما اختلاف معنی‌داری در سطح ۱٪ مشاهده می‌شود، ولی بین تکرارها اختلاف معنی‌داری دیده نشد (جدول۱). میانگین‌های مربوط به میزان LT50 ژنوتیپ‌های مورد بررسی در نمونه گیری دوم در جدول ۲ نشان داده شده و محدوده‌ی LT50 در این آزمایش ۷- تا ۱۰- درجه سانتی‌گراد بود.

با توجه به این که اجرای مرحله اول نمونه‌گیری در تاریخ ۸۴/۹/۲۷ و اجرای مرحله دوم نمونه‌گیری در تاریخ ۸۴/۱۱/۲۷ بود، دمای محیط با گذشت زمان و نزدیک شدن به فصل بهار بالا رفته و در نتیجه تحمل ژنوتیپ‌های گندم به سرما کاهش یافت. میانگین LT50 ژنوتیپ‌های گندم در مرحله اول (آزمون انجماد طوقه در تاریخ ۱۳۸۴/۹/۲۷) اجرای آزمایش ۱۴/۱- درجه سانتی‌گراد بود ولی در مرحله دوم (آزمون انجماد طوقه در تاریخ ۱۳۸۴/۱۱/۲۷) مقدار آن (LT50) به ۹/۸- درجه سانتی‌گراد کاهش یافت. تحقیقات محفوظی و همکاران (۲۰۰۵) در موسسه تحقیقات کشاورزی دیم نشان داد که ارتباط بسیار نزدیکی بین تکمیل بهاره‌سازی و بیان تحمل به سرما وجود دارد که بعد از تکمیل بهاره‌سازی (Vernalization) ارقام گندم، میزان تحمل آن‌ها به سرما کاهش می‌یابد. فوجی تا و همکاران (Fujita *et al.*, 1992) با مطالعه رشد مجدد ریشه ۳۰ ژنوتیپ گندم، میزان LT50 را برای آن‌ها در محدوده ۳/۸- تا ۹/۲- درجه سانتی‌گراد گزارش کردند. در مطالعه آنان LT50 برای ارقام بهاره از۳/۸- تا ۵/۹- درجه سانتی‌گراد با میانگین ۴/۹- درجه سانتی‌گراد و برای ارقام پاییزه از ۴/۴- تا ۹/۲- با میانگین ۶/۸- درجه سانتی‌گراد متغییر بود. آن‌ها در این مطالعه نشان دادند که تحمل به سرمای ژنوتیپ‌های پاییزه به مراتب بیشتر از بهاره است. در پژوهش اخیر تحمل کمتر ژنوتیپ‌های شماره ۴ (Sardari/Tui"S" IRW-6MAR) و ۸ (Adl/Golestan IRW-1MAR) به سرما در مقایسه با سایر ژنوتیپ‌ها را می‌توان به دارا بودن تیپ رشد بینابین آن‌ها مرتبط دانست، به طوری که معمولاً ارقام و لاین‌های دارای رشد زمستانه داری درجه تحمل به سرمای بیشتری در مقایسه با ژنوتیپ‌های با تیپ رشد بینابین و بهاره هستند (جدول ۲).

نورآئین (Noorayein, 2005) در تحقیقی روی ۲۸ ژنوتیپ گندم مقدار LT50 را در محدوده‌ی ۶/۳۱- تا ۲۲/۳۱- درجه سانتی‌گراد برآورد کرد. بیشترین تحمل مربوط به رقم نورستار با LT50 برابر ۲۲/۳۱- درجه سانتی‌گراد و کمترین تحمل مربوط به رقم کوهدشت با LT50 برابر ۶/۳۱- درجه سانتی‌گراد بود. رقم مورگان نیز از مقاومت بالایی برخوردار بود. نامبرده با مقایسه میانگین درصد بقای بوته‌ها و LT50 ژنوتیپ‌ها نشان داد که ژنوتیپ‌هایی با درصد بقای بالا دارای LT50 کمتری هستند. متفاوت بودن نتایج مطالعات قبلی و تحقیق حاضر می‌تواند ناشی از اختلاف

جدول ۲- میانگین LT50 برای ژنوتیپ‌های گندم در آزمون انجماد طوقه در دو نمونه‌گیری و تیپ رشدی ژنوتیپ‌ها

