مجله الکترونیک تولید گیاهان زراعی
جلد دوم، شماره چهارم، زمستان ۸۸
۵۵-۷۰
www.ejcp.info

اثرات خوسرمایی بر تحمل به سرمای گندم (*Triticum aestivum*) تحت شرایط آزمایشگاهی

***احمد نظامی[۱]، حمیدرضا خزاعی[۱]، هما عزیزی[۲] و سمانه نجیب‌نیا[۲]**

[۱]دانشیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد،

[۲]دانشجوی دکتری گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

چکیده

سرمای شدید سبب بروز خسارت در گندم شده و رشد و عملکرد آن را تحت‌تأثیر قرار می‌دهد، بنابراین این آزمایش با هدف بررسی تحمل به یخزدگی ۲۹ ژنوتیپ گندم در شرایط کنترل شده اجرا شد. تیمار خوسرمایی[۱] (در دو سطح خوسرمایی و عدم خوسرمایی) به‌عنوان عامل اصلی و ترکیب دما (صفر، ٤-، ۸-، ۱۲- و ۱٦- درجه سانتی‌گراد) و ژنوتیپ به‌صورت فاکتوریل در نظر گرفته شدند. ٤ هفته پس از اعمال تیمار یخزدگی درصد بقاء، وزن خشک و ارتفاع گیاهان در شرایط گلخانه اندازه‌گیری شد. درصد بقاء، وزن خشک و ارتفاع گیاهان گندم به‌طور معنی‌داری ($P<۰/۰۰۱$) تحت‌تأثیر تیمار یخزدگی قرار گرفت. با کاهش دما به کمتر از ۸- درجه سانتی‌گراد درصد بقاء گندم کاهش معنی‌داری داشت. خوسرمایی سبب تخفیف اثرات یخزدگی شد، به‌صورتی‌که در دمای ۱۲- درجه سانتی‌گراد در شرایط عدم خوسرمایی وزن خشک بوته ۷۲/۱ میلی‌گرم بود، درحالی‌که در شرایط خوسرمایی به ۱٤٤/۹ میلی‌گرم رسید. میزان LT_{50} در ۱٤ ژنوتیپ کمتر از ۱۵- درجه سانتی‌گراد و در ۱۵ ژنوتیپ بالاتر از ۱۵- درجه سانتی‌گراد بود. در بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه ژنوتیپ‌های الموت، بزوستایا، فلات، گلنسون و MV-17 تحمل به سرمای بالاتری را نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها داشتند. جهت تأیید تحمل به سرمای ژنوتیپ‌های مورد مطالعه، انجام آزمایش‌های تکمیلی در شرایط کنترل شده و مزرعه مفید خواهد بود.

واژه‌های کلیدی: گندم؛ خوسرمایی؛ درصد بقاء، دمای ۵۰ درصد کشندگی

---

*- مسئول مکاتبه: nezamiahmad@yahoo.com

1- Cold Acclimation

Archive of SID

www.SID.ir

مقدمه

گندم به‌عنوان یکی از مهم‌ترین محصولات زراعی در اغلب مناطق معتدله در ایران به‌صورت پاییزه کشت می‌شود. در این شرایط، بروز سرمای شدید در زمستان ممکن است رشد و نمو گیاه را تحت‌تأثیر قرار داده و منجر به کاهش عملکرد شود (فولر و گاستا، ۱۹۷۹؛ پیتر، ۱۹۹۱). جهت موفقیت در تولید گندم پاییزه، مقاومت به سرما در این گیاه امری ضروری است و ارقام گندمی که قادر به تحمل شرایط سخت زمستان باشند از تولید و عملکرد بالاتری برخوردار خواهند بود (گاستا و فولر، ۱۹۷۷؛ میرزایی‌اصل و همکاران، ۲۰۰۲).

در بین تنش‌های مختلف زمستانه (از جمله یخ‌زدگی، پوشش برف و یخ، غرقاب، برخی بیماری‌ها و...)، تنش یخ‌زدگی به‌عنوان مهم‌ترین و بارزترین تنش توسط محققان زیادی مورد مطالعه قرار گرفته است. این محققان به‌دلیل شرایط غیریکنواخت زمانی و مکانی در بروز سرما و یخ‌زدگی در سطح مزرعه، استفاده از روش‌های آزمون یخ‌زدگی در شرایط کنترل شده را مورد آزمون قرار داده‌اند (بریگر و همکاران، ۱۹۹٦؛ گاستا و همکاران، ۲۰۰۱؛ نظامی و همکاران، ۲۰۰۷). در این روش‌ها گیاهان به‌صورت مصنوعی در معرض تنش یخ‌زدگی قرار گرفته و درصد بقاء و برخی صفات دیگر مورد مطالعه قرار گرفته و براساس آن ارقام مقاوم به سرما شناسایی شده‌اند (گالرد و همکاران، ۱۹۷۵؛ گاستا و فولر، ۱۹۷۷؛ بریگر و همکاران، ۱۹۹٦؛ میرزایی‌اصل و همکاران، ۲۰۰۲). به‌عنوان مثال در آزمایشی برروی گندم و براساس مقادیر دمای ۵۰ درصد کشندگی (LT_{50}[1]) در ارقام نورستار، فردریک و پرلو، رقم نورستار به‌عنوان رقم مقاوم‌تر به یخ‌زدگی نسبت به دو رقم دیگر معرفی شد (بریگر و همکاران، ۱۹۹٦). در آزمایشی دیگر که برروی سه رقم گندم بزوستایا، بولانی و لاین ۵۱۸ (به‌ترتیب به‌عنوان ارقام مقاوم، نیمه‌مقاوم و حساس) انجام شد، سرعت جوانه‌زنی و رشد ریشه‌چه و ساقه‌چه رقم بزوستایا در دمای کم نسبت به دو رقم دیگر بیشتر بود (میرزایی‌اصل و همکاران، ۲۰۰۲). رشد مجدد گندم پس از سرما نیز بسته به شدت یخ‌زدگی متفاوت است، به‌عنوان مثال چن و همکاران (۱۹۸۳) در آزمایش خود برروی گندم در شرایط کنترل شده مشاهده کردند که کاهش دمای یخ‌زدگی از ۵- به ۱۰- درجه سانتی‌گراد سبب کاهش ۲۰ درصدی رشد مجدد اندام‌های هوایی گندم نسبت به تیمار شاهد (عدم یخ‌زدگی) شد. در صورتی که در تیمارهای یخ‌زدگی ۱۵- و ۲۰- درجه سانتی‌گراد رشد مجدد اندام‌های هوایی گندم نسبت به شاهد به‌ترتیب ٦۰ و ۸۰ درصد کاهش یافت.

