"مجله علوم زراعی ایران"
جلد دهم، شماره ٤، زمستان ١٣٨٧

اثرخسارت یخ زدگی در مرحله گیاهچهٔ ارقام مختلف چغندرقند
Effect of freezing damage at seedling stage in different sugar beet cultivars

علی جلیلیان[1]، داریوش مظاهری[2]، رضا توکل افشاری[3]، محمد عبداللهیان نوقابی[4]، حمید رحیمیان مشهدی[5] و علی احمدی[6]

چکیده

جلیلیان، ع.، د. مظاهری، ر. توکل افشاری، م. عبداللهیان نوقابی، ح. رحیمیان مشهدی و ع. احمدی.١٣٨٧.اثرخسارت یخ زدگی در مرحله گیاهچهٔ ارقام مختلف چغندرقند. **مجله علوم زراعی ایران. ١٠(٤): ٤١٥-٤٠٠.**

به منظور تعیین آستانه خسارت یخ زدگی در مرحله گیاهچه چغندرقند این تحقیق بر روی هفت رقم چغندرقند تجارتی ایرانی (شیرین، رسول، گدوک، 276، 428، 7233 و BR1) تحت شرایط گلخانه و مزرعه تحقیقاتی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران واقع در کرج در سال ١٣٨١ مورد بررسی قرار گرفتند و آستانهٔ خسارت یخ زدگی در مرحله گیاهچه برای هر رقم تعیین گردید. بدین منظور ابتدا در داخل گلدان و در فضای باز بذر ارقام فوق کشت و سپس در مراحل مختلف رشد گیاهچه (کوتیلدونی ودوبرگی) تحت تیمار دما های یخ زدگی (صفر، ٢- و ٤- درجه سانتی گراد) و به مدت ٤ و ٨ ساعت در داخل اتاقک رشد قرار گرفتند. در مزرعه نیز برای هر یک از مراحل رشد، برگها جدا و پس از انتقال به اتاقک رشد در معرض تیمارهای یخ زدگی فوق الذکر قرار گرفتند. خسارت یخ زدگی در هر یک از آزمایش های فوق بصورت خسارت ظاهری (زنده یا مرده) و از طریق اندازه گیری فلورسانس از کلروفیل مورد بررسی قرار گرفت. نتایج تیمار یخ زدگی بر روی گیاهچهٔ های رویانده شده در گلخانه نشان داد که تیمار های صفر ، ٢- و ٤- درجه سانتی گراد(با میانگین مدت زمان ٤ و ٨ ساعت) در داخل اتاقک رشد به ترتیب ٠/٥ ، ٨ و ٨٥ درصد خسارت ظاهری ایجاد کرد. تیمارهای یخ زدگی در اتاقک رشد بر روی برگهای جدا شده از مزرعه نیز همین نتایج را با تفاوتهای جزئی نشان داند. اندازه گیری فلورسانس از کلروفیل نیز به عنوان یک شاخص ارزیابی خسارت یخ زدگی، نشان داد که با افزایش تنش یخ زدگی مقدار Fm (حداکثر فلورسانس کلروفیل) و Fv/Fm (کارائی فتوشیمیائی فتوسیستم II) کاهش می یابد. مرحلهٔ دو برگی و مرحلهٔ چهار برگی به ترتیب حساس ترین و متحمل ترین مرحله رشد در شرایط مزرعه بودند. رقم گدوک حساسیت بیشتری نسبت به یخ زدگی (٣٦/٨ درصد خسارت) و رقم BR1 کمترین خسارت (٢٥/٢ درصد) را نشان داد. می توان نتیجه گرفت که آستانه خسارت یخ زدگی در گیاهچه چغندرقند حدود ٢- درجه سانتی گراد است و در پایین تر از این دما خسارت به مزرعه چغندرقند شروع و باکاهش درجه حرارت میزان خسارت به مزرعه افزایش می یابد.

واژه های کلیدی: آستانه خسارت یخ زدگی، چغندرقند، فتوسیستم II، فلورسانس، کلروفیل و یخ زدگی.

تاریخ دریافت: ١٣٨٦/١١/٢٤

١- استادیار مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی کرمانشاه (مکاتبه کننده).
٢ و ٥- استاد دانشکده علوم زراعی و دامی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران
٣ و٦- دانشیار دانشکده علوم زراعی و دامی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران
٤- دانشیار موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه بذر چغندرقند

مقدمه

کاشت چغندرقند در اکثر مناطق ایران در اوایل بهار انجام می شود که به دلیل پائین بودن دمای هوا در این زمان احتمال بروز یخبندانهای دیررس بهاره وجود دارد. بنابراین تعیین آستانه خسارت یخ زدگی در مرحله گیاهچه چغندرقند دارای اهمیت زیادی می باشد. در حال حاضر سطح زیر کشت ارقام تک جوانه (منوژرم) در ایران بشدت افزایش یافته است به طوریکه در سال ١٣٨۴ نسبت به سال ١٣٨٣ تقاضای این نوع بذر ١٠ برابر شده بود (Anonymous, 2005). جوانه زنی این نوع بذردر شرایط بستر بذرنا مناسب نسبت به بذر چند جوانه (پلی ژرم) کمتر است. علاوه بر این، به منظور کاهش هزینه های تنک مقدار بذر منوژرم کمتر کاشته می شود. هر عاملی که سبب از بین رفتن بوته در مرحله داشت شود تراکم نهائی مزرعه را کاهش خواهد داد. با توجه به طولانی بودن دورهٔ رشد چغندرقند به منظور بدست آوردن حداکثر عملکرد، ناگزیر باید کشت چغندرقند تا حد امکان زودتر انجام شود. چون علاوه بر افزایش عملکرد، خسارت آفات و بیماریها و رقابت علفهای هرز در اوایل دورهٔ رشد حداقل است (Campbell and Enz, 1991). با شناسایی واکنش ارقام مختلف به حداقل دمائی که باعث خسارت یخ زدگی گیاهچه چغندرقند می شود کشت زودتراقام مناسب چغندرقند امکان پذیر و فوایدی را برای چغندرکاران دارد.

در شرایط طبیعی سردشدن آنقدر سریع نیست که از تشکیل کریستالهای بزرگ یخ جلوگیری شود، به این ترتیب دماهای چند درجه زیر صفر نیز ممکن است به خیلی از گیاهان صدمه وارد سازد (Taiz and Zeiger, 1998). میزان تحمل گونه های گیاهی به یخ زدگی در مراحل مختلف رشد متفاوت است، طول دوره ای که دمای یخ زدگی وجود دارد، رطوبت خاک، چرخه های سازگاری[1] و از دست دادن سازگاری[2] و سایر عوامل می توانند در تحمل به یخ زدگی یک گونه گیاهی موثر باشند (Meyer and Badarudin, 2001). سن گیاهچه نیز نقش مهمی در تحمل به دما های پائین دارد. کالدر و همکاران(Calder *et al.*, 1965) نیز گزارش کردند که بقولات در مرحلهٔ اولیه رشد رویشی خیلی بیشتر از مراحل دیگر به یخ زدگی حساس هستند. شاید یکی از مهمترین سازوکارهای تحمل به یخ زدگی پدیدهٔ سازگاری به سرما[3] باشد که در برخی از گیاهان بعد از قرار گرفتن در معرض دماهای پائین اتفاق می افتد (Thomashow, 2001). هنگامی که دما به کمتر از حداقل مورد نیاز رشد گیاه می رسد ممکن است گیاه غیر فعال و یا فعالیت های متابولیکی به آهستگی ادامه یابد. ادامه کاهش دما باعث زردی برگها و در نهایت مرگ بافت ها خواهد شد. مرگ گیاه در دماهای پائین به دلیل رسوب پروتئینها، یخ زدن آب بین سلولی و حرکت آب از پروتوپلاسم به فضای بین سلولی و تشکیل کریستالهای یخ در داخل پروتوپلاسم صورت می گیرد (Nasiri Mahallati *et al.*, 2001). اما اغلب خسارت یخ زدگی به دلیل آب زدائی[4] ناشی از یخ زدگی می باشد (Levitt, 1980; Steponkus and Weeb, 1992) کلروفیل فلورسانس منعکس کنندهٔ فرآیند های اولیه فتوسنتز (جذب نور، انتقال انرژی بر انگیخته شده و واکنش های فتوشیمیائی در فتوسیستم II)می باشدکه در کلروپلاست انجام می شود. در تحقیقات مختلف، عکس العمل گیاهان در دامنه وسیعی از تنش های محیطی، شیمیائی و بیولوژیکی از طریق تغییرات کلروفیل فلورسانس مطالعه شده است

