نشریه پژوهشهای زراعی ایران
جلد ۱۳، شماره ۱، بهار ۱۳۹۴، ص. ۶۱-۵۳

Iranian Journal of Field Crops Research
Vol. 13, No. 1, Spring. 2015, p. 53-61

ارزیابی تحمل ارقام چغندر قند (*Beta vulgaris* L.) به دماهای انجماد تحت شرایط کنترل شده

احمد نظامی[۱]- حمیدرضا خزاعی[۲]- حمیدرضا مهرآبادی[۳*]- مجید دشتی[۴]- فرزین پور امیر[۵]- مسعود احمدی[۶]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۱۰/۲۶
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۸/۱۴

چکیده

به منظور ارزیابی تحمل ارقام چغندر قند به دماهای انجماد، تحقیقی در دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد با استفاده از آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملا تصادفی با سه تکرار در سال ۱۳۸۸ انجام شد و طی آن هفت رقم Suprema , Jolge, Monotunno , Giada , PP8 , SBSI1 , Palma در معرض ۱۰ تیمار دمایی (۰، ۲-، ۴-، ۶-، ۸-، ۱۰-، ۱۲-، ۱۴-، ۱۶- و ۱۸- درجه سانتی گراد) قرار گرفتند. گیاهان تا مرحله ۴-۵ برگی در شرایط طبیعی نگهداری شده و پس از آن به فریزر ترموگرادیان منتقل شدند. تعداد، سطح و وزن خشک برگ، درصد بقاء، درجه حرارت کشنده ۵۰ درصد گیاهان بر اساس بقاء (LT_{50su}) و نیز دمای کاهنده ۵۰ درصد وزن خشک ($RDMT_{50}$) سه هفته بعد از اعمال تیمارهای دمایی تعیین شدند. نتایج نشان داد که کاهش دما، سبب کاهش معنی‌دار تعداد، سطح و نیز وزن خشک برگ در گستره دمایی صفر تا $-8^{\circ}C$ و $-10^{\circ}C$ تا $-18^{\circ}C$ شد. مقادیر LT_{50su} و $RDMT_{50}$ در ارقام مورد بررسی متفاوت بود و رقم Monotunno با LT50su برابر $-16/9^{\circ}C$ متحمل‌ترین و ارقام PP8 و SBSI1 با LT_{50su} برابر $-15/2^{\circ}C$ حساسترین ارقام نسبت به دماهای یخ زدگی بودند. در تمام ارقام مورد بررسی کاهش دما به کمتر از $-14^{\circ}C$ سبب کاهش درصد بقاء شد. با وجود این در دمای $-16^{\circ}C$ ارقام PP8 و SBSI1 بطور کامل از بین رفتند، در حالی که برخی ارقام مانند Suprema و Monotunno درصد بقاء بالایی در دمای مذکور داشتند، ولی کاهش دما به $-18^{\circ}C$ سبب مرگ تمامی آنها شد. همبستگی خوبی بین $RDMT_{50}$ و LT_{50su} و همچنین بین LT_{50su} و درصد بقا ($r = ۰/۹۹^{**}$) وجود داشت.

واژه های کلیدی: بازیافت، درصد بقا، LT_{50su} ، $RDMT_{50}$ ، یخ زدگی

مقدمه

در ایران کشت چغندر قند (*Beta vulgaris* L.) اکثراً در مناطق خشک و نیمه خشک به صورت فاریاب و در بهار انجام می شود. با این حال طی سال های اخیر با توجه به کمبود منابع آبیاری و نیاز آبی بالای این گیاه و نیز شیوع آفات و بیماری‌ها، در برخی مناطق گرایش به سمت کشت پاییزه چغندر قند افزایش پیدا کرده است (۴). با این وجود بدلیل کاهش عملکرد کمی و کیفی (عیار قند) چغندر قند در صورت مواجهه با سرما در کاشت پاییزه (به خاطر به گل روی[۷] آن) محققان به دنبال ارقامی از چغندر قند می‌باشند که ضمن تحمل درجه حرارت‌های پایین، از حداقل به گل روی برخوردار باشند (۴). هر چند سابقه کشت پاییزه چغندر قند در ایران به حدود ۵۰ سال پیش بر می گردد (۵)، ولی توسعه این سیستم کاشت در برخی از مناطق کشور (مانند گرگان، ایلام و خراسان جنوبی) که پیش بینی می شود برای کشت زمستانه چغندر قند مناسب باشند، مستلزم کاشت رقم‌های کاملاً مقاوم به بولتینگ است (۲). مشخص شده است ارقامی که از قابلیت بقا و رشد بیشتری در شرایط سردسیر برخوردارند، میزان به گل روی در آنها کمتر می‌باشد (۲۰). درجه حرارت شبانه در طی زمستان در این مناطق گاهی به کمتر از ۱۵- تا ۱۸- درجه سانتی گراد می‌رسد، لذا در مرحله نخست توانایی تحمل چنین درجه حرارت‌هایی برای ارقامی که بایست در این مناطق کشت شوند اهمیت می‌یابد، ضمن اینکه باید این ارقام کمترین میزان به گل روی را داشته باشند. همچنین در برخی گزارشات مشاهده می‌شود که میزان خسارت ناشی از سرما و یخبندان بر محصولات زراعی کشور بیشتر از کل خسارات وارده از ناحیه آفات و بیماریها و حتی علفهای هرز می‌باشد (۱)، به همین دلیل در طی سال‌های اخیر به منظور دستیابی به ارقام چغندر قند متحمل به سرما تحقیقاتی صورت گرفته است (۶).

۱ ، ۲، ۳، ۴ و ۵- به ترتیب استادان و دانشجویان دکتری گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
(*- نویسنده مسئول: Email: hr.mehrabadi@yahoo.com)
۶- استادیار مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی

7- Bolting

جواهری و همکاران (۲) طی تحقیقی نتایج کشت پاییزه چغندر قند را بدلیل کاهش خسارات ناشی از آفات و بیماریها و بهره‌گیری از نزولات پاییز و زمستان موفقیت آمیز برشمردند. در آزمایشی وود و اسکات (۲۵) نشان دادند که عملکرد ریشه در کشت پاییزه به طور قابل ملاحظه‌ای بیشتر از کشت بهاره است. هافمن و سورین (۱۵) در بررسی کاشت بهاره و پاییزه چغندر قند مشاهده کردند که، گیاهان در کاشت پاییزه، درصد سبز و سرعت رسیدن به ۹۰ درصد سبز بالاتری نسبت به گیاهان کاشت بهاره داشتند. در مطالعه ایشان کاشت پاییزه منجر به افزایش وزن خشک گیاه شد، اما این افزایش بیشتر ناشی از وزن خشک ساقه گلدهنده در اثر به گل روی بود، در حالی که وزن خشک ریشه کاهش داشت. با این حال ارزیابی کشت پاییزه هفت ژنوتیپ چغندر قند در ایران (بردسکن و کاشمر) نشان داد، کاشت پاییزه چغندر قند علاوه بر حصول عملکرد های بالا (تا ۵۸ تن ریشه در هکتار) موجب کاهش ۴۰ تا ۵۰ درصد مصرف آب نسبت به کاشت بهاره شد (۴). رینالدی و ونلا (۲۰) نشان دادند که عملکرد ریشه و ساکارز، کل ماده خشک، غلظت قند و کارایی مصرف آب در رابطه با تولید ساکارز در کشت پاییزه بیشتر از کشت بهاره بود. ضمن اینکه سبب صرفه جویی آب به میزان ۲۶ درصد شد. در مطالعه دیگری شاخص سطح برگ ۳/۵ در چغندر قند در کاشت پاییزه، ۳ تا ۴ هفته زودتر از کشت بهاره بدست آمد و این سبب جذب بیشتر نور در کشت پاییزه شد (۱۵).

