بررسی تحمل به سرمازدگی زمستانه در گیلاس و ارتباط آن با نشت یونی و برخی صفات مورفولوژیک

ساناز فرهادفر[۱]، منصوره کشاورزی[۲*]، علیرضا لادن مقدم[۳]، ناصر بوذری[۲] و داریوش آتشکار[۴]

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۸/۱۱ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۹/۱۰)

چکیده

سرمازدگی زمستانه از مهم‌ترین عوامل خسارت‌زا در درختان میوه به‌ویژه هسته‌داران است. مقاومت نسبی ۲۰ رقم/ ژنوتیپ بومی و وارداتی گیلاس به سرمازدگی زمستانه در شرایط برودت مصنوعی و ارتباط شدت سرمازدگی با درصد نشت یونی و برخی خصوصیات کمّی و کیفی شامل قطر شاخه و تنه، شدت رنگیزه آنتوسیانین نوک شاخه و تعداد عدسک در سال ۱۳۹۰ مورد بررسی قرار گرفت. در بهمن‌ماه شاخه‌های خواب دو ساله تحت تیمار سرمایی مصنوعی از ۴ تا ۲۴- درجه سلسیوس و معکوس آن قرار گرفتند و شدت سرمازدگی بر اساس درصد تغییر رنگ از سبز به قهوه‌ای بررسی شد. نتایج، شدت سرمازدگی در شاخه و جوانه ارقام/ ژنوتیپ‌های مختلف را به‌صورت متفاوتی نشان داد. شدت آسیب جوانه بیشتر از شاخه بود و این دو با هم همبستگی مثبت معنی‌دار داشتند. در هر دو اندام، ژنوتیپ‌های آلبالوگیلاس دانشکده مقاوم‌ترین و مشکین‌شهر حساس‌ترین رده‌بندی شدند. با توجه به کمینه برودت مورد آزمون، ارقام/ ژنوتیپ‌ها در سه گروه بسیارحساس (۱۰ درصد)، نسبتاً حساس (۱۵ درصد) و نسبتاً مقاوم (۷۵ درصد) گروه‌بندی شدند. نتایج این پژوهش نشان داد اولاً، بیشتر ارقام/ ژنوتیپ‌های گیلاس مورد مطالعه به سرمای زمستان نسبتاً متحمل بودند و بین شدت خسارت و قطر شاخه همبستگی دیده شد که نشان می‌دهد نهال حساسیت بالاتری دارد، با توجه به ضعیف بودن ارتباط شدت خسارت با تعداد عدسک/ شدت رنگیزه آنتوسیانین، این صفات معیار مناسبی برای به‌گزینی مقاومت به سرمازدگی زمستانه نیستند.

واژه‌های کلیدی: گیلاس، رقم، مقاومت، سرمازدگی زمستانه، هدایت الکتریکی

۱ و ۳. به‌ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد و استاد تولیدات گیاهی، دانشگاه آزاد اسلامی، گرمسار
۲ و ۴. به‌ترتیب دانشیاران و مربی پژوهش، پژوهشکده میوه‌های معتدله و سردسیری، مؤسسه تحقیقات علوم باغبانی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج
*: مسئول مکاتبات: پست الکترونیکی: kmansureh@gmail.com

مقدمه

سرمازدگی جوانه و شاخه درختان در طول زمستان از مهم‌ترین عوامل محدودکننده تولید میوه و از اساسی‌ترین چالش‌های باغداران درفرایند تولید به‌شمار می‌رود. گرچه گیاهان در طی زمستان در حال خفته بوده و کمتر از شرایط محیطی متأثر می‌شوند، برودت شدید، طولانی و توأم با یخ‌زدگی در زمستان می‌تواند موجب مرگ جوانه و سرشاخه، آفتاب‌سوختگی و صدمه به چوب شود. این عوارض به‌خصوص در درختان تحت تنش‌هایی چون آفات و بیماری‌ها و خشکی شدت می‌یابد. بروز شرایط نامساعد آب‌وهوایی به‌ویژه یخبندان‌های زمستانه و سرمای بهاره مهم‌ترین پارامترهای تعیین‌کننده پراکنش گونه‌ها و از مهم‌ترین شاخص‌های انتخاب محل احداث باغات میوه هستند (۲۹). تحمل و حساسیت گیاه به تنش سرما بستگی به جنس، گونه و مرحله رشدی دارد و برای کلیه ارقام یک گونه یکسان نیست (۸ و ۲۶). برای ارزیابی مقاومت گیاهان به سرما دو روش مشاهدات میدانی یا اعمال سرمای مصنوعی استفاده شدند. روش‌های فوق در مطالعه آسیب سرمازدگی در گیلاس در آرژانتین (۱۲)، چین (۱۰)، ترکیه (۶)، ایتالیا (۳۱)، سوئد (۲۱) و سایر مناطق (۵، ۷، ۲۸ و ۳۶) به‌کار برده شده‌اند.