1- Acclimation
2- Deacclimation
3- Cold acclimation
4- Dehydration

[DOR: 20.1001.1.15625540.1387.10.4.6.5]

(Smillie and Hetherington, 1983; Schreiber and Bilger, 1987; Krause and Weis, 1988; Renger and .Schreiber,1988; Richtenhaler and Rinderle, 1988)

تغییرات کلروفیل فلورسانس بعنوان شاخصی مهم برای کمی کردن واکنش ارقام و لاین های مختلف به تنش های محیطی توسط بهنژاد گران مورد استفاده قرار گرفته است. از کلروفیل فلورسانس برای غربال کردن لاینهای متحمل به سرما در ذرت (*Zea mays* L.) و برنج (*Oryza sativa* L.) و تحمل به گرما در آفتابگردان (*Helianthus annus* L.) استفاده شده است (Wilson and Greaves, 1993). برای ارزیابی تحمل به شوری در چغندرقند، لوبیا و آفتابگردان نیز از تکنیک کلروفیل فلورسانس استفاده شده است (Smillie and Nott, 1982). در تحقیق دیگری، تأثیر تنش خشکی در ژنوتیپ های مختلف چغندرقند با استفاده از کلروفیل فلورسانس بررسی شده است (Mohamadian *et al.,* 2003). خسارت یخ زدگی در گیاهانی مثل چغندرقند که توانائی مقاوم شدن به سرما را ندارند اهمیت زیادی دارد (Jalilian, 2006). بویژه در مرحله گیاهچه ای که موجب کاهش تراکم بوته در مزرعه شده و سبب زیان اقتصادی فراوان را فراهم می کند.

با توجه به اینکه تا کنون آستانه خسارت یخ زدگی در ارقام چغندرقند ایرانی تعیین نگردیده است در این تحقیق آستانه خسارت یخ زدگی در مراحل مختلف رشد گیاهچه و مقدار حساسیت ارقام مختلف به یخ زدگی مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش ها

در این تحقیق هفت رقم چغندرقند منوژرم تجارتی شامل پنج رقم منوژرم ژنتیکی (شیرین، رسول، گدوک ، 428 و 276) و دو رقم پلی ژرم (مونوژرم تکنیکی) شامل 7233 و BR1 که این ارقام مناسب کشت در مناطق معتدل، رقم BR1 و رسول متحمل به ساقه روی (بولتینگ)، و ارقام ۷۲۳۳ و گدوک حساس به ساقه روی هستند. بذرارقام مورد بررسی همگی در یک سال تولید شدند و از موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه بذر چغندرقند تهیه گردیدند.

الف. تعیین خسارت یخ زدگی در شرایط کنترل شده

برای هر رقم تعداد ۳۰ گلدان پلاستیکی به قطر ۱۵ و ارتفاع ۲۰ سانتی متر تهیه شد. در هر گلدان تعدادی بذر در عمق ۳ سانتی متری خاک کشت گردید که بعد از تُنک کردن تعداد ۲۰ بوته در مرحلهٔ کوتیلدونی و ۱۰ بوته در مرحله دو برگی باقی ماندند. خاک گلدانها از خاک مزرعه و خاک برگ به نسبت ۲:۱ بود. کشت گلدانها در تاریخ ۲۹ اسفند سال ۱۳۸۱ و در فضای باز انجام شد، گلدانها هر روز تا ظرفیت زراعی آبیاری می شدند. کشت در فضای باز برای رشد در شرایط طبیعی و کشت در گلدان به منظور سهولت انتقال آنها به اتاقک رشد بود.کاشت دیگری به فاصلهٔ ۱۵ روز بعد از کاشت اول با همان شرایط جهت فراهم شدن امکان اعمال تیمار یخ زدگی در دو مرحله از رشد گیاهچه و به طور همزمان و در یک اتاقک رشد انجام شد. گیاهچه های تولید شده در مراحل رشد کوتیلدونی و دوبرگی به اتاقک رشد منتقل و تحت تیمار های یخ زدگی شامل صفر، ۲- و ۴- درجه سانتی گراد و رطوبت نسبی ۶۰ درصد، هر کدام به مدت ۴ و ۸ ساعت قرار گرفتند. در هر مرحله از آزمایش از هر رقم تعداد سه گلدان (هر گلدان در مرحلهٔ کوتیلدونی دارای ۲۰ بوته و در مراحل بعدی حدود ۱۰ بوته بود) در داخل اتاقک رشد قرار داده شدند. در هر مرحله از رشد همه ارقام با همدیگر در معرض تیمار یخ زدگی قرار گرفتند و برای هر تیمار یخ زدگی دمای اتاقک رشد به تدریج با سرعت ۴ درجه سانتی گراد در ساعت کاهش یافت تا به دمای مورد نظر رسید (Cary, 1975). پس از ۴ و ۸ ساعت توقف در هردما (تیمار های یخ زدگی) دما به تدریج افزایش و سپس گیا هان به اتاقک رشد دیگری با دمای ۱۵ درجه سانتی گراد تا زمان ارزیابی خسارت یخ زدگی

[DOR: 20.1001.1.15625540.1387.10.4.6.5]

و اندازه گیری های بعدی نگهداری شدند.

ارزیابی خسارت یخ زدگی به صورت ظاهری و سنجش فلورسانس از کلروفیل صورت گرفت. با توجه به اینکه در محیط کنترل شده قضاوت در مورد خسارت یخ زدگی بر روی برگها و به صورت ظاهری از دقت و اطمینان بالائی برخوردار است (Barnes and Willson, 1984)، تا بعد از ۴۸ ساعت از اعمال تیمار یخ زدگی، تعداد بوته های از بین رفته (مرده در اثر یخ زدگی) شمارش و یادداشت گردید. سپس درصد بوته های زنده و مرده در هر گلدان و برای هر تیمار، محاسبه شد. تجزیه واریانس به صورت یک آزمایش چهار عاملی شامل مرحلهٔ رشد(کوتیلدونی و دوبرگی)، دمای یخ زدگی (صفر، ۲- و ۴-)، زمان اعمال تیمار یخ زدگی (۴ و ۸ ساعت) و رقم (۷ رقم تجارتی چغندرقند) در قالب طرح کاملاً تصادفی و در سه تکرارانجام گردید. قبل از تجزیه واریانس با توجه به اینکه اعداد بصورت درصد بودند ابتدا تبدیل داده (Arcsin√x) انجام شد (Yazdi Samadi *et al.*, 1997). ارزیابی مقدار خسارت وارد شده به سیستم فتوسنتزی گیاه از طریق اندازه گیری پارامتر های مختلف فلورسانس از کلروفیل شامل: F_0 (حداقل فلورسانس در زمانی که مراکز واکنش فتوسیستم II باز هستند، F_m (حداکثر فلورسانس از کلروفیل در زمانی که مراکز واکنش فتوسیستم II بسته هستند)، F_v (تغییرات فلورسانس) و F_v/F_m (کارائی فتو شیمیائی فتو سیستم II) با استفاده از دستگاه فلوری متر (PEA)[1] انجام شد. روش اندازه گیری کلروفیل فلورسانس بر اساس دستورالعمل دستگاه انجام گردید (Anonymous, 1993).

اندازه گیری فلورسانس از کلروفیل فقط در مرحلهٔ دو برگی حقیقی کشت گلدانی و در تیمار های یخ زدگی صفر و ۲- درجه سانتی گراد که خسارت ظاهری ایجاد نشده بود انجام گرفت. تجزیه واریانس داده های بدست آمده به صورت یک آزمایش فاکتوریل سه عاملی شامل رقم در ۷ سطح، دمای یخ زدگی در دو سطح (صفر و ۲- درجه سانتی گراد)، و مدت زمان در معرض یخ زدگی بودن در دو سطح (۴ و ۸ ساعت) در قالب طرح کاملاً تصادفی و در سه تکرار انجام شد، داده های هرتکرار نیز میانگین سه بار اندازه گیری بود.

