نشریه پژوهشهای زراعی ایران
جلد ۸، شماره۳ ، مرداد - شهریور ۱۳۸۹، ص ۴۷۲-۴۶۵

Iranian Journal of Field Crops Research
Vol. 8, No. 3, July – Aug. 2010, p. 465-472

بررسی امکان استفاده از شاخص نشت الکترولیت‌ها برای ارزیابی تحمل به سرما در ارقام چغندرقند

کمال حاج محمدنیا قالی باف[1*]- احمد نظامی[2]- علی کمندی[3]

تاریخ دریافت: ۸۷/۱۲/۲۲
تاریخ پذیرش: ۸۸/۶/۱۴

چکیده

به منظور بررسی امکان استفاده از نشت الکترولیت‌ها به عنوان شاخصی از خسارت سرما در هشت رقم چغندرقند (*Beta vulgaris* L.) به نام های رسول، شیرین، IC و۷۲۳۳ (ارقام داخلی)، افشاری، پائولینا، ریزوفورت و لاتیتیا (ارقام خارجی) آزمایشی در سال ۱۳۸۶ در آزمایشگاه فیزیولوژی گیاهان زراعی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد به صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار اجرا شد. در این مطالعه ارقام چغندرقند در معرض هشت دمای یخ زدگی (شامل صفر، ۲- ، ۴- ، ۶- ، ۸- ، ۱۰- ، ۱۲- و ۱۴- درجه سانتی گراد) قرار گرفتند. گیاهان تا مرحله ۴-۵ برگی در محیط طبیعی نگهداری شده و بعد از آن جهت اعمال تیمارهای یخ زدگی به فریزر ترموگرادیان منتقل شدند. میزان پایداری غشاء سیتوپلاسمی ارقام چغندرقند با استفاده از نشت الکترولیت‌ها مورد ارزیابی قرار گرفت، سپس درجه حرارت کشنده برای ۵۰ درصد نمونه‌ها (LT_{50}) بر اساس درصد نشت الکترولیت‌ها تعیین گردید. نتایج حاصل از این بررسی نشان داد که اثرات دمای یخ زدگی و رقم بر میزان نشت الکترولیت‌ها و LT_{50} در ارقام مورد بررسی معنی دار ($p \leq ۰/۰۱$) بود. کاهش دما به کمتر از ۴- درجه سانتی گراد سبب افزایش میزان نشت الکترولیت‌ها در کلیه ارقام مورد بررسی گردید. در بین ارقام چغندرقند مورد بررسی، رقم IC بیشترین و رقم ۷۲۳۳ کمترین تحمل به سرما را از نظر میزان LT_{50} نشان دادند. در گروه بندی ارقام چغندرقند به دو گروه ارقام خارجی و داخلی، تفاوت معنی داری در مقدار نشت الکترولیت‌ها مشاهده نشد. با توجه به همبستگی خوب بین درصد نشت الکترولیت‌ها و LT_{50} در این آزمایش ($r= -۰/۸۱^{*}$) ، استفاده از این شاخص در ارزیابی خسارت تنش یخ زدگی در چغندرقند مفید به نظر می‌رسد.

واژه‌های کلیدی: غشاء سیتوپلاسمی، یخ زدگی، LT_{50}

مقدمه

چغندرقند (*Beta vulgaris* L.) به عنوان یکی از محصولات زراعی مهم در کشور، از سطح زیر کشتی حدود ۲۰۰ هزار هکتار برخوردار است. استان خراسان رضوی هم با دارا بودن حدود ۷۰-۵۰ هزار هکتار سطح زیر کشت و تولید ۲ میلیون تن ریشه چغندرقند، از نظر تولید این محصول در کشور در رتبه اول قرار دارد (۳)، هر چند در سال های اخیر به دلیل بروز پدیده خشکسالی از سطح زیر کشت آن کاسته شده است. زمان کاشت این محصول تابع درجه حرارت محیط بوده و در مناطق معتدله و سرد، حدود اواخر زمستان و یا اوایل بهار و به طور کلی زمانی است که خطر سرما و یخبندان مرتفع شده و درجه حرارت هوا و خاک مناسب (حدود ۴ درجه سانتی گراد) باشد (۴). این زمان در اغلب مناطق چغندرکاری بهاره ایران (از جمله بخش‌های عمده خراسان رضوی)، از نیمه اسفند تا اواخر اردیبهشت ماه است. با این وجود، در برخی شرایط نگرانی از وقوع سرمای دیررس بهاره و خسارت‌های ناشی از آن سبب می‌شود که کشاورزان کاشت چغندرقند را به تأخیر بیندازند که در این حالت، محصول کاهش می‌یابد (۵). از سوی دیگر کاشت زودهنگام چغندرقند (اسفند ماه) با وجود این که غالباً سبب بهبود عملکرد می‌شود، ولی امکان مواجه شدن گیاه را با سرمای دیررس بهاره و به دنبال آن ایجاد خسارت در آن را افزایش می‌دهد، چون گیاهچه‌های جوان چغندرقند در مرحله جوانه‌زنی و سبز شدن به درجه حرارت‌های ۵- تا ۶- درجه سانتی گراد حساس می‌باشند (۲).

