نشت الکترولیتها به عنوان شاخصی از خسارت یخ زدگی در کلزا

احمد نظامی[۱]، اعظم برزویی[۲]، مریم جهانی[۲]، مهدی عزیزی[۳]، علی شریف[۱]

چکیده

به منظور بررسی امکان استفاده از نشت الکترولیت ها به عنوان شاخصی از خسارت یخ زدگی در کلزا (*Brassica napus* L.) آزمایشی در دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد، در قالب طرح کاملاً تصادفی به‌صورت آزمایش اسپلیت‌پلات‌فاکتوریل با دو تکرار به اجرا درآمد. ده ژنوتیپ کلزا به نامهای لیکورد ، اِلیت ،SLMO46 ، اُکاپی، سیمبُل، کالوِرت ، اُپرا ، اِبُنیت و آلیس و زرفام همراه به پنج تیمار دمایی (۰، ۴- ، ۸- ، ۱۲- و ۱۶- درجهٔ سانتی‌گراد) به صورت فاکتوریل در پلات‌های فرعی و تیمار خوسرمایی[۲] و عدم خوسرمایی[۳] در پلات اصلی در نظر گرفته شدند. گیاهان تا مرحله ۵-۳ برگی در گلخانه رشد یافته و سپس گیاهانِ تیمار عدم خوسرمایی و گیاهان تیمار خوسرمایی پس از قرار داشتن در شرایط مذکور به مدت سه هفته ، درفریزر ترموگرادیان در معرض تیمارهای دمایی قرار گرفتند. میزان پایداری غشاء سیتوپلاسمی ژنوتیپ ها با استفاده از نشت الکترولیتها مورد ارزیابی قرار گرفت، وسپس درجه حرارت کشنده برای ۵۰ درصد نمونه ها (LT50) تعیین گردید. نتایج حاصل از این بررسی نشان داد که اثرات اصلی خو سرمایی ، ژنوتیپ و دمای یخ زدگی بر میزان نشت الکترولیتها وLT_{50} کلیهٔ ارقام مورد بررسی معنی دار بود ($p\leq ۰/۰۵$). کاهش دما سبب افزایش میزان نشت الکترولیتها در کلیه ارقام مورد بررسی گردید. تیمار خو سرمایی، درصد نشت مواد و LT_{50} را به طورمعنی‌داری کاهش داد . نتایج حاصل از این آزمایش نشان داد که در شرایط عدم خوسرمایی ارقام SLMO46 و ابنیت به ترتیب بیشترین و کمترین تحمل به یخ زدگی را داشتند ، در صورتی‌که در شرایط خو سرمایی ارقام لیکورد و سیمبُل دارای کمترین و بالاترین LT_{50} بودند .

واژه‌های کلیدی: یخ زدگی ، خو سرمائی ، نشت الکترولیت ها ، LT_{50}

مقدمه

کشت کلزا به عنوان یکی از مهم ترین گیاهان روغنی در کشور به طور روز افزون درحال افزایش است (۳). کلزا دارای دو تیپ بهاره و پاییزه می‌باشد.در مناطقی که ارقام بهاره کشت می‌شوند، عملکرد گیاه به دلیل دماهای بالای فصل رشد و مشکلات آفات محدود می‌شود. ضمن اینکه در برخی شرایط بروز سرمای دیررس بهاره کاشت محصول را به تعویق می‌اندازد. بنابراین به نظر می‌رسد کاشت کلزای پاییزه به دلیل امکان استفاده از نزولات آسمانی و نیاز کمتر به آبیاری و عملکرد بالاتر، بیشتر مورد توجه قرار داشته باشد (۱۸).

در بیش از ۹۳ درصد از اراضی دنیا احتمال وقوع سرما وجود دارد و ۸۱ درصد از این مناطق در معرض یخبندان قرار دارند، بنابراین در اغلب مناطق معتدلهٔ کره زمین رشد و

۱- اعضای هیأت علمی دانشکده کشاورزی، ۲ دانشجویان دکتری زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، ۳ عضو هیأت علمی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی، خراسان رضوی.

