مجله تنش های محیطی در علوم زراعی
جلد سوم، شماره دوم، نیمه دوم ۸۹
۱۷۷-۱۸۷

تنشهای محیطی در علوم زراعی
Environmental Stresses in Crop Sciences

ارزیابی تحمل به یخزدگی ارقام چغندرقند (*Beta vulgaris* L.) در شرایط کنترل شده

احمد نظامی[۱]، کمال حاج محمدنیا قالی باف[۲*]، علی کمندی[۳]

۱، ۲ و ۳. به ترتیب دانشیار، مربی و دانشجوی دکتری گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه فردوسی مشهد

تاریخ دریافت: ۸۸/۷/۲۰؛ تاریخ پذیرش: ۸۹/۱۱/۱

چکیده

به منظور بررسی تحمل به یخزدگی ارقام چغندرقند در شرایط کنترل شده، پژوهشی در 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 (*Beta vulgaris* L.) به نام های رسول، شیرین، IC و ۷۲۳۳ (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 سانتی‌گراد) قرار گرفتند. بوته‌ها تا مرحله ۴ تا ۵ برگی در اوایل بهار در محیط طبیعی رشد یافته و بعد از آن جهت اعمال تیمارهای یخزدگی به فریزر ترموگرادیان منتقل شدند. درصد بقاء، وزن خشک، عدد کلروفیل‌متر، دمای کشنده ۵۰ درصد (LT_{50}) نمونه‌های گیاهی و دمای کاهنده ۵۰ درصد وزن خشک ($RDMT_{50}$) نمونه‌ها در پایان دوره بازیافت (سه هفته بعد از اعمال تیمار یخزدگی) اندازه‌گیری و ثبت شد. نتایج حاصل از این بررسی نشان داد که اثرات رقم و دمای یخزدگی بر درصد بقاء، وزن خشک و عدد کلروفیل متر معنی‌دار ($p\leq$۰/۰۱) بود. با کاهش دمای یخزدگی به کمتر از ۸- درجه سانتی‌گراد، میانگین درصد بقاء به شکل معنی‌داری کم شد، اما کاهش معنی‌دار وزن خشک و عدد کلروفیل‌متر نسبت به شاهد (تیمار عدم یخزدگی) از تیمار دمایی ۲- درجه سانتی‌گراد به پایین مشاهده شد. همچنین مشخص شد که ارقام مورد آزمایش از لحاظ LT_{50} و $RDMT_{50}$ با یکدیگر اختلاف معنی‌داری ($p\leq$۰/۰۱) داشتند، به نحوی که در بین ارقام چغندرقند مورد بررسی، پائولینا، لاتیتیا و شیرین با LT_{50} معادل ۱۱/۵- درجه سانتی‌گراد مقاوم‌ترین، و رقم افشاری با LT_{50} معادل ۹/۱- درجه سانتی‌گراد حساس‌ترین رقم شناخته شدند. رقم افشاری بیشترین مقدار $RDMT_{50}$ (۷/۷- درجه سانتی‌گراد) را نیز نسبت به سایر ارقام نشان داد. به نظر می‌رسد با توجه به همبستگی خوب بین $RDMT_{50}$ با LT_{50} در این آزمایش ($r=$۰/۸۳**)، از این صفت نیز بتوان در ارزیابی تحمل به یخزدگی ارقام چغندرقند استفاده کرد.

واژه‌های کلیدی: **بقاء، عدد کلروفیل متر، LT_{50}، $RDMT_{50}$**

مقدمه

سطح زیر کشت چغندرقند (*Beta vulgaris* L.) در استان خراسان رضوی حدود ۵۰ تا۷۰ هزار هکتار و تولید آن حدود ۲ میلیون تن ریشه می باشد (The Khorasane Razavi Agricultural Research Center, 2002)، هر چند که در سال‌های اخیر به دلایل مختلف سطح زیرکشت آن به شدت کاهش یافته است. تاریخ کاشت این محصول 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 سانتی‌گراد) باشد (Koocheki & Soltani, 1996). به همین علت و نیز به دلیل نگرانی از وقوع سرمای دیررس بهاره و خسارت‌های ناشی از آن، برخی اوقات کاشت چغندرقند به تأخیر افتاده و در این شرایط عملکرد گیاه کاهش می‌یابد (Kiani & Hajmohammadnia Ghalibaf, 2000). ضمن این که در کاشت زود چغندرقند ممکن است گیاه با سرمای دیررس مواجه و در نتیجه به گیاه خسارت وارد شود، زیرا گیاهچه‌های جوان چغندرقند در مراحل ابتدایی رشد به درجه حرارت‌های ۵- تا ۶- درجه سانتی‌گراد حساس می‌باشند. این شرایط سبب افزایش دوباره‌کاری در مزارع چغندرقند می‌شود و در نتیجه با کشت مجدد، ممکن است

نگارنده پاسخگو: کمال حاج محمدنیا قالی باف. آدرس: مشهد- دانشگاه فردوسی مشهد- گروه زراعت و اصلاح نباتات.
پست الکترونیک: kamalhm2000@yahoo.com

Archive of SID
www.SID.ir

چغندرقند به شرایط گرم و خشکی برخورد کرده و عملکرد آن کاهش یابد (Lacic & Kovacey, 2004).

در برخی گزارش‌ها مشاهده می‌شود که میزان خسارت سرما و یخبندان بر محصولات زراعی کشور بیشتر از خسارت سایر پدیده‌های مخرب جوی و حتی گاهی بیشتر از خسارات آفات و بیماری‌ها است (Amirghasemi, 2002). در سال‌های اخیر از طریق اتخاذ روش‌های به‌نژادی و تولید ارقام متحمل به سرمای چغندرقند (Gohari & Gholizade, 2000) و همچنین بهبود تکنولوژی زراعت این محصول (Emam & Saghatol Eslami, 2005) سعی شده که خسارت سرما در کاشت زودهنگام چغندرقند به حداقل برسد، و لذا انجام آزمون‌های تحمل به سرما ضروری و غیرقابل اجتناب می‌باشد. در ارزیابی تحمل به سرمای گیاهان در شرایط مزرعه با وجود این که گیاه در شرایط واقعی سرما قرار می‌گیرد، ولی به دلیل نوسانات زمانی و مکانی در بروز سرما و حتی پوشش برف ممکن است نتایج غیرمعتبری حاصل شود، ضمن این که این‌گونه آزمایش‌ها نیاز به زمان و هزینه زیادی دارند (Blum, 1988). در حالی که انجام آزمایش در شرایط کنترل شده ضمن داشتن سهولت و سرعت لازم، قابلیت تکرار نیز دارد (Blum, 1988; Mirzaee Asl et al., 2002; Nezami, et al., 2007).