۱، ۲ و ۳- به ترتیب دانشجوی دکتری، دانشیار و دانشجوی دکتری گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
(*- نویسنده مسئول: Email: Kamalhm2000@yahoo.com)

در همین راستا محققان از طریق اتخاذ روش‌های به نژادی و تولید ارقام متحمل به سرمای چغندرقند (۶) و همچنین بهبود تکنولوژی زراعت این محصول (۱) در صدد کاهش خسارات سرما در کاشت زودهنگام چغندرقند می‌باشند. ارزیابی و شناسایی ارقام متحمل به سرمای گیاهان زراعی در شرایط مزرعه با وجود اینکه دارای مزایای زیادی می‌باشد، ولی به دلیل تنوع زمانی و مکانی در بروز سرما در این شرایط ممکن است منجر به نتایج غیرمعتبری شود، ضمن اینکه هزینه اینگونه آزمایش‌ها زیاد بوده و نیازمند زمان طولانی نیز می‌باشد (۱۱). به همین دلیل محققان به دنبال آزمون هایی هستند که ضمن سهولت، سرعت و اعتبار کافی داشته و قابل تکرار نیز باشند (۷، ۹ و۱۱).

آزمون نشت الکترولیت‌ها از بافت‌های گیاهی به عنوان روشی مناسب برای ارزیابی تراوایی غشاء در ارتباط با اثر تنش‌های محیطی از جمله سرما بر گیاهان زراعی مورد استفاده قرار گرفته است (۱۲ و ۱۳). به طور کلی هنگامی که بافت‌های گیاه در اثر سرما آسیب می‌بینند، فعالیت غشاء مختل شده و الکترولیت‌های داخل سلول به خارج از آن نشت می‌کنند (۱۵). کاهش آماس سلولی و افزایش نشت الکترولیت‌ها از بافت‌های گیاهی به دنبال بروز تنش یخزدگی، نقش غشاء سلولی را در حفاظت گیاه از خسارت تنش سرما به خوبی نشان داده است و در همین خصوص معتبرترین دیدگاه مطرح شده در مورد اثر تنش یخ زدگی، نظریه خسارت غشاء سلولی می‌باشد (۱۶ و ۱۹). بر طبق این دیدگاه، سرما باعث تغییر حالت غشاء از فاز کریستال- مایع به فاز ژل می‌شود که با این تغییر فیزیکی، فعالیت غشاء مختل می‌گردد (۱۰ و ۲۱). یومورا و همکاران (۲۳) اظهار داشتند که غشای پلاسمایی اولین مکانی است که در هنگام تنش یخزدگی خسارت می‌بیند و در طی تطابق گیاه به سرما (چه در شرایط طبیعی و یا مصنوعی)، تغییرات ساختاری در آن روی می‌دهد. از این رو محققان اظهار داشته اند که تداوم انسجام غشاء پلاسما، عامل اصلی بقای گیاه در شرایط تنش یخ زدگی است و هر گونه اختلال در ساختار غشاء، سبب بروز خسارت و حتی مرگ گیاه می‌شود (۱۹). بنابراین، به نظر می‌رسد از طریق آزمون یخزدگی در شرایط کنترل شده و با اندازه گیری میزان نشت الکترولیت‌ها بتوان به معیار مناسبی جهت تعیین میزان خسارت وارده بر غشاء و در ادامه آن مقدار خسارت گیاه در اثر تنش یخ زدگی دست یافت (۹ و۱۲).

با توجه به موارد ذکر شده، آزمایش حاضر به منظور بررسی امکان استفاده از شاخص نشت الکترولیت‌ها در ارزیابی تحمل به یخ زدگی تعدادی از ارقام چغندرقند رایج در استان خراسان رضوی طراحی و اجرا شده است.

مواد و روش ها

این آزمایش سال ۱۳۸۶ در آزمایشگاه فیزیولوژی گیاهان زراعی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد به صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار اجرا شد. در این مطالعه هشت رقم چغندرقند [رسول، شیرین، IC و۷۲۳۳ (ارقام داخلی)، افشاری، پائولینا، ریزوفورت و لاتیتیا (ارقام خارجی)] در معرض هشت دمای یخ زدگی (شامل صفر، ۲- ، ۴- ، ۶- ، ۸- ، ۱۰- ، ۱۲- و ۱۴- درجه سانتی گراد) قرار گرفتند. در ابتدای فروردین ماه ۸ عدد بذر چغندرقند در گلدان های پلاستیکی به قطر ۱۲ سانتی متر در خاکی که از ترکیب یکسان ماسه، خاکبرگ و خاک مزرعه تشکیل شده بود در عمق ۱-۲ سانتی متر کشت شدند. پس از سبز شدن و استقرار گیاهان، تعداد ۵ بوته در هر گلدان نگهداری و مابقی حذف شدند.