فولر و همکاران (۱۳) توانایی بقاء زمستانه ارقام گندم (*Triticum aestivum*) را با کاشت در مزرعه و مواجهه آنها با سرما تحت شرایط طبیعی و مقایسه با نمونه شاهد، مورد ارزیابی قرار دادند. با این وجود ارزیابی تحمل به سرمای گیاهان در شرایط مزرعه علیرغم اینکه گیاه در شرایط واقعی سرما قرار می گیرد، ولی احتمال دارد به سبب نوسانات مکانی و زمانی در وقوع سرما و نیز وجود پوشش برف و یخ، نوسان در مقادیر رطوبت و حاصلخیزی خاک و اثرات موضعی برخی پاتوژنها نتایج معتبر و دقیقی بدست نیاید، ضمن اینکه چنین آزمایشاتی معمولا زمان بر و پرهزینه می‌باشند (۹)، حال اینکه انجام آزمایش در شرایط کنترل شده ضمن سهولت و سرعت، قابلیت تکرار را نیز به دنبال خواهد داشت (۹ و ۱۰).

در آزمون یخ زدگی تحت شرایط کنترل شده که توسط بسیاری از محققان به عنوان یک روش مناسب برای اندازه‌گیری تحمل به سرما مورد استفاده قرار گرفته است (۱۲ و ۱۷)، گیاهان در شرایط کنترل شده در معرض دماهای یخزدگی قرار می‌گیرند و پس از اعمال تیمارهای انجماد، به گلخانه منتقل و پس از گذراندن یک دوره بازیافت[1] که حدود ۳ تا ۴ هفته می‌باشد، منحنی درصد بقاء آنها در مقابل دماهای تیمار شده رسم شده و بر اساس آن دمایی که سبب ایجاد ۵۰ درصد تلفات در نمونه‌های گیاهی می‌شود به عنوان LT_{50su} تعیین می‌گردد (۷ و ۱۴)، ضمن اینکه صفات مرتبط با بازیافت آنها (مانند رشد اندام‌های هوایی) نیز می‌تواند مورد بررسی قرار گیرد (۹).

میرزایی اصل و همکاران (۷) به منظور بررسی روشهای ارزیابی مقاومت به سرما در گندم و تعیین روشی سریع و موثر، تعداد ۹ رقم را مورد بررسی قرار داده و مشاهده کردند که LT_{50} حاصل از طوقه‌های گیاهان رشد یافته در شرایط مزرعه همبستگی بالایی ($r = ۰/۹۸$) با LT_{50} حاصل از گیاهان کشت شده در گلدان‌های کوچک داشت. نظامی و همکاران (۹) نیز با بررسی تحمل به سرمای چند رقم چغندر قند در شرایط کنترل شده اظهار داشتند که بین ارقام چغندر قند از نظر درصد بقاء تفاوت معنی‌داری وجود دارد. همچنین آنها خاطر نشان کردند که با توجه به همبستگی مناسب بین دمای کاهنده ۵۰ درصد وزن خشک[2] ($RDMT_{50}$) و LT_{50su} بنظر می رسد که بتوان از این صفت در ارزیابی مقاومت به یخ زدگی ارقام چغندر قند بهاره استفاده کرد.

با توجه به محدودیت‌های موجود در کشت بهاره چغندر قند بنظر می‌رسد که کاشت پاییزه این گیاه می‌تواند مورد توجه قرار گیرد و از آنجا که در خصوص تحمل به سرمای ارقام چغندر قند در شرایط کشت پاییزه اطلاعات چندانی در دسترس نیست، این تحقیق با هدف ارزیابی تحمل به یخ زدگی تعدادی از ارقام ایرانی و خارجی چغندر قند که عمدتاً از مناطق سردسیر ایتالیا و سوئد می‌باشند برای ارزیابی واکنش این ارقام به تنش یخزدگی در شرایط کنترل شده اجرا گردید.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد به صورت آزمایش فاکتوریل و در قالب طرح کاملا تصادفی با سه تکرار در پاییز سال ۱۳۸۸ انجام شد. در این مطالعه هفت رقم چغندرقند (Jolge Monotunno, Suprema، Giada، PP8، SBSI1، Palma) در معرض ۱۰ دمای یخزدگی (شامل درجه حرارتهای صفر، ۲-، ۴-، ۶-، ۸-، ۱۰-، ۱۲-، ۱۴-، ۱۶- و ۱۸- سانتی گراد) قرار گرفتند. منشاء ارقام Jolge، PP8 و SBSI1 ایران، ارقام Giada، Suprema و Palma ایتالیا و رقم Monotunno سوئد بود. در اواسط مهر ماه در هر گلدان تعداد ۱۰ عدد بذر در عمق ۲ سانتی متر کشت شدند. گلدان‌های پلاستیکی دارای ابعادی به ارتفاع ۲۰ سانتی متر و قطر دهانه ۱۵ سانتی متر بودند و خاک گلدان ترکیب مساوی از خاک مزرعه، خاکبرگ و ماسه بود. پس از سبز و استقرار گیاهان، تعداد ۵ بوته در هر گلدان (یک واحد آزمایش) نگهداری و

1- Recovery

2- Reduced dry Matter Temperature 50 (RDMT50)

بقیه حذف شدند. تعداد کل واحدهای آزمایش با احتساب تکرار برابر ۲۱۰ بود. گیاهان تا مرحله ۴ تا ۵ برگی در شرایط طبیعی نگهداری شده و بعد از آن جهت اعمال تیمارهای انجماد به فریزر ترموگرادیان منتقل شدند. دمای فریزر در شروع آزمایش ۵°C بود که پس از قرار دادن نمونه‌ها، دما با سرعت۲°C در هر ساعت کاهش پیدا نمود. به منظور تشکیل هستک یخ در گیاهچه‌ها، در دمای ۲°C- محلول حاوی باکتری‌های القاء کننده هستک یخ[1] (INAB) روی آنها به گونه‌ای اسپری شد که سطح تمامی برگ‌ها را قشر نازکی از این محلول پوشانید (لیندو و همکاران ۱۹۸۲). برای ایجاد تعادل دمایی در محیط آزمایش، گیاهان در تیمارهای مورد نظر به مدت یک ساعت نگهداری و سپس به اتاقک رشد با دمای۲± ۵°C منتقل شده و به مدت ۲۴ ساعت در این شرایط نگاه داشته شدند.