1- Lethal Temperature 50

Archive of SID

www.SID.ir

خوسرمایی یکی از عواملی است که برروی تحمل به یخزدگی گیاهان در کاشت پاییزه تأثیر بارزی دارد (نظامی، ۲۰۰۲). در حقیقت گیاهان از طریق قرار گرفتن در معرض دمای کم و فتوپریود کاهشی در پاییز خود را برای شرایط سخت زمستان مهیا کرده و در این حالت قادر خواهند بود که زمستان‌گذرانی مناسبی داشته باشند (فولر و گاستا، ۱۹۷۷؛ بریگر و همکاران، ۱۹۹٦). به همین دلیل در اغلب آزمایش‌های انجام شده، خوسرمایی به‌عنوان یکی از مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار برروی تحمل به یخزدگی گیاهان مورد مطالعه قرار گرفته است. به‌عنوان مثال بررسی بریگر و همکاران (۱۹۹٦) نشان داد که خوسرمایی سبب بهبود تحمل به یخزدگی ارقام گندم شد. در بررسی ایشان خوسرمایی سبب کاهش $LT_{۵۰}$ ارقام گندم به میزان ۵/۵ تا ۸ درجه سانتی‌گراد نسبت به تیمار عدم خوسرمایی شده است. در بررسی اثر خوسرمایی برروی گیاه نخود نیز مشاهده شده است که در شرایط کنترل شده خوسرمایی سبب بهبود درصد بقاء و کاهش $LT_{۵۰}$ شده است (نظامی و همکاران، ۲۰۰۷). علاوه‌بر این بررسی وزن خشک گیاهان یونجه رشد یافته در شرایط خوسرمایی نشان داد که رشد مجدد و وزن خشک این گیاهان پس از قرار گرفتن در معرض دماهای یخزدگی در مقایسه با گیاهان رشد یافته در شرایط عدم خوسرمایی بیشتر بوده است (هکنبای و همکاران، ۲۰۰٦).

در اغلب مناطق معتدله ایران گندم به‌صورت پاییزه- زمستانه کشت می‌شود و نسبت به اهمیت این گیاه اطلاعات منتشر شده موجود در کشور در خصوص تحمل به سرمای آن بسیار اندک است (به‌عنوان مثال محفوظی و همکاران، ۲۰۰۵؛ ناظری و همکاران، ۲۰۰٦؛ عزیزی و همکاران، ۲۰۰۷). بر این اساس آزمایش حاضر با هدف بررسی اثرات خوسرمایی بر تحمل به سرما و برخی ویژگی‌های رشدی ۲۹ ژنوتیپ گندم در شرایط کنترل شده طراحی و اجرا شد.

مواد و روش‌ها

در این آزمایش تحمل به یخزدگی ۲۹ ژنوتیپ (نمونه[1]) گندم تحت شرایط کنترل شده در دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد مورد مطالعه قرار گرفت. ژنوتیپ‌های مورد استفاده عبارت بودند از: الوند، چمران، سبلان، گاسپارد، گلنسون، مرودشت، مهدوی، نیک‌نژاد، زاگرس، فلات، قدس، مارون، زرین، الموت، بزوستایا، آنزا، سرداری، شیرودی، کل محلی، نوید، توس، MV-17، گاسکوژن، آذر ۲، پیشتاز، C-73-5، C-73-20، روشن و امید. در گلخانه، ۵ بذر جوانه‌دار در گلدان‌های

1- Accession

Archive of SID

www.SID.ir

پلاستیکی به قطر ۱۰ سانتی‌متر و در عمق ۲ سانتی‌متری خاک کشت شدند. خاک گلدان دارای یک سوم شن، یک سوم خاک برگ و یک سوم خاک مزرعه بود. دمای گلخانه ۲±۲۲/۱٦ درجه سانتی‌گراد (شب و روز) و فتوپریود ١٤ ساعت در نظر گرفته شد. گیاهان تا مرحله ٥-۳ برگی در شرایط فوق نگهداری شدند. پس از این مرحله، گلدان‌ها یا بلافاصله تحت تیمار یخ‌زدگی قرار گرفتند (تیمار عدم خوسرمایی) و یا به شرایط خوسرمایی منتقل شدند.

به‌منظور ایجاد خوسرمایی، گیاهان به شرایط دمایی ۱±۵/۳ درجه سانتی‌گراد (تاریکی/روشنایی) منتقل شدند. در این شرایط فتوپریود کاهشی (هفته اول ۱۱ ساعت، هفته دوم ۱۰ ساعت و هفته سوم ۹ ساعت روشنایی) و شدت تشعشع فعال فتوسنتزی در ۸۰ میلی‌متری سطح خاک معادل ۲۵۰-۲۰۰ میکرومول فوتون بر مترمربع بر ثانیه در نظر گرفته شد. روشنایی از طریق نور لامپ فلورسنت و تنگستن فراهم شد. تیمار خاموشی به‌طور ناگهانی و یک دفعه اعمال شد. طول مدت خوسرمایی ۳ هفته بود و گیاهان در مواقع نیاز آبیاری می‌شدند.

جهت اعمال تیمار یخ‌زدگی، بوته‌ها ٢٤ ساعت قبل از تیمار یخ‌زدگی آبیاری شدند. در مرحله بعد، گلدان‌ها به فریزر ترموگرادیان منتقل شدند. دمای فریزر در شروع آزمایش، ۵ درجه سانتی‌گراد بود و پس از قرار دادن نمونه‌ها با سرعت ۲ درجه سانتی‌گراد در ساعت کاهش یافت. این وضعیت شرایط را برای توزیع مجدد آب به بافت‌های گیاهی و جلوگیری از تشکیل یخ در داخل سلول‌ها که در طبیعت به ندرت اتفاق می‌افتد، فراهم می‌کند. به‌منظور جلوگیری از پدیده فراسرما و ایجاد هستک یخ در گیاهچه‌ها و اطمینان از این که مکانیزم از نوع تحمل است و نه اجتناب، در دمای ۲- درجه سانتی‌گراد برروی گیاهان محلول INAB[1] به‌نحوی پاشیده شد که سطح گیاهان را قشر نازکی از این محلول پوشاند. پس از آن دما با سرعت ۲ درجه سانتی‌گراد در ساعت کاهش یافت. در این آزمایش ۵ تیمار دمایی صفر، ٤-، ۸-، ۱۲- و ١٦- درجه سانتی‌گراد در نظر گرفته شد (عزیزی و همکاران، ۲۰۰۷). به‌منظور ایجاد تعادل در دمای محیط، گیاهان در هر دمای مورد نظر به مدت یک ساعت نگه داشته شده و سپس برداشت شدند. به‌منظور کاهش سرعت ذوب، گلدان‌ها بلافاصله پس از برداشت به اتاقک با دمای ۲±۵ درجه سانتی‌گراد منتقل و به مدت ٢٤ ساعت در آن جا نگهداری شدند. سپس گلدان‌ها به گلخانه (مشابه شرایط قبل از خوسرمایی) منتقل شده و پس از ٤ هفته درصد بقاء و بازیافت گیاهان ارزیابی شد.