گیاهان تا مرحله ۴-۵ برگی در فضای آزاد نگهداری شده و بعد از آن جهت اعمال تیمارهای یخ زدگی به فریزر ترموگرادیان منتقل شدند. دمای فریزر در شروع آزمایش ۵ درجه سانتی گراد بود که پس از قرار دادن نمونه ها، دما با سرعت ۲ درجه سانتی گراد در ساعت کاهش یافت. به منظور ایجاد هستک یخ در گیاهچه ها، در دمای۲- درجه سانتی گراد، محلول حاوی باکتری‌های القاء کننده هستک یخ (INAB[1]) روی آنها به نحوی پاشیده شد که سطح برگ آنها را قشر نازکی از این محلول پوشش داد. به منظور ایجاد تعادل در دمای محیط آزمایش، گیاهان در تیمارهای مورد نظر به مدت یک ساعت نگهداری شدند. سپس گلدان‌ها به اتاقک سرما با دمای ۱ ± ۴ درجه سانتی گراد منتقل شده و به مدت ۲۴ ساعت نیز در این شرایط باقی ماندند.

در مرحله بعد، نمونه‌ها به آزمایشگاه انتقال یافتند و به منظور بررسی درصد نشت الکترولیت ها، ابتدا جوانترین برگ کاملا توسعه یافته از هر بوته جدا شده (۵ برگ از هر گلدان) و در ارلن حاوی ۴۰ میلی لیتر آب دو بار تقطیر شده قرار گرفته و 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، ارلن‌ها در طول شب در فریزر ۸۰- درجه سانتی گراد قرار گرفتند و در روز بعد به آزمایشگاه منتقل شده و مجدداً پس از۲۴ ساعت هدایت الکتریکی نمونه‌ها اندازه‌گیری شد (E_2). سپس درصد نشت الکترولیت‌ها برای هر تیمار با استفاده از فرمول ($E_1/E_2 \times 100$) محاسبه شد. درجه حرارت کشنده برای ۵۰ درصد نمونه‌ها (LT_{50}[2]) بر اساس درصد نشت الکترولیت‌ها با استفاده از رسم نمودار درصد نشت الکترولیت های هر تیمار در مقابل دماهای یخ زدگی تعیین شد (۹).

1 - Ice nucleation active bacteria
2 - Lethal temperature 50

تجزیه آماری داده‌ها با استفاده از نرم افزارهای MSTAT-C و MINITAB صورت گرفت. برای رسم نمودارها و تعیین LT50 از نرم افزارهای EXCEL و SLIDE-WRITE استفاده شد. میانگین داده‌ها نیز با استفاده از آزمون LSD مقایسه شدند.