2- Acclimation 3- Non-acclimation

Archive of SID

www.SID.ir

نمو گیاهان تحت تأثیر سرما قرار می‌گیرد (۱۴ و ۱۶). لذا به نظر می‌رسد که بقاء زمستانه[1] به عنوان یک ویژگی مهم، جهت حصول حداکثر عملکرد دانه در گیاهان پائیزه لازم و ضروری است ، در همین راستا تحمل به یخ زدگی[2] به عنوان یکی از عوامل ضروری جهت بقاء در شرایط سخت زمستان ذکر شده است ضمن این‌که استقرار ضعیف گیاهچه ها، بافت خاک،خسارت بیماریها و آفات و همچنین فقدان پوشش برف به عنوان عواملی که بر روی بقاء زمستانه و تحمل یخ زدگی اثر منفی دارند، معرفی شده اند (۱۸). شاشیکومار و ناس (۱۵) آزمونهای مزرعه‌ای را به عنوان یک روش ارزیابی برای تحمل به سرما در گیاه پنجه مرغی(*Cynodon dactylon*) مفید دانسته اند . ایشان دستیابی به اطلاعات مناسب در رابطه با پاسخ به تنش سرما در شرایط مزرعه را از مزیتهای این روش ذکر کرده اند . میرزایی اصل و همکاران (۴) نیز بیان نمودند که یکی از مشکلات اصلی در مطالعات مزرعه‌ای غیرقابل کنترل بودن شدت تنش سرما می‌باشد . به همین دلیل ، تلفات کامل در زمستان (به دلیل کاهش شدید دما) یا عدم بروز هیچگونه خسارت (به دلیل عدم کاهش دما به حد مورد نظر)، در بیشتر آزمایشهای مزرعه‌ای وجود دارد و بنابراین در این‌گونه آزمایش‌ها نیاز به صرف زمان زیادی می‌باشد (۸).

تاکنون پژوهشهای بسیاری برای یافتن روش‌های ارزیابی سریع و موثر انجام شده است تا بتوان مقاومت به سرمای گیاهان را پیش بینی نمود (۱). فولر و همکاران (۹) به منظور بررسی روشهای ارزیابی مقاومت به سرما و تعیین سودمندی آنها، ۳۴ صفت فیزیولوژیک، مورفولوژیک و بیوشیمیائی را در یک آزمایش مزرعه‌ای سه ساله در۳۶ رقم گندم زمستانه اندازه گیری نمودند. در میان این صفات ، محتوای آب طوقه ، محتوای آب برگ ، ارتفاع گیاه ، محتوای فسفر طوقه و محتوای کل قند طوقه همبستگی زیادی با شاخص بقاء در مزرعه داشتند . نتایج نشان داده است که اولین مکان خسارت در اثر سرما غشاء سلولی است و سرما باعث تغییر حالت غشاء از حالت کریستال ـ مایع به حالت جامد ـ ژل می‌شود و با این تغییر فیزیکی فعالیت غشاء مختل می‌شود (۷ و ۱۱).گاستا و همکاران (۱۰) نیز تغییردر ساختار غشاء، ترکیب اسیدهای چرب ، تغییرات متابولیکی ، تغییر در مقادیر پروتئین، فعالیتهای آنزیمی و نشت الکترولیت‌های بین سلولی و آمینو اسیدها را، جزء صدمات تنش یخ زدگی ذکر کرده اند. بنابراین به نظر می‌رسد با اندازه گیری میزان نشت الکترولیت‌ها بتوان به معیار مناسبی جهت تعیین میزان خسارت وارده بر غشاء دست یافت. سالک و همکاران (۱۷) گزارش کردند که بین درجه تحمل به سرمای گیاهان یونجه به روش هدایت الکتریکی با درصد بقاء زمستانه در مزرعه همبستگی خوبی وجود داشت . میر عشقی و خلیل زاده (۵) نیز با انجام تحقیقی بر روی گندم گزارش کردند که ژنوتیپهای متحمل عموماً غشاء سیتوپلاسمی پایدارتر، نشت الکترولیت کمترو غلظت کلروفیل بیشتری نسبت به ژنوتیپهای حساس داشتند. نتایج آزمایشات مختلف نشان داده است که خوسرمایی نیز، یکی از روشهای مقاومت به یخ زدگی در گیاهان می‌باشد. به عنوان مثال نایار و همکاران (۱۳) در هند، اثر تنش سرما را بر گیاهچه‌های ۱۴ روزه نخود که به صورت هیدروپونیک کشت شده بودند، با آزمون نشت الکترولیت بررسی نمودند. نتایج بررسی این محققین نشان داد که با کاهش دما، نشت الکترولیت افزایش یافت. خسارت سرما بر اساس نشت الکترولیت در گیاهچه‌های خو سرمایی۱۸/۴ درصد و درگیاهچه‌های عدم خو سرمایی ۷۹/۷ درصد بود. با توجه به مطالب ذکر شده این بررسی به منظور امکان استفاده از شاخص نشت الکترولیت در ارزیابی تحمل به یخ زدگی ارقام کلزا تحت شرایط خو سرمایی و عدم خو سرمایی طراحی و اجراء شد .