تعیین میزان نشت یونی با اندازه‌گیری درصد هدایت الکتریکی به‌عنوان روشی تکمیلی در تعیین میزان خسارت وارده برسلول‌های گیاهی به‌کار برده می‌شود. برودت‌های بالا موجب صدمه به غشای سلولی و از دست رفتن تورژسانس، واکوئولیزه شدن، کاهش سطح کلروفیل، انسداد زنجیره انتقال الکترون، کاهش فعالیت آنزیم‌های دخیل در فتوسنتز و ممانعت از واکنش‌های نوری و تاریکی فتوسنتز می‌شوند. مطالعات وسیع انجام شده نشان می‌دهد که غشای سلول، جایگاه اولیه صدمات سرمایی در گیاهان است (۴۰). اندازه‌گیری درصد هدایت الکتریکی که اولین بار توسط دکستر و همکاران (۱۳) به‌کار برده شد، افزایش نشت یونی (به‌طور عمده یون K^+) از سلول‌ها را نشان می‌دهد و برای تخمین درصد خسارت غشای سلولی به‌کار برده می‌شود. از این روش می‌توان در تعیین سطوح نسبی مقاومت ارقام مختلف گیاهی به تنش سرمازدگی نیز استفاده کرد (۲۴). هدف از این پژوهش بررسی مقاومت نسبی جوانه و شاخه برخی ارقام/ ژنوتیپ‌های گیلاس به سرمازدگی در شرایط برودت مصنوعی و ارتباط آن با قطر شاخه، درصد نشت یونی، شدت رنگیزه آنتوسیانین نوک شاخه‌های جوان و تعداد عدسک بود.

مواد و روش‌ها

آزمایش روی ۲۰ رقم/ ژنوتیپ گیلاس (*Prunus avium* L.) (۱۶ رقم/ ژنوتیپ ایرانی و ۴ رقم وارداتی) کاشته شده در قطعه آزمایشی در مؤسسه تحقیقات علوم باغبانی کرج در سال ۱۳۹۰ انجام شد. مختصات جغرافیایی کرج شامل طول جغرافیایی ۵۱ درجه و ۰ دقیقه و ۳۰ ثانیه خاوری و عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۴۸ دقیقه و ۴۵ ثانیه شمالی و میانگین دمایی آن بر حسب سلسیوس در سال ۱۳۹۰ به شرح زیر بود.

دسامبر	۳/۶	ژوئن	۲۶/۲
نوامبر	۵/۱	مه	۲۰/۳
اکتبر	۱۵/۳	آوریل	۱۵/۷
سپتامبر	۲۲/۵	مارس	۸/۴
آگوست	۲۶/۱	فوریه	۳/۹
ژولای	۲۹	ژانویه	۰/۶

ارقام/ ژنوتیپ‌ها روی پایه محلب پیوند شده و در زمان آزمایش سه ساله بودند. در بهمن‌ماه شاخه‌های دو ساله به طول ۳۰-۲۰ سانتی‌متر حاوی حداقل ۳۰ جوانه بریده و پس از انتقال به آزمایشگاه و یک شب نگهداری در یخچال (چهار درجه سلسیوس) و سپس هشت ساعت در سردخانه (صفر درجه سلسیوس)، به فریزر با دمای قابل کنترل منتقل شده و پس از یک ساعت نگهداری در دمای ۱۰- درجه سلسیوس، هر ساعت، دو درجه دما کاسته تا به ۲۴- درجه سلسیوس رسانیده شد. مدت نگهداری در این دما چهار ساعت بود و با روند معکوس، مجدداً دما به ۱۰- درجه سلسیوس رسانیده شد. شاخه‌ها از فریزر خارج