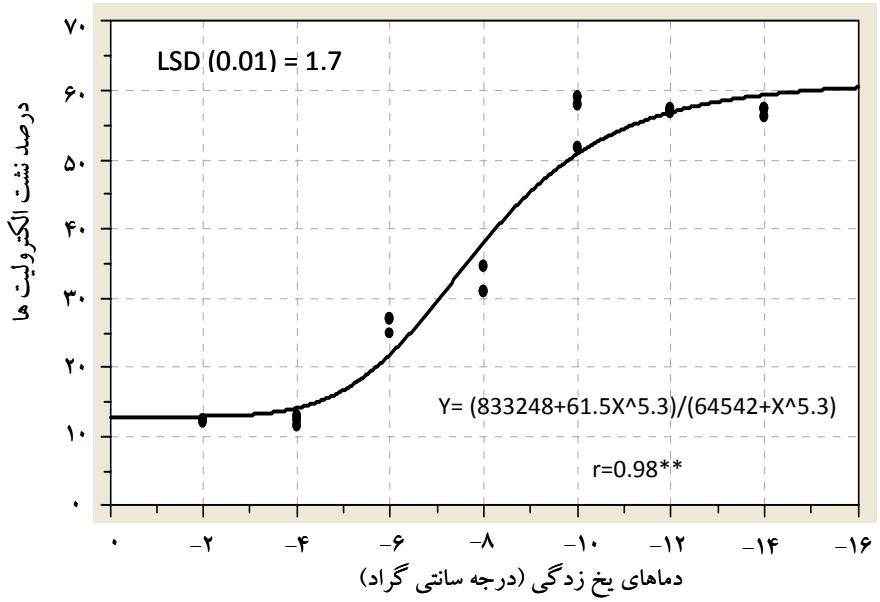
نتایج و بحث

کاهش دما تأثیر معنی داری ($p \leq ۰/۰۱$) بر درصد نشت الکترولیت‌های برگ ارقام چغندرقند داشت (جدول ۱) و با کاهش دما، میزان نشت الکترولیت‌ها افزایش یافت (شکل ۱). در بررسی اثر دمای یخ زدگی بر میزان نشت الکترولیت های ارقام چغندرقند مشاهده می‌شود که شیب افزایش نشت الکترولیت‌ها تقریباً از دمای ۴- درجه سانتی گراد شروع شد و با کاهش دما افزایش پیدا کرده و در دمای ۱۰- درجه سانتی گراد به حداکثر رسیده است (شکل ۱). همان طوری که ملاحظه می‌شود با کاهش بیشتر دما به کمتر از ۱۰- درجه سانتی گراد، نشت الکترولیت‌ها به طور متوسط در ارقام چغندرقند به ثبات رسیده است. در بررسی نایار و همکاران (۱۷) بر روی اثر تنش سرما بر گیاهچه های دو هفته ای نخود نیز مشاهده شد که با کاهش دما، نشت الکترولیت‌ها افزایش یافت. مطالعه سالک و همکاران (۲۰) بر روی تحمل به یخ زدگی ریشه یونجه نیز نشان داد که با کاهش دما از ۴- تا ۱۶- درجه سانتی گراد، میزان نشت الکترولیت‌ها افزایش یافت. یومورا و یوشیدا (۲۲) در بررسی اثر تنش یخ زدگی در گیاه سیب زمینی ترشی (*Helianthus tuberosus* L.) مشاهده کردند که با افزایش شدت یخ زدگی، درصد نشت الکترولیت‌ها به صورت سیگموئیدی افزایش یافت. بنابراین افزایش درصد نشت الکترولیت‌ها از برگ ارقام چغندرقند تحت تأثیر کاهش دما با نتایج این محققان مطابقت دارد.

تفاوت درصد نشت الکترولیت‌های برگ بین ارقام چغندرقند مورد آزمایش، معنی دار ($p \leq ۰/۰۱$) بود (جدول ۱)، به طوری که بیشترین درصد نشت الکترولیت به ترتیب مربوط به ارقام رسول (۴۱/۴ ٪) و پائولینا (۳۹/۵ ٪)، و کمترین آن مربوط به رقم IC (۲۶/۷ ٪) بود (شکل ۲).

جدول۱- منابع تغییر، درجات آزادی و میانگین مربعات درصد نشت الکترولیت‌ها در ارقام چغندرقند پس از اعمال تیمار یخ زدگی

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات درصد نشت الکترولیت ها
ارقام چغندرقند	۷	۶۳۰/۹۹**
دماهای یخ زدگی	۷	۱۰۵۶۱/۷۷**
رقم× دما	۴۹	۱۶۵/۶۵**
خطای آزمایش	۱۲۸	۵/۰۵
کل	۱۹۱	



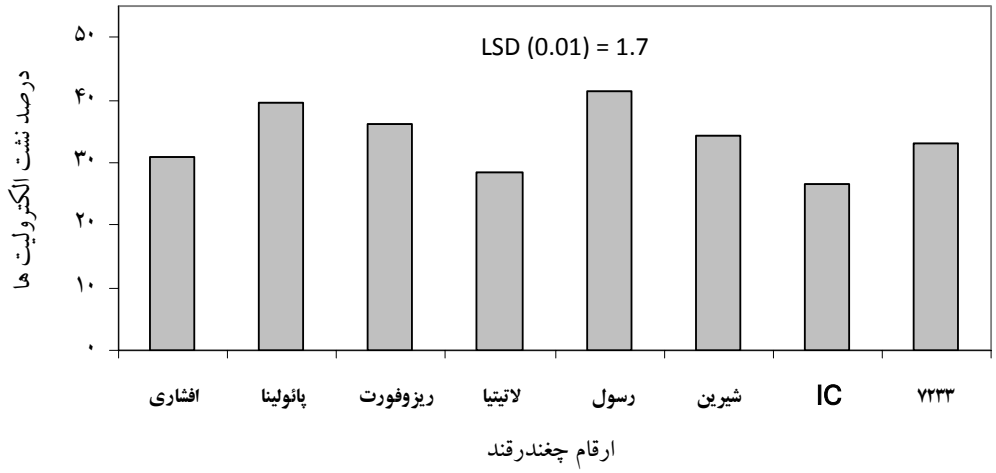
شکل۱- تأثیرکاهش دما بر میزان نشت الکترولیت های برگ ارقام چغندرقند

در بررسی نظامی و همکاران (۹) بر روی اثر تنش یخ زدگی بر ارقام کلزا نیز مشاهده شد که واکنش ارقام مورد مطالعه به تنش یخ زدگی متفاوت بود، به نحوی که در آزمایش ایشان ارقام کالورت و اکاپی بیشترین و ارقام الیت و SLM046 کمترین درصد نشت را داشتند. اعتقاد بر این است که تفاوت های موجود در میزان نشت الکترولیت‌ها از نمونه های برگ گیاهانی نظیر برنج و گوجه فرنگی تحت تنش سرمازدگی با مقادیر مقاومت به سرما در این گیاهان همبستگی دارد (۸). کاردونا و همکاران (۱۲) نیز اظهار داشتند که تأثیر تنش سرما بر اختلال در فعالیت غشاهای سلولی و به دنبال آن نشت الکترولیت‌ها بسته به تحمل به یخ زدگی ارقام مختلف گیاهی متفاوت است. این نتایج گویای این مطلب است که چون تنش سرما باعث اختلال در ساختار و عمل غشاء های سلولی و به دنبال آن نشت الکترولیت‌ها از سلول می‌شود، لذا اندازه گیری میزان نشت از بافت‌ها یا اندام های گیاهی تحت تنش سرما احتمالاً می‌تواند به عنوان معیاری مناسب برای ارزیابی مقاومت گیاهان به تنش سرما مورد استفاده قرار گیرد (۸). از این رو در آزمایش حاضر پایین تر بودن میزان نشت الکترولیت‌ها در رقم IC چغندرقند در مقایسه با سایر ارقام احتمالاً نشان دهنده تحمل بیشتر این رقم نسبت به تنش یخ زدگی می‌باشد.

