ارزیابی تحمل به یخ زدگی ارقام کلزا (*Brassica napus* L.) پس از خو سرمائی در شرایط کنترل شده

احمد نظامی[۱]، اعظم برزویی[۲]، مریم جهانی[۲]، مهدی عزیزی[۳]، محمد جواد موسوی[۴]

چکیده

به منظور بررسی تحمل به یخ زدگی ارقام کلزا در شرایط کنترل شده آزمایشی در دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد، در قالب طرح کاملاً تصادفی و به‌صورت آزمایش اسپلیت‌پلات‌فاکتوریل با دو تکرار به اجرا درآمد. ترکیب ده رقم کلزا به نامهای لیکورد، اِلیت، SLMO46، اُکاپی، سیمبُل، کالوِرت، اُپرا، اِبُنیت، آلیس و زرفام به همراه پنج تیمار دمائی(۰، ۴- ، ۸- ، ۱۲- و ۱۶- درجهٔ سانتی‌گراد) به صورت فاکتوریل در پلات‌های فرعی و تیمار خوسرمایی (خوسرمایی و عدم خوسرمایی) در پلات اصلی در نظر گرفته شدند. گیاهان تا مرحله۵-۳ برگی در گلخانه رشد یافته و سپس گیاهان تیمار عدم خو سرمائی بلافاصله و گیاهان تیمار خوسرمائی پس از قرار گرفتن در شرایط خوسرمائی به مدت سه هفته، درفریزر ترموگرادیان در معرض تیمارهای دمائی قرار گرفتند. سه هفته بعد از زمان اعمال دماهای یخ زدگی، درصد بقاء، سطح برگ، وزن خشک، عدد کلروفیل متر، دمای کشندهٔ ۵۰ درصد گیاهان[۲] (LT_{50}) و دمای کاهندهٔ ۵۰ درصد وزن خشک گیاهان[۳]($RDMT_{50}$) ثبت شد. رقم های کالورت، سیمبل و زرفام با ۷۷، ۷۶ و ۷۵ درصد و رقم اپرا با ۶۳ درصد به ترتیب بیشترین و کمترین درصد بقاء را دارا بودند. ارقام از لحاظ وزن خشک، LT_{50}، و سطح برگ سه هفته پس از بازیافت نیز با یکدیگر اختلاف معنی داری داشتند به طوری که اغلب صفات مورد بررسی از تیمار دمائی ۸- درجه سانتی گراد به پائین کاهش معنی داری نسبت به شاهد عدم یخ زدگی(تیمار صفر درجه سانتیگراد) داشتند. تیمار خوسرمایی سبب بهبوددر صد بقاء (۳۴٪)، LT50 (۳۷٪)، وزن خشک بوته(۴۸٪) و RDMT50(۸۰٪)نسبت به تیمار خوسرمایی شد.

واژه های کلیدی: بقاء، خو سرمائی، LT_{50}، $RDMT_{50}$

مقدمه

دانه‌های روغنی و از جمله کلزا پس از غلات دومین ذخیره غذایی جهان را تشکیل می‌دهند. این محصولات علاوه بر دارا بودن ذخائر غنی اسید چرب، حاوی پروتئین نیز می‌باشند. طبق آمار فائو در سال ۱۹۹۹ کلزا پس از سویا و نخل روغنی سومین منبع تولید روغن نباتی جهان بشمار می‌آید. بطوریکه ۱۴,۷٪ کل تولید روغن گیاهی جهان را به خود اختصاص داد. در ایران نیز نوعی کلزا در حدود ۵۰۰ سال پیش به عنوان منداب شناخته شده بود ولی کشت ارقام اصلاح شده آن از اوایل دهه ۷۰ آغاز گردید. از آنجائی‌که میزان روغن حاصل از دانه‌های روغنی تولید داخل حدود ۸٪ نیاز خام کشور را تامین می‌کند لذا توسعه کشت کلزا بدلیل دارا بودن صفات مطلوبی مانند مقاومت به سرما، کم آبی، تحمل شوری، ارزش تناوبی بالا (کشت پاییزه کلزا در تناوب با غلات بویژه گندم باعث غنا بخشیدن به خاک می‌شود) و .. مورد توجه قرار گرفته است (۲).

زیانهای اقتصادی سرما و یخبندان به محصولات کشاورزی کشور به مراتب بیشتر از زیانهای سایر پدیده‌های

۱،۲،۳،۴- به‌ترتیب عضو هیات علمی گروه زراعت دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد، دانشجوی دکتری زراعت دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد، عضو هیات علمی مرکز تحقیقات کشاورزی طرق و عضو هیات علمی گروه باغبانی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد.

2- Lethal Temperature 50 (LT_{50})

3- Reduced Dry Matter Temperature 50 ($RDMT_{50}$)

Archive of SID

www.SID.ir

مخرب جوی و گهگاهی فزون تر از خسارت‌هایی است که در اثر بیماریها و آفات به گیاهان وارد می‌آید(۱). از نظر کشاورزی در نتیجه وقوع دماهای تنش زای سرد در منطقه بسته به میزان سردی هوا، طول زمان آن و فراوانی آنها نتایج زیانباری در گیاه حادث می‌شود و بلافاصله بعد از وقوع تنش سرما، در صورت افزایش دما، به ندرت گیاهان صدمه دیده بهبود می‌یابند. تابش شدید در طول یا بلافاصله بعد از دوره سرما، موجب افزایش صدمه به کلروپلاست‌ها شده بهبود گیاه را به تاخیر می‌اندازد یا متوقف می کند.(۷)

تحمل زمستان توسط گیاه به توانایی تحمل تنش‌هایی نظیر یخ‌زدگی، آب کشیدگی، پوشش یخ ، غرقاب، خفه شدن و بیماری‌های مختلف وابسته است و لذا این تحمل صفت پیچیده ای است که مستلزم وقوع فرآیندهای متعدد شیمیایی، فیزیولوژیکی و مورفولوژیکی در گیاه است(۹)

فولر و گاستا (۱۴) برای اندازه‌گیری تحمل به سرما در گندم " شاخص بقاء مزرعه" را ابداع کردند. در این روش توانایی بقاء ژنوتیپ‌های مورد آزمایش با کاشت آن‌ها در مزرعه و قرار گرفتن در معرض سرما و مقایسه با نمونه شاهد ارزیابی می‌شود. ایشان معتقدند که بقاء در مزرعه آزمون مناسبی است ولی در اغلب مواقع تفاوت بقاء در بین آزمون‌های مزرعه‌ای به دلیل بقاء کامل و یا مرگ کامل گیاه در زمستان آشکار نمی شود. حتی زمانی که تفاوت در میزان بقاء نیز وجود دارد، کشف تفاوت‌های کوچک در بقاء زمستانه غالباً به دلیلی شرایط ناهمگن مزرعه مانند پوشش متغیر برف، پوشش یخ، رطوبت خاک، حاصلخیزی خاک و پاتوژن‌ها مشکل می‌باشد. به همین علت انواع مختلفی از آزمون‌های یخبندان مصنوعی جهت پرهیز از بعضی محدودیت‌های اجتناب ناپذیر در ارزیابی‌های مزرعه‌ای ابداع شده است.