ب. تعیین خسارت یخ زدگی در شرایط مزرعه

به نظر می رسد که اثر تیمار یخ زدگی بر روی برگهای جدا شده از بوته با اعمال تیمار یخ زدگی بر روی بوته کامل نتیجه مشابهی دارد (Herzog, 1987). بنابراین برگ بوته های ارقام مورد آزمایش در مزرعه جدا و پس از انتقال به اتاقک رشد، تیمار های یخ زدگی بر روی آنها اعمال شد. برای هر مرحله رشد (کوتیلدونی، دوبرگی و چهار برگی) که گیاهان در سه تکرار در تاریخ ۲۸ اسفند و ۱۱ فروردین کشت شده بودند از هر رقم به طور تصادفی نمونه برداری شد. برگ های برداشت شده در پارچه ای مرطوب قرار گر فته و به آزمایشگاه منتقل شدند. از هر کرت آزمایشی ۱۵ برگ در داخل لایه ای از کاغذ صافی مرطوب در داخل ظروف پتری برای اعمال تیمار یخ زدگی در اتاقک رشد استفاده گردید (Herzog, 1987).

ارزیابی خسارت یخ زدگی به صورت مشاهده ای (از بین رفتن برگ) انجام و درصد خسارت تعیین گردید. تجزیه واریانس برای این داده ها به صورت یک آزمایش فاکتوریل چهار عاملی شامل مرحلهٔ رشد (کوتیلدونی، دو برگی و چهار برگی)، دمای یخ زدگی (صفر، ۲- و ۴-)، زمان اعمال تیمار یخ زدگی (۴ و ۸ ساعت) و رقم (هفت رقم) در قالب طرح کاملاً تصادفی و در سه تکرار انجام گردید. قبل از تجزیه واریانس با توجه به اینکه اعداد بصورت درصد بودند ابتدا تبدیل داده (Arcsin√x) انجام شد (Yazdi Samadi *et al*., 1997). مقایسه میانگین ها نیز بر اساس آزمون LSD انجام گردید.

1- Plant Efficiency Analyzer, Hansatech instruments, LTD.

[DOR: 20.1001.1.15625540.1387.10.4.6.5]

نتایج و بحث

الف) تعیین خسارت یخ زدگی در شرایط کنترل شده

نتایج درصد خسارت ظاهری نشان داد که تفاوت بین سطوح مختلف عامل های مرحله رشد، دما، زمان و رقم و برخی از آثار متقابل آنها شامل دما در مرحله رشد، دما در زمان و مرحله رشد در زمان معنی دار شد (جدول ۱).

میانگین درصد خسارت اثر متقابل و میانگین سطوح مختلف تیمار یخ زدگی برای هفت رقم نشان داد که با کاهش دما از صفر تا ۴- درجه سانتی گراد خسارت به صورت قابل توجه ای افزایش یافت، به طوری که در دمای صفر، فقط نزدیک به یک درصد خسارت به گیاهچهٔ چغندرقند وارد شد، اما در ۲- درجه سانتی گراد به حدود ۸ درصد و در ۴- درجه به حدود ۸۵ درصد رسید (جدول ۲).

جدول ۱- تجزیه واریانس درصد خسارت یخ زدگی گیاهچهٔ چغندرقند در شرایط گلخانه

Table 1. Analysis of variance for freezing damage(%) on sugar beet seedling grown in the green house

S. O. V	منابع تغییرات	درجه آزادی df	میانگین مربعات MS
Growth stage (A)	مرحله رشد	1	1.027**
Temperature (B)	دما	2	29.841**
A×B		2	0.561**
Freezing duration (C)	مدت زمان یخ زدگی	1	1.150**
A×C		1	0.279**
B×C		2	1.517**
A×B×C		2	0.081**
Cultivar (D)	رقم	6	0.112**
A×D		6	0.099ns
B×D		12	0.063ns
A×B×D		12	0.070ns
C×D		6	0.075ns
A×C×D		6	0.072ns
B×C×D		12	0.108ns
A×B×C×D		12	0.078ns
Error	خطا	168	0.070
CV(%)	ضریب تغییرات (درصد)		18.47

ns: Non-significant — ns: غیر معنی دار

* and **: significant at the %5 and %1 of probability levels, respectively — * و **: به ترتیب معنی دار در سطوح پنج و یک درصد

جدول ۲- میانگین درصد خسارت ظاهری گیاهچه چغندرقند در سطوح مختلف مرحله رشد، تیمارهای مختلف یخ زدگی و مدت زمان آن در شرایط گلخانه

Table 2. Mean of freezing damage (%) on sugar beet seedling at various growth stages, freezing temperatures and freezing duration in the green house

		مدت زمان (ساعت) Freezing duration (h)		دما (درجه سانتی گراد) Freezingfemperature (°C)			
Growth stage	مرحله رشد	8	4	-4	-2	0	میانگین Mean
Cotyledon	کوتیلدونی	34.9 b	20.5 c	79.5 b	2.3 d	1.3 d	27.7 b
Two leaves	دوبرگی	38.4 a	30.4 c	89.8 a	13.4 c	0.0 d	34.4 a
Mean	میانگین	36.7 a	25.4 c	84.6 a	7.9 b	0.6 c	

برای اثرات اصلی واثر متقابل میانگین هایی که دارای حروف مشابه می باشند از نظر آماری در سطح ۵ درصد تفاوت معنی دار ندارند

Means, for main effect and interactions, followed by similar letter are significant at the 5% probability level

[DOR: 20.1001.1.15625540.1387.10.4.6.5]

با افزایش دما در هر دو مرحله رشد درصد خسارت زیاد شد اما در مرحلهٔ دو برگی حقیقی به مقدار قابل توجهی افزایش یافت به طوری که در ۴- درجه سانتی گراد خسارت به حدود ۹۰ درصد رسید.

نتایج نشان داد که مرحله دو برگی حقیقی نسبت به مرحله کوتیلدونی حساستر به دماهای زیر صفر است و درصد خسارت در مرحله کوتیلدونی حدود ۷ درصد کمتر از مرحلهٔ دو برگی حقیقی بود(جدول ۲). این نتایج با مشاهدات کری (Cary, 1975) که مرحله کوتیلدونی در چغندرقند را از مرحله دو برگی حقیقی نسبت به یخ زدگی حساستر اعلام کرده است مغایرت دارد و دمایی را که باعث مرگ ۵۰ درصد گیاهچه ها شده بود(LT_{50}) در مرحله کوتیلدونی ۱/۵- درجه سانتی گراد و در مرحله دو برگی ۳/۲- ذکر کرده بود. تحمل بیشتر مرحله کوتیلدونی نسبت به مرحله دو برگی برای هر هفت رقم مورد بررسی در شرایط گلخانه و مزرعه اثبات و نتایج یکسانی حاصل گردید. تحمل به سرمای بیشتر مرحله کوتیلدونی نسبت به مرحله دو برگی در مورد خیلی از گیاهان دیگر خصوصاً گیاهان داری برگهای لپه ائی(کوتیلدونی) مانند اکثر لگوم ها تایید شده است. در تحقیقی که توسط مایر و بادرودین (Meyer and Badaruddin, 2001) بر روی ده گونه از لگوم ها انجام شد، تحمل به یخ زدگی از یک تا چهار هفته بعد از کاشت مورد بررسی قرار گرفت. این محققین نشان دادند که در هر ده گونه از جمله لوبیا، سویا و شبدر یک هفته بعد از کاشت که همزمان با مرحله رشد کوتیلدونی بود، تحمل به یخ زدگی بیشتر از مراحل بعدی بود و در لوبیا مرحله دو برگی اولیهٔ[1] حساسترین مرحلهٔ رشد به یخ زدگی بود. در مطالعات هیوم و جکسون (Hume and Jakson, 1981) نیز مشخص شد که در گیاه سویا مرحله دو برگی اولیه از مرحله کوتیلدونی اولیه نسبت به سرما تحمل کمتری دارد و در مرحله سه برگچه ای اولیه مجدداً تحمل به سرما بیشتر می شود. در تحقیقات دیگری نیز گزارش شده است که لگوم های جوانتر از سه هفته، نسبت به دماهای یخ زدگی تحمل بیشتری از مراحل بعدی رشد دارند (Tisdal and Pieters, 1934; Peltier and Tisdan, 1939; Arakeri and Schmid, 1949).

