نشریه پژوهشهای زراعی ایران
جلد ۸، شماره ۶ ، بهمن - اسفند ۱۳۸۹، ص ۸۹۶-۸۹۱

Iranian Journal of Field Crops Research
Vol. 8, No. 6, Jan. – Feb. 2011, p. 891-896

اثر تنش یخ زدگی بر نشت الکترولیت‌ها در شش رقم گلرنگ

احمد نظامی[1*] – نغمه ناقدی نیا [2]

تاریخ دریافت: ۸۸/۱/۲۲

تاریخ پذیرش: ۸۸/۷/۱۱

چکیده

تنش یخ زدگی بر روی برخی از فرایندهای حیاتی گیاهان تأثیر گذاشته و سبب اختلال در رشد آنها می شود. در همین راستا به منظور بررسی اثر تنش یخ زدگی برنشت الکترولیت‌ها در گلرنگ ازمایشی به صورت فاکتوریل و در قالب طرح کاملاً تصادفی در ۳ تکرار با استفاده از شش ژنوتیپ گلرنگ (شامل پنج رقم پاییزه به نام‌های k.w.16، k.w.6، k.w.3 ، زرقان ۲۷۹ و لاین ۲۹۵ و یک رقم بهاره- پاییزه به نـام IL-111) و شـش دمـای یـخ زدگی (صفر،۴- ،۸- ،۱۲- ،۱۶- و۲۰- درجه سانتی گراد) در دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد اجرا شد. گیاهان تا مرحله۷-۵ برگی در شرایط آب و هوای طبیعی پاییز در داخل گلدان رشد یافته و با سرما خو گرفتند و سپس برای اعمال دماهای آزمایش به فریزر ترموگرادیان منتقل شدند. میـزان پایداری غشاء سیتوپلاسمی‌ژنوتیپ‌ها با استفاده از نشت الکترولیت‌ها مورد ارزیابی قرار گرفت و سپس دمای کشنده برای ۵۰ درصد نمونه‌هـا (LT_{50}) بـر اساس درصد نشت الکترولیت‌ها تعیین گردید. نتایج نشان داد که اثرات دمای یخ زدگی و ژنوتیپ بر میزان نشت مواد و LT_{50} ارقام مورد بررسی معنی‌دار ($P< ۰/۰۵$) بود. کاهش دما به کمتر از ۴- درجه سانتیگراد سبب افزایش میزان نشت الکترولیت‌ها در کلیه ارقام مورد بررسی گردید. لاین ۲۹۵ بیشـترین درصد نشت الکترولیت‌ها را داشت، در صورتی که کمترین درصد نشت در رقمk.w.6 مشاهده شد. شیب درصد نشت الکترولیت‌ها در مقابـل دمـای یـخ زدگی در لاین ۲۹۵ و زرقان ۲۷۹ بیشتر از سایر ارقام بود و درصد نشت در دمای ۱۲- درجه سانتی‌گراد به حداکثر رسید، در حالی که سایر ارقام در دمای ۱۶- درجه سانتی‌گراد حداکثر درصد نشت را داشتند. از نظر شاخص LT_{50} نیز بیشترین و کمترین تحمل به یـخ زدگـی را بـه ترتیـب لایـن k.w.6 و زرقان ۲۷۹ داشتند. بین درصد نشت الکترولیت‌ها و LT_{50} همبستگی بسیار معنی داری (r = 76**) مشاهده شد که بیانگر امکـان اسـتفاده از ایـن شاخص در ارزیابی خسارت تنش یخ زدگی در گلرنگ می باشد.