در این روش گیاهان در شرایط کنترل شده با سرما خوسرمایی[1] پیدا می کنند و در مرحله بعد با قرار دادن آنها در معرض دماهای مختلف یخ زدگی، دمایی که سبب ۵۰٪ در صد تلفات (LT_{50}) در گیاه که یک روش مناسب برای اندازه گیری مقاومت به سرما است محاسبه می کنند (۴). فولر و کارلس (۱۴) بیان نمودند که مقادیر LT_{50} ژنوتیپ‌های تطابق یافته به سرما و ژنوتیپ‌های تطابق نیافته تفاوت معنی‌داری با یکدیگر داشته و در ژنوتیپ‌های تطابق یافته به سرما LT_{50} کمتر بود. اولد و همکاران (۱۰) با بررسی تحمل به سرمای ژنوتیپ‌های نخود فرنگی در شرایط مزرعه و شرایط کنترل شده مشاهده کردند که با کاهش دما در صد بقاء لاین‌های نخود فرنگی در هر محیط کاهش یافت.

مودهن و همکاران (۱۹) اظهار نمودند که پایداری کلروفیل شاخصی از مقاومت گیاه به تنش‌های محیطی است. پایداری کلروفیل باعث دریافت بهتر تشعشع توسط گیاه تحت شرایط تنش شده و در نتیجه سرعت فتوسنتز و متعاقباً تولید ماده خشک و عملکرد افزایش می‌یابد.

اهداف این ازمایش عبارت بودند از (الف) بررسی اثر خوسرمایی بر تحمل به یخ زدگی ارقام کلزا، (ب) بررسی برخی پارامترهای موثر بر رشد مجدد ارقام کلزا پس از یخ زدگی (ج) تعیین شاخصی مناسب جهت انتخاب ارقام مقاوم و حساس به تنش یخزدگی.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال ۱۳۸۴در گلخانه تحقیقاتی دانشگاه فردوسی مشهد(دانشکده کشاورزی) به صورت آزمایش اسپلیت پلات فاکتوریل و در قالب طرح کاملا" تصادفی با دو تکرار انجام شد. فاکتورهای آزمایشی عبارت بودند از، خوسرمایی(در ۲ سطح شامل خوسرمایی و عدم خوسرمایی) به عنوان فاکتور اصلی و ارقام کلزا شامل ۱۰ رقم به نامهای (لیکورد، الیت، SLMO46، اُکاپی، سیمبُل، کالورت، اُپرا، اِبنیت و آلیس(ارقام پائیزه) و همچنین رقم زرفام (بهاره – پائیزه) و دمای یخزدگی شامل ۵ تیمار (صفر، ۴- ،۸- ، ۱۲- و ۱۶- درجه سانتی گراد) که به صورت فاکتوریل به عنوان فاکتورهای فرعی در نظر گرفته شدند. تعداد ۵ بذر در گلدان‌های پلاستیکی به قطر ۱۰ سانتی‌متر و در عمق ۲-۱ سانتی متری خاک کشت شدند. دمای گلخانه۲± ۲۵/۱۵ درجه سانتی گراد تنظیم و فتوپریود طبیعی نیز اعمال شد.گیاهان تا مرحله ۵-۳ برگی در شرایط فوق نگهداری و پس از این مرحله، گیاهان یا بلافاصله تحت تیمار یخزدگی قرار گرفتند (تیمار عدم خوسرمایی) و یا به شرایط

1- Cold Acclimation

Archive of SID

www.SID.ir

خوسرمایی منتقل شدند. شرایط خوسرمایی در طول سه هفته و به صورت زیر اعمال شد، هفته اول ۱۱/۱۳ ساعت تناوب نوری و تاریکی و دمای روز و شب ۱± ۸/۵ درجه سانتی گراد، هفته دوم ۱۰/۱۴ ساعت تناوب نوری و تاریکی و دمای روز و شب۱±۶/۴ درجه سانتی گراد و هفته سوم ۹/۱۵ ساعت تناوب نوری و تاریکی و دمای روز و شب۱± ۵/۳ درجه سانتی گراد. روشنائی از طریق لامپ فلورسنت ۴۰ وات و تنگستن ۱۰۰ وات به نسبت سه به یک و میانگین شدت ۳۰±۲۵۰ میکرومول انیشتن بر متر مربع بر ثانیه تأمین شد وگیاهان در مواقع نیاز آبیاری شدند.۲۴ساعت قبل از تیمار یخزدگی نیز بوتهها آبیاری شدند. در مرحله بعد گلدانها به فریزر ترموگرادیان منتقل شدند. دمای فریزر در شروع آزمایش ۵ درجه سانتی گراد بوده و پس از قرار دادن نمونهها با سرعت ۲درجه سانتی گراد 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 (۲۰). به منظور ایجاد هستک یخ در گیاهچه ها، در دمای ۳- درجه سانتی گراد محلول INAB [1] بر روی گیاهان پاشیده شد و پس از آن دما با سرعت ۲ درجه سانتی گراد در ساعت کاهش یافت. به منظور ایجاد تعادل در دمای محیط، گیاهان در هر تیمار دمائی به مدت یک ساعت نگه داشته شده و سپس گلدانها به اتاقک با دمای۱±۴ درجه سانتی گراد منتقل و به مدت ۲۴ ساعت در آنجا نگهداری شدند. در مرحله بعد گلدانها به گلخانه (مشابه شرایط قبل از خوسرمایی) منتقل شده و پس از ۲۱ روز درصد بقاء و بازیافت گیاهان ارزیابی شد.درصد بقاءگیاهان از طریق شمارش تعداد بوته زنده در هر گلدان و از طریق فرمول:

[۱۰۰× (تعدادگیاهان قبل از تیمار یخزدگی)/ (تعداد گیاهان زنده سه هفته پس از تیمار یخزدگی)]

محاسبه شد. همزمان صفات دیگری نظیر سطح برگ (با استفاده از دستگاه Leaf Area meter)، عدد کلروفیل متر (با استفاده از دستگاه SPAD مدل Minolta-502) و وزن خشک (پس از ۴۸ ساعت قرار گرفتن نمونهها در اون ۷۰ درجه سانتیگراد) اندازه گیری شد. LT_{50} و نیز $RDMT_{50}$ با استفاده از رسم نمودار درصد بقاء و وزن خشک نمونهها در مقابل دماهای یخزدگی تعیین شد. محاسبات آماری با استفاده از نرم افزارهای Excel و MSTAT-C انجام گرفت و جهت مقایسه میانگین دادهها از آزمون LSD استفاده شد.

نتایج و بحث

نتایج آنالیز واریانس صفات مورد بررسی در ارقام مختلف کلزا در جدول ۱ آورده شده است. ارقام از نظر درصد بقاء تفاوت معنیداری با یکدیگر داشتند($p<0/01$)، به نحوی که ارقام کالورت، سیمبل و زرفام به ترتیب با ۷۷، ۷۶ و ۷۵ درصد از بیشترین و رقم اپرا با ۶۳ درصد از کمترین درصد بقاء برخوردار بودند (جدول ۳). تیمار خوسرمائی بر درصد بقاء گیاهان تأثیر معنیداری($p<0/01$)

جدول۱: میانگین مربعات صفات درصد بقاء ، وزن خشک ، سطح برگ و عدد کلروفیل متر ارقام کلزا سه هفته پس از اعمال تیمارهای یخ زدگی و رشد مجدد در شرایط گلخانه

منبع تغییر	درجه آزادی	درصد بقاء	وزن خشک	سطح برگ در گیاه	عدد کلروفیل متر
خو سرمائی	۱	۱۱۷۴۴/۳**	۹۱/۹**	۱۳۶۶۴۳۲/۱**	۵۳۳۲/۳**
خطای اصلی	۲	۴۳/۸	۱/۰	۱۶۶۳۴/۶	۱۰/۲
رقم	۹	۳۹۷/۷**	۴/۱**	۷۵۷۶۲۴/۳**	۴۰/۶**
رقم × خو سرمائی	۹	۲۵۵/۴*	۳/۴**	۷۶۶۰۷۹/۴**	۷۰/۰**
دما	۴	۷۱۷۸۸/۸**	۱۷/۶**	۶۲۴۳۸۹/۹**	۱۲۰۵۰/۶**
دما × خو سرمائی	۴	۷۵۶۶/۴**	۶/۰**	۳۶۴۶۲۷۲/۴**	۹۷۲/۸**
دما × رقم	۳۶	۲۳۰/۰*	۰/۵**	۲۳۰۱۷۷/۲**	۴۲/۲*
خطای فرعی	۹۸	۱۲۴/۵	۰/۴	۱۷۰۶۹۹/۰	۲۶/۸

