نشریه حفاظت گیاهان (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۱، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۶، ص. ۳۹۵-۳۸۸

Journal of Plant Protection
Vol. 31, No. 3, Fall 2017, P. 388-395

ارزیابی تحمل به یخزدگی گیاه مهاجم گل‌گندم (*Centaurea balsamita* L.) خوسرمایی شده با شرایط پاییزه

عباس عباسیان[۱] - قربانعلی اسدی[۲*]- رضا قربانی[۳]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۰۹/۲۵
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۱۰/۰۵

چکیده

به منظور ارزیابی تحمل گیاه مهاجم گل‌گندم به تنش یخزدگی مطالعه‌ی به صورت طرح کاملاً تصادفی با پنج تکرار درگلخانه تحقیقاتی علف‌های هرز دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد در سال ۱۳۹۳ اجرا گردید. گیاه مهاجم گل‌گندم در معرض ۷ دمای یخزدگی (۰ ، ۳-، ۶-، ۹-، ۱۲-، ۱۵- و ۱۸- درجه سانتی‌گراد) قرار گرفتند. گیاهان در محیط طبیعی نگهداری شده و پس از گذرانیدن دوره خوسرمایی از اول آبان ۱۳۹۲ تا ۳۰ آذر ۱۳۹۳، با استفاده از فریز ترموگرادیان، تحت تیمارهای یخزدگی قرار گرفتند. میزان پایداری غشاء سیتوپلاسمی گل‌گندم مورد مطالعه با استفاده ازآزمون نشت الکترولیت‌ها مورد ارزیابی قرار گرفت، سپس دمای کشنده ۵۰ درصد نمونه‌ها بر اساس درصد نشت الکترولیت‌ها (LT_{50el}) تعیین گردید. درصد بقاء نیز با شمارش تعداد بوته زنده در هر گلدان مورد ارزیابی قرار گرفت. سپس دمای کشنده برای ۵۰ درصد بقاء (LT_{50su}) و دمای کاهنده ۵۰ درصد وزن خشک ($RDMT_{50}$) در پایان دوره بازیافت (سه هفته بعد از اعمال تیمار یخزدگی) تعیین شد. نتایج نشان داد کاهش دما از$^{\circ}$C ۱۲- به $^{\circ}$C ۱۵- سبب افزایش معنی‌دار ($P\leq$ ۰/۰۵) نشت الکترولیت‌ها در گل‌گندم شد. همچنین کاهش دما از $^{\circ}$C ۹- به $^{\circ}$C ۱۲- سبب کاهش معنی‌دار ($P\leq$ ۰/۰۵) درصد بقاء و زیست توده گل گندم شد. در آزمایش حاضر LT_{50el}، LT_{50su} و $RDMT_{50}$ گل‌گندم خوسرمایی شده با شرایط پاییزه به ترتیب $^{\circ}$C ۱۳/۲-، $^{\circ}$C ۱۲/۶- و $^{\circ}$C ۱۱/۸- بود.

واژه‌های کلیدی: خوسرمایی، درصد بقاء، دمای کاهنده ۵۰ درصد بقاء، دمای کاهنده ۵۰ درصد زیست توده، دمای کاهنده ۵۰ درصد نشت الکترولیت‌ها

مقدمه

گل گندم[۴]، گیاهی یکساله و ایستاده به ارتفاع ۳۰ تا ۱۲۰ سانتی متر با گل‌های زرد رنگ از خانواده آفتابگردان است که اراضی آیش و شیب‌دار را مورد تهاجم قرار می‌دهد. تکثیر این گیاه بوسیله بذر می‌باشد. این گیاه در کشورهای سوریه، ترکیه، ایران، افغانستان، آسیای مرکزی (ترکمنستان تا تیان‌شان) پراکنش دارد (۲۹ و ۳۱). درباره اکولوژی و بیولوژی این گیاه اطلاعات چندانی در دسترس نیست بطوری‌که واگنتیز (۳۱) این گیاه را بهاره معرفی کرده است در حالی که مشاهدات میدانی (نویسندگان مقاله) بر روی فنولوژی این گیاه مشخص کرد این گیاه پاییزه می‌باشد. بر اساس آزمایش‌های عباسیان و همکاران (۱) این گیاه خصوصیاتی مانند تولید بذر زیاد، داشتن خار، گستره بالای جوانه‌زنی بذور گیاه مهاجم گل‌گندم (بین ۱ تا ۳۹ درجه سانتی‌گراد)، قدرت تحمل به غرقاب، تحمل به تنش شوری و خشکی جهت جوانه‌زنی و رشد زیاد و سریع گیاهچه‌ها را دارد که این گیاه را قادر به تهاجم به بوم نظام‌های تخریب شده می‌کند. در همین ارتباط این گیاه اراضی تخریب شده پردیس دانشگاه فردوسی مشهد را به شدت مورد تهاجم قرار داده است.

گیاهان مهاجم یکی از مسائل مهم در شکل‌گیری آشفتگی‌های اکوسیستم و تهدیدی برای تنوع زیستی در قرن بیست و یکم می باشد. گونه‌های مهاجم یکی از عوامل مهم تغییرات جهانی محیط زیست هستند و به عنوان دومین تهدید بزرگ برای تنوع زیستی جهان پس از تخریب اکوسیستم به دست انسان شناخته می‌شوند. گیاهان مهاجم گونه‌های گیاهی گونه‌های گیاهی ساختار و کارکرد اکوسیستم را نیز تغییر می‌دهند و بر فراوانی و تنوع پوشش گیاهی بومی تأثیر می‌گذارند (۵). گیاهان مهاجم بطور تصادفی یا عمدی به مناطق دیگر وارد و با تثبیت در محیط جدید باعث صدمه به اکوسیستم محلی و زیستگاه بومی می‌شوند. تأثیر گونه‌های بیگانه بر

۱، ۲ و ۳- به ترتیب دانش آموخته دکتری، دانشیار و استاد گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
(*- نویسنده مسئول: Email: Asadi@um.ac.ir)
DOI: 10.22067/jpp.v31i3.51309

4- *Centaurea balsamita* L.