به نظر می رسد که یکی از دلایل تفاوت در تحمل به یخ زدگی در این دو مرحله از رشد گیاهچه چغندرقند، تفاوت در ساختمان سلولی آنها باشد، چرا که سلولهای کوتیلدونی منشأ جنینی دارند در صورتی که برگها در مرحلهٔ دو برگی حقیقی حاصل تکثیر سلولهای جدید می باشند. در برگهای کوتیلدونی سلولها ریز بوده و محتوای آب آنها کمتر است. تحمل به یخ زدگی در بافت هائی که دارای سطح ویژهٔ زیادی (سلولهای کوچک) دارند، تراوائی بالائی نسبت به آب دارند و دارای آب آزاد کمتری هستند بیشتر است (Gusta, 1983). بنا بر این یکی از دلایل متحمل بودن مرحلهٔ کوتیلدونی نسبت به مرحلهٔ دو برگی حقیقی چغندرقند نیز همین کوچک بودن سلولها در برگهای کوتیلدونی باشد.

زمان اعمال تیمار یخ زدگی (۴ و ۸ ساعت) نیز تأثیر معنی داری بر درصد خسارت داشت. با افزایش زمان در معرض دمای یخ زدگی بودن درصد گیاهچه های از بین رفته (مرده) نیز افزایش پیدا کرد و از ۲۵ درصد خسارت در مدت ۴ ساعت به حدود ۳۷ درصد در مدت زمان ۸ ساعت رسید (جدول ۲). اثر متقابل مرحله رشدی با مدت زمان در معرض یخ زدگی بودن نیز نشان داد که با افزایش زمان از ۴ به ۸ ساعت درصد خسارت در هر مرحله رشدی افزایش یافت (جدول ۲). با دو برابر شدن زمان اعمال تیمار یخ زدگی، درصد خسارت دو برابر نشد که این امر نشان دهندهٔ موثرتر بودن دمای یخ زدگی نسبت به مدت زمان آن است. همانطور که ذکرشد با

1- Unifoliate

[DOR: 20.1001.1.15625540.1387.10.4.6.5]

کاهش دما خسارت به شدت افزایش یافت اما دو برابر شدن زمان فقط ۲۵ درصد خسارت را افزایش داد (جدول ۲). البته این امر به دما نیز بستگی دارد و در دما های پایین تر مدت زمانی که گیاه در معرض یخ زدگی قرار می گیرد نیز اهمیت بیشتری پیدا می کند.

اثر متقابل دمای یخ زدگی در مدت زمان یخ زدگی در گیاهچهٔ چغندرقند نشان داد که با افزایش مدت زمان یخ زدگی در هر دما درصد خسارت نیز افزایش یافت، در دمای صفر درجه تقریباً تفاوتی بین ۴ و ۸ ساعت وجود نداشت ولی با کاهش دما به ۲- و ۴- درجه سانتی گراد این تفاوت بیشتر شد به طوری که در ۴- درجه سانتی گراد به مدت ۸ ساعت ۱۰۰ درصد گیاهچه ها از بین رفتند (جدول ۳). یخ در بافت های گیاهی ابتدا در فضای بین سلولی و آوندهای چوبی تشکیل می شود، با طولانی شدن مدت زمان در معرض دماهای یخ زدگی بودن، آب مایع از پروتوپلاست به طرف خارج سلول حرکت می کند و با رشد کریستالهای یخ در خارج از سلول و همچنین آب زدائی شدید سلول خسارت یخ زدگی با گذشت زمان بیشتر می شود (Taiz and Zeiger, 1998).

ارزیابی ارقام چغندرقند از نظر تحمل به یخ زدگی نشان داد که در بین ارقام اختلاف معنی داری از نظر درصد خسارت وجود دارد (جدول ۴). اثر متقابل ارقام با دو مرحلهٔ رشد نشان داد که عکس العمل ارقام از نظر درصد خسارت ناشی از یخ زدگی در هر دو مرحلهٔ رشد مشابه است و رقم BR1 در هر دو مرحله رشد کمترین درصد خسارت و رقم گدوک بیشترین درصد خسارت را داشته است، سایر ارقام نیز در بین این دو حد قرار داشتند و تفاوت آنها ناچیز بود (جدول ۴).

در بین ارقام درصد خسارت با کاهش دما زیاد شد و اما عکس العمل ارقام تغییری نکرد. در صفر درجه سانتی گراد رقم حساس گدوک و رقم نسبتاً حساس شیرین به ترتیب ۳/۵ و یک درصد خسارت نشان دادند و سایر ارقام بدون خسارت بودند.

ب. بررسی خسارت یخ زدگی از طریق سنجش فلورسانس از کلروفیل

نتایج اندازه گیری فلورسانس از کلروفیل در دمای صفر و ۲- درجه سانتی گراد که علائم ظاهری خسارت در آنها ایجاد نشده بود، ارائه شده است. نتایج تجزیه واریانس پارامترهای مختلف کلروفیل فلورسانس نشان می دهد(جدول ۵) که تیمار دمای یخ زدگی بر روی مقدار F_0 (حداقل فلورسانس در زمانی که مراکز واکنش فتوسیستم II باز هستند) بی تأثیر بود، اما تأثیر معنی داری بر روی مقدار F_m (حداکثر فلورسانس از کلروفیل در زمانی که مراکز واکنش فتوسیستم II بسته هستند.، F_v (تغییرات فلورسانس) و F_v/F_m (کارائی فتو شیمیائی فتوسیستم II) داشت (جدول ۵). مدت زمان اعمال تیمار یخ زدگی نیز بر روی تمام پارامتر های مرتبط به

جدول ۳- میانگین درصد خسارت یخ زدگی برای اثر متقابل مدت زمان در دمای یخ زدگی گیاهچه چغندرقند در شرایط گلخانه

Table 3. Mean of freezing damage (%), freezing temperatures on sugar beet seedling in ×for interaction of time the green house

مدت زمان (ساعت) Duration (h)	دما (سانتی گراد) Freezingtemperature (°C)		
	0	-2	-4
4	0.7 d	6.3 c	69.3 b
8	0.6 d	9.5 c	100 a

برای اثر متقابل میانگین هایی که دارای حروف مشابه می باشند از نظر آماری در سطح ۵ درصد تفاوت معنی دار ندارند

Means, for interactions, followed by similar letter are not significant at the 5% probability level

[DOR: 20.1001.1.15625540.1387.10.4.6.5]

جدول ۴- میانگین درصد خسارت یخ زدگی گیاهچه ارقام چغندرقند برای مراحل مختلف رشد و دما های مختلف در شرایط گلخانه

Table 4. Mean of freezing damage (%) on sugar beet seedling for growth stages and freezing temperatures in the green house

		Cultivar رقم						
		رسول Rasol	شیرین Shirin	276	428	گدوک	7233	BR1
مرحله رشد Growth stage	کوتیلدونی Cotyledon	28.3	22.0	24.9	33.6	35.0	30.6	19.7
	دوبرگی Bi-foliate	37.5	35.6	31.9	33.9	38.6	32.4	30.7
دما (سانتی گراد) Temperature (°C)	0	0.0	1.2	0.0	0.0	3.5	0.0	0.0
	-2	9.2	8.7	2.6	7.7	4.9	7.7	4.4
	-4	89.5	74.6	82.7	93.6	92.1	86.9	71.3
	میانگین Mean	32.9 b	28.8 cd	28.4 ab	33.7 c	36.8 a	31.5 c	25.2 d

مقدار LSD برای مقایسه اثرمتقابل در سطح احتمال ۵ درصد برا بر با ۳/۴ درصد می باشد

LSD value for comparison of the interactions is 3.4% at the 5% probability level

جدول ۵ - تجزیه واریانس پارامترهای فلورسانس کلروفیل در سطوح مختلف فاکتورهای مورد بررسی بر روی چغندرقند در شرایط گلخانه