1- Winter survival 2- Freezing tolerance

Archive of SID

www.SID.ir

مواد و روش‌ها

این آزمایش به صورت آزمایش اسپلیت پلات فاکتوریل و در قالب طرح کاملاً تصادفی با دو تکرار اجرا شد. فاکتورهای آزمایشی عبارت بودند از، خو سرمایی (در ۲ سطح شامل خو سرمایی و عدم خو سرمایی) به عنوان فاکتور اصلی و ارقام کلزا (شامل ۱۰ رقم) و دمای یخ زدگی(شامل ۵ تیمار صفر، ۴-، ۸-، ۱۲- و ۱۶- درجه سانتی گراد) که به صورت فاکتوریل به عنوان فاکتورهای فرعی در نظر گرفته شدند.در این مطالعه از ۹ رقم کلزای پائیزه و به نامهای لیکورد ، الیت ،SLMO46 ، اُکاپی، سیمبُل، کالورت ، اُپرا ، اِبنیت و آلیس و همچنین رقم زرفام (بهاره - پائیزه) استفاده شد. تعداد ۵ بذر در گلدان‌های پلاستیکی به قطر ۱۰ سانتی‌متر و در عمق ۲-۱ سانتی متری خاک کشت شدند. دمای گلخانه۲± ۲۳/۱۷ درجه سانتی گراد تنظیم و فتوپریود طبیعی نیز اعمال شد.گیاهان تا مرحله ۵-۳ برگی در شرایط فوق نگهداری شدند. پس از این مرحله، گیاهان یا بلافاصله تحت تیمار یخ زدگی قرار گرفتند (تیمار عدم خو سرمایی) و یا به شرایط خو سرمایی منتقل شدند. شرایط خو سرمایی 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. روشنایی از طریق نور لامپ فلورسنت ۴۰ وات و تنگستن ۱۰۰ وات به نسبت سه به یک و شدت۳۰± ۲۵۰ میکرومول بر متر مربع بر ثانیه تأمین شد وگیاهان در مواقع نیاز آبیاری می‌شدند. ۲۴ساعت قبل از تیمار یخ زدگی 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 (۱۲). به منظور ایجاد هستک یخ در گیاهچه‌ها ، در دمای ۳- درجه سانتی گراد اسپری INAB [1] بر روی گیاهان اسپری شد و پس از آن دما با سرعت ۲ درجه سانتی گراد در ساعت کاهش یافت. در این آزمایش پنج تیمار دمایی صفر، ۴-، ۸-، ۱۲- و ۱۶- درجه سانتی گراد در نظر گرفته شد.

به منظور ایجاد تعادل در دمای محیط ، گیاهان در دمای مورد نظر 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 مرحلهٔ بعد جوان ترین برگ توسعه یافته از هر بوته جدا شده و در لوله‌های آزمایش حاوی ۴۰ میلی لیتر آب دوبار تقطیر شده قرار گرفت . پس از گذشت ۲۴ ساعت هدایت الکتریکی هر نمونه با استفاده از دستگاه EC متر (مدل- Jenway) اندازه گیری شد (E_1). به منظور اندازه گیری میزان کل نشت الکترولیت‌ها در اثر مرگ سلول، لوله‌های آزمایش در دستگاه بن ماری با دمای ۷۵ درجه به مدت ۹۰ دقیقه قرار داده شدند و مجدداً پس از ۲۴ ساعت هدایت الکتریکی نمونه‌ها ثبت گردید(E_2). سپس درصد نشت الکترولیت‌ها با استفاده از فرمول(**$(E_1/E_2)\times 100$ = درصد نشت الکترولیت**) محاسبه شد(۱۸).. درجه حرارت کشنده برای ۵۰ درصد نمونه‌ها (LT_{50})[2] بر اساس نشت الکترولیت‌ها و با استفاده از رسم نمودار درصد نشت الکترولیت‌های هر تیمار در مقابل دمای یخ زدگی تعیین شد (۱۰). به منظور تجزیه آماری داده‌ها از نرم‌افزارهای MSTAT-C و MS- Excel و برای رسم نمودارها و تعیین LT_{50} از نرم افزار SlideWrite استفاده شد. میانگین‌ها با استفاده از آزمون LSD مقایسه شدند.

1- Ice Nucleation Active Bacteria

2- Lethal Temperature 50 (LT_{50})