برای اندازه‌گیری تحمل به سرما در گندم «شاخص بقاء مزرعه»[1] ابداع شد. 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 (Fowler & Gusta, 1979). اگر چه این محققان معتقدند که بقاء در مزرعه آزمون مناسبی است، ولی در اغلب مواقع در آزمون‌های مزرعه‌ای به دلیل بقاء کامل و یا مرگ کامل گیاه، تفاوت بقاء در سرمای مزرعه آشکار نمی‌شود. حتی وقتی که تفاوت در میزان بقاء نیز وجود دارد، کشف تفاوت‌های کوچک در بقاء زمستانه غالباً به دلیل شرایط ناهمگن مزرعه مانند پوشش متغیر برف، پوشش یخ، نوسان در مقادیر رطوبت و حاصلخیزی خاک و اثرات موضعی برخی پاتوژن‌ها مشکل می‌باشد (Gusta et al., 2000). به همین علت، جهت پرهیز از بعضی محدودیت‌های اجتناب‌ناپذیر و هزینه زیاد و وقت‌گیر بودن آزمایش‌های مزرعه‌ای (Blum, 1988)، انواع مختلفی از آزمون‌های یخبندان مصنوعی ابداع شده است (Fowler et al., 1981). این آزمون‌ها کنترل دما را امکان‌پذیر ساخته و به محقق این امکان را می‌دهند که بتواند در طول زمان نیز آزمون را تکرار نماید (Gusta & Fowler, 1977). تعیین دمایی که سبب ۵۰ درصد تلفات در گیاه شود، یکی از این روش‌ها است که توسط محققان مختلفی به عنوان یک روش مناسب برای اندازه‌گیری مقاومت به سرما توصیه شده است. در این روش گیاهان در شرایط کنترل شده در معرض دماهای یخزدگی قرار می‌گیرند (Levitt, 1980) و بعد از اعمال یخزدگی به گلخانه منتقل شده و پس از گذراندن یک دوره بازیافت[2] که حدود ۳ تا ۴ هفته می‌باشد، منحنی درصد بقاء آن‌ها در برابر دماهای آزمایش ترسیم می‌شود و براساس آن دمایی که سبب ۵۰ درصد مرگ و میر در نمونه‌های گیاهی هر ژنوتیپ شده است به عنوان LT_{50}[3] تعیین می‌شود (Gusta & Fowler, 1977; Bridger et al., 1996; Mirzaee Asl et al., 2002).

در تحقیقی با بررسی تحمل به سرمای ژنوتیپ‌های نخودفرنگی در شرایط مزرعه و شرایط کنترل شده، مشاهده شد که با کاهش دما، درصد بقاء لاین‌های نخود فرنگی در هر دو محیط کاهش یافت (Auld et al., 1983). ایشان گزارش کردند که بین نتایج حاصل از آزمایش‌های مزرعه‌ای و شرایط کنترل شده همبستگی خوبی مشاهده شد. به منظور بررسی روش‌های ارزیابی مقاومت به سرما و تعیین روشی سریع و مؤثر در ارزیابی مقاومت به سرمای گندم، ۹ ژنوتیپ بزوستایا، سبلان، بولانی، خلیج و ناز و چهار نمونه محلی در ایران مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که LT_{50} حاصل از طوقه‌های گیاهان مزرعه با LT_{50} حاصل از گیاهان کشت شده در گلدان‌های کوچک، همبستگی زیادی ($r=۰/۹۸$) داشت (Mirzaee Asl et al., 2002).

با توجه به این که در خصوص تحمل به سرمای ارقام چغندرقند رایج در منطقه گزارش‌های چندانی وجود ندارد، آزمایش حاضر با هدف ارزیابی تحمل به یخزدگی تعدادی از ارقام چغندرقند رایج در استان خراسان رضوی در شرایط کنترل شده طراحی و اجرا شد.

1. Field Survival Index (FSI)

2. Recovery

3. Lethal temperature 50 (LT50)

Archive of SID

www.SID.ir

مواد و روش‌ها

این پژوهش در سال ۱۳۸۶ در 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 و ۷۲۳۳ (ارقام داخلی)، افشاری، پائولینا، ریزوفورت و لاتیتیا (ارقام خارجی)} در معرض هشت دمای یخزدگی (شامل صفر، ۲- ، ۴- ، ۶- ، ۸- ، ۱۰- ، ۱۲- و ۱۴- درجه سانتی‌گراد) قرار گرفتند. در ابتدای فروردین ماه تعداد ۸ بذر چغندرقند در گلدان‌های پلاستیکی به قطر ۱۲ سانتی‌متر در عمق ۱ تا ۲ سانتی‌متری خاک کشت شدند. خاک گلدان از ترکیب یکسان ماسه، خاک‌برگ و خاک مزرعه تشکیل شده بود. پس از سبز شدن و استقرار گیاهان، تعداد ۵ بوته در هر گلدان نگهداری و مابقی حذف شدند.

گیاهان تا مرحله ۴ تا ۵ برگی در محیط طبیعی نگهداری شده و بعد از آن جهت اعمال تیمارهای یخ زدگی به فریزر ترموگرادیان منتقل شدند. دمای فریزر در شروع آزمایش ۵ درجه سانتی‌گراد بود که پس از قرار دادن نمونه‌ها، دما با سرعت ۲ درجه سانتی‌گراد در ساعت کاهش یافت. به منظور جلوگیری از پدیده فراسرما و اطمینان از وقوع یخزدگی در گیاهچه‌ها، در دمای ۲- درجه سانتی‌گراد، محلول حاوی باکتری‌های القاء کننده هستک یخ (INAB)[1] روی آن‌ها به نحوی پاشیده شد که سطح برگ آن ها 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 با دمای ۱±۴ درجه سانتی‌گراد منتقل شده و به مدت ۲۴ ساعت نیز در این شرایط باقی ماندند.