محیط زیست محلی شامل رقابت با گونه‌های محلی، تغییر فرآیندهای اکوسیستم، انقراض گونه‌های بومی باعث صدمه به اکولوژی محلی و ایجاد خسارت‌های اقتصادی می‌شود (۳۲).

از آنجایی که گسترش و توانایی رقابت گونه‌های مهاجم تحت تأثیر مستقیم عوامل اقلیمی و تنش‌های مربوطه است، ارزیابی تحمل نسبی گیاهان مهاجم به تنش‌ها، می‌تواند به عنوان شاخصی مهم در این ارتباط باشد. توانایی گیاهان مهاجم در تحمل به دماهای پایین متفاوت است، با این وجود بقاء گیاهان در زمستان به مکانیسم‌های سازگار کننده وابسته است و از مهم‌ترین این مکانیسم‌های شناخته شده، خوسرمایی می‌باشد. این مکانیسم توسط محدوده‌ای از دماهای پایین (زیر ۱۰) ولی بالای صفر القاء می‌شود. و بوسیله سیستم‌های ژنتیکی کنترل می‌شوند (۱۷). ایجاد خوسرمایی در گیاه از طریق تغییر در ترکیب چربی‌های غشاء پلاسمایی، تجمع ترکیبات محافظت کننده نظیر کربوهیدارت‌ها، اسیدهای آمینه یا سایر اسمولیت‌ها و القاء فعالیت ژن‌های جدید سبب افزایش تحمل گیاه به سرمای زمستانه می‌شود (۱۸). به همین دلیل در اغلب آزمایش‌های انجام شده، خوسرمایی به عنوان یکی از مهم ترین عوامل مؤثر بر روی تحمل به یخزدگی (دماهای صفر و زیر صفر درجه سانتی‌گراد) گیاهان مورد مطالعه قرار گرفته است (۱۹).

غشای پلاسمایی اولین بخش از گیاه است که در شرایط تنش یخ زدگی دچار خسارت می‌شود (۲۸). در این راستا، تغییر در ساختار غشاء، ترکیب اسیدهای چرب، آمینواسیدها و کربوهیدرات‌ها، فعالیت متابولیکی و آنزیمی و در نهایت نشت الکترولیت‌های سلول از مهم ترین صدمات تنش یخزدگی می باشند، بنابراین به نظر می‌رسد که تداوم انسجام غشاء پلاسما، یکی از عوامل مهم در بقای گیاهان در شرایط تنش یخزدگی است و هر گونه اختلال در ساختار آن منجر به بروز خسارت و حتی مرگ گیاه می‌شود، لذا این صفت به عنوان یکی از ملاک‌های ارزیابی تحمل به یخزدگی در گیاهان مورد استفاده قرار گرفته است و دمایی که سبب خروج ۵۰ درصد نشت الکترولیت‌ها از بافت‌های گیاهی می‌شود به عنوان دمای کشنده ۵۰ درصد گیاهان بر اساس نشت الکترولیت‌ها (LT_{50el}[1]) در نظر گرفته می‌شود. در این ارتباط گیاهانی که از حساسیت بیشتری به سرما برخوردار هستند خسارت بیشتری خواهند دید و تراوش یونی آن‌ها نیز معمولا بیشتر خواهد بود (۲۰).

«شاخص بقاء مزرعه»[2] یکی از روش‌های مطالعه تحمل به سرما در گیاهان می‌باشد که توسط فاولر و گاستا (۱۱) ابداع گردید. در این روش با کاشت گیاهان مورد آزمایش در مزرعه و قرار دادن آنها در معرض سرما در مقایسه با نمونه شاهد توانایی بقاء آنها را مورد ارزیابی قرار می‌دهند. تعیین دمایی که سبب ۵۰ درصد تلفات بقای گیاه شود (LT_{50su})[3] یکی از روش‌هایی است که توسط محققان مختلف 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 (۱۵) و بعد از اعمال یخزدگی به گلخانه منتقل شده و پس از گذراندن یک دوره بازیافت[4] که حدود ۳ تا ۴ هفته می‌باشد، منحنی درصد بقاء آن‌ها در برابر دماهای آزمایش ترسیم می‌شود و بر اساس آن دمایی که سبب ۵۰ درصد مرگ و میر در نمونه‌های گیاهی (۶ و ۱۱) و نیز دمایی که ۵۰ درصد بازدارندگی رشد ($RDMT_{50}$)[5] هر ژنوتیپ شده است تعیین می‌گردد (۲۲ و ۲۵).