1- Ice Nucleation Active Bacteria

Archive of SID

www.SID.ir

درصد بقاء از طریق شمارش تعداد بوته زنده در هر گلدان و از طریق فرمول: (تعداد گیاهان قبل از تیمار یخزدگی/ تعداد گیاهان زنده ٤ هفته پس از تیمار یخزدگی) x ١٠٠ محاسبه شد. بازیافت گیاهان از طریق اندازه‌گیری ارتفاع و وزن خشک آنها ٤ هفته پس از اعمال تیمار یخزدگی بررسی شد. دمای ٥٠ درصد کشندگی ($LT_{٥٠}$) و نیز دمای کاهنده ٥٠ درصد وزن خشک گیاه (RDMT[1]) با استفاده از رسم نمودار درصد بقاء و وزن خشک نمونه‌ها در مقابل دماهای یخزدگی تعیین شد.

در این مطالعه ٢٩ ژنوتیپ گندم به همراه ٥ دمای یخزدگی (شامل دماهای ذکر شده در فوق) به‌صورت فاکتوریل و تیمار خوسرمایی و عدم خوسرمایی به‌عنوان عامل اصلی به‌صورت اسپلیت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با دو تکرار مورد بررسی قرار گرفتند. جهت آنالیز داده‌ها از نرم‌افزار MSTAT-C و جهت مقایسه میانگین آنها از آزمون LSD در سطح ٥ درصد استفاده شد.

نتایج و بحث

اثر متقابل خوسرمایی با دمای یخزدگی بر درصد بقاء گیاهان معنی‌دار ($P<٠/٠٠١$) بود (جدول ١). با وجود عدم تفاوت معنی‌دار درصد بقاء گیاهان در تیمارهای دمایی بالاتر از ٨- درجه سانتی‌گراد، تیمار خوسرمایی سبب افزایش درصد بقاء گیاهان در دماهای ١٢- و ١٦- درجه سانتی‌گراد نسبت به تیمار عدم خوسرمایی شد (جدول ٢). در تیمار خوسرمایی در دمای ١٢- درجه سانتی‌گراد درصد بقاء گیاهان ١٧ درصد بیشتر از گیاهان تیمار عدم خوسرمایی در همین تیمار دمایی بود. از سوی دیگر در دمای ١٦- درجه سانتی‌گراد، گیاهان تیمار خوسرمایی ٢١/٧ درصد بقاء داشتند، در حالی‌که در تیمار عدم خوسرمایی در دمای ١٦- درجه سانتی‌گراد تمامی گیاهان از بین رفتند. همچنین در تیمار عدم خوسرمایی با کاهش دما از ٨- درجه سانتی‌گراد به دمای پایین‌تر تلفات گیاهی افزایش یافت، در حالی‌که در تیمار خوسرمایی تلفات گیاهی از دمای ١٢- درجه سانتی‌گراد به پایین زیاد شد (جدول ٢). در آزمایشی برروی ژنوتیپ‌های نخود در شرایط کنترل شده نیز خوسرمایی سبب افزایش درصد بقاء گیاهان شده است (نظامی و همکاران، ٢٠٠٧). به نظر می‌رسد گیاهان در مرحله خوسرمایی از طریق کاهش میزان آب در بافت‌ها و افزایش ذخیره قندهای محلول تحمل خود را شرایط سخت زمستان افزایش می‌دهند (پیتر، ١٩٩١).

1- Reduced Dry Matter Temperature 50

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۱- منابع تغییر، درجات آزادی و میانگین مجذورات درصد بقاء، وزن خشک و ارتفاع گندم ٤ هفته پس از بازیافت در شرایط گلخانه.

		میانگین مجذورات		
منابع تغییر	درجات آزادی	درصد بقاء	وزن خشک	ارتفاع گیاه
خوسرمایی	۱	۹۰۱۵/۲۷^{ns}	۸۹۳۷۶۱/۷۷*	۲۵۵۹/۹۰*
خطای اصلی	۲	۱۵۲٤/۹۲	۲۱۰۸۵/۱٤	۳٦/۵۲
دما	٤	۱۷۲٤۰۷/٦٦***	۹۰۸۹۲۹/۸۲***	۵۱۳۱/۷٦***
خوسرمایی x دما	٤	۳۲٦۹/۲۸***	٤۳٤٤۳/۳۱***	٤٦/۲۳***
ژنوتیپ	۲۸	۵٦٦/۳۵***	۲۵٦۷٦/٤۰***	۸۳۳/٤۸***
ژنوتیپ x خوسرمایی	۲۸	۲۳۲/۲۳*	۳۹٦۳/۷۸***	۷۲/۱٤***
ژنوتیپ x دما	۱۱۲	۳۸۷/۳۰***	۳۲۹٦/۱۷***	۷۲/۰٦***
ژنوتیپ x خوسرمایی x دما	۱۱۲	۲۸٤/۷٦***	۱۰۱٦/۰٦***	۱٤/۲٦***
خطای فرعی	۲۸۸	۱٤۵/۵۲	۵۸۰/۹۹	۷/۱۹
کل	۵۷۹			

^{ns}، *، ** و ***: به‌ترتیب بیانگر غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح ۵، ۱ و ۰/۱ درصد.

جدول ۲- اثرات متقابل خوسرمایی و دمای یخ‌زدگی بر درصد بقاء، وزن خشک و ارتفاع گندم ٤ هفته پس از بازیافت در شرایط گلخانه.