در مرحله بعد، نمونه‌ها به گلخانه انتقال یافتند و پس از ۲۱ روز، درصد بقاء و بازیافت گیاهان مورد ارزیابی قرار گرفت. درصد بقاء گیاهان از طریق شمارش تعداد بوته زنده در هر گلدان ۲۱ روز پس از اعمال تیمار دمایی و از طریق معادله زیر محاسبه شد.

معادله (۱): $\frac{\text{تعداد بوته‌های زنده پس از تیمار یخزدگی}}{\text{تعداد بوته‌ها قبل از تیمار یخزدگی}} \times 100$

عدد کلروفیل‌متر (با استفاده از دستگاه SPAD مدل Minolta-502) و نیز وزن خشک اندام هوایی (۴۸ ساعت بعد از قرار گرفتن نمونه‌ها در آون ۷۵ درجه سانتی‌گراد و توزین با ترازوی دقیق) اندازه‌گیری شد. درجه حرارت کشنده برای ۵۰ درصد نمونه‌ها (LT_{50}) و دمای کاهنده ۵۰ درصد وزن خشک گیاه ($RDMT_{50}$)[2] با استفاده از رسم نمودار درصد بقاء و وزن خشک نمونه‌ها در مقابل دماهای یخ زدگی تعیین شد.

تجزیه آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزارهای MSTAT-C و MINITAB صورت گرفت. برای رسم نمودارها از نرم‌افزار SLIDE-WRITE استفاده شد. میانگین داده‌ها نیز با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال ۱٪ مقایسه شدند.

نتایج و بحث

درصد بقاء و درجه‌حرارت کشنده برای ۵۰ درصد ارقام (LT_{50})

ارقام چغندرقند از نظر درصد بقاء سه هفته پس از اعمال تیمار یخزدگی تفاوت معنی‌داری ($p\leq$۰/۰۱) داشتند (جدول ۱). رقم افشاری کمترین بقاء را نشان داد و سایر ارقام چغندرقند با وجود این که اختلاف معنی‌داری از نظر این صفت با یکدیگر نشان ندادند، درصد بقاء بالاتری داشتند (جدول ۳). در یک مطالعه در شرایط کنترل شده اثر تیمارهای یخزدگی بر اکوتیپ‌های رازیانه (*Foeniculum vulgare* L.) بررسی و مشاهده شد که اکوتیپ گناباد (با ۶۸ درصد) بقای بالاتری از اکوتیپ کرمان (با ۵۷ درصد) داشت (Rashed Mohassel et al., 2009). در بررسی دیگری نیز که به منظور ارزیابی تحمل به سرمای نخود (*Cicer arietinum* L.) در شرایط آزمایشگاه انجام گرفت، بین نمونه‌های نخود از نظر درصد بقاء اختلاف معنی‌داری مشاهده شد. در تحقیق مذکور، درصد بقاء نمونه‌های متحمل به سرمای MCC 252 و MCC 426 به ترتیب ۴۱ و ۳۲ درصد بیشتر از نمونه حساس به سرمای MCC 505 گزارش شد (Nezami, 2002).

اثر تیمارهای دمایی نیز بر درصد بقاء گیاهان معنی‌دار ($p\leq$۰/۰۱) بود (جدول ۱). با کاهش دما به کمتر از ۸- درجه سانتی‌گراد، درصد بقاء گیاهان کاهش یافت، به نحوی که در دمای ۱۰- درجه سانتی‌گراد حدود ۱۴ درصد کمتر از تیمارهای دمایی بالاتر بود (جدول ۴). بیشترین درصد

1. Ice nucleation active bacteria

2. Reduced dry matter temperature 50

Archive of SID

www.SID.ir

بقاء در تیمار دمایی صفر تا ۸- درجه سانتی‌گراد (۱۰۰ درصد) و کمترین آن در دماهای ۱۲- و ۱۴- درجه سانتی‌گراد (صفر درصد) مشاهده شد. مطالعه انجام شده بر روی کلزا (*Brassica napus* L.) نیز نشان داد که با کاهش دما درصد بقاء گیاهان کاهش یافت. در بررسی مذکور نیز بیشترین درصد بقاء بین تیمارهای صفر تا ۸- درجه سانتی‌گراد و کمترین آن در دمای ۱۶- درجه سانتی‌گراد (صفر درصد) مشاهده شد (Nezami et al., 2009). انجام آزمایشی دیگر بر روی سه رقم کلزا نیز نشان داد که درصد بقاء آن در دماهای ۶- ، ۸- ، ۱۰- و ۱۲- درجه سانتی‌گراد به ترتیب ۶۴، ۲۷، ۹ و ۷ درصد بود (Rife & Zeinali, 2003).

اثر متقابل رقم×دما بر درصد بقاء گیاهان معنی‌دار ($p\leq$۰/۰۱) بود (جدول ۱). کاهش بقاء گیاهان در ارقام پائولینا، لاتیتیا و شیرین از دمای ۱۰- درجه سانتی‌گراد به پایین شروع شد، در حالی که در سایر ارقام این کاهش از دمای کمتر از ۸- درجه سانتی‌گراد آغاز گردید. همچنین کلیه گیاهان در دمای ۱۲- درجه سانتی‌گراد و کمتر از آن کاملاً از بین رفتند (جدول ۵). بیشترین کاهش درصد بقاء بوته های چغندرقند بین دمای ۸- و ۱۰- درجه سانتی‌گراد در رقم افشاری با ۳۷/۵ درصد به ازای هر درجه سانتی‌گراد کاهش دما به دست آمد، در حالی که کمترین این صفت مربوط به رقم IC با ۲/۸ درصد بود. بنابراین در این آزمایش، بقاء پایین تر رقم افشاری احتمالاً نشان دهنده تحمل به سرمای کمتر آن در مقایسه با سایر ارقام چغندرقند می باشد (جدول ۵).