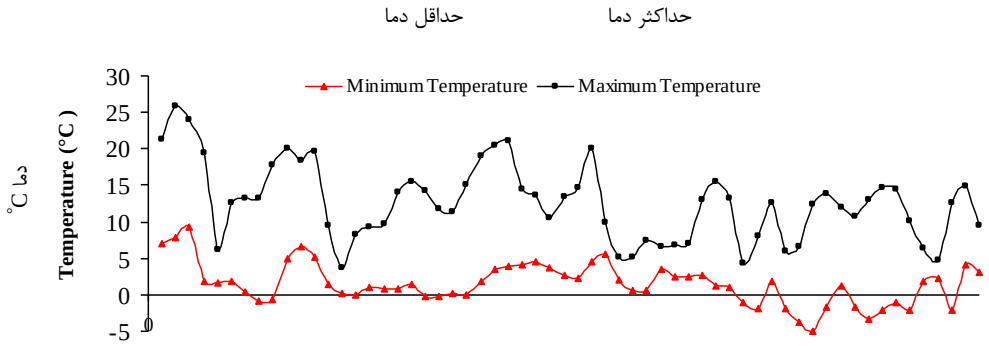
از آنجایی که اغلب مطالعات مربوط به ارزیابی تحمل به یخزدگی و تنش سرما در گیاهان زراعی انجام شده است و اطلاعات اندکی در مورد بسیاری از گیاهان مهاجم موجود است، این بررسی به منظور ارزیابی تحمل گیاه مهاجم گل‌گندم خوسرمایی شده با شرایط پاییزه به تنش یخزدگی در شرایط کنترل شده انجام شد.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در سال ۱۳۹۳ در پردیس دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد اجرا شد. وضعیت درجه حرارت در طول دوره رشد گل‌گندم (از اول آبان ۱۳۹۳ تا ۳۰ آذر ۱۳۹۳) به صورت شکل ۱ بود.

مطالعه به صورت طرح کاملا تصادفی با پنج تکرار انجام شد که عوامل مورد بررسی در آن شامل دما در هفت سطح شامل (۰، ۳-، ۶-، ۹-، ۱۲-، ۱۵- و ۱۸- درجه سانتی‌گراد) بود (جهت دستیابی به دمای کشنده ۵۰ درصد گیاهان از دماهای پایین‌تر از دمای پاییز (۵-) استفاده شد، ضمن اینکه در طی فصل زمستان (دی و آبان) گیاه رشد بسیار کندی دارد و در مرحله ۲ تا ۴ برگی می‌باشد). برای تطابق با سرما و گذرانیدن دوره خوسرمائی و شبیه‌سازی زمان جوانه‌زنی با طبیعت، ابتدا در اواخر آذر گیاهچه‌های سبز شده گل گندم که در مرحله ۲ برگی بود از طبیعت از یک سطح مشخص (یک متر مربع) جمع‌آوری و به گلدان‌های پلاستیکی با قطر ۱۰ سانتی‌متر منتقل شد. در هر گدان ۱۰ گیاهچه سبز شده کشت شد. سپس به مدت ۱۰ روز گیاهچه‌ها در گلدان در یک شاسی سرد (دمای محیط) نگهداری شدند تا تثبیت شوند. در این شرایط گیاهچه‌ها در مرحله دو برگی با استفاده از فریزر ترموگرادیان، تحت تیمار یخزدگی قرار گرفتند.

1 - Lethal temperature 50 according to the electrolyte leakage
2- Field Survival Index (FSI)
3- Letal Temprature (LT50)
4- Recovery
5- Reduced Dry Matter Temprature 50 (RDMT50)



شکل ۱- درجه حرارت حداقل و حداکثر روزانه طی دوره رشد گل‌گندم در سال ۱۳۹۳ در پردیس دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد
Figure 1- The Minimum and Maximum daily Temperature during growth stage of (*Centaurea balsamita*)

دمای فریزر در شروع آزمایش ۵ °C بود و پس از آن با ۲ °C در ساعت کاهش یافت تا به دمای مورد نظر در تیمارهای آزمایش رسید. پس از رسیدن به دمای مورد نظر نمونه‌ها به مدت یک ساعت در این دما نگهداری و سپس از فریزر خارج شده و به محیطی با دمای ۴ °C منتقل و به مدت ۲۴ ساعت در آنجا نگهداری شدند. در دمای ۳- °C محلول حاوی باکتری‌های القاء کننده هستک یخ[1] به منظور ایجاد هستک یخ در گیاهچه‌ها، بر روی گیاهان پاشیده شد به نحوی که سطح گیاهان را قشر نازکی از این محلول پوشاند. برای اندازه‌گیری میزان نشت الکترولیت‌ها از هر گلدان در هر تیمار دمایی اندام‌های هوایی سه بوته گل گندم به همراه طوقه آنها به فاصله یک سانتی متری زیر طوقه جدا و پس از شستشو و جدا کردن خاک ریشه داخل ویال‌های حاوی ۱۰۰ میلی‌لیتر آب دو بار تقطیر شده قرار گرفته و به مدت شش ساعت در روی شیکر قرار داده شدند. پس از آن هدایت الکتریکی هر نمونه (میزان نشت الکترولیت‌ها) با استفاده از دستگاه EC متر اندازه‌گیری شد (EC_1). به منظور تعیین میزان کل نشت الکترولیت‌ها در اثر مرگ سلول، ویال‌ها به اتوکلاو با دمای ۱۱۰ درجه سانتی‌گراد و فشار ۱/۲ اتمسفر انتقال و به مدت ۳۰ دقیقه نگهداری شدند و پس از آن به مدت شش ساعت در روی شیکر قرار گرفته و هدایت الکتریکی آنها مجددا اندازه‌گیری شد (EC_2). سپس درصد نشت الکترولیت‌ها با استفاده از فرمول (EC_1/EC_2)×۱۰۰ = درصد نشت الکترولیت‌ها) محاسبه شد.