و به یخچال منتقل شدند و پس از شش ساعت نگهداری در یخچال، به‌مدت شش ساعت در دمای آزمایشگاه قرار داده شدند. در جوانه‌ها، درصد قهوه‌ای شدن فلس‌های خارجی و تغییر رنگ بافت داخلی از سبز به قهوه‌ای بر اساس براورد چشمی و با کمک میکروسکپ بینوکلر بررسی شد (۲۸). در شاخه‌ها نیز پس از برداشتن پوست خارجی، درصد تغییر رنگ چوب با مشاهدات چشمی سنجیده شد. در هر دو اندام، میانگین درصد تغییر رنگ به‌عنوان شاخص شدت سرمازدگی درنظر گرفته شد. آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۱۵ تکرار شاخه (سه نهال، هر یک پنج شاخه) و ۳۰ تکرار جوانه (سه نهال، هر یک پنج شاخه، هر شاخه دو جوانه) انجام شد.

به‌منظور سنجش درصد نشت یونی، هر شاخه دو ساله به ۱۰ قطعه یک سانتی‌متری بریده شد و در لوله‌های فالکن حاوی ۲۰ میلی‌لیتر آب مقطر قرار داده و جوانه‌ها نیز پس از خارج کردن فلس رویی، درون لوله‌های فالکن مشابه قرار داده شدند. لوله‌ها در دمای آزمایشگاه روی شیکر گذاشته شد و پس از ۲۴ ساعت، هدایت الکتریکی اولیه (ELf) به‌وسیله دستگاه هدایت‌سنج الکتریکی دیجیتالی (مدل متروم A۶۴۴) اندازه‌گیری شد. سپس نمونه‌ها به‌مدت ۱۵ دقیقه در دمای ۱۲۱ درجه سلسیوس و فشار ۱/۲ اتمسفر اتوکلاو شدند و پس از ۱۲ ساعت نگهداری در دمای محیط EC کل (ELAutocl) اندازه‌گیری و درصد نشت یونی نسبی (REL) از معادله ElAutoclx۱۰۰/REL=ELf به‌دست آمد (۱۳). آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۱۵ تکرار شاخه و ۳۰ تکرار جوانه انجام شد. همزمان، قطر شاخه دو ساله و تنه به‌وسیله کولیس دیجیتال در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۹ تکرار اندازه‌گیری شد. آزمایشات تعیین شدت رنگیزه آنتوسیانین نوک شاخه‌های جوان و تعداد عدسک در اردیبهشت‌ماه ۱۳۹۱ در زمان رشد سریع بر اساس دستورالعمل ملی آزمون‌های تمایز، یکنواختی و پایداری (DUS) با استفاده از دستورالعمل اتحادیه بین‌المللی محافظت از ارقام جدید (UPOV) در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۹ تکرار اندازه‌گیری شدند.

داده‌های حاصله با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن توسط نرم‌افزار SAS تجزیه‌وتحلیل شدند. بررسی آماری صفات کیفی با آزمون کروسکال والیس، همبستگی صفات با استفاده از نرم‌افزار SPSS، گروه‌بندی ارقام/ ژنوتیپ‌ها از نظرمقاومت به سرما، با استفاده از روش UPGMA و توسط نرم‌افزار SPSS انجام شدند.

نتایج و بحث

بر اساس نتایج، نشانه اصلی سرمازدگی در جوانه به‌صورت قهوه‌ای شدن فلس‌های خارجی بود اما در بیشتر ارقام/ ژنوتیپ‌ها این صدمه از ظاهر جوانه قابل تشخیص نبود و نیاز به برش جوانه و بررسی دقیق بافت‌های داخلی داشت. در شاخه نیز نشانه سرمازدگی قهوه‌ای شدن چوب بود که مشاهده آن مستلزم خارج کردن پوست شاخه بود. مطالعات حسین‌اوا و همکاران نیز نشان می‌دهد که بسیاری از جوانه‌های سرمازده، به‌ظاهر سالم هستند اما پس از برش، تغییر در رنگ بافت‌های درونی آنها مشاهده می‌شود (۱۷).