براساس متوسط داده‌های حاصل از تیمار سرمایی، دمای کشنده برای ۵۰ درصد نمونه‌ها (LT_{50}) بین ارقام چغندرقند متفاوت بود (جدول ۲). به نحوی که LT_{50} رقم افشاری (۹/۱ ^{o}C-) به طور معنی‌داری بالاتر از سایر ارقام چغندرقند بود، در حالی که دیگر ارقام تفاوت آماری با یکدیگر نداشتند (جدول ۳). با توجه به داده‌های حاصل از LT_{50}، رقم افشاری از حساسیت به سرمای بیشتری نسبت به دیگر ارقام برخوردار است که با نتیجه حاصل از درصد بقاء در این آزمایش نیز مطابقت دارد. نتایج بررسی Dionne et al. (2001) بر روی علف چمنی یک ساله (*Poa annua* L.) تفاوت معنی‌داری از لحاظ LT_{50} در بین اکوتیپ‌های این گراس یکساله نشان داد. در آزمایشی که Azizi et al. (2007) نیز بر روی تحمل به یخزدگی ۱۴ رقم گندم انجام دادند، رقم گلنسون با LT_{50} معادل ۱۵/۸- درجه سانتی‌گراد به عنوان مقاوم‌ترین و رقم مارون با LT_{50} حدود ۳/۷- درجه سانتی‌گراد به عنوان حساس‌ترین رقم شناسایی شد.

جدول ۱. تجزیه واریانس صفات اندازه‌گیری شده در ارقام چغندرقند، سه هفته پس از اعمال تیمارهای یخ زدگی و رشد مجدد در شرایط گلخانه.

Table 1. Analysis of variance of measured traits in sugar beet cultivars, 3 weeks after freezing and re-growth at greenhouse condition

Source of variance	منبع تغییر	درجه آزادی df	درصد بقاء Survival percentage	وزن خشک بوته Plant dry matter	عدد کلروفیل متر SPAD reading
(Cultivar)	رقم	7	240.787 **[1]	348334.719 **	45.410 **
(Temperature)	دما	7	49632.443 **	5960326.827 **	6156.639 **
(Cult × Temp.)	رقم × دما	49	240.787 **	30845.014 **	22.897 **
(Error)	خطا	128	47.932	15046.589	7.003
(Total)	کل	191			

[1] ** is significant at the 0.01 level.

**: معنی دار در سطح احتمال ۰/۰۱.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۲. تجزیه واریانس صفات LT_{50} و $RDMT_{50}$ در ارقام چغندرقند، سه هفته پس از اعمال تیمارهای یـخ زدگی و رشد مجدد در شرایط گلخانه.

Table 2. Analysis of variance of LT_{50} and $RDMT_{50}$ traits in sugar beet cultivars, 3 weeks after freezing and re-growth at greenhouse condition.

منبع تغییر Source of variance		درجه آزادی df	LT_{50}	$RDMT_{50}$
(Cultivar)	رقم	7	1.956 **[1]	1.263 **
(Error)	خطا	16	0.062	0.505
(Total)	کل	23		

[1] ** is significant at the 0.01 level.

[۱] ** معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۰۱.

نتایج حاصل از همبستگی بین درصد بقاء و LT_{50} حاصل از اعمال تیمار دمایی بر ارقام چغندرقند در شرایط کنترل شده بیانگر آن است که همبستگی بالایی ($r= -۰/۹۷^{**}$) بین آن‌ها وجود دارد و بخش زیادی از تغییرات درصد بقاء به دمای ۵۰ درصد کشندگی در هر رقم بر می‌گردد (شکل۱). لذا همانطور که ارقام پائولینا، لاتیتیا و شیرین از بیشترین میانگین درصد بقاء (۷۵ درصد) برخوردار بودند، کمترین دمای LT_{50} (۱۱/۵ °C-) نیز در همین ارقام مشاهده گردید، در حالی که در رقم افشاری که کمترین میانگین درصد بقاء (۶۵/۶ درصد) را داشت، بیشترین دمای LT_{50} (۹/۱ °C-) مشاهده شد (جدول ۳). آزمایش بر روی بقاء زمستانه تعدادی از غلات در مزرعه نشان داد که بین شاخص بقاء مزرعه و LT_{50} حاصل از گیاهان قرار گرفته در معرض دماهای یخزدگی تحت شرایط کنترل شده، همبستگی قوی وجود دارد (Bridger et al., 1996). همبستگی بالایی ($r=۰/۹۸^{**}$) نیز بین LT_{50} حاصل از طوقه‌های ارقام گندم مزرعه با LT_{50} حاصل از بوته‌های گندم کشت شده در گلدان‌های کوچک گزارش شده است (Mirzaee Asl et al., 2002). Fowler & Carles (1979) نیز در آزمایش خود همبستگی معنی‌داری بین وزن خشک اندام هوایی گندم با LT_{50} در شرایط مزرعه پیدا کردند.

جدول ۳. اثر رقم بر درصد بقاء، LT_{50}، وزن خشک بوته، $RDMT_{50}$ و عدد کلروفیل متر، سه هفته پس از اعمال تیمارهای یـخ زدگـی و رشد مجدد در شرایط گلخانه.

Table 3. The effect of cultivar on survival percentage, LT_{50}, plant dry matter, $RDMT_{50}$ and SPAD reading, 3 weeks after freezing and re-growth at greenhouse condition.