برای تعیین درصد بقا، بازیافت و رشد مجدد، پس از انتقال گیاهان تیمار شده به شاسی سرد دارای متوسط درجه حرارت ۲۵ درجه سانتی‌گراد منتقل و پس از سه هفته درصد بقاء و بازیافت آنها مورد ارزیابی قرار گرفت. برای تعیین درصد بقاء گیاهان از معادله ۱ (۲۰) استفاده شد.

معادله ۱:

[۱۰۰× (تعداد گیاهان قبل از تیمار یخزدگی) / (تعداد گیاهان زنده سه هفته پس از تیمار یخزدگی)] =درصد بقاء

برای تعیین بازیافت و رشد مجدد گیاهان وزن خشک گیاه با ترازوی با دقت ۰/۰۰۱ و واحد میلی‌گرم اندازه‌گیری و ثبت شدند. درجه حرارت کشنده برای ۵۰ درصد نمونه‌ها LT_{50el}، LT_{50su} و $RDMT_{50}$ با استفاده از رسم نمودار درصد نشت الکترولیت‌ها، درصد بقاء و وزن خشک نمونه‌ها در مقابل دماهای یخزدگی تعیین شد. تجزیه آماری داده‌ها با استفاده از نرم افزارهای MSTATC صورت گرفت. برای رسم نمودارها و تعیین LT_{50su} از نرم افزارهای EXCEL و Sigmaplot (Version 11) استفاده شد.

نتایج و بحث

نتایج نشان دادند تأثیر دماهای یخزدگی بر درصد نشت الکترولیت‌های گل‌گندم معنی‌دار ($P\leq$ ۰/۰۵) بود (جدول۱). کمترین (۶/۹ درصد) و بیشترین (۸۲/۷ درصد) نشت الکترولیت‌ها به ترتیب در دماهای ۰ °C و ۱۸- °C مشاهده شد (شکل۲). همچنین کاهش دما از ۱۲- °C به ۱۵- °C سبب افزایش معنی‌دار ($P\leq$ ۰/۰۵) میزان نشت الکترولیت‌ها در گل گندم شد (شکل ۲). از آنجا که غشاء سلولی خارجی‌ترین بخش زنده سلول است که نقش اصلی را در تبادل انتخابی مواد بر عهده دارد و از طرفی اولین مکان خسارت در اثر سرما و یخزدگی است، لذا تنش سرما ضمن اینکه منجر به تغییر وضعیت غشاء از حالت کریستال مایع به حالت جامد- ژل می‌شود، فعالیت آن را نیز مختل می‌کند. از این رو اختلال در فعالیت و انسجام غشاءهای سلولی در اثر تنش سرما، نشت الکترولیت‌ها از سلول را در پی‌خواهد داشت (۴). محققان افزایش نشت الکترولیت‌ها از سلول را شاخص

1 - Ice Nucleution Active Bactera (INAB)

مناسبی در ارزیابی حساسیت گیاهان به تنش سرما و یخزدگی گزارش کرده‌اند (۷). پیراس و سارهان (۲۴) گزارش کردند که میزان مقاومت به یخزدگی در برگ‌ها، طوقه‌ها و ریشه‌های گندم از طریق آزمون نشت الکترولیت‌ها قابل ارزیابی است. پائول (۲۳) اظهار داشت تغییر در ساختار غشاء در اثر سرما سبب افزایش نشت الکترولیت‌های سلولی در اندام‌های حساس به سرما می‌شود. ایوگنیا و همکاران (۱۰) نیز در ارزیابی تحمل گیاه *Trifolium hirtum* به تنش یخزدگی از طریق اندازه‌گیری میزان نشت الکترولیت‌ها نشان دادند که با کاهش دما از ۶- °C به ۱۴- °C، میزان نشت مواد در برگ‌های این گیاه افزایش یافته است. ایزدی و همکاران (۱۴) نیز بیوتیپ‌های مختلف یولاف وحشی را با استفاده از این روش مورد ارزیابی قرار دادند. با توجه به نتایج این آزمایش نیز به نظر می‌رسد با کاهش دما خسارت ناشی از تنش یخزدگی بر غشاهای سلولی زیاد شده و این مهم منجر به اختلال فعالیت غشاء سلولی گل‌گندم و به دنبال آن افزایش میزان نشت مواد درون سلولی شده است.