واژه‌های کلیدی: یخ زدگی، نشت الکترولیت‌ها، گلرنگ، LT_{50}

مقدمه

گلرنگ به دلیل قدرت سازگاری نسبتاً مناسـب در مقابـل شـرایط نامساعد محیطی و مـوارد مصـرف گونـاگون، درکشـورهای متعـددی کشت می‌شود. روغن دانه این گیاه کیفیـت قابـل ملاحظـه ای دارد و میزان اسید لینولئیک آن نسبت به سایر گیاهان روغنـی بیشـتر اسـت (۳). کشت گلرنگ به دو صورت بهاره وپاییزه انجـام مـی‌شـود (۴). در شرایط کشت بهاره، عملکرد گیاهان زراعی به دلیـل دماهـای بـالا در طول فصل رشد و بروز تنش خشکی و همچنـین مشـکلات ناشـی از آفات کاهش مـی‌یابـد (۲۱). ضـمن اینکـه در برخـی شـرایط ریـزش نزولات جوی در ابتدای بهارکاشت محصول را به تعویق می‌انـدازد. از سوی دیگر درمناطق معتدله کشت پاییزه برخی محصولات زراعـی (از جمله گلرنگ) نسبت به کشت بهاره آنها دارای مزایای زیادی می‌باشد که از جمله آن می‌توان به تولید وعملکرد بیشتر و ثبات بالاتر، کارایی مصرف آب بیشتر (۲۱)، ایجاد پوشش و حفاظ مناسـب بـرای خـاک و جلوگیری از فرسایش آن و ایجاد شرایط مناسب برای کاشت محصول دوم اشاره داشت (۱ و ۱۶).

در برخی ازمناطق معتدله، کشت گلرنگ بعنوان یک گیاه زراعـی پاییزه به دلیل صدمات ناشـی از تـنش‌هـای زمسـتانه موفقیـت آمیـز نمی‌باشد (۲۴). در این نواحی، عامـل اصـلی موفقیـت کاشـت پـاییزه محصولات زراعی، وجود ارقام متحمـل بـه شـرایط سـخت زمسـتان می‌باشد و بنابراین شناسایی ارقـامی از گلرنـگ کـه قـادر بـه تحمـل شرایط سخت زمستان این نواحی باشند، ضروری می‌باشد. تحمـل بـه شرایط سخت زمستان یـا بقـای زمسـتانه نیـز ترکیبـی از تحمـل بـه تنش‌های مختلف (نظیر یخ زدگی، استقرار ضعیف گیاهچـه، خسـارات

۱ و ۲- به ترتیب دانشیار و دانشجوی سابق کارشناسی ارشد، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
(*- نویسنده مسئول Email: nezamiahmad@yahoo.com)

بیماری‌ها و آفات، پوشش برف و ...) است که در طول زمستان حادث می‌شود (۹ و ۱۶).

در بین انواع تنش‌های زمستانه، یخ زدگی به عنوان یکی از مهم ترین تنش‌های زمستانه معرفی شده است (۱۰) و به همین دلیل در اغلب آزمایش‌ها محققان تحمل به یخ زدگی را به عنوان یک شاخص مناسب مورد تأکید قرار داده اند (۱). آزمون‌های ارزیابی تحمل به یخ زدگی گیاهان عمدتاً در شرایط کنترل شده انجام می‌شود (۵ و۱۲) و درصد بقاء گیاه پس از قرار گرفتن آن در معرض دماهای یخ زدگی به عنوان یکی از شاخص‌های مقاومت به یخ زدگی معرفی شده است. در این روش نیز چنانچه تعداد نمونه‌های گیاهی اندک باشد محقق با مشکل از بین رفتن نمونه‌های اندک، ولی ارزشمند مواجه خواهد شد.

برای یافتن روش‌های ارزیابی سریع و مؤثرتحمل به یخ زدگی در گیاهان، تاکنون تحقیقات زیادی انجام شده است. یکی از این روش‌های ارزیابی، اندازه گیری نشت الکترولیت‌ها از سلول‌های گیاهی پس از اعمال تنش یخ زدگی می‌باشد. هنگامی‌که بافت‌های گیاه در اثرسرما آسیب می‌بینند، فعالیت غشاء مختل شده و الکترولیت‌های داخل سلول به خارج از آن نشت می‌کنند. آزمایشات نشان داده است که اولین مکان خسارت در اثرسرما، غشاء سلولی است و سرما باعث تغییر حالت غشاء از کریستال-مایع به حالت جامد-ژل می‌شود و با این تغییر، فعالیت غشاء مختل می‌گردد (۱۴و ۱۵). به همین دلیل اندازه گیری میزان نشت الکترولیت‌ها از بافت‌های گیاهی به عنوان یک روش مناسب برای تخمین تراوایی غشاء در ارتباط با اثرتنش‌های محیطی بر ژنوتیپ‌های مختلف گیاهی مورد استفاده محققان قرار گرفته است (۱۱و ۱۳).