ارقام چغندرقند Sugar beet cultivars		درصد بقاء Survival percentage	LT_{50} (C^o)	وزن‌خشک بوته (میلی گرم) Plant dry matter (mg)	$RDMT_{50}$ (C^o)	عدد کلروفیل‌متر SPAD reading
(Afshari)	افشاری	65.6	-9.1	567.3	-7.7	22.3
(Paolina)	پائولینا	75.0	-11.5	656.8	-9.3	24.8
(Rhizofort)	ریزوفورت	74.2	-11.4	781.5	-9.7	25.2
(Laetitia)	لاتیتیا	75.0	-11.5	775.9	-9.5	26.8
(Rasoul)	رسول	74.2	-11.4	796.7	-8.8	26.5
(Shirin)	شیرین	75.0	-11.5	885.7	-9.4	25.2
	IC	74.3	-11.4	787.8	-8.7	25.6
	7233	72.9	-11.2	547.8	-9.5	25.8
LSD (0.01)		5.23	0.59	92.59	1.69	2.00

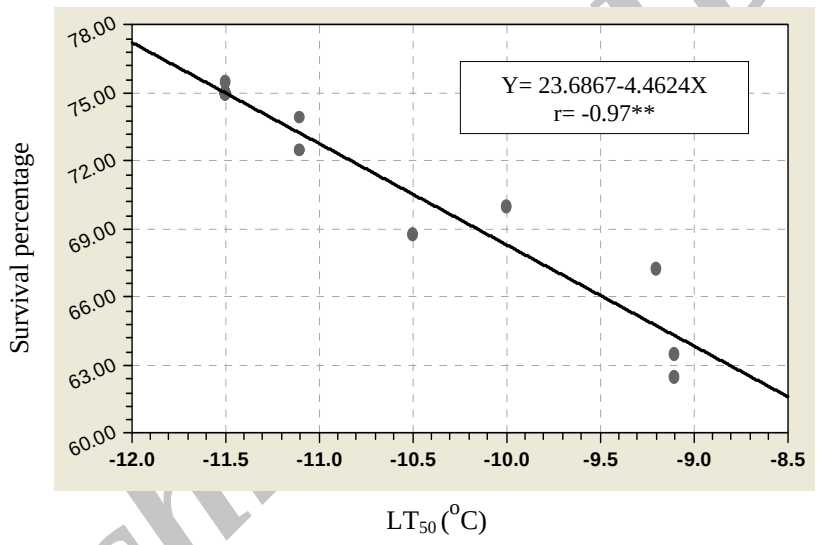
Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۴. اثر دما بر درصد بقاء، وزن خشک بوته و عدد کلرفیل متر سه هفته پس از اعمال تیمارهای یخ زدگی و رشد مجدد در شرایط گلخانه.

Table 4. The effect of temperature on survival percentage, plant dry matter and SPAD reading, 3 weeks after freezing and re-growth at greenhouse condition.

دما (درجه سانتی‌گراد) Temperature(^oC)	درصد بقاء Survival percentage	وزن‌خشک بوته (میلی گرم) Plant dry matter (mg)	عدد کلروفیل‌متر SPAD reading
0	100.0	1252.0	38.7
-2	100.0	1174.0	37.3
-4	100.0	1084.0	34.7
-6	100.0	932.1	33.4
-8	100.0	803.4	31.3
-10	86.2	553.4	26.9
-12	0	0	0
-14	0	0	0
LSD (0.01)	5.23	92.59	2.00



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

Fig. 1. The relationship between survival percentage and LT_{50} in sugar beet.

وزن خشک و دمای کاهنده ۵۰ درصد وزن خشک گیاه ($RDMT_{50}$)

ارقام چغندرقند از نظر وزن خشک سه هفته پس از اعمال تیمار یخزدگی تفاوت معنی‌داری ($p\leq$۰/۰۱) داشتند (جدول ۱). به نحوی که رقم شیرین با ۸۸۵/۷ میلی‌گرم بیشترین وزن خشک تک بوته و رقم ۷۲۳۳ با ۵۴۷/۸ میلی‌گرم کمترین وزن خشک تک بوته را دارا بودند (جدول ۳). در بررسی Fowler & Gusta (1979) تفاوت معنی‌داری بین ارقام مختلف گندم از لحاظ وزن خشک پس از اعمال تیمار یخزدگی وجود داشت. در آزمایشی نیز ژنوتیپ‌های تریتیکاله از نظر وزن خشک سه هفته پس از اعمال تیمار یخزدگی تفاوت معنی‌داری نشان دادند، به نحوی که ژنوتیپ ET-79-17 با ۸۴ میلی‌گرم، بیشترین وزن خشک و ژنوتیپ ET-83-20 با ۵۸ میلی‌گرم، کمترین مقدار وزن خشک را دارا بودند (Nezami, et al., 2010).

اثر دما بر وزن خشک بوته‌های چغندرقند در پایان دوره بازیافت معنی‌دار ($p\leq$۰/۰۱) بود و با کاهش دما به کمتر از ۲- درجه سانتی‌گراد وزن خشک گیاه کاهش معنی‌داری پیدا کرد (جدول ۴). این کاهش احتمالاً به دلیل اثر خسارت ناشی از یخ زدگی بر توانایی رشد مجدد اندام‌های گیاهی در مرحله بازیافت بوده است. در این

www.SID.ir

آزمایش وزن خشک گیاه به طور متوسط در تیمار دمایی ۶- درجه سانتی‌گراد ۲۵/۵ درصد، در تیمار دمایی ۸- درجه سانتی‌گراد ۳۵/۹ درصد و در تیمار دمایی ۱۰- درجه سانتی‌گراد معادل ۵۵/۸ درصد نسبت به تیمار شاهد (دمای صفر درجه سانتی‌گراد) کاهش یافت و در دمای ۱۲- درجه سانتی‌گراد به صفر رسید (جدول ۴). Griffith & McIntyre (1993) اظهار داشتند که بخش هوایی گیاه چاودار در دمای کم، ماده خشک کمتری در خود جمع می کند. در بررسی تحمل به یخزدگی چندین ژنوتیپ یونجه (*Medicago sativa*) و شبدر یک ساله (*Trifolium* sp.) مشاهده شد که با کاهش دما از دمای ۱- تا ۱۳- درجه سانتی گراد (با فواصل ۳ درجه سانتی گراد)، ماده خشک گیاهان کاهش معنی‌داری نشان داد. در این آزمایش نتیجه گیری شد، گیاهانی که LT_{50} پایین تری داشتند، از تولید ماده خشک بیشتری نیز پس از رشد مجدد برخوردار بودند (Hekneby et al., 2006).