Table 2. Means of LT50 for wheat genotypes in two sampling of crown freezing test and growth habits of the genotypes

شماره ژنوتیپ Genotype No.	شجره/ تلاقی Pedigree / Cross	LT50 نمونه‌گیری ۱ Sampling 1	LT50 نمونه‌گیری ۲ Sampling 2	تیپ رشدی Growth habit
1	UNKOWN-18AP-0APP-4MAR	-16.00a	-10a	W
2	85CB-177/3/ND/P1-11//BB/GLL/4/ZARGOTCI97-0AP-0AP-12AP-0P-1MAR	-15.33a	-10a	W
3	85CB-177/3/ND/P1-11//BB/GLL/4/ZARGO TCI97-0AP-0AP-12AP-0P-2MAR	-16.00a	-10a	W
4	Sardari/Tui"S" IRW-6MAR	-10.00c	-8b	F
5	Sardari/Tui"S" IRW-56MAR	-14.00a	-10a	W
6	Kremend/Lov29 te2407//Kavkaz IRW-4MAR	-12.67a	-10a	W
7	Adl/ Golestan IRW-4MAR	-14.67a	-10a	W
8	Adl/ Golestan IRW-1MAR	-12.00b	-7c	F
9	Shahi/ Sabalan IRW-2MAR	-15.33a	-10a	W
10	88ZHONG257//CNO79/PRL/7/GR TCI98—0007-0AP-0AP-OMAR-3MAR	-12.67a	-10a	F
11	88ZHONG257//CNO79/PRL/7/GR TCI98—0007-0AP-0AP-OMAR-6MAR	-15.33a	-10a	W
12	JIN DONG8/4/DYBR 1982-83/8 TCI98--0110-0AP-0AP-OMAR-2MAR	-15.33a	-10a	W
13	CO724377/NAC//SERI/7/GRK/5 TCI98--0121-0AP-0AP-OMAR-4MAR	-13.33a	-10a	W
14	BJN C31/4/NWT/3/TAST/SPRW TCI98—0126-0AP-0AP-OMAR-5MAR	-11.33a	-10a	W
15	1G42650/6/ZCL/3/PGFN//CNO6 TCI98--0126-0AP-0AP-OMAR-1MAR	-16.00a	-10a	W
16	FENG You 1/4/NWT/3/TAST/SP TCI98--0134-0AP-0AP-OMAR-1MAR	-14.00a	-10a	W
17	FKG 13/4/NWT/3/TAST/SPRW// TCI9--0139-0AP-0AP-OMAR-6MAR	-13.33a	-10a	W
18	FKG13/4/NWT/3/TAST/SPRW// TCI98--0139-0AP-0AP-OMAR-7MAR	-14.67a	-10a	W
19	Sardari	-14.00a	-10a	W
20	Azar 2	-14.67a	-10a	W
	LSD 5%	3.15	0.78	

W: Winter type — W: تیپ زمستانه

F: Facutative type — F: تیپ بینابین

میانگین‌ها با حروف مشابه در هر ستون فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪ هستند.

Means with similar letters in each column are not significantly different at 1% probability level.

در ژنوتیپ‌های مورد استفاده و تفاوت در شرایط عادت‌دهی به سرما و شرایط انجام آزمایش باشد، زیرا در آن تحقیق که یک تحقیق گلخانه‌ای بود شرایط ایجاد عادت‌دهی به سرما به طور مصنوعی ایجاد شده بود و ژنوتیپ‌ها احتمالاً به حد اشباع خوگرفتگی نرسیدند و به آن دلیل تحمل به سرمای رقم سرداری اندکی کمتر از تحقیق حاضر بود. در تحقیق حاضر ژنوتیپ‌ها تحت شرایط طبیعی مراحل خوگرفتگی به سرما را طی کردند و به حد اشباع خوگرفتگی رسیدند، بنابراین تحمل به سرما در رقم سرداری اندکی بیشتر بود.

با توجه به این که این دو نمونه‌گیری در دو زمان جداگانه انجام شد برای دستیابی به یک نتیجه کلی و برای ارزیابی اثر زمان در این دو سری آزمایش یک تجزیه بر اساس آزمایش کرت خرد شده در زمان بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی انجام شد (جدول ۳) که در آن اختلاف بین ژنوتیپ‌های گندم مورد بررسی از نظر تحمل به سرما و اثر فاکتور زمان در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود.