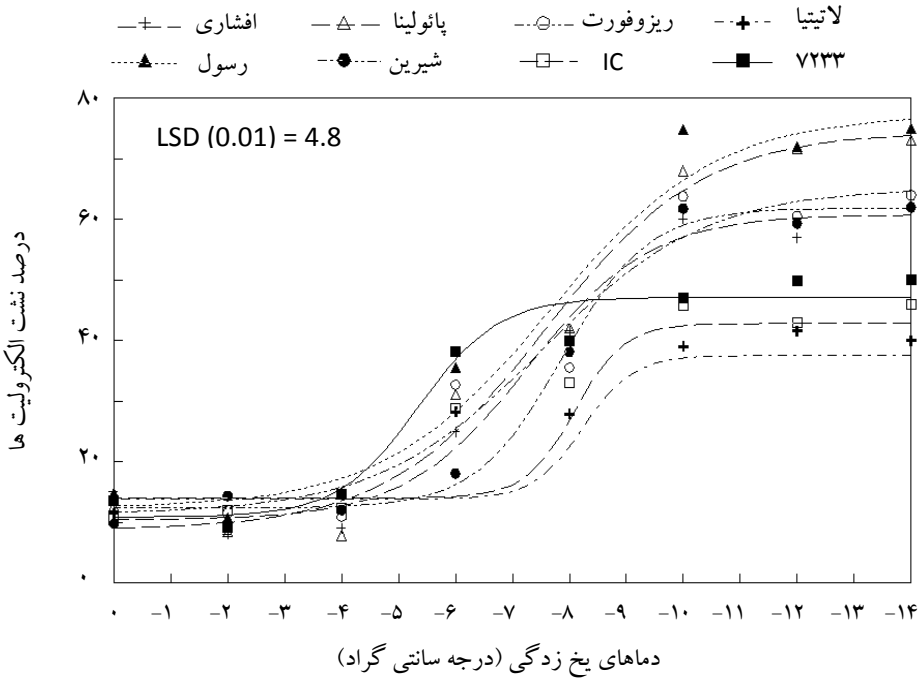
در بررسی روند نشت الکترولیت‌ها در ارقام چغندرقند ملاحظه می‌شود که تا دمای ۴- درجه سانتی گراد، میزان نشت الکترولیت‌ها در تمام ارقام تقریباً ثابت بوده و با کاهش دما از ۴- درجه سانتی گراد به بعد، در اکثر ارقام روندی افزایشی پیدا کرده است. در حالی که در ارقامی نظیر لاتیتیا و IC نشت الکترولیت‌ها از حدود دمای ۷- درجه سانتی گراد آغاز شده است (شکل۳). با توجه به نمودار مربوطه مشاهده می‌شود که شروع افزایش نشت الکترولیت‌ها در رقم ۷۲۳۳ با شدت بیشتری اتفاق افتاده است و همچنین مقدار نشت الکترولیت‌ها در ارقام رسول و پائولینا بیشتر از سایر ارقام بوده است (شکل۳). بررسی کاردونا و همکاران (۱۲) نشان داده است که شیب منحنی درصد نشت الکترولیت‌ها در مقابل دمای یخ زدگی، 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 ژنوتیپ های حساس از سرعت نشت الکترولیت کمتری برخوردار هستند. این محققان شیب منحنی نشت الکترولیت‌ها را به عنوان یکی از نشانه‌های خسارت ناشی از تنش سرما در گیاهان معرفی کردند. در همین راستا در مطالعه سالک و همکاران (۲۰) نیز مشاهده شد که ارقام حساس به سرمای یونجه بیشترین مقدار نشت را داشتند.

گاستا و فولر (۱۴) دمایی را که سبب ۵۰ درصد نشت الکترولیت‌ها از بافت های گیاهی می‌شود، به عنوان دمای ۵۰ درصد کشندگی (LT_{50}) پیشنهاد کردند. در همین رابطه، شاشیکومار و ناس (۱۸) با انجام آزمایشی بر روی ۸ رقم پنجه مرغی (*Cynodon dactylon*) گزارش کردند که ارقام حساس تر به سرما، LT_{50} (بر اساس نشت الکترولیت ها) بالاتری نسبت به ارقام مقاوم داشتند.