Ns : عدم اختلاف معنی دار، * : معنی دار در سطح ۰/۰۵ ، ** : معنی دار در سطح ۰/۰۱

1- Ice Nucleation Active Bacteria

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۲: میانگین مربعات صفات LT_{50} و $RDMT_{50}$ در ارقام کلزا سه هفته پس از اعمال تیمارهای یخ زدگی و رشد مجدد در شرایط گلخانه

منبع تغییر	درجه آزادی	LT_{50}	$RDMT_{50}$
خوسرمائی	۱	۱۵۷/۸۹**	۲۴۴/۵۸**
رقم	۹	۵/۷۳*	۲/۵۱^{ns}
رقم× خوسرمائی	۹	۳/۳۰^{ns}	۲/۶۱^{ns}
خطا	۲۰	۲/۴۵	۳/۵۵

داشت و میانگین این صفت در تیمار خوسرمائی ۱۵/۴ درصد بالاتر از شرایط عدم خوسرمائی بود (جدول۳). به نظر می‌رسد دوره خوسرمائی قبل از مواجه شدن گیاه با تنش یخزدگی از طریق ایجاد تغییرات بیوشیمیائی(۱۸) و فیزیولوژیک(۶) در گیاه، شرایط را برای بهبود تحمل به تنش در گیاه فراهم کرده است.

تئوتونیکا و همکاران (۲۲) بیان کردند، خوسرمائی به مدت چند هفته توانائی ارقام کلزا را برای بقاء به هنگام قرار گرفتن در معرض دماهای یخزدگی افزایش می‌دهد. همچنین این پژوهشگران خاطر نشان کردند که تحمل به یخزدگی پس ازخوسرمائی درشرایط آزمایشگاهی همبستگی معنی‌داری با بقاء زمستانه در شرایط مزرعه دارد ($r=۰/۸۲^{**}$). نتایج حاصل از اثر متقابل رقم و خوسرمائی بردرصد بقاءگیاهان نیز نشان داد که میزان افزایش مقاومت به دنبال خوسرمایی در ارقام اپرا و آلیس ۲۶ درصد و در رقمهای سیمبل و کالورت به ترتیب ۸ و ۶ درصد بود (جدول۴). نظامی و همکاران(۹) نیز با ارزیابی تحمل به یخزدگی ژنوتیپ‌های نخود گزارش کردند که در اثر تیمار خوسرمائی درصد بقاء، در ژنوتیپ MCC ۵۰۵ برابر با ۲۰/۶ درصد و در دو ژنوتیپ MCC۴۲۶ و MCC۲۵۲ به ترتیب ۱۳/۶ و ۱۰/۷ درصد افزایش یافت.

اثر تیمار دمائی بر درصد بقاء گیاهان معنی‌دار بود ($p<۰/۰۱$)، بطوریکه درصد بقاء گیاهان با کاهش دما به کمتر از ۸- درجه سانتیگراد کاهش معنی‌داری یافت (جدول ۵). کاهش درصد بقاء گیاهان بین دمای ۴- و ۸- درجه سانتیگراد، ۱/۱ درصد به ازاء هر درجه سانتیگراد کاهش بود، درحالیکه این کاهش بین دمای ۸- تا ۱۲- درجه سانتیگراد به ۷/۷ درصد به ازاء هر درجه سانتیگراد کاهش رسید. بنابراین اثر منفی درجه حرارتهای کمتر از ۸- درجه سانتیگراد بر روی درصد بقاء ارقام مورد مطالعه شدیدتر از

جدول۳: میانگین صفات درصد بقاء، LT_{50}، وزن خشک، $RDMT_{50}$ ، سطح برگ و عدد کلروفیل متر در تیمار خوسرمایی و ارقام مختلف کلزا سه هفته پس از اعمال تیمارهای یخ زدگی و رشد مجدد در شرایط گلخانه

تیمار	بقاء (٪)	LT_{50} (درجه سانتیگراد)	وزن خشک (میلی گرم)	$RDMT_{50}$ (درجه سانتیگراد)	سطح برگ (سانتیمتر مربع)	عدد کلروفیل‌متر
خوسرمائی	۷۸/۷	-۱۴/۹	۱۷۸۳	-۱۱/۰	۹۲/۱	۳۵/۳
عدم خوسرمائی	۶۳/۳	-۱۰/۹	۴۲۷	-۶/۱	۲۶/۷	۲۵/۰
LSD(۰/۰۵)	۲/۷	۰/۹	۴۱۴/۶	۰/۸	۳۷/۷	۲/۱
رقم						
زرفام	۷۵/۰	-۱۴/۳	۴۱۵	-۸/۵	۳۴/۴	۳۱/۵
لیکورد	۷۲/۷	-۱۳/۷	۶۸۱	-۷/۹	۳۴/۵	۲۹/۹
الیت	۶۷/۰	-۱۱/۳	۵۷۹	-۹/۰	۳۶/۸	۲۷/۷
SLM046	۷۲/۲	-۱۳/۷	۹۰۰	-۷/۳	۳۵/۹	۳۰/۶
اکاپی	۶۹/۹	-۱۲/۵	۱۲۶۸	-۹/۸	۱۴۱/۹	۳۰/۴
سیمبل	۷۶/۰	-۱۳/۹	۱۱۳۲	-۹/۳	۱۴۱/۹	۳۱/۳
کالورت	۷۷/۰	-۱۴/۱	۱۴۰۱	-۸/۰	۱۵۷/۱	۳۲/۳
اپرا	۶۳/۰	-۱۱/۰	۱۳۰۷	-۸/۳	۱۵۴/۸	۲۸/۳
ابنیت	۷۰/۲	-۱۲/۷	۱۸۵۷	-۷/۹	۱۸۲/۳	۲۹/۷
آلیس	۶۷/۱	-۱۲/۲	۱۴۹۶	-۹/۲	۱۷۴/۴	۲۹/۶
LSD (۰/۰۱)	۹/۳	۲/۳	۵۱۷	۲/۸	۳۴/۷	۴/۳

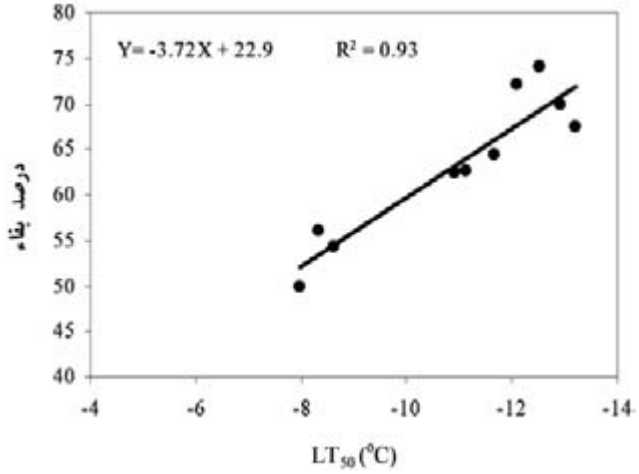
Archive of SID

www.SID.ir

درجه حرارتهای بالاتر از این دما بوده است. رایف و زینلی(۲۱) نیز با انجام آزمایشی بر روی سه رقم کلزا گزارش کردند که درصد بقاء در دماهای ۶- ، ۸- ، ۱۰- و ۱۲- به ترتیب ۶۴، ۲۷، ۹ و۷ درصد بود. بدین لحاظ نتایج مطالعه حاضر مبنی بر کاهش بیشتر این صفت در دماهای کمتر از ۸- درجه سانتی گراد با گزارش پژوهشگران فوق مطابقت دارد. اعمال تیمار خوسرمائی سبب گردید که تلفات گیاهی با کاهش دما از ۱۲- درجه سانتیگراد به پائین افزایش یابد در حالیکه در شرایط عدم خوسرمائی افزایش تلفات گیاهی با کاهش دما از ۸- درجه سانتیگراد به پائین مشاهده شد.