قبلی و تحقیق حاضر می‌تواند ناشی از

جدول ۳- تجزیه‌ی واریانس داده‌های LT50 ژنوتیپ‌های گندم در دو زمان مختلف نمونه‌برداری شده در آزمون انجماد طوقه (کرت خرد شده در زمان بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی)

Table 3. Analysis of variance for LT50 from crown freezing test in two different sampling times for wheat genotypes (split plot in time based on RCBD)

S.O.V.	منابع تغییرات	df. درجه‌ی آزادی	MS میانگین مربعات
Block	بلوک	2	3.77^{ns}
Genotype	ژنوتیپ	19	6.74^{**}
Error a	خطای الف	38	1.79
Sampling time	زمان نمونه‌برداری	1	550.40^{**}
Time × Replication	زمان × تکرار	2	4.50^{ns}
Time × Genotype	زمان نمونه‌برداری × ژنوتیپ	19	3.07^{ns}
Error b	خطای ب	38	2.07
C.V. (%)	ضریب تغییرات		12.06

ns و **: به ترتیب غیر معنی‌دار ومعنی‌دار در سطح احتمال ۱٪.

ns and **: Not significant and Significant at the 1% level of probability, respectively.

احتمال نتایج حاصل از مقایسه میانگین‌های LT50 (جدول ۴) برای ژنوتیپ‌های تحت بررسی نشان داد که ژنوتیپ شماره ۴ (Sardari/Tui"S" IRW-6MAR) با میانگین

جدول ۴- میانگین‌های LT50 ژنوتیپ‌های گندم در دو زمان مختلف نمونه‌برداری
Table 4. Means of LT50 for wheat genotypes in two different dates of sampling

شماره ژنوتیپ Genotype No.	شجره / تلاقی Pedigree / Cross	میانگین LT50 Mean LT50
1	UNKOWN-18AP-0APP-4MAR	-13.00
2	85CB-177/3/ND/P1-11//BB/GLL/4/ZARGO TCI97-0AP-0AP-12AP-0P-1MAR	-12.67
3	85CB-177/3/ND/P1-11//BB/GLL/4/ZARGO TCI97-0AP-0AP-12AP-0P-2MAR	-13.00
4	Sardari/Tui"S" IRW-6MAR	-9.33
5	Sardari/Tui"S" IRW-56MAR	-12.00
6	Kremend/Lov29 te2407//Kavkaz IRW-4MAR	-11.33
7	Adl/ Golestan IRW-4MAR	-12.33
8	Adl/ Golestan IRW-1MAR	-9.50
9	Shahi/ Sabalan IRW-2MAR	-12.67
10	88ZHONG 257//CNO79/PRL/7/GR TCI98—0007-0AP-0AP-OMAR-3MAR	-11.33
11	88ZHONG 257//CNO79/PRL/7/GR TCI98—0007-0AP-0AP-OMAR-6MAR	-12.67
12	JIN DONG 8/4/DYBR 1982-83/8 TCI98--0110-0AP-0AP-OMAR-2MAR	-12.67
13	CO724377/NAC//SERI/7/GRK/5 TCI98--0121-0AP-0AP-OMAR-4MAR	-11.67
14	BJN C31/4/NWT/3/TAST/SPRW TCI98—0126-0AP-0AP-OMAR-5MAR	-10.67
15	1G42650/6/ZCL/3/PGFN//CNO6 TCI98--0126-0AP-0AP-OMAR-1MAR	-13.00
16	FENG You 1/4/NWT/3/TAST/SP TCI98--0134-0AP-0AP-OMAR-1MAR	-12.33
17	FKG 13/4/NWT/3/TAST/SPRW// TCI9--0139-0AP-0AP-OMAR-6MAR	-11.67
18	FKG 13/4/NWT/3/TAST/SPRW// TCI98--0139-0AP-0AP-OMAR-7MAR	-12.33
19	Sardari	-12.00
20	Azar 2	-12.33
	LSD 5%	2.21

LT50 برابر با ۹/۳۳- درجه سانتی‌گراد حساس‌ترین ژنوتیپ و ژنوتیپ‌های شماره ۱ (UNKOWN-18AP-0APP-4MAR)، ۳ (85CB-177/3/ND/P1-11//BB/GLL/4/ZARGO TCI97-0AP-0AP-12AP-0P-2MAR) و ۱۵- (1G42650/6/ZCL/3/PGFN//CNO6 TCI98--0126-0AP-0AP-OMAR-1MAR) با LT50 برابر ۱۳- درجه سانتی‌گراد متحمل‌ترین