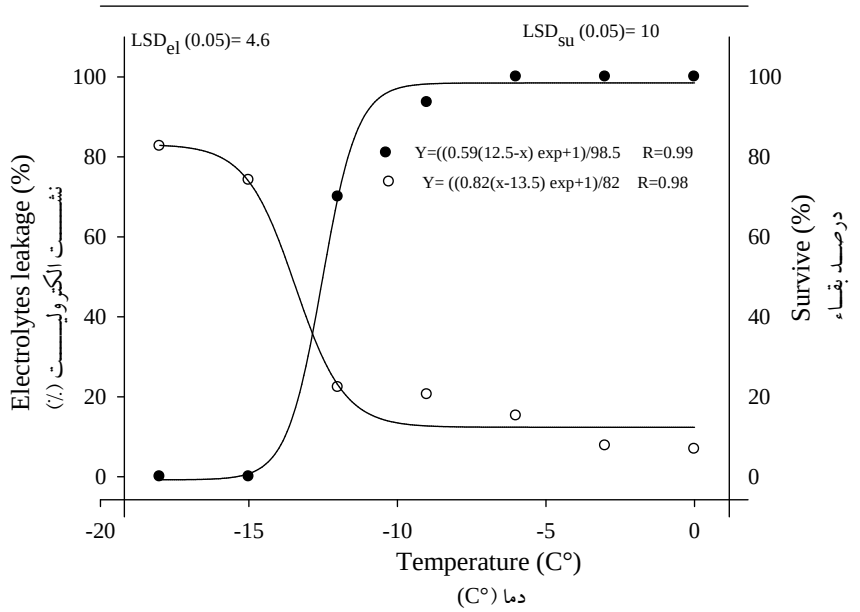
بر اساس نتایج تأثیر دماهای یخزدگی بر درصد بقاء گل‌گندم معنی‌دار ($P\leq$ ۰/۰۵) بود (جدول ۱). در همین ارتباط بیشترین درصد بقاء در دماهای ۰ °C، ۳- °C، ۶- °C و کمترین در دماهای ۵- °C و ۱۸- °C مشاهده شد (شکل ۲). همچنین کاهش دما از ۹- °C به ۱۲- °C سبب کاهش معنی‌دار درصد بقاء در گل‌گندم شد. در آزمایش عزیزی و همکاران (۳) نیز اثر تیمارهای دمایی بر درصد بقاء گندم معنی‌دار بود، به طوری‌که با کاهش دما درصد بقاء آن کاهش یافت. بر اساس گزارش وی بیشترین درصد بقاء در تیمار شاهد (صفر درجه سانتی‌گراد) (۹۹/۵ درصد) و کمترین آن در دمای ۲۰- °C (صفر درصد) مشاهده شد. در آزمایش دیگری که توسط رایف و زینلی (۲۷) بر روی سه رقم کلزا انجام شد، مشاهده گردید که درصد بقاء گیاه در دماهای ۶-، ۸-، ۱۰- و ۱۲- به ترتیب ۶۴، ۲۷، ۹ و۷ درصد بود. در آزمایش ایزدی و همکاران (۱۴) نیز کاهش دما به کمتر از ۱۲- °C سبب مرگ کلیه ژنوتیپ‌های مورد بررسی یولاف وحشی شد. اعتقاد بر این است زمانی که گیاهان زمستانه در معرض دماهای زیر ۱۰ °C و بالای صفر قرار می‌گیرند، قادر به خوسرمایی هستند (۱۱). همچنین مشخص شده است که غلات زمستانه از طریق برخی مکانیسم‌های فیزیولوژیکی و بیوشیمیائی قادرند تا در دماهای پائین (۱۵ °C- تا ۲۰ °C-) تا حد بسیار زیادی بقاء خود را حفظ کنند. از جمله این مکانیسم‌ها تغییر در متابولیسم چربی و فسفو لیپیدها، افزایش اسیدهای چرب غیر اشباع و افزایش قندها می‌باشد که نقش این مواد تنظیم فرایند تحمل به یخزدگی در گیاهان و پایداری و حفاظت غشاهای سلولی است (۳۳).

اثر دماهای یخزدگی بر زیست‌توده گل‌گندم پس از دوره بازیافت (۲۱ روز پس از اعمال تیمار یخزدگی) معنی‌دار ($P\leq$ ۰/۰۵) شد (جدول ۲ و شکل ۳). بطوری‌که بیشترین وزن خشک مربوط به تیمارهای دماهایی ۰ °C و ۳- °C و کمترین آن در دماهای ۱۵- °C و ۱۸- °C بود (شکل ۳). همچنین کاهش دما از ۹- °C به ۱۲- °C سبب کاهش معنی‌دار ($P\leq$ ۰/۰۵) زیست‌توده در گل‌گندم شد. کاهش وزن خشک با کاهش دما احتمالاً به دلیل اثر خسارت ناشی از یخزدگی بر توانایی رشد مجدد اندام‌های گیاهی در مرحله بازیافت بوده است. در بررسی عزیزی (۳) اثر دما بر وزن خشک گیاه گندم در پایان دوره بازیافت معنی‌دار بود و با کاهش دما به کمتر از صفر درجه سانتی‌گراد وزن خشک گیاه کاهش یافت. در آزمایش وی وزن خشک گیاه در تیمار دمایی ۸-°C، ۵۰ درصد، در ۱۲-°C، ۸۱ درصد و ۱۶-°C، ۹۵ درصد نسبت به شاهد کاهش یافت و در دمای ۲۰-°C به صفر رسید. چن و همکاران (۸) با اعمال تیمار یخزدگی در شرایط کنترل شده بر روی گندم مشاهده کردند که کاهش دمای یخزدگی از ۵- °C به ۱۰- °C سبب کاهش ۲۰ درصدی رشد مجدد اندام هوایی گندم نسبت به تیمار شاهد (صفر درجه سانتی‌گراد) شد.

جدول ۱- میانگین مربعات صفات درصد نشت الکترولیت‌ها، زیست‌توده و درصد بقاء پس از اعمال تنش یخزدگی گیاه مهاجم گل‌گندم ۲۱ روز پس از اعمال تیمارهای یخزدگی و رشد مجدد

Table 1- Source of variation, degree of freedom and mean square of measured plant parameters exposed to different freezing temperature and recovery in greenhouse of (*Centaurea balsamita*)

منابع تغییر Source of variations	درجه آزادی df	نشت الکترولیت‌ها Electrolytes leakages	زیست توده Biomass	بقاء Survive
دما Temperture	6	5052**	932756**	10798**
خطا Eror	28	12.8	68196	61
کل Total	34			



شکل ۲- اثر دماهای یخزدگی بر نشت الکترولیت‌ها (●) و بقاء (○) گیاه مهاجم گل گندم در شرایط کنترل شده

Figure 2- Effect of freezing temperatures on survival percentage (○) and Electrolytes leakage percentage (●) of *Centaurea balsamita*