اثر متقابل رقم × دما بر وزن خشک گیاه معنی‌دار بود (جدول ۱)، به نحوی که در گیاهان زنده غیر از تیمار شاهد، بیشترین وزن خشک در رقم شیرین و در دمای ۲- درجه سانتی‌گراد به دست آمد و کمترین وزن خشک گیاه نیز در رقم افشاری و در دمای۱۰- درجه سانتی‌گراد مشاهده شد (جدول۵). کلیه ارقام چغندرقند در دمای ۱۲- درجه سانتی‌گراد کاملاً از بین رفته و هیچگونه وزن خشکی نداشتند. در بررسی انجام شده توسط Azizi (2005) بر روی گندم نیز اثر متقابل رقم× دما بر وزن خشک گیاه گندم معنی‌دار بود. در آزمایش مذکور بیشترین وزن خشک در رقم بزوستایا در دمای $-4^{\circ}C$ (۱۲۴۸ میلی‌گرم) به دست آمد و کمترین وزن خشک نیز در رقم Anza در دمای $-12^{\circ}C$ (۷ میلی‌گرم) مشاهده شد (Azizi, 2005).

ارقام چغندرقند در این آزمایش اختلاف معنی‌داری از نظر $RDMT_{50}$ داشتند (جدول ۲). به نحوی که بیشترین میزان $RDMT_{50}$ در رقم افشاری (۷/۷- درجه سانتی‌گراد) کمترین آن در رقم ریزوفورت (۹/۷- درجه سانتی‌گراد) به دست آمد که با دیگر ارقام در یک گروه قرار گرفتند (جدول ۳). بررسی همبستگی بین $RDMT_{50}$ با LT_{50} نشان داد که این دو شاخص رابطه نزدیکی با یکدیگر ($r=۰/۸۳^{**}$) دارند (شکل ۲). در بررسی Nezami (2002) بر روی تحمل به سرمای نخود در شرایط کنترل شده نیز مشاهده شد که شاخص $RDMT_{50}$ در ژنوتیپ‌های متحمل به سرما، ۲ درجه سانتی‌گراد کمتر از ژنوتیپ حساس به سرما بود. ضریب همبستگی $RDMT_{50}$ با LT_{50} در آزمایش ایشان نیز ۰/۸۹ بود که نشان دهنده کارایی این شاخص در تخمین میزان خسارت سرما به گیاه بیان شد. وی نتیجه‌گیری نمود که علاوه بر شاخص LT_{50}، از این شاخص نیز می‌توان برای ارزیابی میزان خسارت سرما به گیاه و بازیافت و رشد مجدد آن استفاده کرد.

عدد کلروفیل متر

میانگین عدد کلروفیل متر ارقام چغندرقند در جدول ۳ نشان داده شده است. همانطور که ملاحظه می‌شود بین ارقام مختلف از نظر میزان کلروفیل برگ اختلاف معنی‌داری ($p\leq۰/۰۱$) وجود داشت. بیشترین میزان عدد کلروفیل متر در رقم لاتیتا و کمترین آن در رقم افشاری مشاهده شد، ولی اختلاف معنی داری بین رقم لاتیتیا با دیگر ارقام از این لحاظ وجود نداشت (جدول ۳). شواهدی وجود دارد که نشان می‌دهد بین عدد کلروفیل‌متر و کلروفیل برگ همبستگی بالایی وجود دارد (Ma et al., 1995). Movahhedi Dehnavi et al. (2004) نیز با اشاره به وجود رابطه مثبت قوی بین میزان نیتروژن، کلروفیل و عدد SPAD، افزایش عدد کلروفیل‌متر را نشان از افزایش میزان کلروفیل در واحد سطح برگ می‌دانند.

نتایج آزمایش حاکی از آن است که بین دماهای مختلف یخزدگی از نظر عدد کلروفیل‌متر اختلاف معنی‌داری ($p\leq۰/۰۱$) وجود دارد (جدول ۱). بیشترین عدد کلروفیل‌متر در دمای صفر درجه سانتی‌گراد (عدم یخ‌زدگی) و کمترین آن در بین گیاهان زنده در دمای ۱۰- درجه سانتی‌گراد به دست آمد، به نحوی که با کاهش دما از صفر به ۱۰- درجه سانتی‌گراد، عدد کلروفیل متر ۳۰/۶ درصد نسبت به تیمار شاهد (عدم یخ زدگی) کاهش یافت (جدول۴). محققان معتقدند اگر دما برای مدت زمان طولانی پایین باقی بماند، به دلیل کاهش فتوسنتز و احتمالاً خسارت کلروفیل‌های موجود در برگ، برگ‌ها

Archive of SID

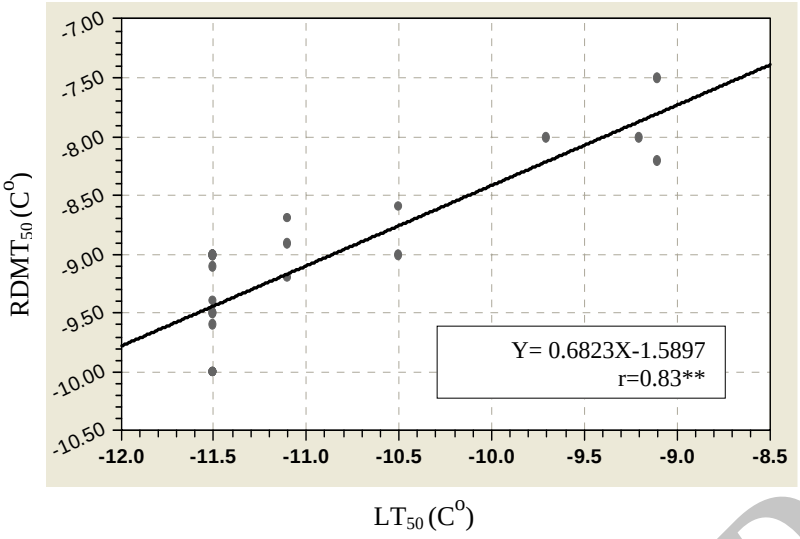
www.SID.ir

جدول ۵. اثرات متقابل رقم× دما بر درصد بقاء، وزن خشک بوته و عدد کلروفیل متر سه هفته پس از اعمال تیمارهای یخ زدگی و رشد مجدد در شرایط گلخانه.