Table 5. Analysis of variance for chlorophyll fluorescence parameters on sugar beet seedling in the green house conditions

		درجه آزادی	میانگین مربعات MS			
S. O. V. منابع تغییر		d. f.	F_v/F_m	F_v	F_m	F_0
Temperature (A)	دما	1	0.164 **	3.87 **	3.99 **	0.001 ns
Time (D)	زمان	1	0.036 **	3058 **	4.75 **	0.079 **
A×B		1	0.021 *	0.22 ns	0.27 ns	0.003 ns
Variety (C)	رقم	6	0.015 *	0.08 ns	0.08 ns	0.003 ns
A×C		6	0.016 **	0.11 ns	0.12 ns	0.003 ns
B×C		6	0.002 ns	0.20 ns	0.29 ns	0.010 ns
A×B×C		6	0.003 ns	0.14 ns	0.19 ns	0.006 ns
Error	خطا	56	0.005	0.07	0.08	0.004
CV ٪	ضریب تغییرات		9.1	22.9	19.6	19.7

ns: Non-significant ns: غیر معنی دار

* and **: significant at %5 and %1 of probability levels respectively **، *: به ترتیب معنی دار در سطوح یک و پنج درصد

کلروفیل فلورسانس در سطح احتمال یک درصد معنی دار بود. اما ارقام چغندرقند مورد بررسی به غیر از پارامتر F_v/F_m اختلافی نشان ندادند.

دمای یخ زدگی (صفر و ۲- درجه سانتی گراد) بر روی گیاهچه چغندرقند در مقدار پارامتر F_0 بی تأثیر بود، اما مقدار F_m با کاهش دما کاهش یافت و از ۱/۷ به ۱/۲۷ رسید (جدول ۶). سرما و یخ زدگی از شکستن ملکول آب و یا اکسیداسیون نوری در فتوسیستم II جلوگیری می کنند و موجب کاهش فلورسانس کلروفیل می شوند(Papageorgious, 1975). با توجه به این امر افزایش تنش یخ زدگی از صفر به ۲- درجه سانتی گراد باعث کاهش مقدار حداکثر فلورسانس از کلروفیل در برگهای گیاهچه چغندرقند گردید. در تحقیق دیگری نیز نشان داده شد که خسارت یخ زدگی مانع فتولیز مولکول آب در فتوسیستم II می شود و مقدار فلورسانس از کلروفیل کاهش می یابد

[DOR: 20.1001.1.15625540.1387.10.4.6.5]

جدول ۶- میانگین پارامترهای فلورسانس کلروفیل در سطوح مختلف عامل های مورد بررسی بر روی چغندرقند در شرایط گلخانه

Table 6. Means for chlorophyll fluorescence parameters at various levels of factors on sugar beet in green house conditions

Factor عامل			پارامتر های فلورسانس از کلروفیل Chlorophyll fluorescence parameters			
			F_0	F_m	F_v	F_v/F_m
Temperature (°C)	دما (درجه سانتی گراد)	0	0.318 a	1.71 a	1.39 a	0.81 a
		-2	0.314 a	1.27 b	0.96 b	0.72 b
Duration (h)	مدت زمان (ساعت)	4	0.346 a	1.73 a	1.38 a	0. 79 a
		8	0.285 b	1.25 b	0.97 b	0.75 b
Cultivars	ارقام	Rasol	0.315 a	1.33 a	1.01 a	0.69 b
		Shirin	0.350 a	1.52 a	1.17 a	0.76 a
		276	0.307 a	1.47 a	1.16 a	0.78 a
		428	0.303 a	1.59 a	1.28 a	0.80 a
		Gadook	0.319 a	1.51 a	1.19 a	0.76 a
		7233	0.304 a	1.51 a	1.21 a	0.78 a
		BR1	0.312 a	1.51 a	1.20 a	0.78 a

برای اثرات اصلی میانگین هایی که دارای حروف مشابه می باشند از نظر آماری در سطح ۵ درصد تفاوت معنی دار ندارند

Means, for main effects, followed by similar letter are not significant at the 5% probability level

(Smillie and Not, 1979). بر اساس تحقیقات انجام شده بر روی تأثیر خسارت یخ زدگی بر روی گیاه باقلا نشان داده شد، که با کاهش دمای یخ زدگی از صفر تا ۸- درجه سانتی گراد مقدار F_v کاهش می یابد (Herzog and Olszewski, 1998).

در خصوص تغییرات اجزای فلورسانس کلروفیل، یخ زدگی باعث صدمه به تیلاکوئیدها می گردد و بنابر این بر مقدار F_0 تأثیری ندارد ، اما سایر تنش محیطی که باعث تغییرات ساختاری در سطح رنگدانه های فتوسیستم II می شود، مقدار F_0 را تحت تأثیر قرار می دهد، گرمای زیاد باعث افزایش شدید F_0 می گردد در حالی که ممانعت کننده های نوری ممکن است افزایش ناچیزی در F_0 ایجاد نمایند (Anonymous, 1993). بر این اساس که تیمار یخ زدگی بر مقدار F_0 نمی تواند تأثیری داشته باشد، عدم اختلاف در مقدار F_0 در بین تیمار یخ زدگی صفر و ۲- درجه سانتی گراد در این تحقیق قابل توجیه می باشد.

مقدار F_v که برابر است با (F_m-F_0) و همچنین مقدار F_v/F_m که هر دو تحت تأثیر F_m قرار دارند با کاهش دمای یخ زدگی به ۲- درجه سانتی گراد مقدار آنها کاهش یافت و اثر دو تیمار درجه حرارت (۰ و ۲-) اختلاف معنی داری را نشان داد (جدول ۶). مقدار F_v معمولاً بوسیلهٔ تنش های محیطی مانند گرما، یخ زدگی و ممانعت کننده های نوری که باعث صدمه به تیلاکوئیدها می گردند کاهش می یابد (Anonymous, 1993)، که در تحقیق حاضر نیز همین نتیجه بدست آمد. در خصوص تیمار مدت زمان یخ زدگی نتایج نشان داد که با افزایش مدت از ۴ ساعت به ۸ ساعت مقدار پارامترهای کلروفیل فلورسانس(F_0, F_m, F_v و F_v/F_m)کاهش یافت (جدول ۶). این امر نشان می دهد که اگر فلورسانس کلروفیل به عنوان یک شاخص تعیین خسارت یخ زدگی مورد استفاده قرار گیرد مدت زمان یخ زدگی که در افزایش خسارت موثر است را نیز بخوبی مورد ارزیابی قرار می دهد. با افزایش مدت زمان یخ زدگی درصد خسارت در دماهای پائین تر که باعث خسارت ظاهری نیز می گردد، افزایش می یابد. میانگین ارقام مختلف چغندرقند در این بررسی برای پارامترهای اندازه گیری شدهٔ فلورسانس از کلروفیل تفاوت معنی داری را نشان

[DOR: 20.1001.1.15625540.1387.10.4.6.5]

جدول ۷- میانگین مربعات تجزیه واریانس درصد خسارت یخ زدگی بر روی گیاهچهٔ چغندرقند در شرایط مزرعه

Table 7. Analysis of variance for freezing damage (%) on sugar beet seedling in field conditions

S. O. V.	منابع تغییر	درجه آزادی df	میانگین مربعات MS
Growth stage (A)	مرحله رشد	2	2.950 **
Temperature (B)	دما	2	17.845 **
A×B		4	1.155**
Duration (C)	مدت زمان	1	2.479**
A×C		2	0.127 ns
B×D		2	1.167 **
A×B×D		4	0.118 ns
Cultivar (C)	رقم	6	0.340 **
A×D		12	0.041 ns
B×D		12	0.134 **
A×B×D		24	0.073 ns
C×D		6	0.005 ns
A×C×D		12	0.053 ns
B×C×D		12	0.013 ns
A×B×C×D		24	0.056 ns
Error	خطا	252	0.050
(CV%)	درصد ضریب تغییرات	14. 77	

ns: غیر معنی دار ns: Non-significant

** و *: به ترتیب معنی دار در سطوح یک و پنج درصد * and **: Significant at the %5 and %1 of probability levels, respectively

ندادند(جدول ۶). البته تفاوتهای جزئی در بین ارقام وجود داشت که می تواند ناشی از اختلاف ژنتیکی آنها باشد، اما از نظر مقدار خسارت وارد شده به آنها در اثر یخ زدگی و تأثیر آن بر سیستم فتوسنتزی تفاوت فاحشی مشاهده نشد.