پیراس و سارهان (۱۹) بیان نمودند که میزان مقاومت به یخ زدگی در برگ‌ها، طوقه‌ها و ریشه‌های گندم از طریق روش نشت الکترولیت‌ها قابل ارزیابی است. پاول (۱۸) نیز عنوان کرد که تغییر در ساختار غشاء در اثر سرما سبب افزایش نشت الکترولیت‌های سلولی در اندام‌های حساس به سرما می‌گردد. تحقیقات دیگری برروی گندم نیزنشان داده است که ژنوتیپ‌های متحمل به سرما عموماً غشاء سیتوپلاسمی پایدارتر و نشت الکترولیت کمتری نسبت به ژنوتیپ‌های حساس داشته اند (۶). بررسی نظامی و همکاران (۸) بر روی اثر تنش یخ زدگی در نشت الکترولیت‌های ۱۰ رقم کلزا نشان داد که با کاهش دما به کمتر از ۴- درجه سانتیگراد درصد نشت الکترولیت‌ها به طور معنی داری افزایش یافت. در بین ارقام کلزای مورد بررسی از نظر LT_{50} [1] نیز تفاوت معنی داری مشاهده شد، به طوری که رقم سیمبل بیشترین و ارقام SLM046، الیت و لیکورد به ترتیب کمترین LT_{50} را داشتند، ضمن اینکه پایین تر بودن LT_{50} در ارقام ذکر شده نیز با نشت الکترولیتی کمتر همراه بوده است. ایشان اظهار داشتند که با توجه به نتایج حاصله به نظر می‌رسد که بتوان با اندازه گیری میزان نشت الکترولیت‌ها، به معیار مناسبی جهت تعیین شدت خسارت وارده برغشاء سلولی تحت تأثیر تنش یخ زدگی دست یافت.

باتوجه به مطالب ذکرشده، این بررسی به منظور مطالعه اثر تنش یخ زدگی بر نشت الکترولیت‌های چند رقم گلرنگ طراحی و اجرا شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در پاییز سال ۱۳۸۵ به صورت فاکتوریل و در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار انجام شد. فاکتورهای آزمایشی عبارت بودند از ارقام گلرنگ (شامل پنج رقم گلرنگ پاییزه به نام‌های k.w.16، k.w.6، k.w.3، زرقان ۲۷۹ و لاین ۲۹۵ و یک رقم بهاره- پاییزه IL-111) و دماهای یخ زدگی (صفر، ۴- ، ۸-، ۱۲-، ۱۶-، ۲۰- درجه سانتی گراد). تعداد پنج بذر در گلدان‌های پلاستیکی با قطر۱۰ سانتی مترو در عمق۲-۱ سانتی متری خاک در ابتدای پاییز سال ۱۳۸۵ کشت شدند. گیاهان تا مرحله ۷-۵ برگی در شرایط آب و هوای طبیعی رشد یافته و با سرما خو گرفتند وسپس برای اعمال دماهای آزمایش به فریزر ترموگرادیان منتقل شدند. دمای فریزر در شروع آزمایش پنج درجه سانتیگراد بود و پس از قراردادن نمونه‌ها، باسرعت دو درجه سانتیگراد درساعت کاهش یافت. به منظور القاء یخ زدگی و ایجاد هستک یخ در گیاهچه‌ها، در دمای ۲- درجه سانتی گراد محلول ایجاد کننده هستک یخ (INAB) [2] روی گیاهان پاشیده شد و سپس دما با سرعت ۲ درجه در ساعت کاهش یافت تا به دمای مورد نظر هر تیمار رسید. به منظور ایجاد تعادل دردمای محیط، گیاهان به مدت یک ساعت در دمای هر تیمار آزمایش نگه داشته شده و سپس از فریزر خارج شدند. در مرحله بعد و برای کاهش سرعت ذوب یخ در گیاه، نمونه‌ها به مدت۲۴ ساعت در اتاقک سرد با دمای ۱±۴ درجه سانتی گراد نگهداری شدند.