در مرحله بعد نمونه‌ها به شاسی سرد انتقال پیدا کرده و پس از ۲۱ روز درصد بقاء و بازیافت گیاهچه‌ها مورد بررسی قرار گرفتند. درجه حرارتی که در آن دما، ۵۰ درصد گیاهان بر اساس در صد بقاء (LT_{50su}) از بین می‌روند و همچنین درجه حرارتی که منجر به کاهش ۵۰ درصد وزن خشک گیاه ($RDMT_{50}$) می‌شود، بر اساس برازش و تعیین مناسب‌ترین معادله بین ($LT50_{su}$) و ($RDMT_{50}$) در مقابل دماهای یخ زدگی تعیین شدند. علاوه بر این دیگر صفات مرتبط با رشد از قبیل سطح، تعداد و وزن خشک برگ در بوته، بزرگترین قطر و طول ریشه ذخیره‌ای چغندر قند تعیین و ثبت شد. تجزیه آماری داده‌ها با استفاده از نرم افزارMSTAT-C و همبستگی بین صفات بوسیله نرم افزارSPSS انجام گرفت. میانگین داده‌ها نیز با استفاده از آزمون کمترین اختلاف معنی‌دار (LSD) در سطح ۵ درصد مورد مقایسه قرار گرفتند.

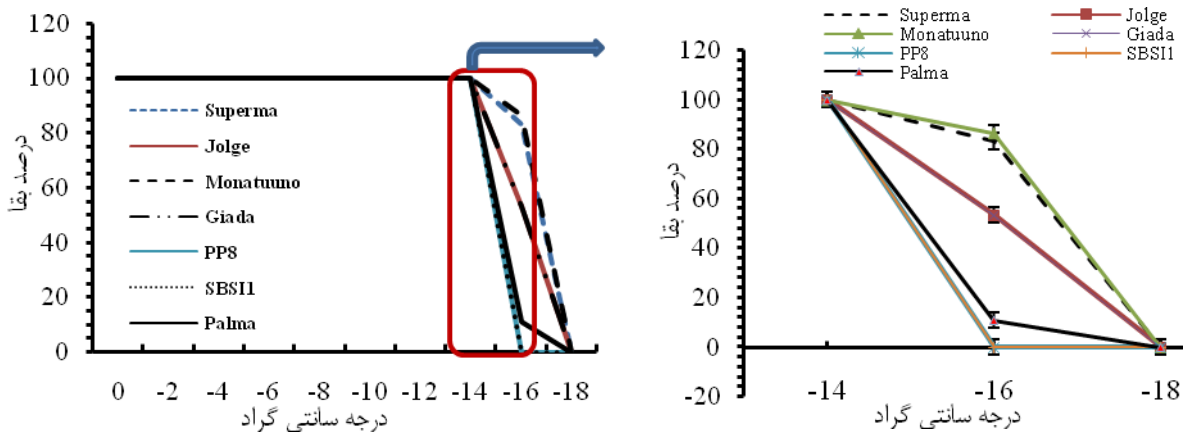
نتایج و بحث

درصد بقاء: کاهش دما بویژه به پایینتر از ۱۴°C- سبب تغییر معنی‌دار ($p< 0.01$) درصد بقاء ارقام چغندر قند در دوره بازیافت شد (جدول۱). اثر متقابل دمای یخزدگی و ارقام چغندر قند بر درصد بقاء معنی‌دار ($p< 0.01$) بود. نتایج نشان داد درصد بقاء گیاهچه ارقام چغندر تا دمای۱۴°C- ، تحت تاثیر تنش یخ زدگی قرار نگرفت ولی کاهش دما به ۱۶°C- سبب مرگ کامل گیاهچه در ارقامPP8 و SBSI1 شد، این درحالی بود که در این دما ارقام Suprema و Monotunno به ترتیب حدود ۸۳/۳ و ۸۶/۷ درصد بقاء داشتند. در صد بقاء ارقام جلگه، گیادا و پالما در این دما به ترتیب برابر ۵۳، ۵۳ و ۱۱ درصد بود. کاهش دما به ۱۸°C- نیز موجب از بین رفتن گیاهچه تمامی ارقام چغندر قند شد (شکل۱). ارقام چغندر قند از نظر مقادیر LT_{50su} نیز تفاوت معنی‌داری داشتند (جدول۵)، بطوریکه ارقام Suprema و Monotunno از LT_{50su} پایین تری در مقایسه با ارقام PP8 و SBSI1 برخوردار بودند.

تعداد و سطح برگ در گیاهچه: ارقام چغندر قند از نظر تعداد و سطح برگ پس از اعمال تیمارهای یخزدگی دارای اختلاف معنی‌داری ($p< 0.01$) بودند (جدول۱) و ارقام Giada و SBSI1 به ترتیب بیشترین و کمترین تعداد برگ در بوته را داشتند، در حالیکه بیشترین و کمترین سطح برگ در پایان دوره بازیافت به ترتیب متعلق به ارقام Monotunno و SBSI1 بود، به نحوی که سطح برگ رقم Monotunno حدود ۳/۴ برابر بیشتر از آن در رقمSBSI1 بود (جدول ۲). همبستگی معنی‌دار بین تعداد و سطح برگ با درصد بقاء به ترتیب ($r=۰/۶۰^{*}$ و$r=۰/۸۵^{**}$)، مؤید این مطلب است که گیاهانی که پس از وقوع تنش سرما بتوانند تعداد و سطح برگ بیشتری را حفظ نمایند، توانایی بالاتری در شروع دوباره فعالیت فتوسنتزی، پس از رفع سرما داشته و بازیافت بهتری خواهند داشت. بنابراین تلفات کمتر در تعداد و یا سطح برگ بعد از مواجهه با دماهای انجماد در پایان دوره بازیافت، احتمالاً نشانه تحمل نسبی گیاه به تنش و بازیافت نسبتا مناسب آن می‌باشد. نتایج همچنین حاکی از تاثیر معنی‌دار دماهای یخزدگی بر تعداد و سطح برگ ارقام چغندر قند بود (جدول۱). علاوه بر این واکنش تعداد و سطح برگ گیاهچه ارقام چغندر قند به دماهای انجماد معنی‌دار بود (جدول۱). کاهش تعداد برگ تا دمای ۱۴°C- در اغلب ارقام ناچیز بود، اما کاهش دمای انجماد به ۱۶°C- سبب کاهش ۱۸ درصدی تعداد برگ در رقم Giada شد، در صورتیکه در ارقامPP8، SBSI1 و Palma کل برگ ها از بین رفتند. همچنین سطح برگ رقم Suprema در دمای ۱۶°C- حدود ۵۴ درصد نسبت به شاهد کاهش یافت، در صورتی که این کاهش در ارقام Jolge ، Monotunno و Giada بیش از ۷۵ درصد و در سایر ارقام صد درصد بود (جدول۴).