تیمار	درصد بقاء	وزن خشک (میلی‌گرم)	ارتفاع گیاه (سانتی‌متر)
خوسرمایی			
صفر	۱۰۰/۰	۲۹۵/۸	۲۰/۲
-٤	۱۰۰/۰	۲۳۹/۹	۱۸/۳
-۸	۱۰۰/۰	۲۰۳/۱	۱٦/۱
-۱۲	۸۷/٤	۱٤٤/۹	۱۲/۳
-۱٦	۲۱/۷	۱٤/۳	۲/۰
عدم خوسرمایی			
صفر	۱۰۰/۰	۱۸۵/۲	۱۵/۷
-٤	۱۰۰/۰	۱۳۵/٦	۱۳/۳
-۸	۹۹/۳	۱۱۲/۵	۱۱/۰
-۱۲	۷۰/۳	۷۲/۱	۷/۸
-۱٦	۰/۰	۰/۰	۰/۰
LSD (۰/۰۵)	٤/٤	۸/۸	۰/۹۸

Archive of SID

www.SID.ir

اثر متقابل ژنوتیپ و خوسرمایی بر درصد بقاء گیاهان معنی‌دار ($P\leq$۰/۰۵) بود (جدول ۱). خوسرمایی در ۸۵ درصد از ژنوتیپ‌ها سبب بهبود درصد بقاء شد، در حالی‌که در ۳ درصد از ژنوتیپ‌ها عکس این حالت مشاهده شد (جدول ۳). بالاترین درصد بقاء (۹۰ درصد) را ژنوتیپ‌های بزوستایا، MV-17، C-73-20، الموت، گلنسون و فلات در شرایط خوسرمایی داشتند و کمترین میزان درصد بقاء (٦۰ درصد) مربوط به ژنوتیپ توس در شرایط عدم خوسرمایی بود. بریگر و همکاران (۱۹۹٦) ارقام گندم و جو را تحت رژیم‌های متفاوت خوسرمایی و عدم خوسرمایی مورد مطالعه قرار داده و مشاهده کردند ارقامی از گندم که در معرض خوسرمایی بودند، تحمل به سرمای بیشتر و LT_{50} پایین‌تری از گیاهان تیمار عدم خوسرمایی داشتند.

جدول ۳- اثر متقابل ژنوتیپ و خوسرمایی بر درصد بقاء، وزن خشک و ارتفاع گندم ٤ هفته پس از بازیافت در شرایط گلخانه.

ژنوتیپ	درصد بقاء		وزن خشک (میلی گرم)		ارتفاع بوته	
	خوسرمایی	عدم‌خوسرمایی	خوسرمایی	عدم‌خوسرمایی	خوسرمایی	عدم‌خوسرمایی
آذر ۲	۷۰/۰	۷٤/۰	۱۲٤/٤	۷۳/۰	۵/۲	٤/۳
الموت	۹۰/۰	۸۰/۰	۱۳٦/۵	۷۳/۹	۷/٦	۷/۱
الوند	۸۰/۰	٦۷/۱	۲۳٤/۵	۹۸/۱	۱۹/۹	۷/٤
امید	۸۰/۰	۸۰/۰	۱٦۷/۵	۱۱۱/۳	۸/۰	٤/۱
بزوستایا	۹۰/۰	۸۰/۰	۱۳۲/۸	۷۷/۷	۹/۷	۵/۱
پیشتاز	۷۰/۰	۷۸/۰	۱۹۳/۵	۹٤/٤	۱۵/٤	۱۱/۳
توس	۸۰/۰	٦۰/۰	۱۷۵/۲	۷۹/۰	۱۲/۸	٤/۹
چمران	۸۰/۰	٦۹/۵	۲۳۸/۱	۱٦٦/۲	۲۱/٦	۱۷/۳
روشن	۸۰/۰	۷۳/۳	۱۷۵/٦	۱۰۱/٦	۱۷/۵	۱۱/۲
زاگرس	۸۰/۰	۸۰/۰	۲۲٦/۱	۱۵٤/۹	۲۳/۷	۱۵/۷
زرین	۸۰/۰	۷۸/۰	۱٦۸/٤	۵۸/۲	۱٦/۹	۵/٦
سبلان	۸٦/۰	۸۰/۰	۱٦۳/۹	۷٦/۳	٦/۹	٤/۵
سرداری	۸۰/۰	۸۰/۰	۱۵۱/۸	۷٤/۱	۸/٦	۵/۳
شیرودی	۷۰/۰	۷۰/۰	۱۸۹/۷	۱۱۷/۹	۱٦/۷	۱۳/۳
فلات	۹۰/۰	۸۰/۰	۱٦۲/۹	۱۰۳/۱	۱۹/۱	۱٦/۱
قدس	۸۰/۰	۷۷/۵	۱۹۸/۹	۱٤۸/۸	۱۸/۳	۲۲/۱

Archive of SID

www.SID.ir

ادامه جدول ۳- اثر متقابل ژنوتیپ و خوسرمایی بر درصد بقاء، وزن خشک و ارتفاع گندم ٤ هفته پس از بازیافت در شرایط گلخانه.

ژنوتیپ	درصد بقاء		وزن خشک (میلی گرم)		ارتفاع بوته	
	خوسرمایی	عدم‌خوسرمایی	خوسرمایی	عدم‌خوسرمایی	خوسرمایی	عدم‌خوسرمایی
کل محلی	۸۰/۰	٦٦/۰	۲۰۳/٤	۸۷/٦	۲٤/٦	۱۲/۸
گاسپارد	۸٤/۰	۷۰/۰	۱۳۳/۳	۸۱/۹	٤/۸	۳/۸
گاسکوژن	۸۸/۰	۷۸/۰	۱۰۵/۷	۷۸/٤	۳/۷	۳/٦
گلنسون	۹۰/۰	۸۰/۰	۱۳٦/٤	۷۳/۸	٤/۲	٤/۰
مارون	۷۸/۰	٦٦/٦	۲۹۳/۲	۱۹۵/۰	۲۸/۷	۲۱/٤
مرودشت	۷۰/۰	٦٦/۰	۲۰۲/۵	۱۲٦/۰	۲۰/۰	۱٤/۸
مهدوی	۸۰/۷	۷۰/۰	۱۹۹/۱	۸۷/۳	۱۵/۱	۸/٦
نوید	۸۸/۰	۷٦/۰	۲۱۰/٤	۹۵/٦	۱۸/۲	۱٦/٦
نیک‌نژاد	۸۸/۰	۷۸/۰	۲۵۹/۸	۱۳۲/۷	۲٤/۹	۱۹/۱
انزا	۸۸/۰	۷۰/۰	۱٤۵/۰	۹٤/۰	۷/۰	٤/۸
C-73-5	۸۸/۰	۷۰/۰	۲۰۰۷/۷	۹۲/۷	۱۱/۱	۵/۲
C-73-20	۹۰/۰	۷۰/۰	۱۲۵/۲	۸٦/۷	٤/۹	٤/٤
MV-17	۹۰/۰	۸۰/۰	۱۵۳/٦	۹۱/٤	٤/۸	۳/۹
LSD (۰/۰۵)	۱۰/٦		۲۱/۲		۲/٤	