ج. تعیین آستانه خسارت یخ دگی در مزرعه

۱- درصد خسارت ظاهری

تیمار های دما و مدت زمان یخ زدگی بر روی برگهای جدا شده از مزرعه ارقام مورد بررسی در اتاقک رشد تفاوتهای معنی داری را از نظر درصد خسارت یخ زدگی (خسارت ظاهری به صورت گیاهچه زنده یا مرده) نشان دادند و بعضی موارد اثرات متقابل مرحله رشد با دما، زمان و رقم معنی دارشد (جدول ۷). میانگین درصد خسارت یخ زدگی در دماهای مختلف و در مراحل مختلف رشد گیاهچه و همچنین اثر متقابل آنها نشان می دهد(جدول ۸). با کاهش دما از صفر به ۴- درجه سانتی گراد خسارت یخ زدگی افزایش یافته است، در صفر درجه سانتی گراد درصد خسارت بسیار ناچیز و حدود نیم درصد بود، در ۲- درجه سانتی گراد به حدود ۹ درصد و در ۴- درجه به ۶۵ درصد رسید. این نتایج با نتایج بدست آمده در شرایط گلخانه برای گیاهچه های چغندرقند که در معرض دماهای یخ زدگی قرار گرفت، تقریباً تطبیق دارد و نتایج آزمایشگاهی را تأیید می کند. همبستگی خطی بین درصد خسارت یخ زدگی ظاهری (درصد گیاهچه های مرده) در شرایط گلخانه و درصد خسارت یخ زدگی در مزرعه برای مراحل کوتیلدونی و دوبرگی و سطوح مختلف زمان و درجه حرارت یخ زدگی همبستگی نزدیکی داشته و این همبستگی($r = ۰/۹۱^{**}$) بسیار بالا بود.

مقایسه درصد خسارت یخ زدگی در مراحل مختلف رشد گیاهچه چغندرقند (کوتیلدونی، دو برگی و چهار برگی) نتایج نشان داد که مرحلهٔ کوتیلدونی از مرحلهٔ دو برگی حقیقی نسبت به یخ زدگی متحمل تر است و گیاه آسیب کمتری می بیند، ولی مرحله چهار برگی حقیقی از هر دو مرحله قبلی متحمل تر بود (جدول ۸). در این

[DOR: 20.1001.1.15625540.1387.10.4.6.5]

جدول ۸- میانگین درصد خسارت یخ زدگی برای مراحل مختلف رشد، دما و مدت زمان یخ زدگی و اثر متقابل آنها

Table 8. Mean of freezing damage based on growth stages, freezing temperature, time, and thier interaction

Growth stage	مرحله رشد	مدت زمان (ساعت) Freezing duration (h)		دما (سانتی گراد) Freezingtemperature (°C)			میانگین Mean
		8	4	-4	-2	0	
Cotyledon	کوتیلدونی	27.7 b	19.3 c	70.6 b	0.0 e	0.0 e	23.5 b
Two leaves	دوبرگی	47.9 a	28.2 b	84.9 a	27.8 d	1.4 b	38.1 a
Four leaves	چهار برگی	18.4 c	6.9 d	37.9 c	0.0 e	0.0 e	12.7 c
Mean	میانگین	31.4 a	18.2 b	64.5 a	9.3 b	0.5 c	

برای اثرات اصلی واثر متقابل میانگین هایی که دارای حروف مشابه می باشند از نظر آماری در سطح ۵ درصد تفاوت معنی دار ندارند

Means, for main effect and interactions, followed by similar letter are not significant at the 5% probability level

آزمایش گیاه در مرحلهٔ چهار برگی نیز در معرض تیمار یخ زدگی قرار گرفت و تأثیر آن بررسی گردید، اما درشرایط کنترل شده فقط تا مرحلهٔ دو برگی مطالعه شد. نتایج بدست آمده، نتایج حاصل از آزمایش کنترل شده که گیاهچهٔ کامل در معرض یخ زدگی قرار گرفته بود مطابقت دارد. یعنی در دو شرایط گلخانه و مزرعه حساسیت به یخ زدگی در مرحلهٔ کوتیلدونی نسبت به مرحلهٔ دو برگی حقیقی کمتر است.

تفاوت درصد خسارت در مراحل مختلف رشدی این است که در مرحلهٔ چهار برگی حقیقی کمترین درصد خسارت (۱۳ درصد) و یا بیشترین تحمل مشاهده می شود چون با افزایش سن گیاه در مرحلهٔ رشد رویشی تحمل به یخ زدگی نیز افزایش می یابد. هر چند مرحله کوتیلدونی نسبت به مرحله چهار برگی درصد خسارت بیشتری نشان داد (حدود ۲۳ درصد) اما از مرحلهٔ دو برگی که حدود ۳۸ درصد خسارت داشت کمتر بود به عبارت دیگر مرحلهٔ دو برگی حقیقی حساس ترین مرحله رشد گیاهچهٔ چغندرقند برای ارقام مورد مطالعه نسبت به یخ زدگی بود. این نتایج با مشاهدات کری (Cary, 1975) که نشان داد مرحله کوتیلدونی از مرحله دو برگی گیاهچه چغندرقند به یخ زدگی حساستر است مغایرت دارد، البته نامبرده مقاومت در مرحله چهار برگی را از دو مرحلهٔ دیگر بیشتر ذکر کرده بود که با نتایج بدست آمده در این تحقیق مطابقت دارد.

هر چند نتایج تحقیق دیگری در خصوص تعیین حساسیت مراحل مختلف رشد گیاهچه چغندرقند در دست نیست اما در مورد سایر گیاهان خصوصاً لگوم ها که دارای یک مرحلهٔ رشد کوتیلدونی می باشند در تحقیقات مختلف نشان داده شده است که مرحلهٔ کوتیلدونی از مراحل بعدی به دماهای زیر صفر حساستر است (Tisdan and Pieters, 1934; Peltier and Tisdan, 1939 ; Arakeri and Schmid, 1949) .

هیوم و جکسون (Hume and Jackson, 1981) نیز نشان دادند که مرحلهٔ دو برگی حقیقی در سویا نسبت به مرحله کوتیلدونی به دماهای یخ زدگی حساس تر است. مایر و بادرودین (Meyer and Badruddin, 2001) نیز دریافتند که در ده گونه از بقولات بعد از سبز شدن (در مرحلهٔ کوتیلدونی) در مقابل دماهای یخ زدگی مقاومت بیشتری نسبت به مراحل بعدی رشد گیاهچه تا ۴ هفته بعد از کاشت داشتند. تحمل مرحله کوتیلدونی به دماهای زیر صفر از نظر کاربردی دارای اهمیت می باشد، زیرا چغندرقند که در بهار کشت می شود در مرحلهٔ کوتیلدونی بیشتر در معرض خطر یخبندان های دیررس بهاره قرار دارد و در مرحله دو برگی که حساسیت آن بیشتر است احتمال وقوع یخبندان نیز کاهش می یابد. اما در مرحلهٔ چهار برگی و بعد از آن که تحمل به یخ زدگی در چغندرقند افزایش می یابد تقریباً و قوع یخبندان نیز به حداقل می رسد. در خصوص اثر متقابل مرحلهٔ رشد و زمان در معرض بودن یخ زدگی چغندرقند نتایج نشان داد که با افزایش زمان از ۴ به ۸ ساعت درصد

[DOR: 20.1001.1.15625540.1387.10.4.6.5]

خسارت افزایش می یابد، البته اختلاف درصد خسارت در مرحله دو برگی حقیقی مشهود بوده و به حدود ۲۰ درصد رسید، که شاید علت اصلی آن همان حساسیت بیشتر این مرحله به دمای یخ زدگی باشد (جدول ۸).