Archive of SID

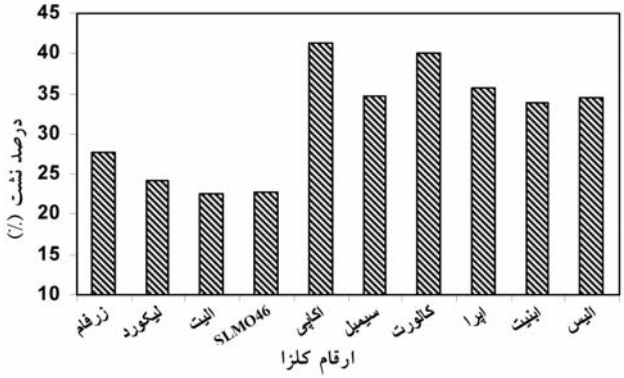
www.SID.ir

نتایج و بحث

تفاوت درصد نشت الکترولیت‌ها بین ارقام مختلف کلزا معنی دار بود (شکل۱). بیشترین درصد نشت را ارقام اُکاپی، کالورت، اُپرا، سیمبُل ، الیس و اِبونیت داشتند و ژنوتیپهای لیکورد، SLMO46 و الیت بدون تفاوت معنی دار، از کمترین درصد نشت الکترولیت برخوردار بودند(شکل۱). محققین اظهار داشته اند که تفاوتهای موجود در میزان نشت الکترولیت‌ها از نمونه‌های برگ گیاهانی نظیر برنج و گوجه فرنگی تحت تنش سرمازدگی با مقادیر مقاومت به سرما در این گیاهان همبستگی دارد. این نتایج گویای این مطلب است که چون تنش سرما باعث اختلال در غشاءهای سلولی و به دنبال آن نشت الکترولیت‌ها از سلول می‌شود، لذا اندازه گیری میزان نشت از بافتهای تحت تنش سرما معیار قابل قبولی برای مقاومت به تنش سرما است (۶).

بنابراین به‌نظر می‌رسدکه پائین‌تر بودن درصد نشت مواد درارقام لیکورد، الیت وSLMO46 احتمالاً نشان دهنده تحمل بیشتر این ارقام نسبت به‌شرایط تنش یخ‌زدگی می‌باشد.

در بررسی منحنی برازش داده شدهٔ نشت الکترولیت‌ها در ارقام کلزا ملاحظه می‌شود که شیب منحنی نشت الکترولیت برای کلیه ارقام مورد بررسی در شرایط خو سرمایی نسبت به عدم خو سرمایی ملایم‌تر است (شکل۲). این امر نشان می‌دهد که در شرایط تنش سرما ژنوتیپهای خو یافته در مقایسه با تیمار غیر خو یافته از سرعت نشت الکترولیت کمتری برخوردار هستند. کاردونا و همکاران (۸) نیز با



شکل۱: درصد نشت الکترولیت ارقام کلزا تحت تأثیر تیمار یخ زدگی

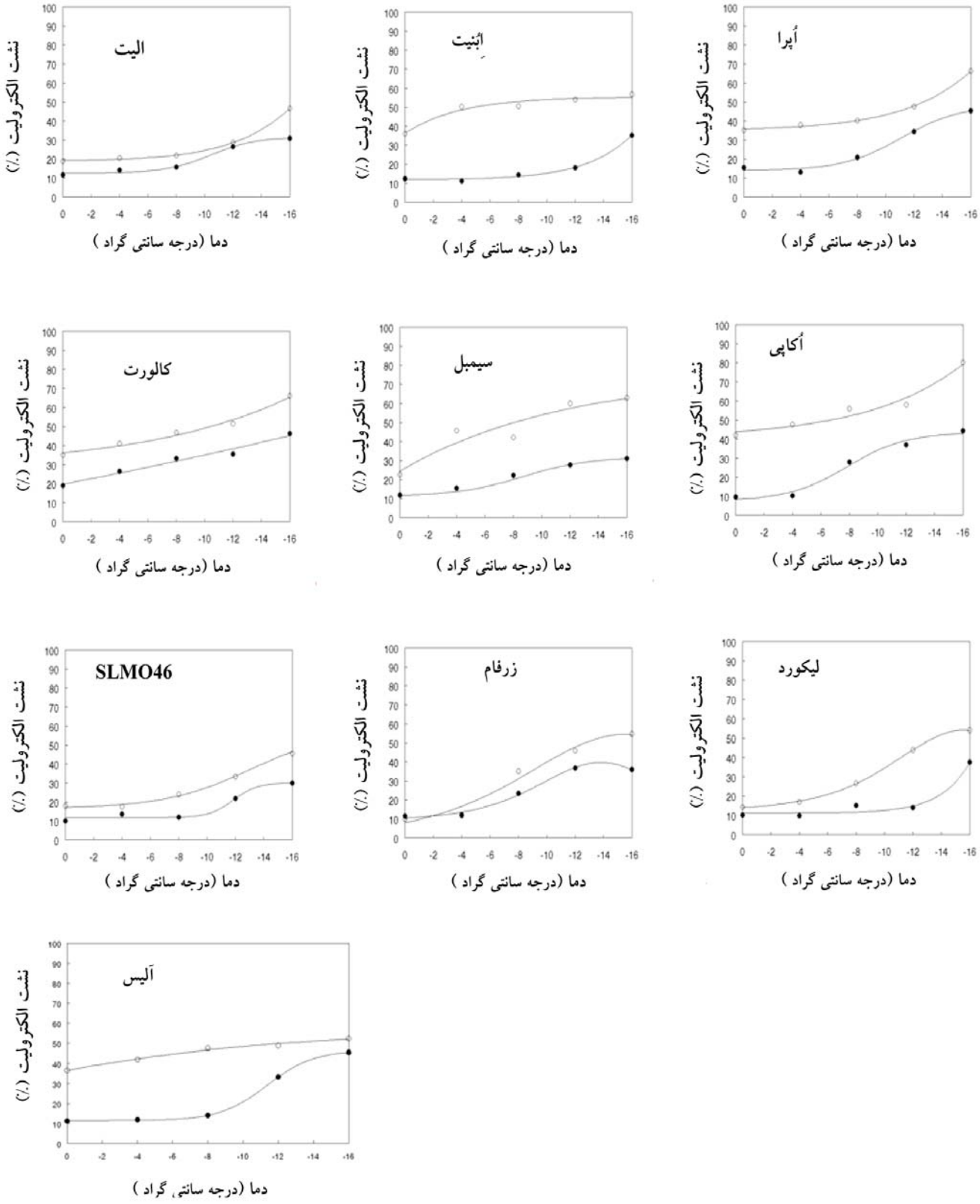
بررسی نمودارهای برازش شده حاصل از نشت الکترولیت در سه اکوتیپ از گیاه*Paspalum vaginatum* Swartz روند تغییرات درصد نشت مواد را با کاهش دما در برگ‌ها ، طوقه و ریشه به صورت سیگموئیدی گزارش کرده و مشاهده نمودند که میزان نشت الکترولیت‌ها در بخشهای تطابق یافته دو اکوتیپ گونه مذکور در مقایسه با بخشهای غیر تطابق یافته کمتر بوده است . این محققین شیب منحنی نشت الکترولیت‌ها را به عنوان یکی از مهم‌ترین نشانه‌های احتمال مرگ ناشی از تنش سرما در گیاه معرفی و خاطر نشان کردند که نمودار نشت الکترولیت‌ها در گونه‌های سازگار با تنش سرما از شیب کمتری برخوردار است و در مقابل در گونه‌های حساس به تنش سرما ، این شیب تندتر است. نایار وهمکاران (۱۳) نیز اثر تنش سرما را بر گیاهچه‌های ۱۴ روزه نخود کشت شده به صورت هیدروپونیک ، با آزمون نشت الکترولیت بررسی نمودند. نتایج این آزمایش حاکی از آن بود که با کاهش دما ، نشت الکترولیت افزایش می‌یابد و خسارت سرما بر اساس میزان نشت مواد در گیاهچه‌های خو یافته ۱۸/۴٪ و در گیاهچه‌های خو نیافته ۷۹/۷٪ بود. به نظر می‌رسد تیمارخو سرمایی شدت خسارت ناشی از تنش یخ زدگی را بر غشاءهای سلولی کاهش داده و در نتیجه منجر به کاهش میزان نشت مواد درون سلولی شده است.