در دمای۱۲- درجه سانتیگراد، درصد بقای گیاهانی که در معرض تیمار خوسرمائی قرار داشتند ۹۵ درصد بود، درحالیکه در همین دما میانگین بقاء در شرایط عدم خوسرمائی به ۳۱/۵ درصد کاهش یافت (جدول۵). وانر و جونتیلا (۲۳) با بررسی تأثیر سرما بر روی مقاومت به یخزدگی گیاه *Arabidopsis* گزارش کردند که بقای گیاهانی که در دمای ۱ درجه سانتیگراد به مدت یک روز خو گرفتند تا دمای ۷- درجه سانتیگراد حفظ شد، درحالی که در شرایط عدم خوسرمائی گیاهان در دمای ۵- درجه سانتیگراد از بین رفتند. میانگین درصد بقاء ارقام مختلف در تیمارهای دمائی مورد بررسی در جدول ۶ نشان داده شده است. همانگونه که ملاحظه می‌گردد، درصد بقاء ارقام زرفام، SLMO46 و سیمبل تا دمای ۸- درجه سانتیگراد تحت تأثیر قرار نگرفت ولی تیمار دمائی ۱۲- درجه سانتیگراد به ترتیب سبب ۲۵، ۳۸ و ۲۰ درصد تلفات در این ارقام گردید. در حالی که در رقم اپرا درصد بقاء در دمای ۸- درجه سانتیگراد ۷۵ درصد بود و در دمای ۱۲- درجه سانتیگراد به ۴۰ درصد کاهش یافت.

تیمار خوسرمائی به نحو معنی‌داری ($p<۰/۰۱$) LT_{50} را تحت تأثیر قرار داد، بطوریکه اعمال این تیمار سبب بهبود LT_{50} به میزان ۴- درجه سانتیگراد گردید (جدول۳). در بررسی نظامی و همکاران (۹) مشاهده شد که خوسرمایی سبب بهبود LT_{50} در ژنوتیپ‌های حساس و متحمل به سرمای نخود شده است. رایف و زینلی(۲۱) نیز با مطالعه دوره‌های مختلف خوسرمائی بر افزایش تحمل به یخزدگی سه رقم کلزا گزارش کردند که در رقم بهاره خوسرمایی



شکل۱: رابطه بین درصد بقاء و دمای ۵۰ درصد کشندگی (LT_{50}) در گیاه کلزا

تنها پس از سه روز و در ارقام پائیزه بین ۶ تا ۹ روز سبب بهبود تحمل به سرما وکاهش دمای ۵۰ درصد کشندگی گردید.

ارقام کلزا از لحاظ LT_{50} تفاوت معنی‌داری ($p<۰/۰۵$) با یکدیگر داشتند(جدول۲)، به نحوی که ارقام زرفام، کالورت، سیمبل، SLMO46 و لیکورد از کم ترین و رقمهای اپرا و الیت از بیشترین میزان LT_{50} برخوردار بودند(جدول۳). نتایج بررسی دیون و همکاران (۱۲) بر روی علف چمنی(*Poa annua* L.) تفاوت معنی‌داری از لحاظ LT_{50} در بین اکوتیپ‌های این گراس یکساله نشان داد. همچنین در آزمایش ایشان پس از اعمال شرایط و سرمائی میزان LT_{50} بسته به اکوتیپ بین ۲۲/۸- تا ۳۱/۲- درجه سانتی گراد بود. در آزمایشی که عزیزی و همکاران(۴) نیز بر روی تحمل به یخزدگی ۱۴ رقم گندم انجام دادند، رقم گلنسون با LT_{50} معادل ۱۵/۸- درجه سانتی گراد مقاوم ترین و رقم مارون با LT_{50} حدود ۳/۷- درجه سانتیگراد حساس ترین رقم معرفی شد.

نتایج حاصل از رگرسیون خطی بین درصد بقاء و LT_{50} بیانگر آن است که بخش زیادی از تغییرات درصد بقاء به دمای ۵۰ در صد کشندگی در هر رقم بر می‌گردد (شکل۱). لذا همانطور که ارقام سیمبل، کالورت و زرفام از بیشترین درصد بقاء برخوردار بودند، منفی‌ترین دمای LT_{50} نیز در همین ارقام مشاهده گردید. بررسی بریجر و

Archive of SID

www.SID.ir

همکاران(۱۹۹۶) بر روی بقاء زمستانه غلات در مزرعه نشان داد که بین شاخص بقاء مزرعه[1] و LT_{50} حاصل از گیاهان قرار گرفته در معرض دماهای یخزدگی تحت شرایط کنترل شده همبستگی قوی وجود دارد. میرزائی اصل و همکاران (۶) نیز همبستگی بالائی، بین LT_{50} حاصل از طوقه‌های گیاهان مزرعه با LT_{50} حاصل از گیاهان کشت شده در گلدان‌های کوچک گزارش کردند($r=۰/۹۸^{**}$).

نتایج حاصل از آزمایش نشان داد که خوسرمائی تأثیر معنی‌داری بر وزن خشک گیاهان مورد بررسی داشت و اعمال این تیمار میانگین این صفت را بیش از چهار برابر نسبت به تیمار عدم خوسرمایی افزایش داد (جدول۳). گزارش شده که خوسرمائی سبب سنتز برخی از گروههای پروتئینی می‌شوند که نقش مهمی در تحمل گیاه به دماهای پائین ایفا می‌کنند(۱۱و۱۵). کازلوسکی و پالاردی(۱۸) بیان نمودند که دماهای کم (غیر از دمای یخزدگی) سبب تجمع دهیدراتها و سایر پروتئینهای ضد یخ زدگی در برگها، ساقه‌ها و گلها می‌شود، لذا به نظر می‌رسد فرایند سازگاری گیاه به دماهای نامطلوب که از طریق مکانیسمهای بیوشیمیائی و فیزیولوژیک متفاوتی حاصل می‌شود، خسارت ناشی از تنش یخزدگی وکاهش رشد مجدد گیاه را به حداقل می‌رساند.