اثر متقابل دماهای یخ زدگی × مدت زمان آن در گیاهچه های چغندرقند در مزرعه نشان داد که با افزایش زمان در هر دما خسارت یخ زدگی نیز افزایش می یابد، که این افزایش در دماهای پائین تر بیشتر است، یعنی با افزایش مدت زمان دماهای پائین تر خسارت با شدت بیشتری افزایش می یابد (جدول ۹). با افزایش مدت زمان از ۴ به ۸ ساعت، درصد خسارت از ۱۸ به ۳۱ درصد افزایش یافت. نتایج محیط کنترل شده با نتایج مزرعه مطابقت داشته و هر دو نشان می دهند که با افزایش مدت زمان یخ زدگی درصد خسارت بیشتر می شود. در ضمن اگر مدت زمان یخ زدگی دو برابر شودخسارت گیاهچه دو برابر افزایش نمی یابد. به هر حال مدت زمان دماهای یخ زدگی می تواند نقش بسزائی در افزایش خسارت یخ زدگی داشته باشد. در شرایط طبیعی (مزرعه) دماهای زیر صفر ممکن است فقط در زمان نزدیک صبح اتفاق اُفتد ، توجه به دما و زمانی که دمای زیر صفر حادث می شوددر ایجاد خسارت بسیار اهمیت دارد، در واقع نمی توان درجه حرارتهای پائین که موجب خسارت گیاه می شود را به صورت قطعی و بدون زمان وقوع آن ذکر کنیم و مورد تحلیل قرار دهیم.

میانگین درصد خسارت ناشی از تیمار یخ زدگی در مزرعه بین ارقام نیز متفاوت بود (جدول ۱۰). رقم BR1 کمترین درصد خسارت (۱۴ درصد) و رقم گدوک بیشترین درصد خسارت (۳۵ درصد) را نشان داد، البته رقم 276 نیز با ۳۴ درصد خسارت بعد از رقم گدوک حساسترین رقم به دماهای صفر و زیر صفر بود.

اثر متقابل رقم در مرحله رشد و یا به عبارت دیگر روند خسارت ناشی از دماهای یخ زدگی در مراحل مختلف رشد گیاهچه در بین ارقام در هر سه مرحله رشد یک روند ثابتی داشت، به طوری که رقم حساس (گدوک) که بیشترین درصد خسارت را داشت در هر سه مرحله بالاترین درصد خسارت را نشان داد. رقم BR1 نیز که متحمل ترین رقم به یخ زدگی بود در هر سه مرحله رشد کمترین درصد خسارت را داشت، به طور میانگین تأثیر سه تیمار یخ زدگی (صفر، ۲- و ۴- درجه سانتی گراد) بر روی رقم BR1 در مرحله کوتیلدونی، دو برگی و چهار برگی حقیقی به ترتیب حدود ۱۲، ۲۷ و ۲ درصد بود (جدول ۱۰). در سایر ارقام نیز تقریباً ترتیب قرار گرفتن آنها از نظر تحمل به یخ زدگی در مراحل مختلف رشد حفظ شد.

جدول ۹- میانگین درصد خسارت یخ زدگی برای اثر متقابل دماهای یخ زدگی× زمان آن بر روی برگهای جدا شده از مزرعه

Table 9. Mean of freezing damage (%) on sugar beet and the interaction of freezing temperatures × freezing duration on detached leaves from the field

مدت زمان (ساعت) Duration (h)	دما (درجه سانتی گراد) Freezingtemperature (°C) 0	-2	-4
4	0.0 e	4.9 d	49.5 b
8	0.9 e	13.6 c	79.5 a

برای اثر متقابل میانگین هایی که دارای حروف مشابه می باشند از نظر آماری در سطح ۵ درصد تفاوت معنی دار ندارند

Means, for interactions, followed by similar letter are not significant at the 5% probability level

[DOR: 20.1001.1.15625540.1387.10.4.6.5]

جدول ۱۰- میانگین درصد خسارت یخ زدگی بر روی برگهای جدا شده از مزرعه هفت رقم چغندرقند در مراحل مختلف رشد و دماهای پائین

Table 10. Mean of freezing damage (%) on detached leaves from the field for seven sugar beet cultivars at various growth stages and low temperature treatments

		Cultivar رقم						
		رسول Rasol	شیرین Shirin	276	428	گدوک	7233	BR1
مرحله رشد Growth stage	کوتیلدونی Cotyledon	25.5 de	15.5 f	29.7 cd	27.2 de	30.5 cd	23.2 e	12.9 f
	دوبرگی Two leaves	34.1 c	41.1 b	46.5 a	32.8 c	51.6 de	32.7 c	27.5 de
	چهار برگی Four leaves	14.7 f	11.4 f	27.7 f	4.2 g	24.2 e	4.4 g	1.9 g
دما (سانتی گراد) Temperature(°C)	0	0.0 h	0.0 h	0.0 h	0.0 h	3.3 gh	0.0 h	0.0 h
	-2	6.1 g	12.7 f	14.7 f	6.1 g	17.5 f	6.1 g	1.6 gh
	-4	68.3 c	55.3 d	89.3 b	58.1 d	85.5 a	54.3 d	40.7 e
میانگین Mean		24.8 c	22.7 cd	34.7 b	21.4 b	35.4 a	20.1 d	14.1 e

برای اثرات اصلی واثر متقابل میانگین هایی که دارای حروف مشابه می باشند از نظر آماری در سطح ۵ درصد تفاوت معنی دار ندارند

Means, for main effect and interactions, followed by similar letter are not significant at the 5% probability level

میانگین اثر متقابل دمای یخ زدگی در ارقام نشان داد (جدول۱۰) که در دمای صفر درجه سانتی گراد فقط رقم حساس گدوک حدود ۳ درصد خسارت دیده است و سایر ارقام بدون خسارت بودند، در ۲- و ۴- درجه سانتی گراد در تمام ارقام خسارت ایجاد شد که در دمای ۲- به طور متوسط حدود ۹ درصد که کمترین آن مربوط به رقم BR1 با ۱/۶ درصد و بیشترین آن متعلق به رقم گدوک با ۱۷ درصد بود. در ۴- درجه سانتی گراد میانگین خسارت ارقام به ۶۵ درصد رسید که بیشترین آن متعلق به رقم گدوک با ۸۵/۵ درصد و کمترین آن مربوط به رقم BR1 با حدود ۴۱ درصد بود. این امر نشان می دهد که دمای صفر درجه سانتی گراد حتی به مدت ۸ ساعت خطر چندانی برای گیاهچهٔ چغندرقند در مزرعه نداشت و اکثر ارقام بخوبی این دما را تحمل کردند و حتی در ۲- درجه سانتی گراد نیز خسارت زیاد نبود.

بنا براین آستانه خسارت یخ زدگی در گیاهچه چغندرقند ۲- درجه سانتی گراد است و پایین تر از این دما خسارت به مزرعه چغندرقند شروع می گردد. مدت زمانی که گیاه در معرض دمای یخ زدگی قرارمی گیرد نیز درمیزان خسارت بر روی گیاه چغندرقند موثر است. در بین مراحل رشد گیاهچه چغندرقند، مرحله دو برگی حقیقی حساس ترین مرحله بود وگیاه درمرحله کوتیلدونی متحمل تر از مرحله دو برگی بود، اما با افزایش سن گیاه و از مرحله دوبرگی به بعد مقاومت گیاه چغندرقند به دما های یخ زدگی افزایش یافت. در بین ارقام چغندرقند مورد مطالعه تفاوت زیادی از نظر تحمل به یخ زدگی مشاهده نگردید و تفاوتها آنقدر زیاد نبود که بتوان رقمی را به عنوان رقم مقاوم شناسایی کرد و آنرا برای کشت در مناطق سردسیرتر توصیه کرد.

منابع مورد استفاده

References

Anonymous. 1993. An introduction to fluorescence measurements with the plant efficiency analyzer (PEA). Hansatech Instruments Ltd. England.

Anonymous. 2005. Sugar beet News Letter, No. 3. Sugar Beet Seed Research Institute, Karaj, Iran (In Persian).

[DOR: 20.1001.1.15625540.1387.10.4.6.5]

Arakeri, H. R. and A. K. Schmid. 1949. Cold resistance of various legume and grasses in early stage of growth. Agron. J. 41: 182-185.