نتایج حاصل از این آزمایش نشان داد ، تأثیر دماهای یخ زدگی بر درصد نشت مواد معنی دار بود (شکل ۳). با کاهش دما به کمتر از ۴- درجه سانتی گراد درصد نشت الکترولیت‌ها در هر دو تیمار خو سرمایی و عدم خو سرمایی به طور معنی داری افزایش یافت. بطوریکه درصد نشت مواد در شرایط عدم خو سرمایی در دمای۱۶- درجه با ۵۷٪ افزایش در مقایسه با تیمار شاهد (دمای صفر درجه سانتی گراد)، به بیشترین مقدار خود رسید (شکل ۳).

تئوتونیکا وهمکاران (۱۸) نیز گزارش کردند که تحت هر دو شرایط خو سرمایی و عدم خو سرمایی، درصد نشت الکترولیت‌ها در دو رقم کلزای زمستانه با کاهش دما به کمتر از۲- درجه سانتی گراد افزایش یافت.

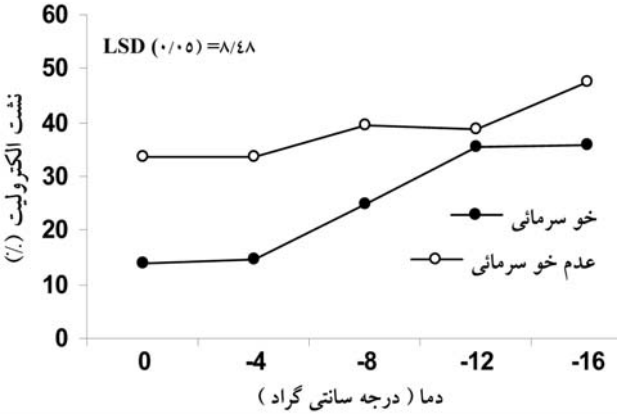
Archive of SID

www.SID.ir

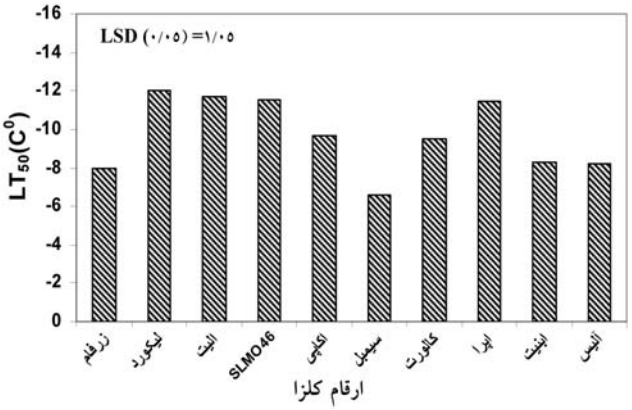


شکل ۲: منحنی های برازش شدهٔ در صد نشت مواد در ارقام مختلف کلزا
تحت شرایط خو سرمائی( ) و عدم خو سرمائی ( )