نتایج تجزیه واریانس نشان داد شدت سرمازدگی جوانه و شاخه در ارقام/ ژنوتیپ‌های مختلف متفاوت بود (جدول ۱). نتایج برخی پژوهشگران خارجی (۵، ۲۸، ۳۶ و ۳۸) و ایرانی (۱۷) نیز دلالت بر تنوع سطوح نسبی مقاومت ارقام/ ژنوتیپ‌های مختلف گیلاس به سرمازدگی است. سطوح این مقاومت به فاکتورهای متعدد از جمله شدت برودت (۱۴ و ۱۵)، شرایط فیزیولوژیک (۱۵) و خصوصیات ژنتیکی گیاه (۴، ۱۴، ۱۵، ۱۸ و ۳۳) بستگی دارد و فهم مبنای ژنتیک این مقاومت هدف برخی برنامه‌های اصلاحی است (۱۹ و ۳۰). بیشترین شدت آسیب‌دیدگی جوانه و شاخه در ژنوتیپ مشکین‌شهر (۸۸/۳۳ درصد در جوانه و ۸۴/۳۳ درصد در شاخه) و کمترین آسیب‌دیدگی جوانه در آلبالوگیلاس دانشکده (۴۳ درصد) و کمترین درصد آسیب‌دیدگی شاخه در ژنوتیپ‌های آلبالوگیلاس دانشکده (۳۴/۶۷ درصد) و شعاع‌السلطنه (۳۴ درصد) دیده شد. بر این اساس، در هر دو اندام، ژنوتیپ آلبالوگیلاس دانشکده متحمل‌ترین و مشکین‌شهر حساس‌ترین رده‌بندی شدند. مقایسه نتایج این تحقیق با نتایج حسین اوا و همکاران نشان

جدول ۱. میانگین شدت سرمازدگی و نشت یونی شاخه و جوانه در ارقام/ ژنوتیپ‌های گیلاس

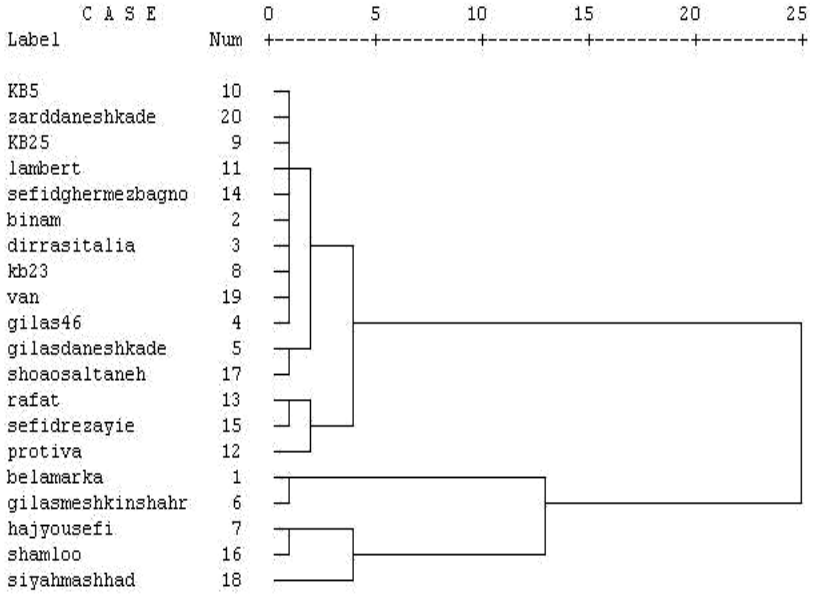
رقم/ ژنوتیپ	شدت سرمازدگی شاخه	شدت سرمازدگی جوانه	نشت یونی شاخه	نشت یونی جوانه
	(درصد)			
مشکین‌شهر	۸۴/۳۳ a	۸۸/۳۳ a	۴۲/۵۳a	۵۲/۷۰ c
بلامارکا	۷۸/۳۳ b	۸۵/۰۵ b	۴۰/۲۳c	۵۳/۶۹ b
حاج یوسفی	۴۹/۳۳ d	۸۲/۰۳ b	۳۹/۴۵ d	۵۷/۴۵ a
سیاه مشهد	۶۴/۳۳ c	۷۸/۶۷ b	۴۰/۹۷ b	۴۶/۸۹ f
شاملو	۵۰/۰۰ d	۷۵/۱۱ d	۳۰/۴۵ d	۵۷/۷۵ a
پروتیوا	۴۸/۶۷ de	۶۷/۳۳ e	۴۰/۰۱ c	۴۶/۵۶ f
رافت	۴۲/۰۰ hi	۶۲/۳۳ f	۳۴/۵۴ j	۴۸/۱۷ e
سفیدرضاییه	۴۰/۶۷ hi	۵۸/۱۱ g	۳۱/۰۸ m	۴۲/۵۹ h
Kb۲۵	۴۶/۶۷ ef	۵۴/۱۲ h	۳۸/۷۶ e	۴۵/۰۶ g
زرد دانشکده	۴۶/۰۰ f	۵۲/۳۳ hi	۳۷/۷۴ f	۴۰/۰۳ i
Kb۵	۴۶/۰۰ f	۵۲/۰۷ hi	۳۶/۷۹ g	۴۹/۶۶ d
شعاع‌السلطنه	۳۴/۰۰ j	۵۰/۶۷ hij	۲۸/۰۱ p	۴۰/۳۷ i
گیلاس۴۶	۴۳/۰۰ gh	۵۰/۳۳ ij	۳۶/۲۳ h	۳۹/۷۲ i
بی نام	۴۶/۳۳ ef	۴۸/۳۳ jk	۳۴/۴۷ j	۳۱/۲۹ l
دیررس ایتالیا	۴۲/۳۳ ghi	۴۸/۱۱ jkl	۲۹/۲۸ o	۳۷/۲۰ j
Kb23	۴۲/۶۷ ghi	۴۶/۳۳ klm	۳۲/۲۶ l	۳۶/۶۸ j
لامبرت	۴۶/۰۰ f	۴۵/۶۷ klm	۳۵/۵۴ i	۳۳/۹۴ k
ون	۴۰/۳۳ i	۴۵/۶۷ klm	۲۹/۸۵ n	۳۱/۷۱ l
سفید قرمز باغ نو	۴۴/۶۷ fg	۴۴/۶۷ lm	۳۲/۸۱ k	۳۳/۷۹ k
آلبالو گیلاس دانشکده	۳۴/۶۷ j	۴۳/۰۹ m	۲۹/۷۵ no	۳۱/۸۶ l