در صورتی که در تیمارهای یخزدگی ۱۵- و ۲۰- °C رشد مجدد اندام هوایی گندم نسبت به شاهد به ترتیب ۶۰ و ۸۰ درصد کاهش یافت. گریفت و مک اینتایر (۱۲) اظهار داشتند که بخش هوایی گیاه چاودار در دمای کم ماده خشک کمتری در خود تولید می‌کند. هکنبای و همکاران (۱۳) در بررسی تحمل به یخزدگی چند رقم یونجه و شبدر یکساله مشاهده نمودند که با کاهش دما از ۱- تا ۱۳- °C ماده خشک گیاه کاهش معنی‌داری نشان داد. ایزدی و همکاران (۱۴) نیز با بررسی اثر دماهای یخزدگی بر وزن خشک یولاف وحشی مشاهده نمودند که کاهش دما از ۳- به ۲۱- °C باعث ۱۰۰ درصد کاهش در وزن خشک یولاف وحشی شده است. نظامی و ناقدی نیا (۲۱) با بررسی اثر دماهای یخزدگی بر روی ارقام متفاوت گلرنگ که گیاهی هم خانواده گل گندم می باشد گزارش کردند این گیاه در دمای ۱۶- درجه سانتی‌گراد دارای حداکثر درصد نشت الکترولیت است.

نتایج حاصل از همبستگی بین صفات نشان داد که بین درصد نشت و درصد بقاء همبستگی منفی (r= -۰/۹۷) و معنی‌داری (۰/۰۱ ≥P) وجود داشت به عبارت دیگر با افزایش درصد نشت الکترولیت‌ها، درصد بقاء گیاهان کاهش یافته است. همچنین درصد نشت الکترولیت‌ها و زیست توده همبستگی منفی (r= -۰/۸۹) و معنی‌داری (۰/۰۱ ≥P) را نشان دادند به صورتی که با افزایش نشت الکترولیت‌ها، زیست‌توده گیاه نیز کاهش یافته است. بین درصد بقاء و زیست‌توده نیز همبستگی معنی‌دار (۰/۰۱ ≥P) ولی مثبت (r= ۰/۹۱) وجود داشت (جدول ۲).

جدول ۲- ضرایب همبستگی بین درصد نشت الکترولیت‌ها، درصد بقاء، وزن خشک، گیاه مهاجم گل گندم قرار گرفته در معرض تنش یخزدگی تحت شرایط کنترل شده

Table 2- Coefficients of correlation between electrolyte leakage percentage, survival percentage, dry weight, in (*Centaurea balsamita*) affected by freezing temperatures under controlled condition

	1	2	3
1- درصد نشت الکترولیت‌ها electrolyte leakage percentage	1		
2- درصد بقاء survival percentage	-0.97**	1	
3- وزن خشک dry weight	-0.89**	0.91**	1

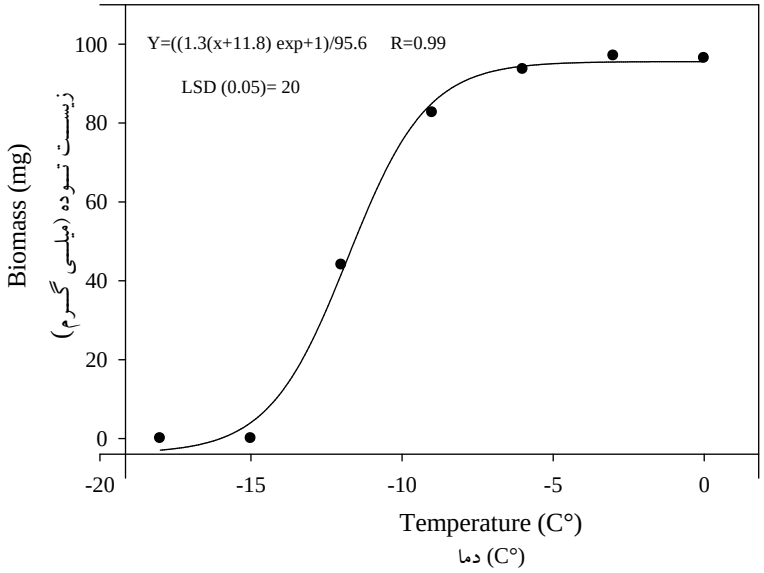
** معنی داری در سطح احتمال ۱ درصد

**: significant in %1 probability levels

بر اساس نتایج LT_{50el}، LT_{50su} و $RDMT_{50}$ گل گندم در آزمایش حاضر به ترتیب ۱۳/۲- °C، ۱۲/۶- و ۱۱/۸- °C (شکل

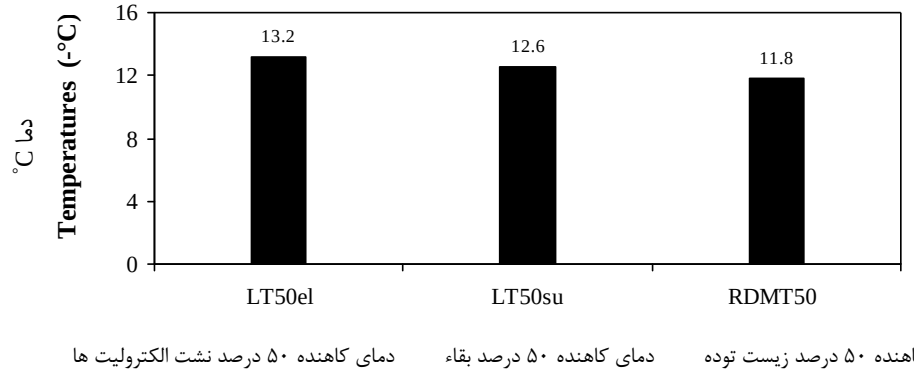
۴) تعیین شد. محققان بیان کردند کـه گیاهـان متحمـل‌تـر بـه سـرما دارای LT_{50el}، LT_{50su} و $RDMT_{50}$ کمتـری هسـتند. شاشـیکومار و ناس (۲۸) با انجام آزمایشی بر روی ۸ رقم پنجه مرغی گزارش کردند که بیوتیپ‌های حساس‌تر به سرما LT_{50el} بیشتر نسبت به بیوتیپ‌های مقاوم داشتند.