ارقام کلزا از نظر وزن خشک در سه هفته پس از اعمال تیمار یخزدگی تفاوت معنی‌داری داشتند($p<۰/۰۱$)، به نحوی که ارقام ابنیت، آلیس و کالورت از بیشترین وزن خشک و ارقام زرفام، الیت و لیکورد از کمترین وزن خشک برخوردار بودند(جدول۳). نتایج حاصل از اثرات متقابل

جدول ۴: اثر متقابل ارقام مختلف کلزا و تیمار خوسرمایی بر میانگین صفات درصد بقاء، LT_{50}، $RDMT_{50}$، وزن خشک، سطح برگ و عددکلروفیل متر سه هفته پس از اعمال تیمار یخ زدگی و رشد مجدد در شرایط گلخانه

تیمار		درصد بقاء	LT_{50} (درجه سانتیگراد)	وزن خشک (میلی گرم)	$RDMT_{50}$ (درجه سانتیگراد)	سطح برگ در گیاه (سانتیمتر مربع)	عدد کلروفیل‌متر
خوسرمائی	زرفام	۸۰	-۸/۱	۵۶۶	-۱۰/۷	۴۵/۳	۳۶/۶
	لیکورد	۷۸	-۱۵/۲	۹۲۴	-۱۰/۰	۳۸/۵	۳۲/۳
	الیت	۷۶	-۱۳/۳	۷۵۳	-۱۲/۲	۴۸/۲	۳۲/۹
	SLMO46	۸۰	-۱۱/۳	۱۳۷۹	-۹/۴	۲۴/۴	۳۴/۳
	اکاپی	۷۶	-۱۱/۲	۲۱۱۹	-۱۲/۴	۲۵۷/۶	۳۷/۰
	سیمبل	۸۰	-۷/۹	۲۰۵۸	-۱۲/۶	۲۶۶/۵	۳۵/۵
	کالورت	۸۰	-۱۰/۶	۲۱۲۱	-۱۰/۱	۲۷۹/۳	۳۵/۶
	اپرا	۷۶	-۱۲/۸	۲۱۴۸	-۱۲/۲	۲۸۳/۷	۳۴/۹
	ابنیت	۷۸	-۱۳/۹	۲۲۳۹	-۹/۰	۳۳۹/۷	۳۵/۹
	آلیس	۸۰	-۱۱/۲	۲۵۲۶	-۱۱/۵	۳۱۹/۲	۳۸/۲
عدم خوسرمائی	زرفام	۷۰	-۷/۸	۲۶۴	-۶/۲	۲۳/۶	۲۶/۳
	لیکورد	۶۷/۵	-۸/۷	۴۳۸	-۵/۸	۳۰/۵	۲۷/۶
	الیت	۵۶	-۱۰/۲	۴۴۲	-۵/۸	۲۵/۵	۲۲/۵
	SLMO46	۶۴/۵	-۱۱/۷	۴۲۱	-۵/۲	۲۹/۷	۲۶/۹
	اکاپی	۶۲/۵	-۸/۲	۴۱۷	-۷/۲	۲۶/۱	۲۳/۹
	سیمبل	۷۲	-۵/۱	۲۰۵	-۶/۱	۱۷/۲	۲۷/۱
	کالورت	۷۴	-۸/۳	۶۸۱	-۶/۰	۳۴/۷	۲۹/۱
	اپرا	۵۰	-۱۰/۱	۴۶۵	-۴/۴	۲۵/۸	۲۱/۷
	ابنیت	۶۲/۵	-۲/۸	۴۷۴	-۶/۸	۲۴/۹	۲۳/۵
	آلیس	۵۴/۳	-۵/۲	۴۶۶	-۷/۰	۲۹/۵	۲۱/۰
LSD (۰/۰۱)		۱۳/۱	-۱/۵	۷۳۱	۳/۳	۴۹/۰	۶/۱

1- Field Survival Index (FSI)

www.SID.ir

جدول۵: اثرات دماهای مختلف یخ زدگی و دماهای مختلف یخ زدگی× خوسرمائی بر درصد بقاء، وزن خشک، سطح برگ و عدد کلروفیل مترارقام مختلف کلزا سه هفته پس از اعمال تیمار یخ زدگی و رشد مجدد در شرایط گلخانه

تیمار		درصد بقاء	وزن خشک (میلی گرم)	سطح برگ در گیاه (سانتیمتر مربع)	عدد کلروفیل متر
دمای یخ زدگی					
	صفر	۹۹	۱۵۸۶	۱۴۵/۹	۴۰/۹۳
	-۴	۹۸/۷	۱۵۸۲	۱۴۸/۵	۴۰/۳۸
	-۸	۹۴/۱	۱۳۸۶	۱۳۶/۴	۳۸/۸۱
	-۱۲	۶۳/۲	۹۹۰	۱۱۶/۲	۳۰/۵۲
	-۱۶	۰	۰	۰	۰
LSD (۰/۰۵)		۶/۵۵	۳۶۵	۲۴/۵۲	۳/۰۴
خو سرمائی× دما					
خو سرمائی	صفر	۱۰۰	۲۴۰۱	۲۴۳/۱	۴۵/۴
	-۴	۱۰۰	۲۳۲۹	۲۴۷/۵	۴۳/۷
	-۸	۹۸	۲۳۰۳	۲۴۳/۹	۴۳/۵
	-۱۲	۹۵	۱۸۸۴	۲۲۵/۹	۴۳/۸
	-۱۶	۰	۰	۰	۰
عدم خو سرمائی	صفر	۹۸	۸۴۳	۸۴/۸	۳۶/۵
	-۴	۹۹	۷۶۳	۴۹/۵	۳۷/۱
	-۸	۸۸	۴۳۴	۲۸/۹	۳۴/۲
	-۱۲	۳۱/۵	۹۶	۶/۴	۱۷/۲
	-۱۶	۰	۰	۰	۰
LSD (۰/۰۱)		۹/۳	۵۱۶	۴۳/۷	۴/۲

خوسرمائی و رقم (جدول۴) نشان داد که اعمال تیمار خوسرمایی تأثیر معنی‌داری بر وزن خشک ارقام زرفام، لیکورد و الیت نداشت، درحالی که باعث افزایش چشمگیر صفت مذکور در سایر رقمهای مورد مطالعه گردید. به طوریکه اعمال این تیمار میانگین وزن خشک را در ارقام سیمبل و ابنیت حدود ۱۰ و ۷ برابر افزایش داد، در حالیکه میزان این افزایش در رقم الیت تنها ۷۰ در صد بود.

تیمار دمائی نیز به نحو معنی‌داری میانگین وزن خشک گیاه را تحت تأثیر قرار داد($p<۰/۰۱$). بیشترین وزن خشک گیاه در دماهای صفر و ۴- درجه سانتیگراد بدست آمد و اختلاف معنی‌داری از این نظر با دمای ۸- درجه سانتیگراد مشاهده نشد (جدول۵). در حالی که وزن خشک گیاه در تیمار دمائی ۱۲- درجه سانتیگراد ۳۷/۵ درصد نسبت به تیمار عدم یخزدگی کاهش یافت و در دمای ۱۶- درجه سانتیگراد به صفر رسید. در تیمار عدم خوسرمائی وزن خشک گیاه در دماهای ۸- و ۱۲- درجه سانتیگراد به ترتیب ۴۸/۵ و ۸۸/۶ درصد کمتر از تیمار عدم یخزدگی بود در حالیکه در تیمار خوسرمائی تنها دمای ۱۶- درجه سانتیگراد سبب کاهش معنی‌دار وزن خشک گیاه شد و در بین سایر دماهای یخزدگی اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (جدول۵). هکنبای و همکاران (۱۶) در بررسی تحمل به یخزدگی چندین رقم یونجه و شبدر یکساله مشاهده نمودند که با کاهش دما از ۱- تا ۱۳- درجه سانتیگراد (با فواصل ۳ درجه) ماده خشک گیاه کاهش معنی‌داری نشان داد، بطوریکه در گیاهانی که خوسرمائی نداشتند، در تیمار دمائی ۷- درجه سانتیگراد وزن خشک به صفر رسید درحالیکه این وضعیت در گیاهان خوگرفته به سرما در دمای ۱۰- درجه سانتیگراد اتفاق افتاد. آنها در آزمایش خود به این نتیجه رسیدند، گیاهانی که LT_{50} پائین تری داشتند، از تولید ماده خشک بیشتری نیز پس از رشد مجدد برخوردار بودند.