در هر ستون میانگین‌هایی که باحروف یکسان آورده شده‌اند بر اساس آزمون دانکن در سطح پنج درصد تفاوت معنی‌دار ندارند.

می‌دهد که برخی ژنوتیپ‌های مشترک مانند شاملو، حاج‌یوسفی، سفیدرضائیه، رافت و دیررس ایتالیا در هر دو شرایط (باغی و برودت مصنوعی) سطوح تحمل نسبتاً مشابهی نشان دادند اما تحمل نسبی ژنوتیپ‌هایی مانند لامبرت، شعاع‌السلطنه و سیاه‌مشهد در شرایط طبیعی مانند شرایط برودت مصنوعی نبود. لذا تعیین اینکه کدام روش از دقت بیشتری برخوردار بوده و نتایج آن به واقعیت نزدیک‌تر است، نیازمند مطالعه بیشتر است.

نتایج گروه‌بندی مجموع شدت آسیب‌دیدگی شاخه و جوانه نشان داد که به لحاظ نسبی، ارقام/ ژنوتیپ‌ها در سه گروه بسیارحساس (۱۰ درصد)، حساس (۱۵ درصد) و نسبتاً متحمل (۷۵ درصد) قرارگرفتند و هیچ یک کاملاً متحمل نبود (شکل ۱، جدول ۲).

بر اساس نتایج این پژوهش، در مجموع شدت آسیب‌دیدگی جوانه بیش از شاخه بود (میانگین شدت سرمازدگی به‌ترتیب ۵۸/۸۸ درصد و ۴۸/۵۲ درصد، P<۰/۰۱) که نشان‌دهنده حساسیت بالاتر جوانه نسبت به شاخه است. تفاوت در سطوح مقاومت اندام‌های مختلف (ریشه، تنه، شاخه و جوانه) به سرمازدگی در هلو و زردآلو نیز گزارش شده است (۲). بر اساس نتایج سالایی و همکاران (۳۹)، آکرمن (۱) و سابو و همکاران (۳۸)، در طول دوره رکود، جوانه‌ها حساس‌ترین عضو درختان به سرما هستند



شکل ۱. دندروگرام حاصل از تجزیه خوشه‌ای مقاومت به سرما در ارقام/ ژنوتیپ‌های گیلاس

جدول ۲. گروه بندی ارقام/ ژنوتیپ‌های گیلاس از نظر مقاومت نسبی به سرمازدگی

رقم/ ژنوتیپ	مقاومت به سرمازدگی	رقم/ ژنوتیپ	مقاومت به سرمازدگی
مشکین‌شهر	HS	Kb۵	RR
بلامارکا	HS	شعاع‌السلطنه	RR
حاج یوسفی	S	گیلاس۴۶	RR
سیاه مشهد	S	بی نام	RR
شاملو	S	دیررس ایتالیا	RR
پروتیوا	RR	Kb۲۳	RR
رافت	RR	لامبرت	RR
سفیدرضاییه	RR	ون	RR
Kb25	RR	سفید قرمز باغ نو	RR
زرد دانشکده	RR	آلبالو گیلاس، دانشکده	RR

HS: بسیار حساس، S: حساس، RR: نسبتا مقاوم

و در ارقام حساس ممکن است تا ۹۰ درصد جوانه‌های گل در اثر سرمازدگی کشته شوند.