www.SID.ir



شکل۳: تأثیرکاهش دما بر میزان نشت مواد ارقام کلزا تحت شرایط خو سرمائی و عدم خو سرمائی

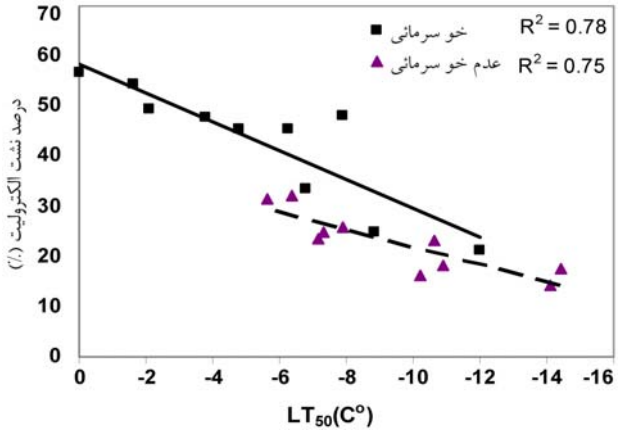


شکل۴: دمای ۵۰ درصد کشندگی (LT_{50}) در ارقام کلزا

در تمام دماهای یخ زدگی درصد نشت الکترولیت‌ها در تیمار خو سرمایی کمتراز در صد نشت مواد در شرایط عدم خوسرمایی بود (شکل۳). قابل ذکر است که اختلاف میان شیب نمودارهای حاصل از نشت الکترولیت‌ها در دو شرایط خو سرمایی و عدم خو سرمایی نشان می‌دهد که تطابق سرمایی بر روی میزان نشت مواد در دماهای مختلف نیز تاثیر گذار است. کاردونا و همکاران (۸) نیز با بررسی اثر تطابق سرمایی در مقابل عدم تطابق بر روی بقاء گیاه *Paspalum* مشاهده کردند که با کاهش دما به کمتر از ۳- درجه سانتی گراد درصد نشت مواد افزایش پیدا کرد. ایشان همچنین اظهار نمودند که تحت تیمارهای دمایی یکسان ، تطابق سرمایی موجب کاهش میزان نشت الکترولیت‌ها در ارقام مختلف درمقایسه با شرایط عدم تطابق سرمایی شد.

برخی محققین دمایی را که سبب ۵۰٪ نشت الکترولیت می‌شود به عنوان دمای ۵۰ درصد کشندگی (LT_{50}) پیشنهاد کرده‌اند (۱۰ و ۱۵). در آزمایش حاضر LT_{50} ارقام کلزا مطابق با روش محققین مذکور محاسبه و مشخص شد که بین ارقام مورد بررسی ازنظر این صفت تفاوت معنی داری وجود دارد. به طوری‌که ارقام SLMO46 ، الیت و لیکورد به ترتیب کمترین و رقم سیمبُل بالاترین LT_{50} را داشتند (شکل ۴). قابل ذکر است که پائین تر بودن LT_{50} در ارقام SLMO46، الیت و لیکورد با نشت سلولی کمتر این ارقام نسبت به سایر ارقام در شرایط تنش یخ زدگی همراه بوده است، در مقابل رقم سیمبُل که از LT_{50} بالاتری برخوردار بود ، تحت تیمارهای دمایی مختلف غالباً درصد نشت مواد بیشتری داشت (شکل ۲).

بررسی همبستگی بین درصد نشت الکترولیت‌ها و LT_{50} ارقام مختلف کلزا نیز نشان داد که با کاهش درصد نشت الکترولیت‌ها ، دمای ۵۰ درصد کشندگی در هر دو تیمار خو سرمایی و عدم خو سرمایی کاهش یافت (شکل۵). همان‌طور که در شکل ۵ ملاحظه می‌شود پایین ترین و بالاترین LT_{50} در تیمار خو سرمایی کمتر از تیمار عدم خو



شکل ۵: رابطه بین درصد نشت الکترولیت ها با LT_{50} ارقام کلزا

Archive of SID

www.SID.ir

سرمایی بود. در این رابطه بیرامی زاده و همکاران (۲) با مطالعه پایداری غشاء سیتوپلاسمی بر اساس روش هدایت الکتریکی، همبستگی بالایی را بین میزان نشت الکترولیت‌ها و LT_{50} گزارش کردند و خاطر نشان نمودند که این همبستگی نشان دهنده کارایی این روش در ارزیابی مقاومت به سرما است که این نتایج با گزارشات حاصل از این آزمایش مطابقت دارد.