از نظر دمای کاهنده ۵۰ در صد وزن خشک گیاه ($RDMT_{50}$) در بین دو تیمار خوسرمائی و عدم خوسرمائی

Archive

www.SID.ir

تفاوت معنی‌داری وجود داشت (جدول۲)، به نحوی که خوسرمائی سبب بهبود حدود ۵ درجه سانتیگراد در میانگین این صفت گردید (جدول۳). به نظر می‌رسد با قرار گرفتن گیاهان در شرایط خوسرمایی، از طریق تغییر در متابولیسم و فعالیتهای سلولی، تحمل گیاه به تنش یخ زدگی بهبود یافته و همین امر منجر به رشد مجدد بهتر گیاهان پس از تنش یخ زدگی شده است. بین رقمهای مورد بررسی اختلاف معنی‌داری از لحاظ سطح برگ در پایان دوره رشد مجدد (۳ هفته پس از اعمال تیمار یخ زدگی) وجود داشت (جدول۱)، به نحوی که رقمهای ابنیت و آلیس از بالاترین سطح برگ برخوردار بودند (به ترتیب ۱۸۲ و ۱۷۴ سانتی متر مربع) در حالی که کمترین سطح برگ در ارقام زرفام و لیکورد (حدود ۳۵ سانتی متر مربع) مشاهده شد (جدول۳). همچنین خوسرمائی اثر منفی تنش سرما را بر سطح برگ گیاه در سه هفته پس از یخزدگی کاهش داد، بطوریکه در شرایط خوسرمائی میانگین سطح برگ حدود ۳/۵ برابر بیشتر از شرایط عدم خوسرمائی بود (جدول۳). بررسی سطح برگ در ارقام مختلف کلزا در دو شرایط خوسرمائی و عدم خوسرمائی نیز نشان داد که تیمار خوسرمائی، افزایش قابل توجه و معنی‌داری را در سطح برگ ارقام اکاپی، سیمبل، کالورت، اپرا، ابنیت و آلیس ایجاد کرد بطوریکه میانگین سطح برگ ارقام مذکور در شرایط خو سرمایی در شرایط خوسرمایی حداقل بیش از ۸ برابر آن نسبت به شرایط عدم خوسرمایی افزایش یافت، در صورتیکه این روند در خصوص ارقامی نظیر زرفام، لیکورد، الیت و SLMO46 کمتر از دو برابر بود (جدول۴).

تأثیر دماهای مختلف یخزدگی نیز بر سطح برگ ارقام مورد بررسی معنی‌دار بود($p<۰/۰۱$). کاهش دما به کمتر از ۸- درجه سانتیگراد سبب کاهش معنی‌دار سطح برگ گیاه نسبت به تیمار عدم یخ زدگی شد، ضمن اینکه تیمار دمائی ۸- درجه سانتیگراد از نظر سطح برگ اختلاف معنی‌داری با شاهد نداشت و کمترین سطح برگ در تیمار دمائی ۱۲- درجه سانتیگراد حاصل شد (جدول ۵). عزیزی و همکاران (۴) اظهار داشتند که روند تغییرات سطح برگ ارقام مختلف گندم با کاهش دما از صفر به ۲۰- درجه سانتی گراد به صورت کاهشی بود و بیشترین سطح برگ در تیمار شاهد (عدم یخزدگی) و کمترین آن در تیمار دمائی ۲۰- درجه سانتی گراد حاصل شد. در آزمایش ایشان تیمار دمائی ۴- درجه از نظر سطح برگ اختلاف معنی‌داری با شاهد نداشت. داده‌های حاصل از اثر متقابل خوسرمائی و دما نشان داد که در دماهای ۰، ۴- ، ۸- و ۱۲- درجه سانتیگراد سطح برگ گیاه در شرایط خو سرمایی به ترتیب ۲/۹، ۵/۰ ، ۸/۴ و ۳۵/۳ برابر نسبت به شرایط عدم خوسرمائی افزایش یافت و لذا تأثیر تیمار خوسرمائی در دو دمای ۸- و ۱۲- درجه سانتیگراد بیش از دماهای ۰ و ۴- بوده است (جدول ۵). بررسی تأثیر دماهای یخزدگی بر سطح برگ ارقام مورد بررسی نشان داد که در گیاهان زنده بیشترین سطح برگ در ارقام اکاپی، سیمبل، کالورت، اپرا، ابنیت و آلیس و در دمای صفر درجه بدست آمد و کمترین آن در دمای ۱۲- درجه سانتیگراد در رقمهای زرفام، لیکورد، الیت و SLMO46 حاصل شد (جدول ۶).

میانگین عدد کلروفیل متر ارقام کلزا در تیمارهای مختلف در جدول ۳ نشان داده شده است. همانطور که ملاحظه می‌شود بین ارقام مختلف از نظر میزان کلروفیل برگ اختلاف معنی‌داری وجود نداشت، اما تأثیر تیمار خوسرمائی بر این صفت معنی‌دار بود، به نحوی که اعمال خوسرمائی سبب شد عدد کلروفیل متر ۴۱/۲ درصد بیشتر از تیمار عدم خوسرمائی باشد. تغییرات عدد کلروفیل متر در ارقام مختلف کلزا در تیمار خوسرمائی نیز به این ترتیب بود که با اعمال این تیمار عدد کلروفیل متر در کلیه ارقام مورد بررسی افزایش یافت. با وجود این بیشترین میزان افزایش عدد کلروفیل متر در رقم آلیس (۸۲ درصد) و کمترین آن در رقم لیکورد (۱۷ درصد) مشاهده شد (جدول ۴). موحدی و همکاران (۱۳۸۳) با اشاره به وجود رابطه مثبت قوی بین میزان نیتروژن، کلروفیل و عدد SPAD ، افزایش عدد کلروفیل متر را نشان از افزایش میزان کلروفیل در واحد سطح برگ می‌دانند.

نتایج آزمایش حاکی از آن است که از نظر عدد کلروفیل متر اختلاف معنی‌داری بین دماهای مختلف یخزدگی وجود دارد ($p<۰/۰۱$). بیشترین عدد کلروفیل متر در دمای صفر درجه سانتیگراد (عدم یخزدگی) و کمترین آن در بین گیاهان زنده در دمای ۱۲- درجه سانتیگراد بدست آمد، به نحوی که با کاهش دما از صفر به ۱۲- سانتیگراد عدد کلروفیل متر ۲۵/۴ درصد نسبت به تیمار

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۶: میانگین صفات درصد بقاء، وزن خشک، سطح برگ و عدد کلروفیل متر در ارقام مختلف کلزا در دماهای مختلف یخ زدگی سه هفته پس از اعمال تیمار یخ زدگی و رشد مجدد در شرایط گلخانه