به منظور تعیین درصد نشت الکترولیت‌ها ابتدا جوان ترین دو برگ کاملا توسعه یافته از هربوته جدا شد و در ارلن‌های حاوی ۵۰ میلی لیتر آب دوبار تقطیر شده قرارگرفت. ارلن‌ها به مدت ۶ ساعت برروی شیکر قرارگرفته و سپس هدایت الکتریکی هرنمونه با استفاده از دستگاه EC متر (مدل Jenway) اندازه گیری شد (EC_1). به منظور اندازه گیری میزان کل نشت الکترولیت‌ها در اثر مرگ سلول، ارلن‌های حاوی نمونه‌های گیاهی به فریزر با دمای ۷۵- درجه سانتی‌گراد منتقل شده و در طول شب دراین شرایط نگهداری شدند. سپس ارلن‌ها از فریزر خارج شده و پس از ذوب یخ آنها در شرایط آزمایشگاه، مجدداً به مدت ۶ ساعت برروی شیکرقرارگرفتند و بعد از

1-Lethal Temperature 50

2- Ice Nucleation Active Bacteria

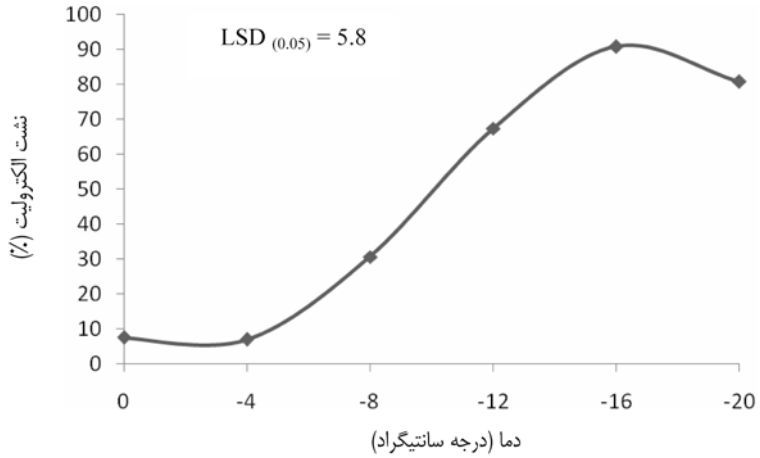
آن هدایت الکتریکی نمونه‌ها اندازه گیری شد (EC_2). درصد نشت الکترولیت‌ها با استفاده از فرمول $((EC_1/EC_2)x100)$ محاسبه شد.

دمای کشنده برای ۵۰ درصدنمونه‌ها (LT_{50}) براساس نشت الکترولیت‌ها و با استفاده از رسم نمودار درصد نشت الکترولیت‌های هر تیمار در مقابل دمای یخ زدگی تعیین شد (۱۴). جهت تجزیه آماری داده‌ها از نرم افزار MSTATC وبرای رسم نمودارها و تعیین LT_{50} از نرم افزار Slide Write استفاده شد. مقایسه میانگین داده‌ها نیز با استفاده از آزمون LSD انجام شد.