خوسرمایی در مرحله ۵-۳ برگی تأثیر قابل توجهی را بر روی LT_{50} ارقام مورد بررسی داشت. به طوریکه در کلیه ژنوتیپهای مورد مطالعه ، خوسرمایی موجب کاهش دمای ۵۰ درصد کشندگی گردید (جدول۱).

کاردونا و همکاران (۸) گزارش نمودند که خو سرمایی موجب کاهش میزان نشت مواد و کاهش دمای ۵۰ درصد کشندگی در اکوتیپ‌های پاسپالم(*Paspalm viginatum*) می‌شود. این محققین بر اساس آزمون نشت الکترولیت دمای کشنده برای ۵۰ درصد نمونه‌های گیاهی را در اکوتیپهای تطابق یافته با سرما بین ۵/۲- تا ۹/۵- درجه سانتی گراد و برای گیاهان تطابق نیافته به سرما بین ۲/۵- تا۵/۲- درجه سانتی‌گراد ذکر کردند . بدین لحاظ نتایج مطالعه حاضر با گزارشات محققین مبنی بر تأثیر خوسرمایی در افزایش تحمل به شرایط سخت زمستان مطابقت دارد (۸ و ۱۹). وری (۱۹) نیز اظهار داشت که در شرایط کشت زمستانه حبوبات سرما دوست ، خوسرمایی ضروری است و سبب بهبود تحمل به سرما در گیاه می‌گردد.

نتایج حاصل از این بررسی نشان داد که که در شرایط عدم خوسرمایی ارقام SLMO46 و ابنیت به ترتیب بیشترین و کمترین تحمل به یخ زدگی را داشتند (جدول ۱) ، در صورتی‌که در شرایط خو سرمایی ارقام لیکورد و سیمبل دارای کمترین و بالاترین LT_{50} بودند. با وجود این تداوم این گونه آزمایش‌ها جهت تعیین همبستگی میزان نشت الکترولیت‌ها با درصد بقاء ارقام در شرایط شوک یخ زدگی(شرایط کنترل شده) و همچنین در شرایط مزرعه و تعیین روابط مربوطه می‌تواند مفید بودن این شاخص را در سطح کاربردی تعیین نماید.

جدول۱: اثر خو سرمایی بر درصد نشت مواد و دمای ۵۰ درصد کشندگی ارقام مختلف کلزا

رقم	خو سرمائی		عدم خو سرمائی	
	درصد نشت	LT_{50}	درصد نشت	LT_{50}
زرفام	۲۳/۹۷	-۸/۱	۳۱/۶۳	-۷/۸
لیکورد	۲۷/۸۹	-۱۵/۲	۲۰/۶۱	-۸/۷
الیت	۲۰/۲۶	-۱۳/۳	۲۴/۸۶	-۱۰/۲
SLMO46	۲۶/۳۲	-۱۱/۳	۱۹/۳۴	-۱۱/۷
اکاپی	۲۸/۰۲	-۱۱/۲	۵۴/۵۵	-۸/۲
سیمبل	۲۲/۶۹	-۷/۹	۴۶/۷۳	-۵/۱
کالورت	۳۲/۱۷	-۱۰/۶	۴۸/۱۲	-۸/۳
اپرا	۲۵/۹۱	-۱۲/۸	۴۵/۵	-۱۰/۱
ابنیت	۱۸/۳۰	-۱۳/۹	۴۹/۵۵	-۲/۸
آلیس	۲۳/۳۱	-۱۱/۲	۴۵/۵۴	-۵/۲
	LSD (۰/۰۵) :۱۱/۹۹	LSD (۰/۰۵) :۱/۴۹	LSD (۰/۰۵) :۱۱/۹۹	LSD (۰/۰۵) :۱/۴۹

www.SID.ir

منابع

۱- باقری، ع.، ا. نظامی و م. سلطانی. ۱۳۷۹. اصلاح حبوبات سرمادوست برای تحمل به تنش‌ها. (ترجمه). سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی. ۴۴۵ ص.

۲- بیرامی زاده، ا.، ی. ارشد، ب. یزدی صمدی و م. ر. قنادها. ۱۳۸۱. بررسی ژنتیک پایداری غشای سیتوپلاسمی در گندم. چکیده مقالات سومین همایش کاهش ضایعات ناشی از سرما و یخ زدگی گیاهان زراعی و باغی کشور. ص. ۶۵. معاونت زراعت سازمان حفظ نباتات .

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

۴- 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.