در جوانه، بیشترین درصد نشت یونی در ارقام/ژنوتیپ‌های شاملو و حاج‌یوسفی و کمترین در بی‌نام، آلبالوگیلاس دانشکده و ون دیده شد. در شاخه، بیشترین درصد نشت یونی در ژنوتیپ مشکین‌شهر و کمترین در شعاع‌السلطنه دیده شد (جدول ۱). بو و همکاران نیز در بررسی شدت صدمه وارده به بافت‌های درخت گیلاس در اثر سرمازدگی از شاخص هدایت الکتریکی استفاده کردند (۵).

بررسی ارتباط صفات مختلف نشان داد که بین شدت سرمازدگی شاخه و جوانه همبستگی بالایی (R^2=۰/۸۰۶) وجود داشت (جدول ۳). همچنین در هر دو اندام، بین درصد نشت یونی و شدت سرمازدگی همبستگی بالایی دیده شد. بر این اساس، به نظر می‌رسد که در ژنوتیپ‌های حساس‌تر، آسیب‌های

جدول ۳. ضرایب همبستگی پیرسون بین مقادیر درصد سرمازدگی و نشت یونی ارقام/ ژنوتیپ‌های گیلاس

	درصد سرمازدگی جوانه	درصد سرمازدگی شاخه	درصد هدایت الکتریکی جوانه
درصد سرمازدگی شاخه	۰/۸۰۶*	۱	
درصد هدایت الکتریکی جوانه	۰/۸۶۳**	۰/۵۶۴**	۱
درصد هدایت الکتریکی شاخه	۰/۷۶۹**	۰/۷۲۴**	۰/۷۱۶**

**معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد و * معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد

جدول ۴. مقایسه میانگین قطر شاخه و تنه در ارقام/ ژنوتیپ‌های گیلاس

رقم/ ژنوتیپ	قطر شاخه (میلی‌متر)	ضخامت تنه (میلی‌متر)	رقم/ ژنوتیپ	قطر شاخه (میلی‌متر)	ضخامت تنه (میلی‌متر)
شاملو	۷/۹۷$^{f-k}$	۲۶/۴۶^{bc}	سیاه مشهد	۴/۴۴^{p}	۱۳/۴۴ ^{gh}
ون	۹/۱۹$^{c-g}$	۳۷/۸۸^{a}	حاج یوسفی	۴/۳۷^{p}	۱۰^{h}
Kb۲۵	۹/۵۴$^{b-e}$	۲۰/۹۵$^{b-g}$	رافت	۷/۷۱$^{h-k}$	۲۲/۷۹ $^{b-g}$
Kb۵	۶/۱۰$^{l-o}$	۲۴/۸۸$^{b-e}$	شعاع‌السلطنه	۷/۳۵$^{i-l}$	۱۵/۳۲ $^{f-h}$
پروتیوا	۱۰/۰۹$^{b-d}$	۲۵/۴۰$^{b-e}$	آلبالو مشکین‌شهر	۷/۱۰$^{j-m}$	۱۷/۶۱$^{c-h}$
سفید قرمز باغ نو	۸/۲۶$^{e-j}$	۲۲/۵۱$^{b-g}$	آلبالوگیلاس دانشکده	۵/۴۳^{op}	۲۵/۵$^{b-e}$
گیلاس ۴۶	۸/۲۷$^{e-j}$	۱۴/۸۷$^{f-h}$	سفیدرضاییه	۱۰/۷۶^{b}	$^{b-f}$۲۴
لامبرت	۹/۰۳$^{d-h}$	۱۶/۹۷$^{d-g}$	دیررس ایتالیا	۸/۸۴$^{d-h}$	۲۷/۰۹^{b}
زرد دانشکده	۵/۸۶$^{m-o}$	۲۰/۳۷ $^{b-g}$	Kb۲۳	۱۵/۴۹^{a}	۱۹/۹۱$^{b-h}$
بلامارکا	۷/۷۵$^{h-k}$	۱۴/۳۱ ^{gh}	بی نام	۵/۶۹^{no}	۲۵/۱۲$^{b-e}$