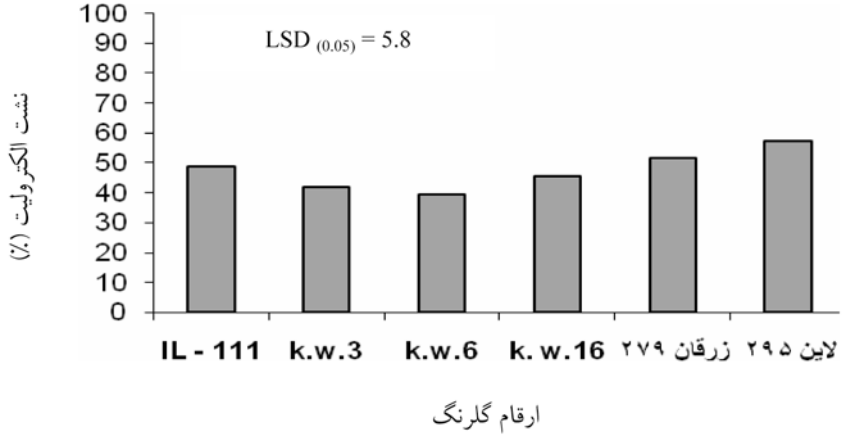
نتایج و بحث

در بررسی اثر دمای یخ زدگی بر میزان نشت الکترولیت‌ها مشاهده می شود که نشت الکترولیت‌ها از سلول‌های برگ گلرنگ از دمای ۴- درجه سانتی گراد شروع شده و با کاهش دما افزایش یافت (شکل۱). افزایش نشت الکترولیت‌ها نشان می‌دهد که انسجام غشاهای سلولی تحت تأثیر دماهای یخ زدگی مختل شده و نشت مواد به خارج سلول افزایش یافته است. بررسی ایوگنیا و همکاران (۱۳) در مورد ارزیابی میزان مقاومت گیاه *Trifolium hirtum* به تنش یخزدگی از طریق اندازه گیری میزان نشت الکترولیت‌ها نیز نشان داد که با کاهش دما از ۶- به ۱۴- درجه سانتی گراد، میزان نشت مواد در برگ‌های این گیاه افزایش یافت. نایار وهمکاران (۱۷) نیز مشاهده کردند که با کاهش دما، نشت الکترولیت‌ها از گیاهچه‌های ۱۴ روزه نخود افزایش یافت. طی بررسی انجام شده در مورد درصد نشت الکترولیت‌ها تحت تأثیر تنش سرما در چند رقم کلزا نیز مشخص شد که میزان نشت الکترولیت‌ها در برگ آن‌ها، با میزان شدت سرما همبستگی مثبت دارد (۸). به نظر می‌رسد با کاهش دما خسارت ناشی از تنش یخ زدگی بر غشاهای سلولی زیاد شده و منجر به افزایش میزان نشت مواد درون سلولی می شود.

تفاوت درصد نشت الکترولیت‌ها بین ارقام مختلف گلرنگ معنی دار ($P< ۰/۰۵$) بود، بطوری که بیشترین درصد نشت را لاین ۲۹۵ و زرقان ۲۷۹ دارا بودند و ژنوتیپ K.W.6 کمترین درصد نشت را داشت (شکل۲). مطالعه سالک و همکاران (۲۰) بر روی تحمل به یخ زدگی ریشه یونجه نشان داد که با کاهش دما از ۴- تا ۱۶- درجه سانتی گراد میزان نشت الکترولیت‌ها افزایش یافت. در ازمایش انها ارقام حساس یونجه بیشترین مقدار نشت را داشتند، ضمن اینکه حداکثر نشت در این ارقام در دماهای ۶- تا ۱۰- درجه سانتی گراد اتفاق افتاد. در بررسی نظامی و همکاران (۸) نیز مشاهده شد که واکنش ارقام کلزا به تنش یخ زدگی متفاوت بود، به نحوی که ارقام کالورت و اکاپی بیشترین و ارقام الیت و SLM046 کمترین درصد نشت را داشتند. تأثیر تنش سرما بر اختلال فعالیت غشاهای سلولی و به دنبال ان نشت الکترولیت‌ها بسته به تحمل به یخ زدگی ارقام مختلف گیاهی متفاوت است (۱۱)، لذا اندازه گیری میزان نشت از بافت‌ها یا اندام‌های گیاهی تحت تنش سرما معیار مناسبی برای ارزیابی مقاومت گیاهان به تنش سرما ذکر شده است (۷). از این رو پایین تر بودن میزان نشت الکترولیت‌ها در ارقام K.W.6 و K.W.3 احتمالا نشان دهنده تحمل بیشتر این ارقام نسبت به تنش یخ زدگی می‌باشد. در بررسی روند نشت الکترولیت‌ها تحت تأثیر دماهای یخ زدگی در ارقام گلرنگ ملاحظه می‌شود که تا دمای ۴- درجه سانتی گراد میزان نشت الکترولیت‌ها تقریبا ثابت بوده، ولی با کاهش دما نشت الکترولیت‌ها در تمام ارقام روندی افزایشی پیدا کرد (شکل۳). با وجود این سرعت افزایش نشت الکترولیت‌ها در دو رقم K.W.6 و K.W.3 کمتر از سایر ارقام بود. در لاین۲۹۵ و رقم زرقان ۲۷۹ رسیدن به حداکثر درصد نشت الکترولیت‌ها از دمای کمتری نسبت به سایر ارقام شروع شد (دمای ۱۲- درجه سانتی گراد)، به عبارت دیگر در این دو رقم شیب منحنی نشت الکترولیت‌ها شدیدتر از سایر ارقام بود، در صورتی که رسیدن به حداکثر نشت الکترولیت‌ها در چهار رقم دیگر از دمای ۱۶- درجه سانتی گراد مشاهده شد (شکل۳).