ژنوتیپ‌ها نسبت به سرما بودند. میانگین‌های LT50 ژنوتیپ شماره ۱۹ و ۲۰ (ارقام سرداری و آذر ۲) به ترتیب برابر با ۱۲- درجه سانتی‌گراد و ۱۲/۳۳- درجه سانتی‌گراد بود که نشان می‌دهد ژنوتیپ‌های شماره ۱، ۳ و ۱۵ نسبت به ارقام شاهد متداول منطقه (سرداری و آذر ۲) دارای تحمل بیشتری نسبت به سرما بودند ولی اختلافشان با شاهد معنی‌دار نبود. همچنین ژنوتیپ‌های شماره ۲، ۹، ۱۱ و ۱۲ از نظر تحمل نسبی به تنش سرما نسبت به شاهدهای متداول منطقه از نظر آماری در یک سطح قرار داشتند و اندکی متحمل‌تر بودند (جدول ۴).

مقایسه میانگین‌های مقادیر LT50 ژنوتیپ‌های مورد بررسی در زمان اول و دوم نشان داد که مقادیر میانگین آن‌ها در زمان دوم نسبت به زمان اول کاهش یافته بود (جدول ۲). این مطلب حاکی از آن است که تحمل به سرمای ژنوتیپ‌ها در زمان اول بیشتر از زمان دوم بود. ژنوتیپ‌ها در زمان اول وقتی در دمای عادت‌دهی به سرما قرار می‌گیرند به تدریج تظاهر ژن‌های ساختمانی مرتبط با تحمل به سرما آغاز می‌شود(Mahfoozi *et al.*, 2001). در طول دوره عادت‌دهی به دلیل تجمع قندها، اسید آبسیزیک، پروتئین‌ها و کاهش آب (Wileni *et al.*, 1995) رفته‌رفته به میزان تحمل ژنوتیپ‌ها افزوده می‌شود. همچنین از شروع دوره‌ی بهاره‌سازی تا تکمیل دوره آن و رسیدن به حد اشباع بهاره‌سازی به تدریج به میزان تحمل ژنوتیپ‌ها افزوده می‌شود. در مورد نمونه‌گیری دوم ژنوتیپ‌ها از نظر زمانی در مرحله‌ای بودند که احتمالاً حد اشباع بهاره‌سازی را پشت سر گذاشته و با مساعد شدن هوا به تدریج فرایند عادت‌دهی که باعث افزایش تحمل به سرما می‌شود در آن‌ها از بین رفته است (Mahfoozi *et al.*, 2006)، لذا میزان تحمل به سرما در ژنوتیپ‌های نمونه‌گیری دوم کاهش پیدا کرد. از نتایج این تحقیق چنین استنباط می‌شود ضمن آن که در بین ژنوتیپ‌های گندم تفاوت بسیار زیادی از نظر میزان تحمل به سرما وجود دارد، میزان تحمل ژنوتیپ‌های گندم بسته به زمان نمونه‌گیری متفاوت است و میزان تحمل به سرما به مرور زمان کاهش می‌یابد، تحقیقات بیشتری لازم است تا جنبه‌های مورفولوژیک و فیزیولوژیک ژنتیک تحمل به سرما بررسی شود.

References

Boyer, I. S. 1982. Plant productivity and environment. Science 218: 443-448.

Bridger, G. M., Falk, D. E., McKersie, B.D., and Smith, D.L.1996. Crown freezing tolerance and field winter survival of winter cereals in eastern Canada. Crop Science 36: 150-157.

Feizi Asl, V., Kasrayi, R., Moghaddam, M., and Valizadeh, G. 2004. Study of recognition of deficit and limitation of nutrients absorption using different methods

with consumption of phosphorus and zinc on Sardari wheat cultivar. Journal of Agricultural Science and Natural Resources 11: 23-33 (in Farsi).

Fowler, D.B. 1982. Date of seedling, fall growth and winter survival of winter wheat and rye. Agronomy Journal 74: 1060-1063.