در بررسی نظامی و همکاران (۲۰) نیـز مشـاهده شـد کـه LT_{50el} کمتر در ارقام متحمل به سرمای کلزا با نشت سلولی کمتر نسـبت بـه سـایر ارقـام مـورد مطالعـه همـراه بـود. در یـک مطالعـه، LT_{50el} در اکوتیپ‌های پاسپالوم خوسرما شده بین $-5/2\ ^{\circ}C$ تا $-9/5\ ^{\circ}C$ و بـرای گیاهان خوسـرما نشـده بـین $-2/5\ ^{\circ}C$ تـا $-5/2\ ^{\circ}C$ تعیـین شـد (۷). اندرسون و همکاران (۲) نیز با بررسی LT_{50el} و همچنین رشد مجـدد در ارقام مختلف برمودا‌گراس به این نتیجه رسیدند کـه LT_{50el} ارقـام بین دماهای ۷- تا ۱۱- درجه سانتی‌گراد متغیر بود.



شکل ۳- اثر دما های یخزدگی بر زیست توده گیاه مهاجم گل‌گندم پس از یخزدگی در شرایط کنترل شده سه هفته پس از یخ زدگی

Figure 4– Effect of freezing temperatures on Biomass of (*Centaurea balsamita*)



شکل ٤- دمای ۵۰ درصد کشنده گل گندم بر اساس نشت الکترولیت (LT_{50el})، درصد بقاء (LT_{50su}) و زیست توده ($RDMT_{50}$)

Figure 4– Lethal temperature of 50% based on leakage percentage (LT_{50el}), survival percentage (LT_{50su}) and dry weight ($RDMT_{50}$)

ایـزدی و همکـاران نیـز LT_{50el}، LT_{50su} و $RDMT_{50}$ بیوتیـپ یولاف‌وحشی رشد یافته در شرایط مشهد را به ترتیـب $-13/5$ °C، ۱۳/۲ و ۱۱/۷ °C گزارش کردنـد. نظـامی و ناقـدی نیـا (۲۱) LT_{50el} ارقام مختلف گلرنگ که با گل گندم از تیره گیاهی یکسانی می‌باشـند (آفتابگردان) را بین ۸- تـا ۱۲- °C گـزارش کردنـد. در آزمـایش عزیزی و همکاران (۳) $RDMT_{50}$ ارقام گنـدم بـین ۴/۳- تـا ۱۴/۲- °C بود.

نتیجه‌گیری کلی

این بررسی نشـان داد در گیاهـان مهـاجمی از جملـه گـل‌گنـدم، استفاده از آزمون‌های نشت الکترولیت‌ها و بقـاء مـی‌توانـد بـه عنـوان روش‌های نسبتاً مناسب در ارزیابی و شناخت گیاهان مهـاجم متحمـل به سرما مورد استفاده قرار گیرد و شناخت تحمل بـه سـرمای گیاهـان مهاجم به پیش‌بینی نحوه پراکنش و تهاجم آن‌ها کمک مـی‌نمایـد. از طرفی این پیش‌بینی می‌تواند در جلوگیری از ورود این گیاهان به بـوم نظام‌های کشاورزی، مرتعی و جنگلی در مناطق مختلف سودمند باشد. با توجه به این مطلب که LT_{50el}، LT_{50su} و $RDMT_{50}$ گـل گنـدم خوسرمایی شده با شـرایط پـاییزه در آزمـایش حاضـر بـه ترتیـب $-13/2$ °C، $-12/6$ °C و $-11/8$ °C تعیین شد، می‌توان بیان کرد که این گیاه جزو گیاهان متحمل به سرما می‌باشد و قابل پیش‌بینی است کـه گسترش و تثبیت این گیاه مهاجم در شرایط مشـهد امکـان‌پـذیر مـی باشد، ولی برای اطمینان بیشتر از تحمل به سرمای این گیـاه مهـاجم، توصیه می‌شود این گیاه در مناطق با ارتفاع بیشـتر و سـردتر از مشـهد خوسرمایی شده تا ارزیابی دقیق‌تر از جهت تحمـل بـه سـرما صـورت پذیرد. همچنین خوسرمایی این گیاه در مرحله ساقه‌دهی نیز در جهـت ارزیابی دقیق‌تر و جامع‌تر از میزان تحمل به سـرما ضـروری بـه نظـر می‌رسد. به هر صورت با توجه به LT50su پایین این گیاه در صـورت پراکنش بذر آن، امکان مهاجرت این گیاه مهاجم به مزارع گندم، جو و مراتع بسیار محتمل است.

منابع

1- Abbasian A., Asadi G., and Gorbani R. 1395. The effect of temperature on some germination index of invasive plant of *Centaurea balsamita* and determination of its germination Cardinal Temperatures. Iranian journal of seed science and technology. 5 (2): 215-222.