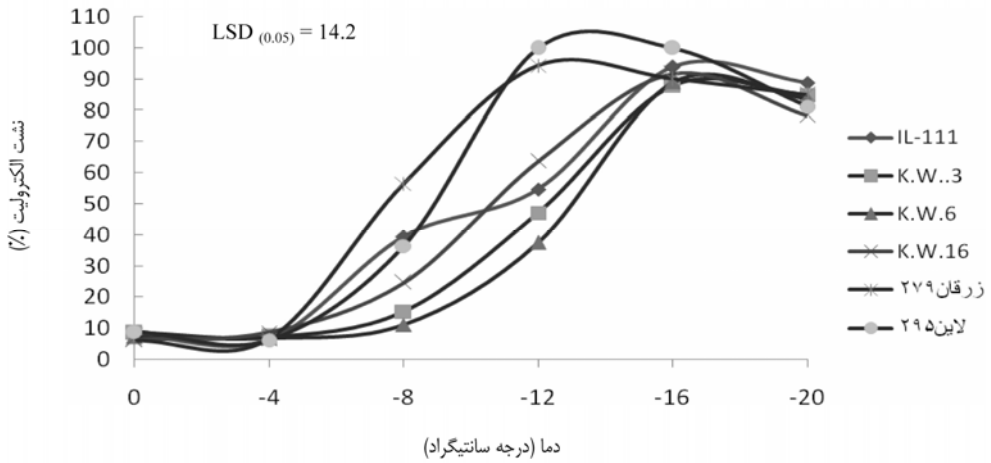


شکل۱- تأثیر کاهش دما بر میزان نشت الکترولیت‌های ارقام گلرنگ

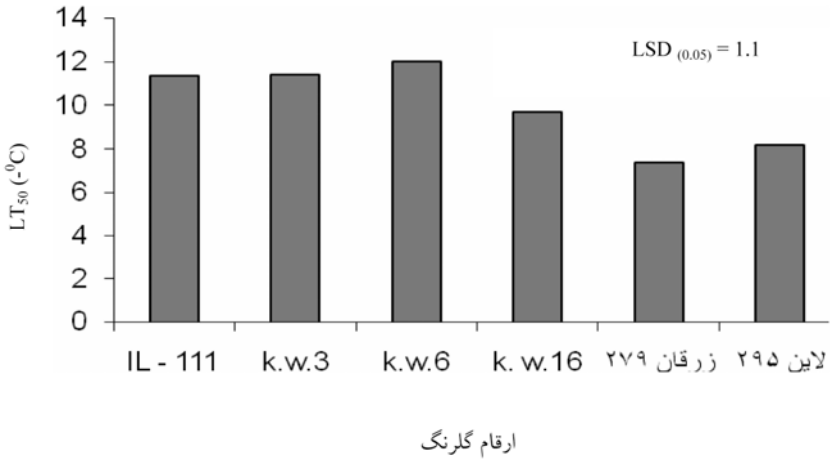


شکل۲– درصد نشت الکترولیت ها درارقام گلرنگ تحت تأثیر تیمار یخ زدگی

در بررسی سایر محققان (۸ و ۱۱) نیز مشاهده شده است که شیب منحنی نشت الکترولیت‌ها در مقابل دمای یخ‌زدگی در ارقام مقاوم به سرما کمتر از ارقام حساس به سرما است. این امر نشان می‌دهد که در شرایط تنش سرما ژنوتیپ‌های مقاوم در مقایسه با ژنوتیپ‌های حساس از سرعت نشت الکترولیت کمتری برخوردار هستند. این محققان تفاوت در شیب منحنی نشت الکترولیت‌ها را به عنوان یکی از نشانه‌های مهم شدت خسارت ناشی از تنش سرما در ارقام مقاوم و حساس معرفی کردند. در برخی مطالعات دمایی که سبب ۵۰ درصد نشت الکترولیت‌ها از بافت‌های گیاهی می‌شود، به عنوان دمای ۵۰ درصد کشندگی (LT_{50}) در نظر گرفته شده است (۱۴). در همین راستا شاشیکومار و ناس (۲۲) با انجام آزمایشی بر روی ۸ رقم پنجه مرغی گزارش کردند که ارقام حساس تر به سرما LT_{50} بالاتری نسبت به ارقام مقاوم داشتند. در مطالعه حاضر ارقام گلرنگ مورد بررسی از نظر LT_{50} تفاوت معنی داری ($P<۰/۰۵$) داشتند. بیشترین LT_{50} در لاین ۲۹۵ و زرقان۲۷۹ و کمترین آن در سه رقم K.W.3، K.W.6 و IL-111 مشاهده شد (شکل۴). به عبارت دیگر ارقام زرقان ۲۷۹ و لاین ۲۹۵ تحمل به یخ زدگی کمتری نسبت به ارقام دیگر داشتند. کاردونا و همکاران (۱۱) با مطالعه اثر تنش یخ زدگی بر روی سه اکوتیپ پاسپالوم، تفاوت معنی‌داری را از نظر درصد نشت الکترولیت‌ها و LT_{50} بین آنها مشاهده کردند. در بررسی نظامی و همکاران (۸) نیز مشاهده شد که بین ارقام کلزای مورد مطالعه از نظر LT_{50} تفاوت معنی داری وجود داشت و LT_{50} کمتر در ارقام متحمل به سرمای کلزا با نشت سلولی کمتر نسبت به سایر ارقام مورد مطالعه همراه بود. در آزمایش حاضر نیز لاین ۲۹۵ و زرقان ۲۷۹ که LT_{50} کمتری داشتند، دارای بیشترین درصد نشت بودند که این امر با یافته‌های سایر محققان مطابقت دارد.