در هر ستون میانگین‌هایی که با حروف یکسان آورده شده‌اند در سطح پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

وارده به غشای سلولی بیشتر و در نتیجه، درصد نشت یونی و متعاقباً درصد هدایت الکتریکی بالاتر است. آسیب‌های وارد بر غشای سلول موجب مرگ سلول و در نتیجه تغییر رنگ بافت‌های صدمه دیده می‌شود. این نتیجه‌گیری با نتایج برخی ارزیابی‌های مشابه در هسته‌داران مطابقت دارد (۳ و ۳۲).

صفات کمّی و کیفی

نتایج تجزیه واریانس داده‌های مربوط به صفات کمّی نشان داد که قطر شاخه و تنه در ارقام/ ژنوتیپ‌ها به لحاظ آماری متفاوت بود (جدول ۴). کمترین قطر شاخه در Kb۲۳ و بیشترین در حاج‌یوسفی و سیاه‌مشهد دیده شد. کمترین و بیشترین ضخامت تنه به‌ترتیب مربوط به ون و حاج‌یوسفی بود. نتایج آزمون کروسکال‌والیس نشان داد که صفات کیفی تعداد عدسک و شدت رنگیزه آنتوسیانین نیز در ارقام/ ژنوتیپ‌ها متفاوت بود. از نظر تعداد عدسک ارقام در سه گروه کم، متوسط و زیاد گروه‌بندی شدند که از آن میان، سفیدرضاییه و شاملو با میانگین ۱۰۰ درصد بیشترین فراوانی را در گروه زیاد و ون با میانگین ۱۰۰ درصد بیشترین فراوانی را در گروه کم داشتند (جدول ۵). از نظر شدت آنتوسیانین ارقام در پنج گروه شامل: ندارد یا خیلی کم، کم، متوسط، زیاد، خیلی زیاد قرار گرفتند (جدول ۶). ژنوتیپ‌های گیلاس۴۶ و گیلاس زرد دانشکده با میانگین ۷۷/۸ درصد بیشترین فراوانی را در گروه خیلی کم و حاج‌یوسفی با میانگین ۸۸/۹ درصد بیشترین فراوانی را در گروه خیلی زیاد داشتند.

جدول ۵. مقایسه درصد فراوانی تعداد عدسک در شاخه ارقام/ ژنوتیپ‌های گیلاس

ژنوتیپ/ رقم	تعداد عدسک (٪)			ژنوتیپ/ رقم	تعداد عدسک (٪)		
	کم	متوسط	زیاد		کم	متوسط	زیاد
بلامارکا	۰	۱۰۰	۰	لامبرت	۶۶/۷	۳۳/۳	۰
بی‌نام	۳۳/۳	۶۶/۷	۰	پروتیوا	۰	۱۰۰	۰
دیررس ایتالیا	۰	۱۰۰	۰	رافت	۳۳/۳	۶۶/۷	۰
گیلاس ۴۶	۵۵/۶	۴۴/۴	۰	سفید قرمز باغ نو	۰	۱۰۰	۰
آلبالوگیلاس دانشکده	۰	۱۱/۱	۸۸/۹	سفید رضاییه	۰	۰	۱۰۰
آلبالو مشکین‌شهر	۰	۸۸/۹	۱۱/۱	شاملو	۰	۰	۱۰۰
حاج یوسفی	۰	۱۰۰	۰	شعاع السلطنه	۰	۶۶/۷	۳۳/۳
Kb۲۳	۶۶/۷	۳۳/۳	۰	سیاه مشهد	۰	۶۶/۷	۳۳/۳
Kb۲۵	۰	۱۰۰	۰	ون	۱۰۰	۰	۰
Kb۵	۰	۵۵/۶	۴۴/۴	زرد دانشکده	۶۶/۷	۳۳/۳	۰