Table5. Interaction between cultivar and temperature on survival percentage, plant dry matter and SPAD reading, 3 weeks after freezing and re-growth at greenhouse condition.

عدد کلروفیل‌متر SPAD	وزن‌خشک بوته (میلی گرم) Plant dry matter (mg)	درصد بقاء Survival percentage	دما (C°) Temp.	رقم Cultivar
39.8	1063.0	100.0	0	افشاری Afshari
36.5	1025.0	100.0	-2	
33.4	891.0	100.0	-4	
32.1	769.7	100.0	-6	
27.5	673.0	100.0	-8	
9.4	116.0	25.0	-10	
0.0	0.0	0.0	-12	
0.0	0.0	0.0	-14	
38.0	1114.0	100.0	0	پائولینا Paolina
37.8	1020.0	100.0	-2	
34.7	963.7	100.0	-4	
31.2	834.0	100.0	-6	
29.5	771.7	100.0	-8	
27.3	550.7	100.0	-10	
0.0	0.0	0.0	-12	
0.0	0.0	0.0	-14	
35.2	1265.0	100.0	0	ریزوفورت Rhizofort
35.2	1202.0	100.0	-2	
33.9	1140.0	100.0	-4	
33.1	998.7	100.0	-6	
32.4	909.7	100.0	-8	
31.5	736.7	93.3	-10	
0.0	0.0	0.0	-12	
0.0	0.0	0.0	-14	
39.6	1345.0	100.0	0	لاتیتیا Laetitia
38.6	1250.0	100.0	-2	
38.3	1191.0	100.0	-4	
34.8	939.0	100.0	-6	
34.3	800.3	100.0	-8	
29.1	681.3	100.0	-10	
0.0	0.0	0.0	-12	
0.0	0.0	0.0	-14	
39.0	1412.0	100.0	0	رسول Rasoul
38.4	1289.0	100.0	-2	
36.0	1214.0	100.0	-4	
35.1	1044.0	100.0	-6	
32.3	848.7	100.0	-8	
31.2	565.3	93.3	-10	
0.0	0.0	0.0	-12	
0.0	0.0	0.0	-14	
39.5	1460.0	100.0	0	شیرین Shirin
38.9	1412.0	100.0	-2	
34.7	1301.0	100.0	-4	
32.1	1123.0	100.0	-6	
29.7	979.7	100.0	-8	
26.6	810.0	100.0	-10	
0.0	0.0	0.0	-12	
0.0	0.0	0.0	-14	
37.9	1466.0	100.0	0	IC
36.7	1331.0	100.0	-2	
32.1	1188.0	100.0	-4	
33.7	1003.0	100.0	-6	
33.7	791.3	100.0	-8	
30.5	522.7	94.4	-10	
0.0	0.0	0.0	-12	
0.0	0.0	0.0	-14	
40.7	893.7	100.0	0	7233
36.5	863.7	100.0	-2	
34.1	782.0	100.0	-4	
34.9	745.7	100.0	-6	
31.0	653.0	100.0	-8	
29.3	444.7	83.3	-10	
0.0	0.0	0.0	-12	
0.0	0.0	0.0	-14	
5.65	261.90	14.78		LSD (%)

www.SID.ir



شکل۲- رابطه بین $RDMT_{50}$ و LT_{50} در گیاه چغندرقند.

Fig. 2- The relationship between $RDMT_{50}$ and LT_{50} in sugar beet.

ممکن است دچار کاهش مقدار کلروفیل شوند (Mirmohammadi Meybodi, 2000). Modhan et al. (2000) بیان کردند که پایداری کلروفیل، شاخصی از مقاومت گیاه به تنش‌های محیطی است. Antolin et al. (1995) نیز دریافتند که با افزایش تنش خشکی میزان کلروفیل برگ کاهش می‌یابد. بر اساس نتایج این محققان، پایداری کلروفیل موجب دریافت بهتر تشعشع توسط گیاه تحت شرایط تنش شده و در نتیجه سرعت فتوسنتز و متعاقباً تولید ماده خشک و عملکرد افزایش می‌یابد.

اثر متقابل رقم × دما بر عدد کلروفیل‌متر معنی‌دار بود (جدول۱). بیشترین مقدار این صفت در بین گیاهان زنده غیر از تیمار شاهد (دمای صفر درجه سانتی‌گراد) در رقم شیرین (تیمار دمایی ۲- درجه سانتی‌گراد، ۳۸/۹) و کمترین آن در تیمار دمایی۱۰- درجه سانتی‌گراد و در رقم افشاری (۹/۴) به دست آمد (جدول ۵). Azizi et al. (2007) در آزمایش خود بر روی ۱۴ رقم گندم به این نتیجه رسیدند که عدد کلروفیل‌متر و وزن خشک بوته همبستگی بالایی با LT_{50} داشتند. در آزمایش ایشان رابطه $RDMT_{50}$ نیز با صفات مذکور منفی و معنی دار بود.

نتیجه گیری

در این پژوهش بین ارقام چغندرقند از نظر درصد بقاء (سه هفته پس از اعمال تیمار یخزدگی) تفاوت معنی‌داری مشاهده شد. رقم افشاری با ۶۵/۶ درصد کمترین بقاء را نشان داد ولی سایر ارقام چغندرقند ضمن داشتن درصد بقاء بالاتر از این لحاظ تفاوت آماری با یکدیگر نداشتند. با کاهش دمای یخ زدگی به کمتر از ۸- درجه سانتی‌گراد، میانگین درصد بقاء به شکل معنی‌داری کم شد. همچنین مشخص شد که ارقام مورد آزمایش سه هفته پس از بازیافت از لحاظ LT_{50}، وزن خشک، $RDMT_{50}$ و عدد کلروفیل‌متر با یکدیگر اختلاف معنی‌داری داشتند، به نحوی که در بیشتر صفات مذکور، رقم افشاری تفاوت معنی‌داری با دیگر ارقام داشت. وزن خشک و عدد کلروفیل‌متر از تیمار دمایی ۲- درجه سانتی‌گراد به پایین به طور معنی‌داری نسبت به شاهد (تیمار عدم یخزدگی) کاهش یافتند. در این بررسی ارقام پائولینا، لاتیتیا و شیرین با LT_{50} معادل ۱۱/۵- درجه سانتی‌گراد مقاوم‌ترین و رقم افشاری با LT_{50} معادل ۹/۱- درجه سانتی‌گراد حساس‌ترین رقم شناخته شد. علاوه بر این، با توجه به همبستگی مناسب بین $RDMT_{50}$ با LT_{50}، به نظر می رسد که بتوان از این صفت در ارزیابی مقاومت به یخ زدگی ارقام چغندرقند استفاده کرد.