وزن خشک و دمای کاهنده ۵۰ درصد آن: اثر دماهای یخزدگی بر وزن خشک برگ ارقام چغندر قند معنی‌دار بود (جدول۱) و ارقام Monotunno و SBSI1 بترتیب بیشترین و کمترین وزن خشک برگ را داشتند (جدول۲). به گونه‌ای که وزن خشک رقم Monotunno حدود ۳/۳ برابر رقم SBSI1 بود. با وجود اینکه اعمال تیمارهای یخ زدگی اغلب سبب کاهش وزن خشک برگ در ارقام چغندر قند شد، ولی کاهش مذکور نسبت به رقم متفاوت بود، بطوریکه کاهش دما به ۱۶°C- سبب کاهش ۷۸ درصدی وزن خشک برگ ارقام Jolge و Giada شد، در حالی که ارقام PP8، SBSI1 و Palma هیچگونه برگی نداشتند. نتایج حاصل از روابط رگرسیونی بدست آمده بین وزن خشک برگ و دماهای انجماد (شکل۲) حاکی از افزایش نسبی وزن خشک برگ چغندر پس از مواجهه گیاه با دماهای یخزدگی در گستره ۸- تا ۱۰- درجه سانتی‌گراد بود (جدول ۳).

1- Ice Nucleation Active Bacteria



شکل ۱- اثر دماهای یخ زدگی بر درصد بقاء گیاهچه ارقام چغندر قند سه هفته پس از دوره بازیافت

جدول ۱- منابع تغییر، درجه آزادی و میانگین مربعات درصد بقاء، تعداد، سطح و وزن خشک برگ، قطر و طول ریشه گیاهچه های چغندر قند سه هفته پس از دوره بازیافت

منابع تغییر	درجه آزادی	درصد بقاء	تعداد برگ در بوته	سطح برگ	وزن خشک برگ	قطر ریشه	طول ریشه
رقم	۶	۳۷۶/۰۴**	۴۰/۰۲**	۱۸۴۹/۰۴**	۱۴۱۹۳۱/۸۳**	۱۳/۴۶*	۲۱۵۴/۸۰**
دمای یخ زدگی	۹	۲۵۴۲۳/۰۷**	۱۰۸/۷۰**	۱۳۶۹/۸۵**	۱۱۲۳۳۵/۳۳**	۲۷/۱۲**	۱۱۷۲۳/۹۸**
رقم × دما	۵۴	۴۳۳/۴۳**	۳/۵۸**	۷۴/۵۶**	۶۵۱۴/۲۹**	۱/۱۵**	۵۰۷/۶۹**
خطا	۱۴۰	۶۳/۳۰	۰/۲۰	۷/۸۰	۸۳۹/۵۵	۰/۱۰	۴۰/۸۲

*و** – به ترتیب معنی دار در سطوح احتمال آماری ۵ و ۱ درصد

جدول ۲- میانگین درصد بقاء، تعداد، سطح و وزن خشک برگ، قطر و طول ریشه گیاهچه های چغندر قند،LT_{50su} و RDMT50 سه هفته پس از دوره بازیافت

رقم	درصد بقاء	تعداد برگ در بوته	سطح برگ (cm^{-2})	وزن خشک برگ (میلی گرم در بوته)	قطر ریشه (mm)	طول ریشه اصلی (mm)	LT_{50su} درجه حرارت	$RDMT_{50}$ درجه حرارت
Suprema	۸۸/۳	۵/۳	۱۳/۸	۱۲۴/۱	۲/۷	۶۲/۰	-۱۶/۹	-۱۶/۸
Jolge	۸۵/۳	۵/۹	۱۵/۵	۱۵۰/۹	۲/۸	۷۲/۲	-۱۶/۳	-۱۴/۶
Monotunno	۸۷/۵	۶/۱	۳۲/۶	۲۸۴/۲	۲/۷	۴۷/۴	-۱۶/۹	-۱۵/۹
Giada	۸۵/۳	۷/۷	۲۰/۴	۲۰۱/۲	۴/۱	۵۸/۶	-۱۶/۰	-۱۶/۳
PP8	۸۰/۰	۴/۷	۱۲/۲	۱۱۱/۷	۲/۲	۵۰/۲	-۱۵/۲	-۱۴/۸
SBSI1	۸۰/۰	۴/۱	۹/۵	۸۷/۴	۲/۰	۵۱/۷	-۱۵/۲	-۱۵/۴
Palma	۸۱/۱	۵/۸	۱۲/۲	۱۰۸/۰	۲/۸	۵۹/۴	-۱۵/۴	-۱۴/۶
$LSD_{(0.5\%)}$	۴/۰۶	۰/۲	۱/۴	۱۴/۸	۰/۲	۳/۳	۱/۰	۱/۳

جدول ۳- اثر دماهای یخ زدگی بر درصد بقاء، تعداد، سطح و وزن خشک برگ و ابعاد ریشه گیاهچه های چغندر قند سه هفته پس از دوره بازیافت

دمای یخ زدگی	درصد بقاء	تعداد برگ در بوته	سطح برگ (cm^{-2})	وزن خشک برگ (mg per plant)	قطر ریشه (mm)	طول ریشه اصلی (mm)
صفر	۱۰۰	۷/۰	۲۰/۵	۱۸۴/۵	۳/۱	۷۱/۷
-۲	۱۰۰	۶/۴	۱۹/۶	۱۷۳/۹	۳/۱	۷۱/۰
-۴	۱۰۰	۶/۷	۱۸/۲	۱۸۲/۳	۳/۱	۶۷/۹
-۶	۱۰۰	۶/۷	۲۱/۸	۱۸۹/۵	۳/۴	۷۱/۸
-۸	۱۰۰	۶/۷	۲۱/۶	۲۰۴/۳	۳/۲	۶۹/۴
-۱۰	۱۰۰	۶/۹	۲۳/۵	۲۱۰/۵	۳/۷	۶۶/۱
-۱۲	۱۰۰	۶/۴	۱۸/۷	۱۷۶/۳	۳/۱	۶۰/۵
-۱۴	۱۰۰	۶/۴	۱۸/۸	۱۷۰/۵	۳/۳	۶۴/۹
-۱۶	۴۱	۳/۲	۳/۳	۳۳/۲	۱/۴	۳۰/۳
-۱۸	۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰
$LSD_{(0.5\%)}$	۴/۹	۰/۳	۱/۷	۱۷/۷	۰/۲	۳/۹

جدول٤- اثر دمای یخ زدگی بر تعداد (الف)، سطح برگ (ب)، وزن خشک برگ (ج)، قطر (د) و طول ریشه (ه) گیاهچه ارقام چغندر قند سه هفته پس از اعمال تیمارهای انجماد