Fowler, D. B., Chauvin, L. P., Limin, A. E., and Sarhan, F. 1996a. The rgulatory role of vernalization in the expression of low-temperature induced genes in wheat and rye. Theoretical and Applied Genetics 93: 554-559.

Fowler, D. B., Gusta, L.V., and Tyler, N.J. 1981. Selection for winter hardiness in wheat, III. Screening methods. Crop Science 21: 896-901.

Fowler, D. B., Limin, A. E., Wang, S.Y., and Ward, R.W. 1996b. Relationship between low-temperature tolerantce and vernalization response in wheat and rye. Canadian Journal of Plant Science 76: 37-42.

Fujita, M., Kawada, N., and M., Tahir.1992. Relationship between cold resistance, heading traits and ear primordia of wheat cultivars. Euphytica 64: 123-130.

Gordon, R. G., Chauvin, L. P., Sarhan, F., and Huner, N. P. A. 1997. Cold acclimation and freezing tolerance. A complex interaction of light and temperature. Plant Phisology 114: 467-474.

Gusta,L.V., and Fowler,D.B. 1976. Effects of temperature on dehardening and rehardening of winter cereals. Canadian Journal Plant Science 56: 673-67.

Guy, C. L. 1990. Cold acclimation and freezing stress tolerance: role of protein metabolism. Annual Review of Plant Physiology and Molecular Biology 41: 187-223.

Hashemi Dezfuli, A. H., Koocheki, A., and Banayan, M. 1996. Maximizing Crop Yield. Jihad-e-Daneshgahi Mashhad Publications, Mashhad, Iran (in Farsi).

Kazemi Arbat, H. 1995. Private Cultivation, Tehran University Publication Center, Tehran, Iran (in Farsi).

Khajehpour, M.R.1999. Principals and Essentials of Cultivation. Jahad-e-Daneshgahi Publications, Sanati University Unit, Isfahan, Iran (in Farsi).

Kolar, S. C., Hayes, P. M., Chen, T.H. H., and Linderman, R. G. 1999. Genotypic variation for cold tolerance in winter and facultative barley. Crop Science 31: 1149-1152.

Limin, A. E., and Fowler, D. B. 1988. Cold hardiness expression in interspecific

hybrids and amphiploids of the Triticale. Genome 30: 361-365.

Mahajan, S., and Tutejan, N. 2005. Cold, salinity and drought stresses: An overview. Archives of Biochemistry and Biophysics 444: 139-158.

Mahfoozi, S., Limin, A. E., Ahakpaz, F., and Fowler, D. B. 2006. Phenological development and expression of freezing resistance in spring and winter wheat under field conditions in northwest Iran. Field Crops Research 97: 182-187.

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.

Mahfoozi, S., Limin, A. E., Hayes, P. M., Hucl, P., and Fowler, D. B. 2000. Influence of photoperiod response in the expression of cold hardiness in wheat and barley. Canadian Journal of Plant Science 80: 721-724.

Mahfoozi, S., Roustaii, M., and Ansari Maleki, Y. 2005. Determination of low-temperature tolerance in some bread wheat, durum wheat and barley genotypes.Seed and Plant 21: 467-483 (in Farsi).

Noorayein, M. 2005. Evaluation of genetic parameters of cold tolerance and its relationship with molecular allotropy of parents. MSc. Thesis. Agricultural Faculty, Tabriz University, Tabriz, Iran (in Farsi).

Oline, C. R. 1967. Freezing stresses and survival, Annual Review. Plant Physiology 18: 387-408.

Palva, E. T., Welling, A., Tahtiharju, S., Puhakaineu, T., Makela, P., Laitinen, R., Li, C.,Helenius, E., Boije, M., Aspegren, K., Aalto, O., and Heino, P. 2001. Cold acclimation and development of freezing and drought tolerance in plants. Acta Horticulturae 560: 277-284

Sarmadnia, G. 1993. Importance of environmental stresses in agronomy. Key – Note papers, First Iranian Congress of Crop Production and Breeding. Karaj, Iran: pp. 167-168 (in Farsi).

Sutka, J. 2001. Genes for frost resistance in wheat. Euphytica 119: 167-172.

Wilen, R. W., Gusta,L.V., Lei, B., Abrams,S.R., and Ewan,B.E. 1995. Effects of abscisic acid (ABA) analogs on feezing tolerance, low temperature growth, and flowering in rapeseed. Journal of Plant Regulation 13: 235-241.