۵- میرعشقی، ا. و غ .ر. خلیل زاده. ۱۳۸۱. ارزیابی برخی از صفات فیزیولوژیک مرتبط با مقاومت به سرما در ۲۲ ژنوتیپ گندم نان. چکیده مقالات سومین همایش کاهش ضایعات ناشی از سرما و یخ زدگی گیاهان زراعی و باغی کشور. ص. ۶۱. معاونت زراعت سازمان حفظ نباتات.

۶- میرمحمدی میبدی، ع. م. ۱۳۷۹. جنبه‌های فیزیولوژی و بهنژادی تنش‌های سرما و یخزدگی گیاهان زراعی. انتشارات گلبن، اصفهان. ۲۲۳ ص.

7- Baeka, K. H. and D. Z. Skinner. 2003. Alteration of antioxidant enzyme gene expression during cold acclimation of near-isogenic wheat lines. Plant Sci. 165: 1221-1227.

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

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

10- Gusta, L. V., D. B. Fowler and N. J. Tyler. 1982. Factors influencing hardening and survival in winter wheat. In: Li, P. H. and A. Sakai. (Eds.). Plant Cold Hardiness and Freezing Stress. Mechanisms and Crop Implications. Vol. 2. pp. 23-40. Academic Press, London.

11- Hana, B. and J. C. Bischofa. 2004. Direct cell injury associated with eutectic crystallization during freezing. Cryobio. 48: 8-21.

12- 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: Summerfield, R. J. (Ed.). World Crops: Cool Season Food Legumes. Kluwer Academic Publishers. The Netherlands.

13- Nayyar, H., T. S. Bains, S. Kumar. 2005. Chilling stressed chickpea seedlings: effect of cold acclimation, calcium and abscisic acid on cryoprotective solutes and oxidative damage. Enviro. Exp. Bot. 54: 275-285.

14- Nilsen, E. T. and D. M. Orcutt. 1996. Physiology of Plants under Stress (Abiotic Factors). John Willey and Sons. New York.

15- Shashikumar, K. and J. L. Nus. 1993. Cultivar and winter cover effects on bermudagrass cold acclimation and crown moisture content. Crop Sci. 33: 813-817.

16- Steponkus, P. L., M. Uemura and M. S. Webb. 1993. Redesigning crops for increased tolerance to freezing stress. In: Jackson, M. B. and C. R. Black. (Eds.). Interacting Stresses on Plants in a Changing Climate. pp. 697-714. Springer-Verlag, Berlin.

17- Sulk, R. M., K. A. Albrecht and S. H. Duke. 1991. Leakage of intracellular substances as an indicator of freezing injury in alfalfa. Crop Sci. 31: 430-435.

18- Teutonica, R. A., J. P. Palta and T. C. Osborn. 1993. In vitro freezing tolerance in relation to winter survival of rapeseed cultivars. Crop Sci. 33: 103-107.

19- Wery, J. 1990. Adaptation to frost and drought stress in chickpea and implication in plant breeding. P. 77-85. In: Saxena, M. C., J. I. Cubero and J. Wery. (Eds.). Present Status and Future Prospects of Chickpea Crop Production and Improvement in the Mediterranean Countries. Options Mediterranean, series A: semiaries Mediterranean. No. 9. CIHEM, Zaragoza, Spain.

Archive of SID

www.SID.ir

Electrolyte leakage as an indicator of freezing injury in colza (*Brassica napus* L.)

A. Nezami, A. Borzooei, M. Jahani, M. Azizi, A. Sharif[1]

Abstract

In order to evaluate the electrolyte leakage as an indicator of freezing injury in colza (*Brassica napus* L.) genotypes under controlled conditions, a trial carried out at the greenhouse of College of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad. In this study 10 rapeseed genotypes, with 5 temperatures (0, -4, -8, -12 and -16 °C) on subplot and acclimation and non acclimation on main plot were evaluated on RCD factorial split plot with two replications. Plants were kept until 3-5 leaf stage in greenhouse condition with 23/16 ± 2 °C (day/night) and natural photoperiod. Pots were subjected to acclimation (for three weeks) or non acclimation that plants immediately frozen.For acclimation treatment after three weeks freezing was done in thermogradient freezer. The cell membrane integrity was measured through electrolyte leakage and the lethal temperature 50 (LT_{50}) of samples also were determined. There were significant differences ($p<0.05$) among acclimation, genotypes and freezing temperatures. As temperature decreased, electrolyte leakage of all genotypes were increased. Acclimation decreased the LT_{50} of all genotypes. In non acclimation SLMO46 and Symbol genotypes showed the highest and the lowest freezing tolerance, respectively.On the other hand in acclimation treatment Licord and Okapi had the lowest and the highest LT_{50}, respectively.

Key word: Freezing, acclimation, electrolyte, leakage, LT_{50}.

Archive of SID

1 Contribution from College of Agriculture, Ferdowsi Universityof Mashhad, and Khorasan Agricultureal and Natural Resources Research Center.

www.SID.ir