(الف) ژنوتیپ	صفر	-۲	-٤	-٦	-۸	-۱۰	-۱۲	-۱٤	-۱٦	-۱۸
Suprema	۶/۸	۵/۵	۶/۰	۵/۷	۶/۰	۶/۸	۶/۰	۵/۷	۴/۷	۰
Jolge	۷/۵	۶/۳	۵/۵	۶/۶	۶/۹	۸/۵	۵/۷	۶/۵	۴/۹	۰
Monotunno	۶/۸	۵/۷	۷/۷	۷/۷	۶/۸	۶/۴	۷/۰	۸/۰	۵/۰	۰
Giada	۹/۲	۸/۷	۱۰/۰	۷/۸	۷/۷	۸/۷	۸/۲	۹/۰	۷/۵	۰
PP8	۶/۸	۷/۲	۵/۸	۶/۷	۵/۸	۵/۵	۵/۲	۴/۳	۰	۰
SBSI1	۴/۸	۴/۵	۴/۵	۵/۳	۶/۰	۴/۹	۵/۳	۴/۷	۰	۰
Palma	۷/۰	۶/۸	۷/۵	۷/۰	۷/۵	۷/۷	۷/۲	۶/۸	۰	۰
$LSD_{(0.5\%)}$					۷/۱					
(ب)										
Suprema	۱۳/۳	۱۴/۷	۱۳/۷	۱۳/۰	۲۱/۳	۲۱/۶	۱۵/۸	۱۸/۷	۶/۲	۰
Jolge	۲۰/۵	۲۵/۳۸	۱۲/۸	۱۸/۸	۱۸/۰	۳۱/۲	۱۲/۵	۱۱/۲	۴/۷	۰
Monotunno	۴۳/۷	۳۶/۲	۳۴/۸	۴۳/۴	۴۱/۵	۴۶/۰	۳۲/۷	۴۰/۳	۷/۸	۰
Giada	۲۱/۵	۲۲/۳	۲۴/۲	۲۹/۵	۲۳/۷	۲۲/۵	۳۱/۳	۲۳/۸	۴/۷	۰
PP8	۱۵/۵	۱۲/۵	۱۶/۷	۱۷/۸	۱۶/۸	۱۴/۰	۹/۷	۱۸/۹	۰	۰
SBSI1	۱۰/۳	۱۱/۵	۱۰/۲	۱۳/۷	۱۶/۰	۱۲/۲	۱۳/۰	۸/۰	۰	۰
Palma	۱۸/۸	۱۴/۸	۱۴/۷	۱۶/۲	۱۴/۰	۱۷/۰	۱۵/۸	۱۰/۷	۰	۰
$LSD_{(0.5\%)}$					۴/۵۱					
(ج)										
Suprema	۱۱۵/۲	۱۲۵/۲	۱۳۱/۷	۱۱۲/۷	۱۹۸/۸	۱۸۱/۹	۱۴۰/۰	۱۵۶/۷	۷۸/۲	۰
Jolge	۲۱۱/۲	۲۳۱/۹	۱۱۰/۷	۱۹۳/۳	۲۰۱/۴	۲۶۱/۷	۱۲۰/۰	۱۳۲/۲	۴۶/۷	۰
Monotunno	۳۸۰/۲	۲۸۲/۷	۳۵۸/۲	۳۵۵/۴	۳۸۰/۳	۴۰۳/۳	۲۸۶/۲	۳۳۱/۸	۶۳/۵	۰
Giada	۱۹۷/۷	۲۳۲/۲	۲۸۸/۷	۲۲۱/۴	۲۳۵/۵	۲۱۴/۷	۳۳۴/۵	۲۴۲/۲	۴۴/۰	۰
PP8	۱۴۶/۸	۹۸/۷	۱۶۳/۵	۱۴۱/۸	۱۵۲/۵	۱۴۱/۵	۸۴/۰	۱۵۸/۵	۰	۰
BSI1	۹۰/۰	۱۰۴/۸	۹۴/۰	۱۲۴/۰	۱۴۷/۵	۱۲۰/۲	۱۲۴/۰	۶۹/۷	۰	۰
Palma	۱۴۹/۵	۱۴۱/۷	۱۲۹/۰	۱۴۷/۵	۱۱۳/۸	۱۵۰/۰	۱۴۵/۵	۱۰۲/۷	۰	۰
$LSD_{(0.5\%)}$					۴۷/۲					
(د)										

Suprema	۲/۸	۲/۸	۳/۴	۲/۹	۲/۷	۳/۸	۲/۷	۳/۱	۲/۶	۰
Jolge	۳/۸	۳/۶	۲/۶	۳/۴	۲/۹	۴/۴	۲/۸	۲/۶	۲/۴	۰
Monotunno	۲/۰	۱/۶	۳/۳	۳/۷	۳/۴	۳/۴	۲/۹	۴/۰	۲/۳	۰
Giada	۴/۵	۴/۶	۴/۶	۴/۸	۴/۷	۵/۱	۵/۳	۴/۶	۲/۸	۰
PP8	۲/۴	۲/۷	۲/۷	۳/۲	۲/۸	۲/۸	۲/۱	۳/۷	۰	۰
SBSI1	۲/۲	۲/۷	۲/۳	۲/۴	۲/۷	۲/۷	۲/۳	۲/۴	۰	۰
Palma	۳/۸	۳/۹	۳/۱	۳/۲	۳/۶	۳/۷	۳/۷	۲/۶	۰	۰
$LSD_{(0.5\%)}$					۰/۵					

(ه)

Suprema	۷۴/۰	۷۴/۰	۶۲/۰	۵۶/۹	۷۰/۶	۸۲/۰	۷۵/۷	۷۰/۱	۵۴/۵
Jolge	۱۰۱/۷	۷۶/۵	۷۰/۷	۱۰۳/۲	۷۷/۸	۶۵/۷	۸۱/۲	۷۵/۰	۷۰/۷
Monotunno	۶۷/۰	۷۷/۵	۶۵/۰	۶۰/۸	۶۰/۲	۵۸/۳	۲۹/۸	۳۳/۷	۲۲/۰
Giada	۵۳/۹	۶۶/۷	۶۷/۸	۷۶/۷	۷۰/۰	۵۷/۵	۶۳/۳	۶۵/۸	۶۴/۷
PP8	۶۷/۵	۶۴/۲	۶۶/۷	۶۳/۲	۷۱/۰	۵۸/۷	۴۴/۵	۶۶/۰	۰
SBSI1	۵۹/۳	۷۰/۷	۶۴/۷	۶۹/۸	۶۳/۸	۶۵/۵	۵۹/۱	۶۴/۰	۰
Palma	۷۸/۶	۶۷/۵	۷۸/۷	۷۲/۳	۷۲/۳	۷۴/۸	۶۹/۹	۷۹/۵	۰
$LSD_{(0.5\%)}$					۱۰/۳				