اثر متقابل ژنوتیپ x دما بر درصد بقاء گیاهان معنی‌دار ($P<$۰/۰۰۱) بود (جدول ۱). با وجود اینکه درصد بقاء اغلب ژنوتیپ‌های مورد مطالعه تا دمای ۸- درجه سانتی‌گراد تحت‌تأثیر دمای یخ‌زدگی قرار نگرفتند، ولی در دمای ۱۲- درجه سانتی‌گراد درصد بقاء ۱٦ ژنوتیپ کمتر از ۹۰ درصد بود و در دمای ۱٦- درجه سانتی‌گراد نیز ۱۳ ژنوتیپ کاملاً از بین رفتند (جدول ٤). ناظری و همکاران (۲۰۰٦) با مطالعه تحمل به یخ‌بندان ژنوتیپ‌های امیدبخش گندم به روش یخ‌بندان طوقه مشاهده کردند که اثرات ژنوتیپ بر درصد بقاء پس از یخ‌بندان بسیار معنی‌دار بود، به‌طوری‌که ژنوتیپ C-78-9 بالاترین درصد بقاء (۹۸/۳) پس از یخ‌بندان را دارا بود. در این ژنوتیپ نزول دما تا ۲۰- درجه سانتی‌گراد تنها ۱/۷ درصد بوته‌ها را از بین برد، در حالی‌که در ژنوتیپ حساس به سرما با ٦٦/۷ درصد بقاء در دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد حدود ۳۳/۳ درصد بوته‌ها در اثر یخ‌بندان از بین رفتند.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ٤- اثر متقابل ژنوتیپ و دما بر درصد بقاء گندم ٤ هفته پس از بازیافت در شرایط گلخانه.

ژنوتیپ	دمای یخزدگی (درجه سانتی‌گراد)				
	صفر	-٤	-٨	-١٢	-١٦
آذر ٢	١٠٠	١٠٠	١٠٠	٦٠	٠
الموت	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	٢٥
الوند	١٠٠	١٠٠	١٠٠	٧٣	٠
امید	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	٠
بزوستایا	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	٢٥
پیشتاز	١٠٠	١٠٠	١٠٠	٧٠	٠
توس	١٠٠	١٠٠	١٠٠	٥٠	٠
چمران	١٠٠	١٠٠	١٠٠	٧٩	٠
روشن	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	٠
زاگرس	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	٠
زرین	١٠٠	١٠٠	١٠٠	٩٥	٠
سبلان	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٥
سرداری	١٠٠	١٠٠	١٠٠	٩٠	١٠
شیرودی	١٠٠	١٠٠	١٠٠	٥٠	٠
فلات	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	٢٥
قدس	١٠٠	١٠٠	١٠٠	٩٤	٠
کل محلی	١٠٠	١٠٠	١٠٠	٦٥	٠
گاسپارد	١٠٠	١٠٠	١٠٠	٧٥	١٠
گاسکوژن	١٠٠	١٠٠	١٠٠	٥٠	٠
گلنسون	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	٢٥
مارون	١٠٠	١٠٠	١٠٠	٤٢	٢٠
مرودشت	١٠٠	١٠٠	١٠٠	٣٥	٥
مهدوی	١٠٠	١٠٠	١٠٠	٦٢	١٥
نوید	١٠٠	١٠٠	١٠٠	٨٥	٢٥
نیک‌نژاد	١٠٠	١٠٠	١٠٠	٩٠	٢٥
انزا	١٠٠	١٠٠	١٠٠	٧٥	٢٠
C-73-5	١٠٠	١٠٠	١٠٠	٧٥	٢٠
C-73-20	١٠٠	١٠٠	١٠٠	٩٠	٢٥
MV-17	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	٢٥
LSD (٠/٠٥)			١٦/٨		

Archive of SID

www.SID.ir

در بررسی داده‌های حاصل از اثرات متقابل ژنوتیپ و خوسرمایی و دما مشاهده شد که در شرایط خوسرمایی درصد بقاء ۱۷ ژنوتیپ کمتر از ۵۰ درصد بود (داده‌ها نشان داده نشده‌اند) و بنابراین LT_{50} آنها تعیین گردید. نتایج حاصل از مقایسه میانگین‌های LT_{50} در این ۱۷ ژنوتیپ نشان داد که خوسرمایی اثر معنی‌داری بر این صفت داشته است (جدول ۵)، به‌نحوی‌که در ۳ ژنوتیپ چمران، کل محلی و توس خوسرمایی به‌ترتیب سبب کاهش LT_{50} به میزان ۳۳، ۳۸ و ۵۵ درصد شد، در صورتی که در ژنوتیپ‌های امید و زاگرس خوسرمایی اثری بر $LT_{۵۰}$ نداشت (جدول ٦). این در حالی است که در ۳ ژنوتیپ آذر ۲، پیشتاز و سرداری خوسرمایی سبب افزایش $LT_{۵۰}$ به‌ترتیب به میزان ۱۵، ۱۹ و ۲٤ درصد شد. در مجموع در شرایط خوسرمایی ٦۵ درصد از ژنوتیپ‌ها قادر به تحمل یخ‌زدگی کمتر از ۱٤- درجه سانتی‌گراد بودند (زیرا در این دما بیش از ۵۰ درصد بقاء داشتند)، در حالی‌که در شرایط عدم خوسرمایی تنها ۳۵ درصد از ژنوتیپ‌ها قادر به تحمل دمای کمتر از ۱٤- درجه سانتی‌گراد بودند. در بررسی نتایج دیگران نیز مشاهده شده است که واکنش ژنوتیپ‌ها به خوسرمایی متفاوت بوده و ممکن است اثر خوسرمایی بر بهبود تحمل به یخ‌زدگی و $LT_{۵۰}$ به میزان مشابهی نباشد (کاردونا و همکاران، ۱۹۹۷؛ نظامی و همکاران، ۲۰۰۷). در آزمایشی که فولر و همکاران (۱۹۹٦) برروی تحمل به یخ‌زدگی چند رقم گندم و چاودار انجام دادند، بین ارقام گندم از نظر LT_{50} تفاوت وجود داشت، به‌طوری‌که میزان LT_{50} از ۵/۷- درجه سانتی‌گراد در رقم گلنلیا، تا ۲۰/۸- درجه سانتی‌گراد در رقم نورستار متفاوت بود. در بررسی گالرد و همکاران (۱۹۷۵) برروی ۱٤ رقم گندم هم مشاهده شد که LT_{50} از ۱۵/۸- درجه سانتی‌گراد برای ارقام مقاوم، تا ۱۱/٦- درجه سانتی‌گراد برای ارقام حساس تفاوت داشت. در مطالعه محفوظی و همکاران (۲۰۰۵) برروی تحمل به سرمای ژنوتیپ‌های گندم نان نیز مشاهده شد که $LT_{۵۰}$ ژنوتیپ‌های مورد بررسی بین ۸- تا ۲۵- درجه سانتی‌گراد بود.