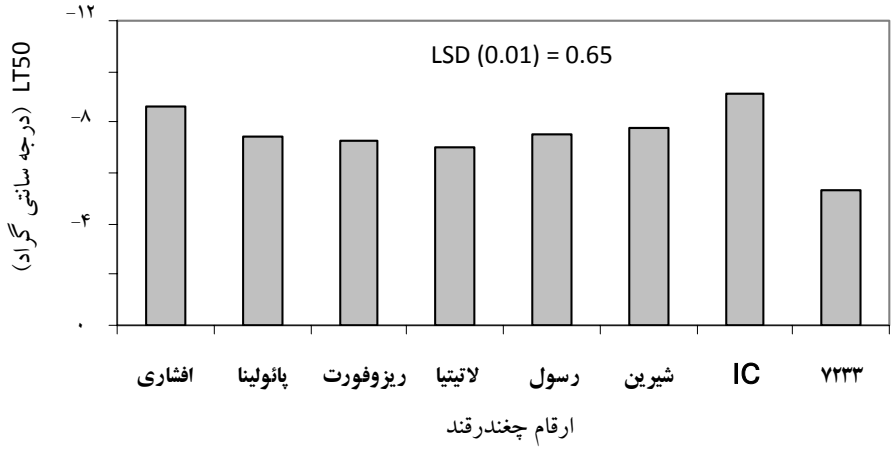
در آزمایش حاضر، ارقام چغندرقند مورد بررسی از نظر LT_{50} (بر اساس نشت الکترولیت ها) تفاوت معنی داری ($p \leq ۰/۰۱$) داشتند. بیشترین LT_{50} در رقم ۷۲۳۳ (با ۵/۳- درجه سانتی گراد) و کمترین آن در ارقام IC و افشاری (به ترتیب معادل ۹/۱- و ۸/۶- درجه سانتی گراد) مشاهده شد (شکل۴).



شکل۲- درصد نشت الکترولیت ارقام چغندرقند تحت تأثیر تیمار یخ زدگی



شکل۳- میزان نشت الکترولیت های برگ در ارقام مورد آزمایش چغندرقند تحت تأثیر کاهش دما



شکل٤- دمای ۵۰ درصد کشندگی (LT_{50}) بر اساس نشت الکترولیت‌ها در ارقام چغندرقند

همانطور که در شکل ۳ مشاهده می‌شود رقم ۷۲۳۳ در گستره دمایی ۵- تا ۷- درجه سانتی گراد بیشترین مقدار نشت الکترولیت‌ها را داشته، ضمن اینکه در همین گستره نیز شیب منحنی نشت در این رقم بیش از سایر ارقام بوده است، به عبارت دیگر بر اساس مقادیر LT_{50} حاصل از نشت، رقم ۷۲۳۳ تحمل به یخ زدگی کمتری نسبت به ارقام دیگر داشته است. در بررسی نظامی و همکاران (۹) نیز مشاهده شد که بین ارقام کلزای مورد مطالعه از نظر LT_{50} تفاوت معنی داری وجود داشت و LT_{50} کمتر در ارقام کلزا، با نشت سلولی کمتر همراه بوده است. در آزمایش حاضر نیز رقم چغندرقند IC که LT50کمتری داشته است، دارای کمترین درصد نشت الکترولیت‌ها بوده که این امر با یافته های این محققان مطابقت دارد.

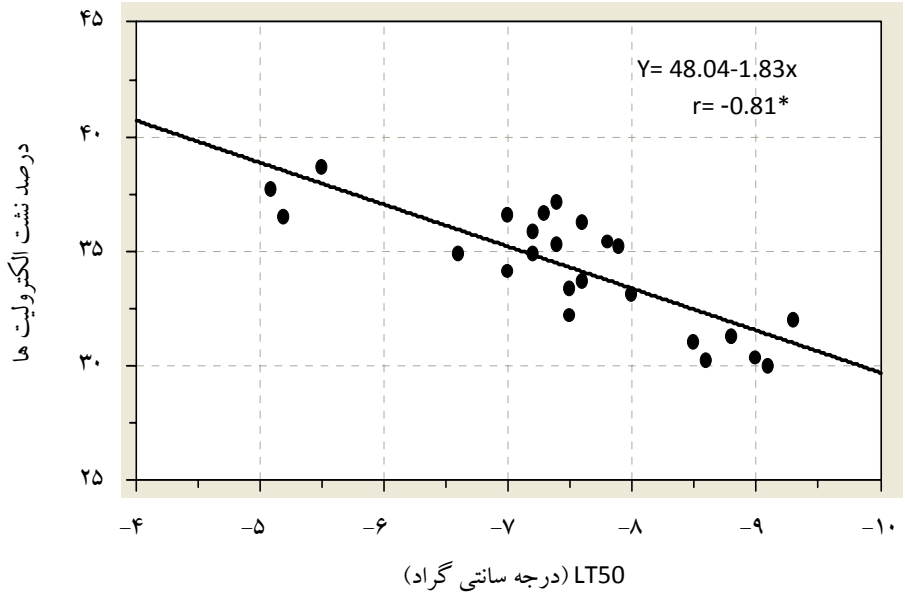
در بررسی همبستگی بین درصد نشت الکترولیت‌ها و LT_{50} ارقام