قدردانی

بودجه این تحقیق از محل اعتبارات معاونت محترم پژوهشی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد، با کد ۱۰۸۷پ مورخ ۱۳۸۶/۹/۲۱ تأمین شده است که بدین وسیله سپاسگزاری می‌شود.

Archive of SID

www.SID.ir

منابع

Amirghasemi, T., 2002. Plants Chilling (Freezing, Damage, Prevention). Ayandegan Publication. 123p. [In Persian].

Antolin, M.C., Yoller, J., Sanchez-Diaz, M., 1995. Effects of temporary drought on nitrate-fed and nitrogen-fixing alfalfa plants. Plant Sci. 107, 159-165.

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

Azizi, H., 2005. Evaluation of cold tolerance of wheat under field and controlled conditions. MSc dissertation, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University, Iran [In Persian with English summary].

Azizi, H., Nezami, A., Nassiri Mahallati, M., Khazaee, H.R., 2007. Evaluation of freezing tolerance of wheat cultivars under controlled conditions. Iranian Journal of Field Crops Research, Ferdowsi University Publication. 6(1), 109-119. [In Persian with English summary].

Blum, A., 1988. Plant Breeding for Environmental Stress. CRC Press, U.S.A.

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

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

Emam, Y., Seghatol Eslami, M.J., 2005. The Yield of Crops- Physiology & Mechanisms. Shiraz University Publication. 593p. [In Persian].

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

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

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

Gohari, J., Gholizade, R., 2000. Sugar Beet Agronomy (Planting, Maintaining, Harvesting). Institute of Sugar Beet Breeding Research & Seed Production, Karaj, Iran. [In Persian].

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

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

Gusta, L.V., O'Connor, B.J.Y., Gao, P., Jana, S., 2000. A re-evaluation of controlled freeze-tests and controlled environment hardening conditions to estimate the winter survival potential of hardy winter wheat. Can. J. Plant Sci. 80, 241-246.

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

Archive of SID

www.SID.ir

Kiani, H., Hajmohammadnia Ghalibaf, K., 2000. Sugar beet quality. Khorasan Sugar Beet Research & Farming Services Co. Publication. [In Persian].

Koocheki, A., Soltani, A.,I1996. The Sugar Beet Crop. Jahade Daneshgahi Publication. 200p. [in Persian].

Lacic, N., Kovacey, L., 2004. Spring frost damage to sugar beet in 2003. Plant Doctor. 32 (1), 37-40.

Levitt, J., 1980. Chilling injury and resistance. Vol. 1. pp, 23-64. In: Kozlowsky, T.T. (Eds.) Chilling, Freezing and High Temperature Stresses. Responses of Plants to Environmental Stresses. Academic Press, New York.

Ma, B.L., Morrison, M.J., Voldeng, H.D., 1995. Leaf greenness and photosynthetic rates in soybean. Crop Sci. 35, 1411-1414.

Mirmohammadi Meybodi, A. M., 2000. Impacts of Physiology and Breeding of Crop Cold and Freezing Stresses. Golbon Publication, Isfahan. [in Persian].

Mirzaee Asl, A., Yazdi Samadi, B., Zali, A., Sadeghian Motahhar, Y., 2002. Investigation cold resistance of wheat in laboratory methods. Journal of Agriculture Sciences & Techniques and Natural Resources. 6 (1), 177-186.

Modhan, M. M., Narayanan, S. L., Ibrahim, S. M., 2000. Chlorophyll stability indexes (CSI): its impacts on salt tolerance in rice. International Rice Res. Institute. Notes: 25.2, 38-40.

Movahhedi Dehnavi, M., Modarrese Sanavi, A.M., Sorooshzade, A., Jalali, M., 2004. Porolin content variation, total soluble carbohydrates, spad, and chlorophyll florescence in autumn safflower cultivars under drought stress and foliar spray of Mn and Zn. Desert J. 9(1), 93-107.

Nezami**,** A., 2002. Evaluation of cold tolerance of chick pea (*Cicer arietinum* L.) cultivars aiming it's autumn planting in high areas. PhD dissertation, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University, Iran [In Persian with English summary].

Nezami**,** A., Borzooei, A., Jahani Kondori, M., Azizi, M, Sharif, A., 2007. The electrolytes leakage as un index of freezing damage in canola. Iranian Journal of Field Crops Research, Ferdowsi University Publication. 5(1), 167-175. [In Persian with English summary].

Nezami**,** A., Borzooei, A., Jahani Kondori, M., Azizi, M, Javad Moosavi, M., 2009. Evaluation of freezing tolerance of canola (*Brassica napus* L.) cultivars after cold acclimation under controlled conditions. Iranian Journal of Field Crops Research, Ferdowsi University Publication. 7(2), 711-722. [In Persian with English summary].

Nezami**,** A., Soleimani, M.R., Ziaee, M., Ghodsi, M., Bannayan Aval, M., 2010. Evaluation of freezing tolerance of hexaploid triticale genotypes under controlled conditions. Not Sci. Biol. 2(2), 114-112.

Rashed Mohassel, M.H., Nezami**,** A., Bagheri, A.R., Hajmohammadnia Ghalibaf, K., Bannayan, M., 2009. Evaluation of freezing tolerance of two Iranian fennel ecotypes (*Foeniculum vulgare* L.) under controlled conditions. J. Herbs, Spices and Medicinal Plants. 15 (1), 131-140.

Rife, C.L., Zeinali, H., 2003. Cold tolerance in oilseed rape over varying acclimation durations. Crop Sci. 43, 96-100.

The Khorasane Razavi Agricultural Research Center. 2002. Research Report of Sugar beet Researches Unit.

Archive of SID

www.SID.ir