شکل۳- تأثیردماهای یخ زدگی بر میزان نشت الکترولیت ها در هر کدام از ارقام گلرنگ



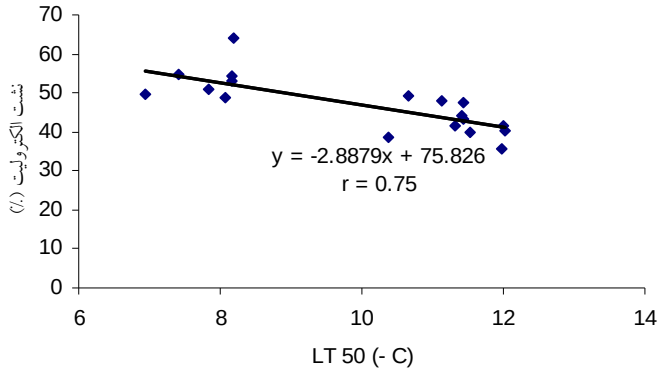
شکل٤- دمای ۵۰ درصد کشندگی (LT_{50}) بر اساس درصد نشت الکترولیت ها در ارقام گلرنگ

در بررسی همبستگی بین درصد نشت الکترولیت‌ها و LT_{50} ارقام گلرنگ مشاهده شد که بین این دو پارامتر همبستگی بسیار معنی داری (r =76**) وجود داشت و با کاهش درصد نشت الکترولیت‌ها، دمای ۵۰ درصد کشندگی ارقام مورد بررسی کاهش یافت (شکل۵). مطالعه بیرامی‌زاده و همکاران(۲) و نظامی و همکاران (۸) بر روی اثر تنش یخ زدگی بر پایداری غشاء سیتوپلاسمی‌نشان داد که بین نشت الکترولیت‌ها و LT_{50} همبستگی وجود دارد. ایشان اظهار داشتند که این همبستگی احتمالا می تواند نشان دهنده کارایی این روش در ارزیابی تحمل به سرما در گیاهان مورد مطالعه باشد.

نتایج این بررسی نشان داد که در همه ارقام مورد مطالعه گلرنگ با کاهش دما نشت الکترولیت‌ها افزایش یافت. در بین ارقام مورد بررسی لاین ۲۹۵ وk.w.6 به ترتیب کمترین و بیشترین تحمل به سرما را از نظر میزان نشت الکترولیت‌ها و LT_{50} داشتند. شدید تر بودن شیب منحنی نشت الکترولیت‌ها در لاین ۲۹۵ و زرقان ۲۷۹ را احتمالا می توان با حساسیت این دو رقم به سرما (نسبت به سایر ارقام) مرتبط دانست. روش نشت الکترولیت‌ها به عنوان آزمونی جهت ارزیابی خسارت غشاء در مقابل تنش‌های محیطی مطرح است (۱۵ و ۲۳). در این مطالعه نیز مشاهده شد که این آزمون را می توان جهت ارزیابی خسارت تنش یخ زدگی در کلزا مورد استفاده قرار داد. تداوم این سری مطالعات جهت تعیین رابطه بین درصد نشت الکترولیت‌ها با بقاء گیاهان در شرایط کنترل شده و همچنین شرایط مزرعه مزیت این روش را در سطح کاربردی تعیین خواهد کرد.