رقم	دما	درصد بقاء	وزن خشک (میلی گرم)	سطح برگ (سانتیمتر مربع)	عدد کلروفیل متر
زرقام	۰	۱۰۰/۰	۷۰۴/۸	۴۹/۵	۴۳/۹
	-۴	۱۰۰/۰	۵۶۸/۳	۴۸/۴	۴۲/۳
	-۸	۱۰۰/۰	۵۵۶/۷	۴۸/۲	۴۱/۱
	-۱۲	۷۵/۰	۲۴۵/۸	۲۶/۱	۳۰/۱
	-۱۶	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰
لیکورد	۰	۱۰۰/۰	۶۹۱/۰	۵۲/۵	۳۹/۰
	-۴	۹۵/۰	۱۱۱۶/۰	۴۷/۵	۳۹/۰
	-۸	۹۳/۷	۱۱۶۸/۰	۴۲/۰	۳۵/۹
	-۱۲	۷۵/۰	۴۲۹/۰	۳۰/۶	۳۶/۰
	-۱۶	۰	۰/۰	۰/۰	۰
الیت	۰	۱۰۰/۰	۱۰۲۹/۰	۵۶/۹	۴۲/۳
	-۴	۹۵/۰	۹۱۹/۰	۴۶/۵	۳۷/۵
	-۸	۹۵/۰	۶۸۴/۰	۵۲/۳	۳۶/۵
	-۱۲	۵۰/۰	۳۵۵/۰	۲۸/۲	۲۱/۹
	-۱۶	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰
SLM046	۰	۱۰۰/۰	۱۸۰۴/۰	۵۵/۲	۴۰/۰
	-۴	۱۰۰/۰	۱۲۱۷/۰	۵۳/۶	۴۱/۸
	-۸	۱۰۰/۰	۱۰۰۱/۰	۵۰/۳	۳۷/۰
	-۱۲	۶۲/۲	۴۷۹/۰	۲۰/۹	۲۲/۲
	-۱۶	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰
اکاپی	۰	۱۰۰/۰	۲۰۲۳/۰	۲۰۴/۵	۴۴/۲
	-۴	۱۰۰/۰	۱۶۹۵/۰	۱۹۴/۹	۳۹/۵
	-۸	۹۵/۸	۱۱۲۸/۰	۱۶۶/۷	۳۸/۴
	-۱۲	۵۲/۰	۱۴۸۴/۰	۱۴۳/۳	۳۰/۲
	-۱۶	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰
سیمبل	۰	۱۰۰/۰	۱۳۲۸/۰	۱۸۶/۱	۱۴/۹
	-۴	۱۰۰/۰	۱۶۶۵/۰	۱۸۹/۶	۳۸/۹
	-۸	۱۰۰/۰	۱۳۶۵/۰	۱۶۶/۲	۳۸/۱
	-۱۲	۸۰/۰	۱۲۹۹/۰	۱۶۷/۸	۳۷/۸
	-۱۶	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰
LSD (۰/۰۵)		۲۰/۷۳	۱۱۵/۶	۷۷/۵	۹/۶

شاهد(عدم‌یخ‌زدگی) کاهش یافت (جدول۵). داده‌های حاصل از اثر متقابل خوسرمایی و دما نشان داد که خوسرمائی اثرات سوء تنش یخ‌زدگی را بر میزان کلروفیل برگ کاهش داد، بطوریکه در دمای ۱۲- درجه سانتی گراد خوسرمایی سبب بهبود میانگین صفت مذکور به میزان ۲/۵ برابر آن نسبت به تیمار عدم خوسرمائی شد (جدول ۵). در تیمار دمائی صفر درجه سانتیگراد رقم اکاپی از بالاترین عدد کلروفیل متر برخوردار بود (جدول ۶) و در بین گیاهان زنده در دمای ۱۲- درجه سانتیگراد ارقام الیت و اپرا بدون تفاوت معنی‌دار کمترین میانگین این صفت را به خود اختصاص

ادامه جدول ۶: میانگین صفات درصد بقاء، وزن خشک، سطح برگ و عدد کلروفیل متر در ارقام مختلف کلزا در دماهای مختلف یخ زدگی سه هفته پس از اعمال تیمار یخ زدگی و رشد مجدد در شرایط گلخانه

رقم	دما	درصد بقاء	وزن خشک (میلی گرم)	سطح برگ (سانتیمتر مربع)	عدد کلروفیل متر
کالورت	۰	۱۰۰/۰	۲۱۹۱/۰	۲۲۸/۷	۴۰/۲
	-۴	۱۰۰/۰	۲۰۰۴/۰	۲۰۷/۲	۳۹/۳
	-۸	۹۵/۰	۱۹۱۵/۰	۲۰۷/۹	۴۳/۷
	-۱۲	۹۰/۰	۸۹۵/۰	۱۴۱/۵	۳۸/۲
	-۱۶	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰
اپرا	۰	۱۰۰/۰	۱۸۱۲/۰	۲۱۳/۳	۳۹/۱
	-۴	۱۰۰/۰	۱۷۱۶/۰	۲۱۷/۱	۴۲/۳
	-۸	۷۵/۰	۱۶۱۱/۰	۱۴۹/۳	۳۹/۱
	-۱۲	۴۰/۰	۱۳۹۴/۰	۱۹۴/۳	۲۱/۰
	-۱۶	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰
ابنیت	۰	۱۰۰/۰	۳۰۶۰/۰	۲۳۰/۹	۴۲/۵
	-۴	۱۰۰/۰	۲۲۴۸/۰	۲۵۹/۰	۳۹/۴
	-۸	۹۱/۵	۲۱۶۵/۰	۲۱۲/۶	۳۶/۳
	-۱۲	۶۰/۰	۱۸۱۰/۰	۲۰۹/۲	۳۰/۰
	-۱۶	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰
الیس	۰	۱۰۰/۰	۲۲۶۹/۰	۲۶۱/۳	۳۹/۲
	-۴	۹۵/۷	۲۰۸۳/۰	۲۲۳/۹	۴۰/۶
	-۸	۹۰/۰	۱۶۸۳/۰	۱۸۶/۸	۴۲/۰
	-۱۲	۵۰/۰	۱۴۴۴/۰	۲۰۰/۱	۲۶/۱
	-۱۶	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰
LSD (۰/۰۵)		۲۰/۷۳	۱۱۵/۶	۷۷/۵	۹/۶

دادند.

عزیزی و همکاران (۴) در آزمایش خود بر روی ۱۴ رقم گندم به این نتیجه رسیدند که عدد کلروفیل متر، وزن خشک، سطح برگ و ارتفاع بوته همبستگی بالائی با LT_{50} داشتند. در آزمایش ایشان رابطه $RDMT_{50}$ نیز با صفات مذکور منفی و معنی‌دار بود. مودهن و همکاران (۱۹) گزارش کردند که پایداری کلروفیل شاخصی از مقاومت گیاه به تنشهای محیطی است. پایداری کلروفیل تحت شرایط تنش موجب تداوم فتوسنتز و متعاقباً تولید ماده خشک در گیاه می‌شود.

نتیجه گیری

در این آزمایش بین ارقام کلزا از نظر درصد بقاء سه هفته پس از اعمال تیمار یخ‌زدگی تفاوت معنی‌داری مشاهده شد. ارقام کالورت، سیمبل و زرفام با داشتن بیش از ۷۴ درصد بقاء بیشترین و رقم اپرا با ۶۳ در صد بقاء کمترین در صد بقاء را داشتند. همچنین مشخص شد که ارقام از لحاظ وزن خشک، LT_{50} و سطح برگ سه هفته پس از بازیافت با

Archive of SID

www.SID.ir

یکدیگر اختلاف معنی‌داری داشتند. اغلب صفات مورد بررسی از تیمار دمائی ۸- درجه سانتی گراد به پائین کاهش معنی‌داری نسبت به شاهد(تیمار عدم یخ‌زدگی) نشان دادند. ضمن اینکه خوسرمایی سبب بهبود تحمل به تنش یخ‌زدگی و تخفیف اثرات این تنش بر گیاهان شد. در صد بقاء، LT_{50}، وزن خشک گیاه، $RDMT_{50}$ ، سطح برگ و عدد کلروفیل متر ارقام مورد مطالعه پس از خوسرمایی بهبود قابل توجهی را نسبت به تیمار عدم خوسرمایی نشان دادند. لذا به نظر می‌رسد در شرایط طبیعی قرار گرفتن گیاهان در یک دوره کوتاه سرمائی (با تنظیم زمان دقیق کاشت)، قبل از مواجه شدن با تنش یخ‌زدگی تا حد زیادی می‌تواند خسارت ناشی از تنش یخ‌زدگی را کاهش داده، ضمن اینکه با بررسی صفات مورد مطالعه در این آزمایش می‌توان میزان حساسیت یا تحمل ژنوتیپهای مختلف را نسبت به تنش یخ‌زدگی مشخص نمود.