افزایش وزن خشک و ارتفاع بوته گیاه بنفشه (*Viola odorata*) در گستره دمایی مذکور توسط نظامی و همکاران (۱۰) نیز گزارش شده است. این حالت ممکن است ناشی از اثرات سرما بر جوانه‌های انتهایی و حذف غالبیت آنها و تحریک گیاه جهت تولید برگ بیشتر باشد هرچند دلایل این افزایش نامشخص می‌باشد. با وجود این، تغییرات وزن خشک برگ در برخی ارقام مانند Palma تا $-12^{\circ}C$ و در برخی دیگر مانند Monotunno و Giada تا $-14^{\circ}C$ ملایم بود و پس از آن شدیداً کاهش یافت. اضمحلال کامل برگها به دنبال مرگ گیاهان در برخی از ارقام چغندرقند در دمای $-16^{\circ}C$ و در بعضی دیگر در دمای $-18^{\circ}C$ مشاهده شد (شکل۱). گیاهان هنگام برخورد با تنش سرما واکنش های متفاوتی از خود بروز می‌دهند، بطوریکه برخی از آنها تحت تاثیر سرما از بین می‌روند و برخی دیگر پس از رفع تنش (بسته به آسیب وارده به گیاه) دچار کاهش رشد خفیف تا شدید می شوند. البته این موضوع بستگی به میزان دما، طول دوره تنش و گونه و حتی نوع رقم دارد (۲۱).

براساس نتایج، ارقام چغندر قند از نظر دمای کاهنده ۵۰ درصد وزن خشک در ارقام چغندر قند ($RDMT_{50}$) تفاوت معنی‌داری ($p<0.05$) داشتند (جدول۵)، در حالی که ارقام Palma و Jolge در درجه حرارت $-14/6^{\circ}C$ دچار کاهش۵۰ درصدی وزن خشک شدند، این کاهش در رقم Suprema در دمای $-16/8^{\circ}C$ اتفاق افتاد (جدول۲). در تحقیقی بر روی نخود در شرایط کنترل شده گزارش شد، شاخص $RDMT_{50}$در ژنوتیپ‌های محتمل به سرمای نخود ۲ درجه سانتی‌گراد کمتر از ژنوتیپ حساس بود، در مطالعه مذکور ضریب همبستگی بین $RDMT_{50}$ و LT_{50} ($r = ۰/ ۸۹$) گزارش شد و $RDMT_{50}$ به عنوان شاخص مناسبی برای ارزیابی میزان تحمل به سرما در این گیاه در طی دوره بازیافت و رشد مجدد ذکر گردید (۸).

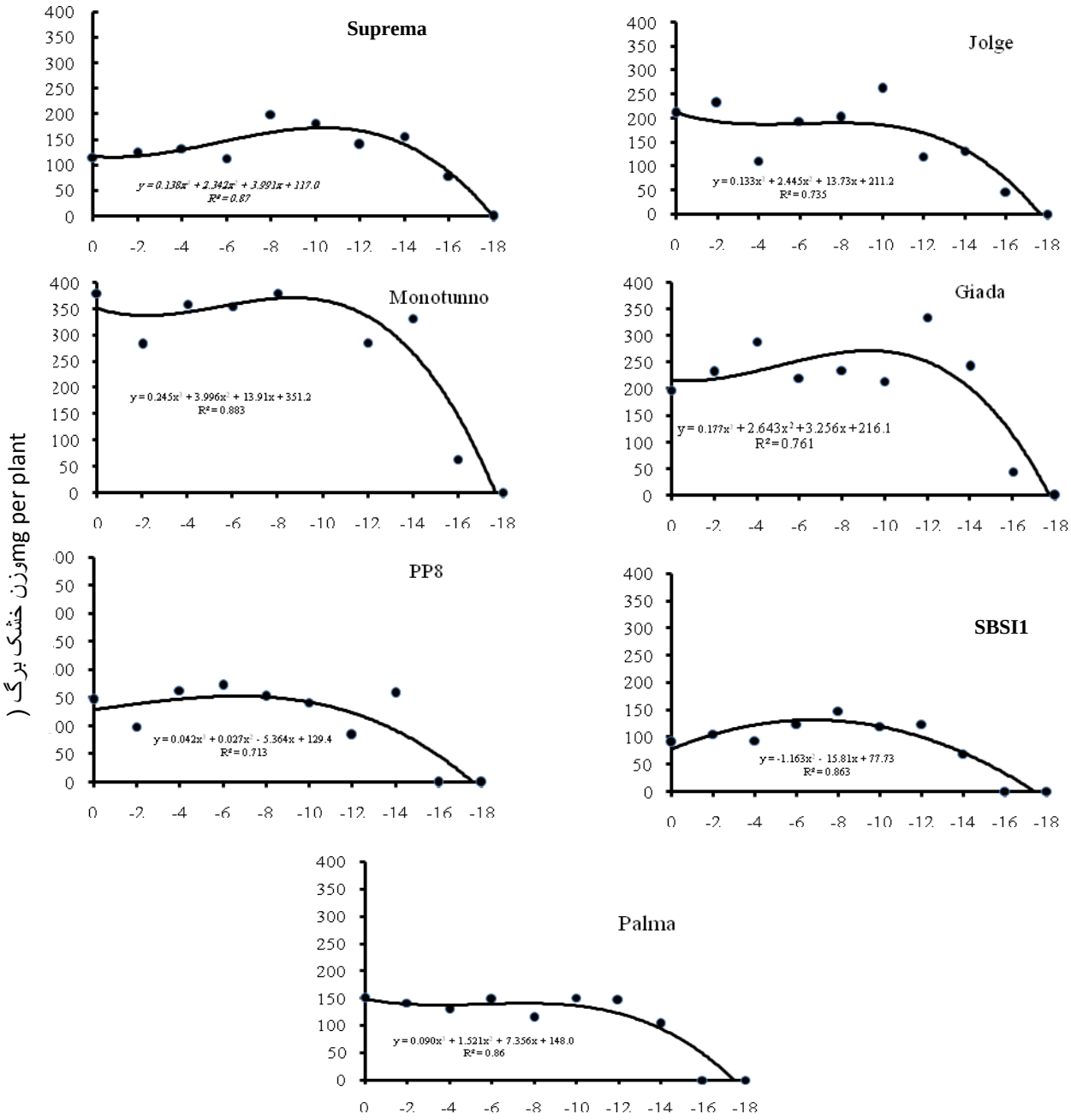
جدول ۵- منابع تغییر، درجه آزادی و میانگین مربعات $RDMT_{50}$ و LT_{50} ارقام چغندر قند سه هفته پس از دوره بازیافت

منابع تغییر	درجه آزادی	LT_{50}	$RDMT_{50}$
تکرار	۲	۰/۳۳۵	۳/۷۴۸**
رقم	۶	۱/۶۴۷**	۲/۳۵۶*
خطا	۱۲	۰/۲۸۸	۰/۵۰۶