Barnes, J. D. and J. M. Wilson. 1984. Assessment of the frost sensitivity of *Trifolium* species by chlorophyll fluorescence analysis. Ann. Appl. Biol. 105: 107-116.

Campbell, L. G. and J. W. Enz. 1991. Temperature effects on sugar beet seedling emergence. J. of Sugar Beet Res. 28: 129-140.

Cary, J. W. 1975. Factors affecting cold injury of sugar beet seedlings. Agron. J. 67: 258-262.

Herzog, H. 1987. A quantitative method to assess freezing resistance in faba beans. J. Agron. Crop Sci. 158: 195-204.

Herzog, H. and A . Olszewski. 1998. A rapid method for measuring freezing resistance in crop plants. J Agro. and Crop Sci. 181: 71-79.

Hume, D. J. and A. K. H. Jackson. 1981. Frost tolerance in soybean. Crop Sci. 21: 689-692.

Jalilian, A. 2006. Effects of low temperature and freezing stress on germination, emergence and seedling growth of sugar beet. Ph. D.Thesis, University of Tehran (In Persian). Pp. 157

Krause, G. and E. Weis. 1988. The photosynthetic apparatus and chlorophyll fluorescence: An introduction. p. 3-11. *In* H.K. Lichtenhaler (ed.) Application of chlorophyll fluorescence in photosynthesis research, stress physiology, hydrobiology and remote sensing. Kluwer Academic, Dordrecht, The Netherlands.

Levitt, J. 1956. The hardiness of plants. Academic press, New York. pp. 165

Lichtenhaler, H. K. and U. Rinderle. 1988. The role of chlorophyll fluorescence induction of stress conditions in plants. CRC CRIT. Rev. Anal. Chem. 19: S29- S84.

Meyer, D. W. and M. Badaruddin. 2001. Frost tolerance of ten seedling legume species at four growth stages. Crop Sci. 41: 1838-1842.

Mohammadian, R., H. Rahimian, M. Moghaddam and S. Y. Sadeghian. 2003. The effect of early season drought on chlorophyll a fluorescence in sugar beet (*Beta vulgaris* L.). Pak. J. Biol. Sci. 620.: 1763-1769.

Nasiri Mahallati, M., A. Koocheki, P. Rezvani Moghaddam and A. Beheshti. 2001. Agroecology. University of Ferdousi Mashhad Press (Translated in Persian). pp.459

Papageoriou, G. 1975. Chlorophyll fluorescence: an intrinsic probe of photosynthesis. p. 319-371. *In*: Bioenergetics of photosynthesis. W. Govindiee. (ed.). Academic Press, New York.

Peltier, G. L. and H. M., Tisdan. 1932. A method for the determination of comparative hardiness in seedling alfalfa by controlled hardening and artificial freezing. J. Agric Res. 44: 439-443.

Renger, G. and U. Schereiber. 1986. Practical applications of fluorometric methods to algae and higher plant research. Pp. 587-619. *In*: J. Govindjee and D. Fork. (ed.). Light emission by plants and bacteria. Academic Press. Orlando. pp. 638

Schreiber, U. and W. Bilger. 1987. Rapid assessment of stress on plant leaves by chlorophyll fluorescence

[DOR: 20.1001.1.15625540.1387.10.4.6.5]

measurements. Pp. 27-53. *In*: J.D. Tenhunen, F.M. Catarino, Lange, O. L. and W. C. Oechel (eds.). Plant Response to Stress: functional analysis in Mediterranean ecosystems. NATO ASI Series, Vol. G15. Spring-Verleg, Berlin. pp.

Smillie, R. M. and R. Nott. 1982. Salt tolerance in crop plants monitored by chlorophyll fluorescence in vivo. Plant Physiol. 70:1049-1054.

Smillie, R. M. and S. E. Hetherington. 1983. Stress tolerance and stress-induced injury in crop plants measured by chlorophyll fluorescence in vivo. Chilling, freezing, ice cover, heat and high light. Plant Physiol. 72: 1043-1050.

Smillie, R .M. and R. Not. 1979. Assay of chilling injury in wild and domestic tomatoes based on photo system activity of the chilled leaves. Plant Physiol. 63: 796-801.

Steponkus, P. L. and M. S. Webb. 1992. Frees-induced dehydration and membrane destabilization in plants. Pp. 338-362. *In:* G. Somero and B. Osmond (eds.). Water and life: Comparative Analysis of Water Relationships at the organism, Cellular and molecular Level. Springer-Verlag, Berlin.

Taiz, L. and E. Zeiger. 1998. Plant physiology. Sinauer Association, Inc, Publisher. pp. 792

Thomashow, M. F. 2001. So what's new in the field of plant cold acclimation? Lots! Plant Physiol. 125: 89-93.

Tisdal, H. M. and A. J. Pieters. 1934. Cold hardiness of three species lespedza compared to that of alfalfa, red clover and crown vetch. Agron. J. 26: 923- 928.

Wilson, J. M. and J. A. Greaves. 1993. Development of fluorescence-based screening programs for temperature and water stress in crop plants. Pp. 389-398. *In:* Adaptation of food crops to temperature and water stress. AVADC, Shanhua, Taiwan. pp. 468

Yazdi Samadi, B. A. Rezaei and M. Valizadeh. 1997. Statistical designs in agricultural researches. The University of Tehran Press (In Persian). pp. 764

[DOR: 20.1001.1.15625540.1387.10.4.6.5]

Effect of freezing damage at seedling stage in different sugar beet cultivars

Jalilian A.[1] D. Mzaheri,[2] R. Tavakkol Afshari,[3] M. Abdollahian-Noghabi,[4] H. Rahimian[5] and A. Ahmadi[6]

ABSTRACT

Jalilian A., D. Mzaheri, R. Tavakkol Afshari, M. Abdollahian-Noghabi, H. Rahimian and A. Ahmadi. 2009. Effect of freezing damage at seedling stage in different sugar beet cultivars. **Iranian Journal of Crop Science. 10(4):400-415 (in Persian).**

This study was conducted to determine freezing damages on sugar beet seedling (at cotyledon, two and four leaves stages) in seven sugar beet cultivars (Shirin, Rasol, Gadook, 276, 428, 7233 and BR1) in Karaj in 2002 cropping season In first experiment, sugar beet seedlings at the four mentioned stages were transferred to the growth chamber and exposed to zero, -2 and –4°C for two periods of 4 and 8 hours. Second experiment, was carried out in the field to compare the results of greenhouse and field. Leaf samples were taken at three growth stages of sugar beet seedlings, transferred to growth chambers, and exposed to freezing temperatures. Assessment of freezing damages was performed using visual (survived or dead) and leaf chlorophyll florescence measurements. The results showed that freezing damage was 0.5, 8 and 85%, for low temperatures of zero, -2, and -4°C, respectively. Freezing damage on the detached leaves from field and the seedlings grown in growth chamber showed similar results. Chlorophyll fluorescence measurements as index for freezing damage showed that an increase of freezing stress caused a decrease in the amount of F_m (maximum chlorophyll fluorescence) and Fv/Fm (photochemical efficiency of photosystem II). Sugar beet cultivars were more susceptible at two-leaves stage as compared to four- leaves stage. The threshold of freezing damage had no significant differences among sugar beet cultivars, however, BR1 and Gadook cultivars showed the lowest and highest susceptibility to freezing, respectively. Results also showed that threshold of freezing damage on sugar beet seedling in concerned cultivars was -2°C and the lower the temperature the more damages occur in the field.

Keywords: Chlorophyll fluorescence, Freezing damage, Photosystem II, Sugar beet, Freezing and Threshold.

Received: February, 2008

1- Assistant Prof., Kermanshah Agriculture and Natural Resources Center, Kermanshah, Iran (Corresponding author).
2 and 5- Prof. Faculty of Agriculture and Animal Science, Agriculture and Natural Resources campus, The university of Tehran. Tehran, Iran.
3 and 6- Associate Prof. Faculty of Agriculture and Animal Science, Agriculture and Natural Recourses campus, The university of Tehran. Tehran, Iran.
4- Associate Prof. Sugar Beet Seed Research Institute, Karj, Iran

[DOR: 20.1001.1.15625540.1387.10.4.6.5]