چغندرقند مورد آزمایش مشاهده شد که با کاهش درصد نشت الکترولیت ها، دمای ۵۰ درصد کشندگی ارقام چغندرقند مورد بررسی نیز کاهش یافت (شکل ۵). ضریب همبستگی درصد نشت الکترولیت‌ها و LT_{50} در این آزمایش۰/۸۱- بود. لذا به نظر می‌رسد که علاوه بر شاخص درصد نشت الکترولیت ها، از شاخص LT_{50} (بر اساس درصد نشت الکترولیت ها) نیز می‌توان برای ارزیابی میزان خسارت سرما به این گیاه استفاده کرد. در بررسی سایر محققان بر روی کلزا (۹) و گندم (۷) نیز مشاهده شده است که بین LT_{50} و درصد نشت الکترولیت‌ها همبستگی بالایی وجود دارد. به نظر می‌رسد که همبستگی مناسب بین دو صفت مورد نظر (درصد نشت الکترولیت‌ها و LT_{50}) نشان دهندهٔ کارایی این روش در ارزیابی مقاومت به سرما در گیاهان باشد.

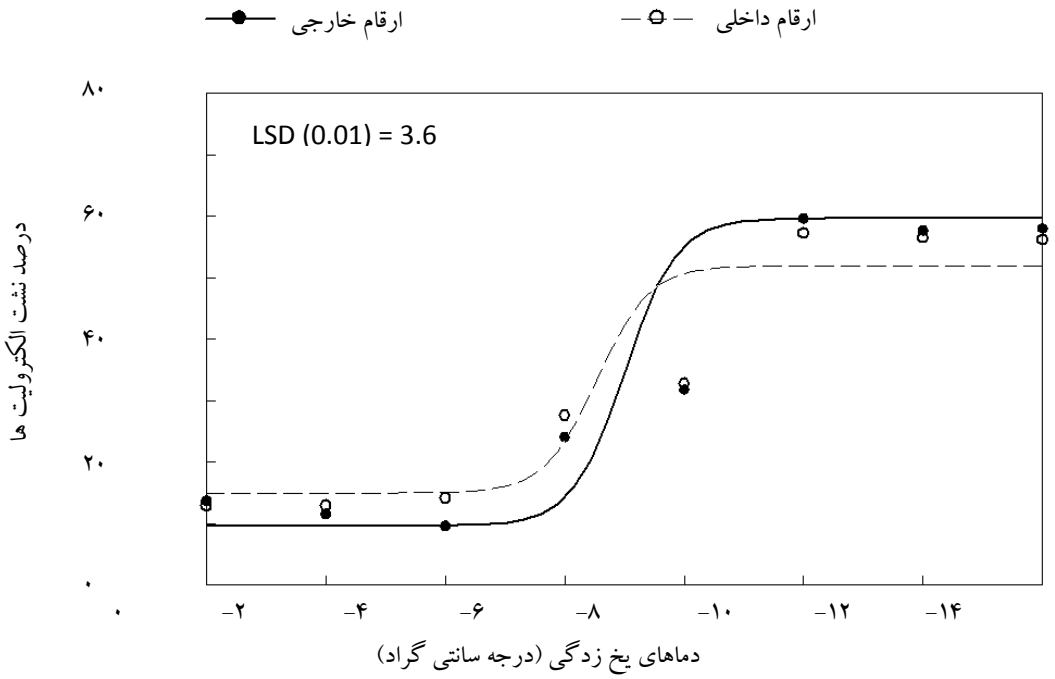
با گروه بندی ارقام چغندرقند مورد مطالعه به دو گروه ارقام داخلی و خارجی (شکل ۶)، مشخص شد که میانگین این پارامتر برای ارقام داخلی و خارجی چغندرقند به ترتیب معادل ۳۳/۸ و ۳۳/۳ درصد بود، و لذا تفاوت معنی داری از نظر درصد نشت الکترولیت‌های برگ بین آنها وجود نداشت. با وجود این و علیرغم مشابهت کلی در روند منحنی درصد نشت الکترولیت های ارقام داخلی و خارجی چغندرقند در شرایط تنش یخ زدگی، ملاحظه می‌شود که درصد نشت ارقام خارجی چغندرقند تا قبل از دمای ۸- درجه سانتی گراد کمتر از درصد نشت ارقام داخلی است، ولی از حدود دمای ۸- درجه سانتی گراد این روند معکوس شده و درصد و مقدار نشت ارقام خارجی افزایش یافته است (شکل ۶). با وجود این، میانگین LT_{50} ارقام خارجی حدود ۰/۴ درجه سانتی گراد کمتر از ارقام داخلی بوده است.