بازیافت و رشد مجدد گیاه پس از یخ‌زدگی: اثر متقابل خوسرمایی و دما بر رشد مجدد گیاه پس از اعمال تیمارهای یخ‌زدگی معنی‌دار ($P<۰/۰۰۱$) بود (جدول ۱). بیشترین وزن خشک را گیاهان تیمار خوسرمایی در دمای صفر درجه سانتی‌گراد داشتند (۲۹۵/۸ میلی‌گرم) و کمترین آن مربوط به تیمار عدم خوسرمایی در دمای ۱٦- درجه سانتی‌گراد (صفر) بود (جدول ۲). گریفیت و مک‌اینتایر (۱۹۹۳) بیان نمودند که گیاه چاودار در دمای پایین ماده خشک کمتری تولید می‌نماید. در مطالعه هکنبای و همکاران (۲۰۰٦) برروی ارقام مختلف یونجه و شبدر یک‌ساله نیز مشخص شد که کاهش دما از ۱- تا

Archive of SID

www.SID.ir

۱۳- درجه سانتی‌گراد ماده خشک گیاه را به‌طور معنی‌داری کاهش می‌دهد، به‌نحوی‌که وزن خشک گیاهانی که خوسرمایی را تجربه نکردند، در دمای ۷- درجه سانتی‌گراد به صفر رسید، در حالی‌که گیاهان خو گرفته به سرما در دمای ۱۰- درجه سانتی‌گراد از بین رفتند. این محققان نتیجه‌گیری نمودند که گیاهانی که LT_{50} پایین‌تری داشتند، از تولید ماده خشک بیشتری نیز پس از رشد مجدد برخوردار بودند. نظامی و همکاران (۲۰۰۷) نیز مشاهده نمودند که اثر متقابل دما و خوسرمایی بر اجزای رویشی گیاه نخود معنی‌دار بود و خوسرمایی اثر منفی تنش یخزدگی را بر رشد طولی ساقه و شاخه‌ها کاهش داد.

اثر متقابل ژنوتیپ و خوسرمایی بر وزن خشک گیاه معنی‌دار ($P<۰/۰۰۱$) بود. با وجود اینکه در تمام ژنوتیپ‌ها خوسرمایی سبب بهبود وزن خشک گیاه شد، ولی این تأثیر بسته به ژنوتیپ متفاوت بود (جدول ۳). به‌طور مثال در ژنوتیپ‌های مارون و امید خوسرمایی تنها سبب ۵۰ درصد بهبود وزن خشک گیاه شد، در حالی‌که در ژنوتیپ‌های الوند، زرین و کل محلی بهبود وزن خشک تحت‌تأثیر خوسرمایی بین ۱۳۰ تا ۱۹۰ درصد بود. مطالعه فولر و گاستا (۱۹۷۷) برروی گندم نیز نشان داد که بین ارقام مختلف گندم تفاوت معنی‌داری از نظر وزن خشک پس از اعمال تیمار یخزدگی وجود داشت. در بررسی $RDMT_{50}$ ژنوتیپ‌های مورد مطالعه مشاهده شد که خوسرمایی تأثیر معنی‌داری ($P<۰/۰۰۱$) بر دمای کاهنده ۵۰ درصد وزن خشک گیاهان داشته است (جدول ۵). به‌عنوان مثال در شرایط عدم خوسرمایی $RDMT_{50}$ ژنوتیپ کل محلی حدود ٤/۲- درجه سانتی‌گراد بود، در صورتی که خوسرمایی سبب بهبود صفت مذکور به میزان ۳ برابر (۱۲/۹- درجه سانتی‌گراد) شد (جدول ٦). با وجود این $RDMT_{50}$در ژنوتیپ‌هایی مانند الوند، زاگرس و شیرودی تحت‌تأثیر خوسرمایی قرار نگرفت. در ارزیابی تحمل به سرمای نخود در شرایط کنترل شده مشاهده شد که شاخص $RDMT_{50}$ در ژنوتیپ‌های متحمل به سرما، ۲ درجه سانتی‌گراد کمتر از ژنوتیپ حساس به سرما بود (نظامی، ۲۰۰۲). در آزمایش ایشان ضریب همبستگی $RDMT_{50}$ با LT_{50}، ۰/۸۹ بود که نشان‌دهنده کارایی این شاخص در تخمین میزان خسارت سرما به گیاه بیان شده است. وی همچنین نتیجه‌گیری نمود که علاوه‌بر شاخص LT_{50} از این شاخص نیز می‌توان برای ارزیابی میزان خسارت سرما به گیاه و بازیافت و رشد مجدد آن استفاده کرد.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ٥- منابع تغییر، درجات آزادی و میانگین مجذورات LT_{50} و $RDMT_{50}$ گندم ٤ هفته پس از بازیافت در شرایط گلخانه.