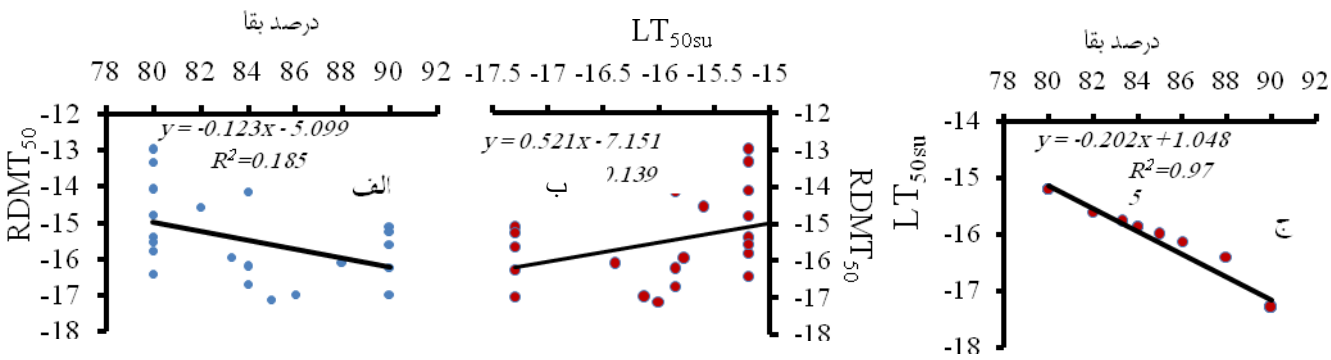
*و**- به ترتیب معنی دار در سطح احتمال آماری ۵ و ۱ درصد

نتایج مطالعه حاضر نشان داد که همبستگی بالایی بین $RDMT_{50}$ و درصد بقا وجود ندارد (شکل۴ الف). نظامی و همکاران (۹) مشاهده کردند که همبستگی خوبی بین$RDMT_{50}$ و درصد بقاء ارقام چغندر قند بهاره وجود دارد. آنها همچنین همبستگی بالایی را بین LT_{50} و $RDMT_{50}$ گزارش کردند ($r= ۰/۸۳^{**}$). در آزمایش حاضر همبستگی بدست آمده بین $RDMT_{50}$ و LT_{50} ($r =۰/۳۷$) معنی‌دار نبود (شکل ب ۴)، ولی همبستگی بالا و معنی‌داری بین LT_{50} و درصد بقا ($r =۰/۹۹^{**}$) وجود داشت (شکل ۴ ج). در این آزمایش رقم Monotunno درصد بقاء بالایی را پس از اعمال دماهای یخزدگی داشت و میزان LT_{50su} آن پایین‌تر از سایر ارقام بود (جدول ۲)، ولی میزان $RDMT_{50}$ رقم مذکور چنین روندی را نداشت. لذا بنظر می‌رسد، هر چند برخی ارقام توانایی خوبی برای زنده ماندن و تحمل درجه حرارت‌های پایین دارند، ولی بازیافت آنها ممکن است بعد از سرماهای شدید به تاخیر افتد و توانایی رشد مجدد خوبی

را نداشته باشند. چنین وضعیتی در مطالعات مزرعه‌ای نیز مشاهده شده است که گاهی یک رقم درصد بقاء خوبی داشته، ولی قادر به بازیافت و رشد مجدد پس از سرمای زمستان نبوده است (۹).



شکل ۲- تغییرات وزن خشک برگ ارقام چغندر قند تحت تاثیر دماهای یخ زدگی سه هفته پس از دوره باز یافت در شرایط کنترل شده



شکل۳- همبستگی بین$RDMT_{50}$ و درصد بقاء (الف) ، $RDMT_{50}$ و LT_{50su} (ب) و LT_{50su} و درصد بقاء (ج) سه هفته پس از دوره بازیافت

قطر و طول ریشه: ارقام چغندر قند از نظر قطر و طول ریشه سه هفته پس از اعمال یخزدگی دارای اختلاف معنی‌داری بودند (جدول۱) و دو رقم Giada و SBSI1 به ترتیب با ۴/۱ و ۲/۰ میلیمتر از بیشترین و کمترین قطر ریشه برخوردار بودند (جدول۲). در حالی که بیشترین و کمترین طول ریشه به ترتیب مربوط به ارقام Jolge و Monotunno بود. علاوه بر این نتایج نشان‌دهنده تاثیر شدید دمای ۱۶- $^{\circ}C$ بر قطر و طول ریشه بود، زیرا هر چند پارامترهای فوق الذکر تحت تاثیر دمای ۱۴- $^{\circ}C$ قرار گرفتند (به ترتیب ۰/۴ در صد افزایش و ۹/۵ در صد کاهش نسبت به شاهد)، ولی در دمای ۱۶- $^{\circ}C$ نزدیک به ۶۰ درصد نسبت به تیمار شاهد کاهش داشتند. نتایج همچنین بیانگر اثر معنی‌دار دماهای انجماد در رابطه با قطر و طول ریشه گیاهچه ارقام چغندر بود (جداول ۱ و ۴). بطوریکه با کاهش دمای انجماد (بویژه در دمای ۱۰- $^{\circ}C$) قطر ریشه در اکثر ارقام افزایش معنی‌داری را نشان داد، در حالیکه در رقم PP8 بدون تاثیر و در رقم Palma سبب کاهش معنی دار قطر ریشه شد. کاهش دمای انجماد سبب افزایش معنی‌دار طول ریشه رقم Giada شد در حالیکه واکنش ریشه رقم جلگه در این مورد کاهشی بوده و ارقامی چون Palma زیاد تحت تأثیر قرار نگرفتند. نتایج همبستگی بدست آمده نشان دهنده رابطه مثبت و معنی‌دار بین درصد بقاء گیاهچه با قطر ($r=$ ۰/۸۰**) و طول ریشه ($r=$ ۰/۸۴**) و نیز تعداد برگ با قطر ($r=$ ۰/۹۱**) و طول ریشه ($r=$ ۰/۴۷**) بود.