سپاسگزاری

از معاونت پژوهشی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد به خاطر در اختیار قرار دادن اعتبار این پژوهش در قالب طرح شماره ۹۲۱ پ قدردانی می شود. از سرکار خانم مهندس انورخواه نیز به دلیل همکاری در اجرای طرح تشکر می گردد.



شکل۵- رابطه بین درصد نشت الکترولیت ها با دمای ۵۰ درصد کشندگی در ارقام گلرنگ

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 صفحه.

۲- بیرامی‌زاده، ا.، ی. ارشد، ب. یزدی صمدی و ر. قنادها. ۱۳۸۱. بررسی ژنتیک پایداری غشای سیتوپلاسمی‌در گندم. خلاصه مقالات سومین همایش ضایعات ناشی از سرمازدگی محصولات زراعی و باغی کشور، معاونت زراعت سازمان حفظ نباتات. ۶۵صفحه.

۳- فروزان، ک. ۱۳۷۸. گلرنگ. انتشارات شرکت دانه‌های روغنی. ۱۴ صفحه.

۴- کریمی، ه. ۱۳۷۵. گیاهان زراعی. انتشارات دانشگاه تهران. ۲۳۱ صفحه.

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

۶- میرعشقی، ا. و غ.ر. خلیل زاده. ۱۳۸۱. ارزیابی برخی از صفات فیزیولوژیک مرتبط با سرما در۲۲ ژنوتیپ گندم نان. خلاصه مقالات سومین همایش ضایعات ناشی از سرمازدگی محصولات زراعی و باغی کشور، معاونت زراعت سازمان حفظ نباتات. ۶۵صفحه.

۷- میرمحمدی میبدی، ع.م.، و س. ترکش اصفهانی. ۱۳۷۹. جنبه‌های فیزیولوژی و به نژادی تنش‌های سرما ویخ زدگی گیاهان زراعی. انتشارات گلبن، اصفهان. ۲۲۳صفحه.

۸- نظامی، ا.، م. جهانی، **ا.** برزوئی، م. عزیزی، و ع. شریف .۱۳۸۶. نشت الکترولیت‌ها به عنوان شاخصی از خسارت یخ زدگی در کلزا. مجله پژوهشهای زراعی ایران، جلد ۵ (۱): ۱۶۷- ۱۷۵.

9- Blum, A.1988. Plant Breeding for Stress Environment. CRC Press, USA.

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

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

12- Cousin, R., A. Burghoffe R.P. Marget, A. Vingere and G. Eteve. 1993. Morphological, physiological and genetic base of resistance in pea to cold and drought. pp. 311-320. In: K.B. Singh and M.C. Saxena (Eds), Breeding for Stress Tolerance in Cool Season Food Legumes. John Wiley and Sons, Chichester, UK.

13- Eugenia, M., S. Nunes and G. Ray Smith. 2003. Electrolyte leakage assay capable of quantifying freezing resistance in Rose Clover. Crop Sci.43:1349-1357.

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

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

16- McKersie, B.D. and Y.Y. Leshem. 1994. Stress and stress copping in cultivated plants. Kluwer Academic Publishers. The Netherlands.

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

18- Paull, R.E. 1981. Temperature induced leakage from chilling–sensitive and chilling-resistant plant. Plant Physiol. 68:149-153

19- Perras, M. and F. Sarhan.1988. Synthesis of freezing tolerance proteins in leaves, crown and roots during cold acclimation of wheat. Plant Physiol. 89:577-585.

20- Sulc, R.M., K.A. Albrecht, J.P. Palta and S.H. Duke. 1991. Leakage of intercellular substance from alfalfa roots at various subfreezing temperatures. Crop Sci. 331:1575-1578.

21- Singh, K.B., R.S. Malhorta, M.C. Saxena and G. Bejiga. 1997. Superiority of winter sowing over traditional spring sowing of chickpea in mediterranean region. Agron. J. 89:112-118.

22- 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.

23- Whitlow, T.H., N.L. Bassuk, T.G. Ranney and D.L. Reichet. 1991. An improved method for using electrolyte leakage to assess membrane competence in plant tissues. Plant. Physiol. 98:198-205.

24- Zimmerman, L.H. 1977. Selection for seeding cold tolerance in safflower with modified controlled environment chambers. Crop Sci.17:679-682.