منابع تغییر	LT_{50}		$RDMT_{50}$	
	درجات آزادی	میانگین مجذورات	درجات آزادی	میانگین مجذورات
خوسرمایی	۱	۲٦/۳٦^{ns}	۱	٦٦/۸٤*
خطای اصلی	۲	۹/۳۸	۲	۳/۲۹
ژنوتیپ	۱٦	٦/۸۰**	۲۸	۷/٥۳***
ژنوتیپ x خوسرمایی	۱٦	٥/۹۷**	۲۸	٦/۸۰***
خطای فرعی	۳۲	۲/۱٤	٥٦	۱/۹٤
کل	٦۷		۱۱٥	

^{ns}، *، ** و ***: به‌ترتیب بیانگر غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح ٥، ۱ و ۰/۱ درصد.

جدول ٦- اثر متقابل ژنوتیپ و خوسرمایی بر LT_{50} و $RDMT_{50}$ گندم ٤ هفته پس از بازیافت در شرایط گلخانه.

ژنوتیپ	LT_{50}		$RDMT_{50}$	
	خوسرمایی	عدم خوسرمایی	خوسرمایی	عدم خوسرمایی
آذر ۲	-۱۲/۰	-۱۳/۸	-۱۲/٤	-۱۰/۲
الموت	-*	-	-۱۱/۷	-٥/۸
الوند	-۱٥/۷	-۱۱/۱	-۹/٤	-۱۰/۷
امید	-۱٥/۷	-۱٥/۷	-۱۱/٤	-٦/٦
بزوستایا	-	-	-۱۰/۸	-۸/۳
پیشتاز	-۱۲/۰	-۱٤/۳	-۱۱/٥	-۱۰/۸
توس	-۱٥/۷	-۱۰/۱	-۱۲/۰	-۷/٦
چمران	-۱٥/۷	-۱۱/۸	-۱۲/۳	-۱۰/٤
روشن	-۱٥/۷	-۱۳/۸	-۱۰/۱	-۸/۰
زاگرس	-۱٥/۷	-۱٥/۷	-۱۱/۲	-۱۱/۷
زرین	-۱٥/۷	-۱٤/۳	-۱۱/۲	-۱۰/٤
سبلان	-	-	-۱۲/۲	-۷/۳
سرداری	-۱۲/۷	-۱٥/۷	-۱۲/۹	-۱۰/۰
شیرودی	-۱۲/۰	-۱۲/۹	-۱۱/۰	-۱۰/۸
فلات	-	-	-۱۰/۱	-۱۳/۲

Archive of SID

www.SID.ir

ادامه جدول ٦- اثر متقابل ژنوتیپ و خوسرمایی بر LT_{50} و $RDMT_{50}$ گندم ٤ هفته پس از بازیافت در شرایط گلخانه.

ژنوتیپ	LT_{50}		$RDMT_{50}$	
	خوسرمایی	عدم خوسرمایی	خوسرمایی	عدم خوسرمایی
قدس	-۱۵/۷	-۱٤/۱	-۱۱/۳	-۹/۷
کل محلی	-۱٤/۱	-۱۰/۲	-۱۲/۹	-٤/۲
گاسپارد	-۱۵/۸	-۱۲/۹	-۱۲/۲	-۱۱/۰
گاسکوژن	-۱۲/۳	-۱۱/٤	-۱۱/۱	-۱۳/۰
گلنسون	-	-	-۱٤/٤	-۱۳/۱
مارون	-	-	-۱۰/٤	-۱۰/۱
مرودشت	-۱۱/۹	-۱۱/۰	-۷/۹	-٦/۲
مهدوی	-	-	-۱۲/۹	-۱۰/۱
نوید	-	-	-۹/٤	-۹/۲
نیک‌نژاد	-۱٤/۲	-۱۲/۸	-۱۱/۱	-۷/۹
آنزا	-	-	-۱۱/۳	-۱۱/٦
C-73-5	-	-	-۱۱/۷	-۱۱/۹
C-73-20	-	-	-۸/۷	-۱۲/۰
MV-17	-	-	-۱۲/۳	-۱۱/۹
LSD(۰/۰۵)	۳/۰		۲/۸	

*: به‌دلیل درصد بقاء بالاتر از ۵۰ درصد تحت شرایط خوسرمایی (در گستره تیمارهای دمایی آزمایش)، LT_{50} این ژنوتیپ‌ها کمتر از ١٦- درجه سانتی‌گراد بود و بنابراین محاسبه نشد.

اثر متقابل خوسرمایی و دما بر ارتفاع گیاه معنی‌دار ($P<۰/۰۰۱$) بود (جدول ۱). بیشترین ارتفاع مربوط به تیمار خوسرمایی و دمای صفر درجه (۲۰/۲ سانتی‌متر) و کمترین آن مربوط به تیمار عدم خوسرمایی و دمای ١٦- درجه (صفر سانتی‌متر) بود (جدول ۲). اثر متقابل ژنوتیپ و خوسرمایی بر ارتفاع گندم ٤ هفته پس از بازیافت در گلخانه معنی‌دار ($P<۰/۰۰۱$) بود (جدول ۱). ژنوتیپ مارون در شرایط خوسرمایی بلندترین (۲۸/۷ سانتی‌متر) و ژنوتیپ کاسگوژن در شرایط عدم خوسرمایی کوتاهترین (۳/٦ سانتی‌متر) ارتفاع را داشتند (جدول ۳). در رقم زرین خوسرمایی سبب ۲۰۲ درصد بهبود ارتفاع شد، در صورتی که در رقم الموت این بهبود حدود ۷ درصد بود.

Archive of SID

www.SID.ir

نتیجه‌گیری

نتایج این آزمایش نشان داد که در شرایط خوسرمایی تمام ژنوتیپ‌های مورد بررسی قادر به تحمل دمای یخزدگی تا حدود ۸- درجه سانتی‌گراد بودند و بعد از آن واکنش متفاوتی به یخزدگی شدیدتر نشان دادند. در دمای ۱۲- درجه سانتی‌گراد اغلب ژنوتیپ‌ها بیش از ۵۰ درصد بقاء داشتند و تنها در یک ژنوتیپ درصد بقاء کمتر از ۵۰ درصد بود، در صورتی که در دمای ١٦- درجه سانتی‌گراد ۲۱ ژنوتیپ کمتر از ۵۰ درصد بقاء داشتند. در شرایط عدم خو سرمایی نیز هر چند که گیاهان تا دمای ۸- درجه سانتی‌گراد را به خوبی تحمل کردند، ولی در دمای ۱۲- درجه سانتی‌گراد ٦ ژنوتیپ کمتر از ۵۰ درصد بقاء داشتند و در دمای ١٦- درجه سانتی‌گراد کلیه ژنوتیپ‌ها از بین رفتند. خوسرمایی سبب بهبود تحمل به یخزدگی و رشد مجدد ژنوتیپ‌های مورد بررسی شد، به‌نحوی‌که در شرایط خوسرمایی LT_{50} در ۲۱ ژنوتیپ کمتر از ۱۵- درجه سانتی‌گراد بود، در حالی‌که در شرایط عدم خوسرمایی تنها در ۳ ژنوتیپ LT_{50} کمتر از ۱۵- درجه سانتی‌گراد بود و به همین دلیل اغلب گیاهان در شرایط خوسرمایی، ٤ هفته پس از یخزدگی وزن خشک و ارتفاع بیشتری نسبت به گیاهان در شرایط عدم خوسرمایی داشتند. جهت تأیید تحمل به سرمای ژنوتیپ‌های مورد بررسی، تداوم آزمایش‌ها در شرایط مزرعه و کنترل شده پیشنهاد می‌شود.