ارقام چغندر قند مورد بررسی از نظر سطح تحمل به دماهای یخزدگی واکنش‌های متفاوتی داشتند، به صورتیکه درصد بقاء ارقام Monotunno و Suprema بالاتر از ارقام PP8, Palma و SBSI1 بود. دماهای کمتر از ۱۴- $^{\circ}C$ تمامی خصوصیات رشدی مورد بررسی اعم از تعداد، سطح و وزن خشک برگ، قطر و طول ریشه را بطور معنی‌داری تحت تاثیر قرار دادند. ارقام چغندر از نظر مقادیر LT_{50su} و $RDMT_{50}$ تفاوت معنی‌داری داشتند. همچنین بین $RDMT_{50}$ و درصد بقا گیاهچه‌ها سه هفته پس از اعمال تیمارهای انجماد و در طی دوره بازیافت ارتباط غیر معنی‌داری وجود داشت. تفاوت بین بالاترین و کمترین مقادیر $RDMT_{50}$ و LT_{50su} بین ارقام به ترتیب ۲/۲ و ۱/۷ درجه سانتی‌گراد بود. همچنین بین LT_{50su} و درصد بقا همبستگی بالایی ($r=$۰/۹۹**) وجود داشت و لذا ارقامی که در درجه حرارت های پایین‌تری دچار کاهش وزن خشک به میزان ۵۰ درصد (نسبت به شرایط غیر تنش) می‌شوند، بقای بالاتری را در مواجهه با دماهای انجماد خواهند داشت. با این وجود به علت همبستگی نسبتاً کم این متغییر ($RDMT_{50}$) با در صد بقاء، بالاتر بودن وزن خشک پس از دوره بازیافت نمی‌تواند ملاک دقیقی برای تعیین میزان بقاء گیاهان پس از مواجهه با یخزدگی باشد. بر اساس مقادیرLT_{50su}، ارقام Monotunno و Suprema (با ۱۶/۹- =LT_{50su}) تحمل به سرمای بیشتری از ارقام PP8 و SBSI1 (با ۱۵/۲- =LT_{50su}) داشتند. علاوه بر این رقم Suprema از بیشترین قابلیت بازیافت و رشد مجدد پس از مواجهه با دماهای یخزدگی برخوردار بود.

نتیجه گیری کلی

منابع

۱- امیر قاسمی، ت. ۱۳۸۱. سرمازدگی گیاهان (یخبندان، صدمات، پیشگیری). نشر آیندگان. تعداد صفحات

۲- جواهری، م. ع.، ح. نجفی نژاد و ف. آزاد شهرکی. ۱۳۸۵. بررسی امکان کشت پاییزه چغندر قند در منطقه ارزوئیه (استان کرمان). مجله پژوهش و سازندگی. شماره ۷۱. (ازصفحه... – تا صفحه...)

۳- حاج محمدنیا قالیباف، ک.، ا. نظامی، و ع. کمندی. ۱۳۸۹. بررسی امکان استفاده از شاخص نشت الکترولیت‌ها در ارزیابی تحمل به سرما در چغندر قند. مجله پژوهشهای زراعی ایران، جلد ۸ (۳): ۴۶۵-۴۷۲.
٤- فتح الله‌طالقانی، د.، ح. شریفی، م. احمدی، غ. اشرف منصوری و م. ع. محرم زاده. ۱۳۸۹. توسعه کشت پاییزه چغندر قند در ایران. مجموعه مقالات کلیدی یازدهمین کنگره علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران.
۵- کاشانی، ا.، ح. صدقی، ف. کاره، و ح. فرزدقی. ۱۳۷۵. الگوی مناسب کاشت برای تولید پروتئین و قند در خوزستان. دانشگاه شهیدچمران اهواز.
٦- گوهری، ج.، و ر. قلی زاده. ۱۳۷۹. زراعت چغندر قند (کاشت ، داشت و برداشت). انتشارات ترویجی موسسه تولید بذر و نهال. چغندر قند کرج.
۷- میرزایی اصل، ا.، ب.یزدی صمدی، ع. زالی، و ی. صادقیان مطهر. ۱۳۸۱. بررسی مقاومت گندم به سرما با روشهای آزمایشگاهی. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی. ۶ (۱): ۱۸۶-۱۷۷.
۸- نظامی، ا. ۱۳۸۱. ارزیابی تحمل به سرما در نخود به منظور کشت پاییزه آن در مناطق مرتفع. پایان نامه دوره دکتری رشته زراعت. دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد. تعداد صفحات
۹- نظامی، ا.، ک. حاج محمدنیاقالیباف، و ع. کمندی. ۱۳۹۰. ارزیابی تحمل به یخ زدگی ارقام چغندر قند در شرایط کنترل شده. مجله تنش های محیطی در علوم کشاورزی، جلد ۳ (۲).
۱۰- نظامی، ا.، ف. کیخاآخر، م. ج. موسوی، ا. ایزدی، س. نظامی، و م. یوسف ثانی. ۱۳۹۰. اثر تنش یخزدگی بر گیاه بنفشه (*Viola gracilis* L.) تحت شرایط آزمایشگاهی. نشریه بوم شناسی کشاورزی.جلد ۳ (۴).
11- Blum, A. 1988. Plant Breeding for Environmental Stress. CRC Press, U.S.A.
12- Bridger, G. M., D. E. Falk, B. D. Mckersie and D. L. Smith. 1996. Crown freezing tolerance and field winter survival of winter cereals in eastern Canada. Crop Science. 36:150-157.
13- Fowler, D. B., L. V. Gusta and N. J. Tyler. 1981. Selection for winter hardiness in wheat. III. Screening methods. Crop Science. 21:896-901.
14- Gusta, L. V. and D. B. Fowler. 1977. Cold resistance and injury in winter cereals. PP:159-178. In Mussel H, Staples RC (eds.) Stress physiol. in crop plants. John Wiley & Sons. New York.
15- Hoffmann, C. M. and S. K. Severin. 2010. Light absorption and radiation use efficiency of autumn and spring sown sugar beets. Field Crops Research 119: 238–244.
16- Hoffmann, C. M. and S. K. Severin. 2011. Growth analysis of autumn and spring sown sugar beet. European Journal of Agronomy. 34:1-9.
17- Lawrence, C. and A. S. Holaday. 2000. Effects of mild night chilling on respiration of expanding cotton Leaves. Plant Science. 157:233–244.
18- 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.
19- Lindow, S. E., D. C. Arny, and C. D. Upper. 1982. Bacterial ice nucleation: a factor in frost injury to plants. Plant Physiology 70: 1084-1089.
20- Rinaldi, M. and A. V. Vonella. 2006. The response of autumn and spring sown sugar beet (*Beta vulgaris L.*) to irrigation in Southern Italy: Water and radiation use efficiency. Field Crops Research 95:103–114.
21- Sadeghian, S. Y. 2002. Advantage of winter beet as compared with summer beet. IIRB, Mediterranean Section meeting, 24-26 Oct. 2002.
22- Sharom, M., C. Willemot and J. E. Thompson. 1994. Chilling injury induces lipid phase changes in membranes of tomato fruit. Plant Physiology. 105:305–308 .
23- Wise, R. R., J. McWillia and A. W. Naylor. 1983. A comparative study of low-temperature-induced ultra stractural alternations of three species with differing chilling sensitivities. Plant Cell and Environment. 6:525-535.
24- Wolter, F. P., R. Schmidt and E. Heinz. 1992. Chilling sensitivity of *Arabidopsis thaliana* with genetically engineered membrane lipids. EMBO.J. 11:4685–4692.
25- Wood, D. W. and R. K. Scott. 1975. Sowing sugar beet in autumn in England. Journal of Agricultural Science, Cambridge. 84:97 -108.