نتیجه گیری

نتایج این بررسی نشان داد که در همه ارقام چغندرقند مورد مطالعه، با کاهش دما نشت الکترولیت‌ها از برگ افزایش یافت. افزایش نشت الکترولیت‌ها در اثر کاهش دما بسته به رقم از دمای ۴- درجه سانتی گراد شروع شد و در اغلب ارقام در حدود دمای ۹/۵- درجه سانتی گراد به حداکثر رسید. در بین ارقام چغندرقند مورد بررسی، رقم IC بیشترین، و رقم ۷۲۳۳ چغندرقند کمترین تحمل به سرما را از نظر میزان LT_{50} داشتند. شروع شدن زودتر افزایش شیب منحنی نشت الکترولیت‌ها در رقم ۷۲۳۳ نسبت به سایر ارقام (هنگام قرار گرفتن در معرض دماهای یخ زدگی) را احتمالاً می‌توان به حساسیت بیشتر آن به سرما مرتبط دانست. در گروه بندی ارقام چغندرقند به دو گروه ارقام خارجی و داخلی، تفاوت معنی داری بین مقدار نشت الکترولیت‌ها مشاهده نشد. آزمون نشت الکترولیت‌ها به عنوان یک روش مناسب جهت ارزیابی خسارت غشاء در مقابل تنش های محیطی پیشنهاد شده است (۱۵ و ۲۴). نتایج این مطالعه نیز نشان داد که به نظر می‌رسد از این آزمون می‌توان جهت ارزیابی خسارت تنش یخ زدگی در برگ های چغندرقند استفاده کرد.



شکل ۵- رابطه بین درصد نشت الکترولیت‌ها با دمای ۵۰ درصد کشندگی ارقام چغندرقند



شکل٦- تأثیر کاهش دما بر میزان نشت الکترولیت‌ها در ارقام داخلی و خارجی چغندرقند

سپاسگزاری

از معاونت محترم پژوهشی دانشگاه فردوسی مشهد و همچنین معاونت محترم پژوهشی دانشکده کشاورزی به خاطر تأمین اعتبار این پژوهش با شماره پ۱۰۸۷ مورخ ۱۳۸۶/۹/۲۱ سپاسگزاری می‌شود.

منابع

۱- امام، ی. و م. ح. ثقه الاسلامی. ۱۳۸۴. عملکرد گیاهان زراعی- فیزیولوژی و فرآیندها (ترجمه). انتشارات دانشگاه شیراز.
۲- بی نام. ۱۳۶۳. زراعت چغندرقند. بنگاه اصلاح و تهیه بذر چغندرقند. انتشارات فنی سازمان ترویج کشاورزی. شماره ۲۱۹.
۳- بی نام. ۱۳۸۱. گزارش پژوهشی بخش تحقیقات چغندرقند. مرکز تحقیقات کشاورزی خراسان.
۴- کوچکی، ع. و ا. سلطانی. ۱۳۷۵. زراعت چغندرقند (ترجمه). انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد.
۵- کیانی، ه. و ک. حاج محمدنیا قالی باف. ۱۳۷۹. کیفیت چغندرقند (ترجمه). انتشارات شرکت تحقیقات و خدمات زراعی چغندرقند خراسان.
۶- گوهری، ج. و ر. قلی زاده. ۱۳۷۹. زراعت چغندرقند (کاشت، داشت و برداشت). انتشارات ترویجی موسسه تولید بذر و نهال چغندرقند کرج.
۷- میرزایی اصل، ا.، ب. یزدی صمدی، ع. زالی، و ی. صادقیان مطهر. ۱۳۸۱. بررسی مقاومت گندم به سرما با روش های آزمایشگاهی. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی. جلد ۶ (۱): ۱۷۷-۱۸۶.
۸- میرمحمدی میبدی، ع. م. ۱۳۷۹. جنبه‌های فیزیولوژی و به نژادی تنش‌های سرما و یخ زدگی گیاهان زراعی. انتشارات گلبن، اصفهان.
۹- نظامی، ا.، ا. برزوئی، م. جهانی کندری، 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.
10- 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.
11- Blum, A. 1988. Plant Breeding for Environmental Stress. CRC Press, U.S.A.
12- Cardona, C. A., R. R. Duncan, and O. Lindstrom. 1997. Low temperature tolerance assessment in paspalm. Crop Sci. 37: 1283-1291.
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., and D. B. Fowler. 1977. Cold resistance and injury in winter cereals. PP. 159-178. In H. Mussel and R. C. Staples (eds.) Stress physiology in crop plants. John Wiley & Sons. New York.

15- Hanna, 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 cropping in cultivated plants. Kluwer Academic Publishers. The Netherlands.
17- Nayyar, H., T. S. Bains, and S. Kumar. 2005. Chilling stressed chickpea seedlings: effect of cold acclimation, calcium and abscisic acid on cryoprotective solutes and oxidative damage. Environ. Exp. Bot. 54: 275-285.
18- 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.
19- Steponkus, P. L., M. Uemura, and M. S. Webb. 1993. Redesigning crops for increased tolerance to freezing stress. PP. 697-714. In M. B. Jackson and C. R. Black (eds.) "Interacting Stresses on Plants in a Changing Climate". Springer-Verlag, Berlin.
20- 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.
21- Thomashow, M. F. 1998. Role of cold-responsive genes in plant freezing tolerance. Plant Physiol. 118: 1-8.
22- Uemura, M., and S. Yoshida. 1986. Studies on freezing injury in plant cells. Plant Physiol. 80: 187-195.
23- Uemura, M., Y. Tominaga, C. Nakagawara, S. Shigematsu, A. Minami, and Y. Kawamura. 2006. Responses of plasma membrane to low temperature. Physiologia Planta. 126: 81-89.
24- 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.