2- Anderson J. A., Taliaferro C. M., and Martin D. L. 1993. Evaluating freeze tolerance of bermudagrass in a controlled environment. Horticultural Science. 28:955.

3- Azizi H., Nezami A., Nassiri M., and Khazaie H. R. 2007. Evaluation of cold tolerance in wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars under controlled conditions. Iranian Journal of Field Crops Research. 5: 109-121. (In Persian with English summary).

4- Baeka K.H., and Skinner D.Z. 2003. Alteration of antioxidant enzyme gene expression during cold acclimation of near-isogenic wheat lines. Plant science. 165: 1221-1227.

5- Bethany A., Bradley David S., and Oppenheimer M. 2010. Climate change increases risk of plant invasion in the Eastern United States. Biology Invasions. 12:1855–1872.

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

7- Cardona C.A., Duncan R.R., and Lindstorm O. 1997. Low temperature tolerance assessment in paspalm. Crop Science. 37:1283-1291.

8- Chen T.H., Gusta L.V., and Fowler D.B. 1983. Freezing injury and root development in winter cereals. Journal of Plant Physiology. 73: 773-777.

9- Dai X., Xu Y. Ma Q., Xu W., Wang T., Xue Y., and Chong K. 2007. Overexpression of an R1R2R3 MYB gene, OsMYB3R-2, increases tolerance to freezing, drought, and salt stress in transgenic Arabidopsis. Journal of Plant Physiology 143:1739-1751.

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

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

12- Griffith M., and McIntyre C.H. 1993. The interrelationship of growth and frost tolerance in winter rye. Journal of Plant Physiology. 87: 335-344.

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

14- Izadi E., Nezami A., Abbassian A., and Haydari M. 2013 Investigation of wild oat fitness to freezing stress using of electrolyte leakage Index. Environmental stress in crop science. 5 (1): 81-94. (In Persian with English summary).

15- 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.
16- Kheirkhah T., Nezami A., Kafi M., and Asadi GH. A. 2015. Evaluation of Cold Tolerance in Field Grown Mentha (*Mentha piperita* L.) under Laboratory Conditions by Electrolyte Leakage Test. Iranian Journal of Field Crops Research. 13(2): 269-277. (In Persian with English summary).
17- Mahfoozi S., Limin A. E., Hayes P. M., Hucl P., and Fowler D. B. 2000. Influence of photoperiod response on the expression of cold hardiness in wheat and barley. Canadian Journal of Plant Science 80: 721-724.
18- Moorby J. 1981. Transport systems in plant. Longman Pub. New York.
19- Murata N., and Los D.A. 1997. Membrane fluidity and temperature perception. Plant Physiology. 115: 875-879.
20- Nezami A., Borzooei A., Jahani M., and Azizi M. 2007. Evaluation of freezing tolerance in canola (*Brassica napus* L.) cultivars under controlled conditions. Iranian Journal of Field Crops Res. 5(1): 167-175. (In Persian with English summary).
21- Nezami A. and Naghedinia, N. 2011. Effects of freezing stress on electrolyte leakage of sufflower genotypes. Iranian Journal of Field Crops Research. 8(6): 891-896. (In persian with English summary).
22- Nezami A., Soleimani M. R., Ziaee M., Ghodsi M., and Bannayan M. 2010. Evaluation of Freezing Tolerance of Hexaploid Triticale Genotypes under Controlled Conditions. Notulae Scientia Biologicae. 114-120.
23- Paull R.E. 1981. Temperature induced leakage from chilling–sensitive and chilling-resistant plant. Plant Physiology. 68:149-153.
24- Perras M., and Sarhan F.1988. Synthesis of freezing tolerance proteins in leaves, crown and roots during cold acclimation of wheat. Plant Physiology. 89:577-585.
25- Rashed M.H., Nezami A., Bagheri A., Haj mohammadnia K., and Bannayan M. 2009. Evaluation of freezing tolerance of two fennel *(Foeniculum vulgar* L.) ecotypes under controlled conditions. Journal of Herbs, Spices & Medicinal Plants, 15:131–140.
26- Rechinger KH. 1979. Compositae-Cynareae. In: Rechinger KH, editor. Flora Iranica. vol. 139a, Akademische Druckund Verlagsanstalt. 331 – 333.
27- Rife C.L., and Zeinali H. 2003. Cold tolerance in oilseed rape over varying acclimation durations. Crop Science. 43:96–100.
28- Shashikumar K., and Nus J.L. 1993. Cultivar and winter cover effects on bermudagrass cold acclimation and crown moisture content. Crop Science. 33:813-817.
29-Turkoglu N., Alp E., and Cıg A. 2009. Effect of temperature on germınatıon bıology ın Centaurea specıes. African Journal of Agricultural Research Vol. 4 (3), pp. 259-261.
30- Uemura M., Tominaga Y., Nakagawara C., Shigematsu S., Minami A., and Kawamura Y. 2006. Responses of plasma membrane to low temperature. Physiologia Plantarum. 126:81-89.
31- Wagenitz G. 2006. A Revision of *Centaurea* (Compositae-Cardueae) in the Flora of Iraq. Rostaniha, Vol. 7 (2): 390-391.
32- Ya Li H. D., and Gan Yao Q. W. 2011. Impacts of Invasive Plants on Ecosystems in Natural Reserves in Jiangsu of China. Russian Journal of Ecology, Vol. 42, No. 2, pp. 133–137.
33- Yoshida M., Abe J., Moriyama M., and Kuwabara T. 1998. Carbohydrate levels among winter wheat cultivars varying in freezing tolerance and snow mold resistance during autumn and winter. Physiology Plant. 103: 8-16.