منابع

Azizi, H., Nezami, A., Nasiri Mahallati, M., and khazaei, H. 2007. Evaluation of wheat cultivars freezing tolerance under controlled conditions. Iranian J. of Field Crop Res. 5: 1. 109-119.

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 Sci. 36: 150-157.

Cardona, C.A., Duncan, R.R., and Lindstrom, O. 1997. Low temperature tolerance assessment in paspalm. Crop Sci. 37: 1283-1291.

Chen, T.H., Gusta, L.V., and Fowler, D.B. 1983. Freezing injury and root development in winter cereals. Plant Physiol. 73: 773-777.

Fowler, D.B., Limin, A.E., Wang, S.Y., and Ward, R.W. 1996. Relationship between low-temperature tolerance and vernalization response in wheat and rye. Can. J. Plant Sci. 76: 37-42.

Fowler, D.B., and Gusta, L.V. 1977. Dehardening of winter wheat and rye under spring field conditions. Can. J. Plant Sci. 57: 1049-1054.

Archive of SID

www.SID.ir

Fowler, D.B., and Gusta, L.V. 1979. Selection for winter hardiness in wheat. I. Identification of genotypic variability. Crop Sci. 19: 769-772.

Griffith, M., and McIntyre, C.H. 1993. The interrelationship of growth and frost tolerance in winter rye. Physiol. Plant. 87: 335-344.

Gullord, M., Olien, C.R, and Everson, E.H. 1975. Evaluation of freezing hardiness in winter wheat. Crop Sci. 15: 153-157.

Gusta, L.V., and Fowler, D.B. 1977. Cold resistance and injury in winter cereals, P. 159-178, In: Mussel, H., and Staples, R.C. (eds.), Stress Physiology in Crop Plants, John Wiley & Sons, New York.

Gusta, L.V., O'Connor, B.J., Gao, Y.P., and Jana, S. 2001. A re-evaluation of controlled freeze-test and controlled environment hardening conditions to estimate the winter survival potential of hardy winter wheat. Can. J. Plant Sci. 81: 241-246.

Hekneby, M., Antolin, M.C., and Sanchez-Diaz, M. 2006. Frost resistance and biochemical changes during cold acclimation in different annual legumes. Environ. Exp. Bot. 55: 305-314.

Mahfuzi, S., Rustaie, M., and Ansari Maleki, Y. 2005. Determining of Low Temperature tolerance in some bread wheat, durum wheat and barely genotypes. Iranian J. seed Plant. 21: 3. 467-483.

Mirzaie Asl, A., Yazdi Samadi, B., Zali, A., and Sadeghian Motahhar, Y. 2002. Study on the cold resistance of wheat with laboratory methods. Iranian J. of. Sci. Tech. Agric. Nat. Reso., 6: 1. 177-186.

Nazeri, M., Ahmadi, A., Tabeei, M., and Kohestani, B. 2006. Study of frost tolerance in promising wheat genotypes using crown freezing method. Iranian J. of Field Crop Res. 4: 1. 155-168.

Nezami, A. 2002. Evaluation of cold tolerance in chickpea (*Cicer arietinum* L.) for fall planting in the highlands. Ph.D. Thesis, College of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad.

Nezami, A., Bagheri, A., Rahimian, H., Kafi, M., and Nasiri Mahallati, M. 2007. Evaluation of freezing tolerance of chickpea (*Cicer arietinum* L.) genotypes under controlled conditions. Iranian J. of. Sci. Tech. Agric. Nat. Reso. 10: 4a. 257-269.

Petr, J. 1991. Weather and yield, developments in crop science. Elsevier, Amsterdam and NewYork, 311p.

Archive of SID

www.SID.ir

EJCP., Vol. 2 (4): 55-70
www.ejcp.info

Effects of acclimation on wheat (*Triticum aestivum* L.) cold tolerance under laboratory conditions

***A. Nezami[1], H.R. Khazaei[1], H. Azizi[2] and S. Najibnia[2]**
[1]Associate Prof., Dept. of Agronomy and Plant Breeding, College of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran, [2]Ph.D. Student, Dept. of Agronomy and Plant Breeding, College of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran

Abstract

Sever coldness causes damage to the wheat and affect its growth and yield, thereby this experiment was conducted in controlled conditions to investigate freezing tolerance of 29 wheat genotypes. Acclimation treatments (in two levels: acclimation and non-acclimation) were considered in the main plot and combination of temperature (0, -4, -8, -12, -16 ˚C) and genotypes as sub plot. Survival percentage, dry weight and plant height were measured four weeks after freezing in the glasshouse. All these traits were affected significantly by freezing treatments ($P<0.001$). Reducing temperature under -8 ˚C caused a significant reduction in the wheat survival percentage. Acclimation alleviated the effects of freezing, so that at -12 ˚C in non-acclimation conditions, dry weight was 72.1 mgr, but it reached to 144.9 mgr in acclimation conditions. Lethal Temperature 50 (LT_{50}) was lower than -15 ˚C in 14 cultivars and higher than -15 ˚C in 15 cultivars. Among studied genotypes, Alamout, Bezostaja, Falat, Glenson and MV-17 were more cold tolerant than others. In order to determine the cold tolerance of genotypes, conducting complementary experiments in controlled and field conditions could be useful.

Keywords: Wheat; Acclimate; LT_{50}; Survival percentage

*- Corresponding Author; Email: nezamiahmad@yahoo.com

Archive of SID
www.SID.ir