منابع

۱- امیر قاسمی، ت. ۱۳۸۱. سرمازدگی گیاهان(یخبندان، صدمات و پیشگیری). نشر آیندگان.

۲- شریعتی، ش. و پ. قاضی زاده. ۱۳۷۹. کلزا. اداره کل آمار و اطلاعات در امر کشاورزی.

۳- عزیزی، ه. ۱۳۸۴. ارزیابی تحمل به سرما در گندم تحت شرایط مزرعه و کنترل شده. پایان نامه کارشناسی ارشد زراعت. دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد.

۴- عزیزی، ه.، ا. نظامی، م. نصیری محلاتی و ح. ر. خزاعی. ۱۳۸۶. ارزیابی تحمل به یخ زدگی ارقام گندم تحت شرایط کنترل شده.مجله پژوهشهای زراعی ایران، (۶) ۱: ۱۱۹-۱۰۹

۵- کافی، م.، ب. کامکار و ع. مهدوی دامغانی. ۱۳۸۲. واکنش های گیاهان زراعی به محیط رشد. (ترجمه). انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد.

۶- میرزایی اصل، ا.، ب. یزدی صمدی، ع. زالی، و ی. صادقیان مطهر. ۱۳۸۱. بررسی مقاومت گندم به سرما با روش‌های آزمایشگاهی. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، (۶) ۱: ۱۸۶-۱۷۷.

۷- میر محمدی میبدی، ع. م. ۱۳۷۹. جنبه های فیزیولوژیکی و بهنژادی تنش های سرما و یخ زدگی گیاهان زراعی. انتشارات گلبن اصفهان.

۸- موحدی دهنوی ، م. ، ع. م. مدرس ثانوی ، ع. سروش زاده و م. جلالی . ۱۳۸۳. تغییرات میزان پرولین، قندهای محلول کل ، کلروفیل (SPAD) و فلورسانس کلروفیل در ارقام گلرنگ پائیزه تحت تنش خشکی و محلول پاشی روی و منگنز. مجله بیابان، (۹) ۱: ۱۰۷-۹۳.

۹- نظامی، ا.، ع. باقری، ح. رحیمیان، م. کافی و م. نصیری محلاتی. ۱۳۸۵. ارزیابی تحمل به یخ زدگی ژنوتیپ های نخود (*Cicer arietinum* L.) در شرایط کنترل شده. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی،(۱۰) ۴: ۲۷۱-۲۵۷.

10-Auld, D. L., R. L. Ditterline, G. A. Murray and J. B. Swensen. 1983. Screening peas for winter hardiness under field and laboratory condition. Crop Sci. 23: 85-88.

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

12-Dionne, J., Y. Castonguay, P. Nadeau and Y. Desjardins. 2001. Freezing tolerance and carbohydrate changes during cold acclimation of green-type annual bluegrass (*Poa annua* L.) ecotypes. Crop Science. 41:443–451.

13-Fowler, D. B. and R. J. Carles. 1979. Growth, development, and cold tolerance of fall-acclimated cereals grains. Crop Sci. 19: 915-922.

14-Fowler, D. B., L. V. Gusta and N. J. Tyler. 1991. Selection for winter hardiness in wheat. III. Screening methods. Crop Sci. 21: 896-901.

15-Griffitt, M., M. Antikainen, W.C. Hon, K. Pihakaski Maunsbach, X.M. Yu, J.U. Chun, and D.S.C. Yang. 1997. Antifreeze proteins in winter rye. Plant Physiology. 100: 327-332.

16-Hekneby, M., M.C. Antolin and M. Sanchez-Diaz. 2006. Frost resistance and biochemical changes during cold acclimation in different annual legumes. Environmental Experimental Botany. 55: 305-314.

17-Houde, M., J. Danyluk, J.F. Laliberte, E. Passart, R.S. Dhundsa, and F. Sarhan. 1992. Cloning, characterization and expression of cDNA encoding a 50 KD protein specifically induced by cpld acclimation in wheat. Plant Physiology. 99: 1381- 1387.

18-Kozlowski, T. T. and S. G. Pallardy.2002. Acclimation and adaptive responses of woody plants to environmental stresses. The Botanical Review 68: 270.334.

Archive of SID

www.SID.ir

19-Modhan, M. M., S.L. Narayanan and S.M. Ibrahim. 2000. Chlorophyll stability indexes (CSI): its impacts on salt tolerance in rice. International Rice Research, Notes: 25:38-40.
20-Murry, G.A., D. Eser, L.V. Gusta and G. Eteve. 1988. Winter hardiness in pea, lentil, faba bean and chickpea. P. 831-843. *In* R.J. Summerfield (ed.) World Crops: Cool Season Food Legumes. Kluwer Academic Publishers. The Netherlands.
21-Rife, C. L. and H. Zeinali.2003. Cold tolerance in oilseed rape over varying acclimation durations. Crop Science. 43:96–100.
22-Teutonica, R.A., J.P. Palta and T.C. Osborn. 1993. In vitro freezing tolerance in relation to winter survival of rapeseed cultivars. Crop Science. 33: 103-107.
23-Wanner, L. A. and O. Junttila.1999. Cold-induced freezing tolerance in Arabidopsis. Plant Physiology, 120: 391–399.

Archive of SID

www.SID.ir

Evaluation of freezing tolerance in rapeseed (*Brassica napus* L.) cultivars acclimated under controlled conditions

A.Nezami[1], A. Borzooei[1], M. Jahani[1], M. Azizi[2], M.J. Mosavi [1]

Archive of SID

Abstract

In order to determine freezing tolerance of 10 rapeseed (*Brassica napus* L.) cultivars including Zarfam, Licord, Elit, SLMO46,Okapi, Symbol, Calvert, Opera, Ebonit and Alis, a green house experiment was carried out at the College of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad. In a two-replicate RCBD split factorial experiment two levels of acclimation (acclimated vs no acclimated) served as mainplots and a combination of five cold levels (0, -4, -8, -12 and -16 °C) and the 10 genotypes served as subplots. Plants were kept until 3-5 leaf stage in greenhouse condition with 23/16 ± 2°C (day/night) and natural photoperiod. Then, the plants of non-acclimation treatment were frozen immediately and for acclimation treatment after three weeks that put them under acclimation freezing were done. Survival percentage, leaf area, SPAD reading, dry weight, $(LT_{50})^1$ and $(RDMT_{50})^1$ were determined after 3 weeks. Survival percentage after freezing was different in cultivars ($P<0.01$). Calvert, Symbol and Zarfam cultivars had the highest (77, 76 & 75) and Opera cultivar showed the lowest (63) survival percentage, respectively. Cultivars were different in leaf area, dry weight and $LT_{50.}$ The most freezing damage on the plant was absorbed at the lower than -4°C temperatures. Although acclimation decreased the freezing effects on the most characteristics. In according to the good correlation between LT_{50}, SPAD reading, and LT_{50} with survival percentage, it seems that for evaluation of freezing tolerance in rapeseed using, the LT_{50} and SPAD reading may be useful.

Keywords: Acclimation, LT_{50}, $RDMT_{50}$, survival

1 and 2- Contribution from College of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad and Research Center of Agriculture and Natural Resources of Mashhad, respectively.

www.SID.ir