جدول ۶. مقایسه درصد فراوانی شدت آنتوسیانین نوک شاخه در ارقام/ ژنوتیپ‌های گیلاس

ژنوتیپ/ رقم	شدت آنتوسیانین (٪)					ژنوتیپ/ رقم	شدت آنتوسیانین (٪)				
	خیلی کم ندارد	کم	متوسط	زیاد	خیلی زیاد		خیلی کم ندارد	کم	متوسط	زیاد	خیلی زیاد
سیاه مشهد	۰	۰	۰	۱۱/۱	۸۸/۹	kb۵K	۷۷/۸	۲۲/۲	۰	۰	۰
حاج یوسفی	۰	۰	۰	۲۲/۲	۷۷/۸	لامبرت	۱۱/۱	۸۸/۹	۰	۰	۰
بلامارکا	۰	۳۳/۳	۵۵/۶	۱۱/۱	۰	پروتیوا	۰	۲۲/۲	۶۶/۷	۱۱/۱	۰
بی نام	۰	۱۱/۱	۸۸/۹		۰	رافت	۰	۱۱/۱	۷۷/۸	۱۱/۱	۰
دیررس ایتالیا	۰	۱۱/۱	۷۷/۸	۱۱/۱	۰	سفیدقرمز باغ	۲۲/۲	۷۷/۸	۰	۰	۰
گیلاس دانشکده	۰	۱۱/۱	۸۸/۹	۰	۰	سفید رضاییه	۴۴/۴	۵۵/۶	۰	۰	۰
آلبالومشکین‌شهر	۲۲/۲	۷۷/۸	۰	۰	۰	شاملو	۰	۳۳/۳	۶۶/۷	۰	۰
ون	۰	۰	۰	۸۸/۹	۱۱/۱	شعاع السلطنه	۰	۰	۷۷/۸	۲۲/۲	۰
Kb۲۳	۲۲/۲	۷۷/۸	۰	۰	۰	گیلاس۴۶	۷۷/۸	۲۲/۲	۰	۰	۰
Kb۲۵	۱۱/۱	۸۸/۹	۰	۰	۰	زرد دانشکده	۷۷/۸	۲۲/۲	۰	۰	۰

همبستگی صفات کمّی و کیفی با شدت سرمازدگی

بین قطر تنه با شدت سرمازدگی و درصد نشت یونی شاخه و جوانه همبستگی منفی ضعیف وجودداشت (جدول ۷) که نشان می‌دهد شاخه‌های ضعیف‌تر مقاومت کمتری به سرمازدگی دارند. در برخی گونه‌های درختی خسارت سرما در ارتباط با سن یا اندازه درخت است (۳۵) و شاخه‌های جوان‌تر به‌دلیل نازک‌تر بودن پوست خارجی، صدمه بیشتری می‌بینند (۳۴). همچنین درختان ضعیف‌تر فتوسنتز پایین‌تری دارند و درنتیجه سطوح کربوهیدرات ذخیره‌ای آنها کمتر است که موجب کاهش مقاومت به سرما می‌شود (۱۶).

تعداد عدسک با شدت سرمازدگی و درصد نشت یونی جوانه همبستگی مثبت ضعیف نشان داد (جدول ۸). همچنین شدت رنگیزه آنتوسیانین با شدت سرمازدگی مرتبط بود. در برخی گونه‌های گیاهی بین شدت رنگیزه آنتوسیانین و مقاومت

جدول ۷. ضرایب همبستگی پیرسون بین صفات کمی و شدت سرمازدگی در ارقام/ ژنوتیپ‌های گیلاس

	قطر شاخه	قطر تنه	شدت سرمازدگی جوانه	شدت سرمازدگی شاخه	درصد نشت یونی جوانه
قطر تنه	۰/۱۸۵**	۱			
شدت سرمازدگی جوانه	۰/۳۱۴**	-۰/۳۶۴**	۱		
شدت سرمازدگی شاخه	-۰/۲۷۷	-۰/۲۷۸*	۰/۸۰۶*	۱	
درصد نشت یونی جوانه	-۰/۲۷۳*	-۰/۳۱۷*	۰/۸۶۳**	۰/۵۶۴**	۱
درصد نشت یونی شاخه	۰/۳۵۶**	-۰/۳۸۹**	۰/۷۶۹**	۰/۷۲۴**	۰/۷۱۶**

* معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد و ** معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد

جدول ۸. ضرایب همبستگی پیرسون بین صفات کیفی و شدت سرمازدگی در ارقام/ ژنوتیپ‌های گیلاس

	شدت آنتوسیانین	تعداد عدسک	شدت سرمازدگی جوانه	شدت سرمازدگی شاخه	شدت نشت یونی جوانه
تعداد عدسک	۰/۰۰۴	۱			
شدت سرمازدگی جوانه	۰/۳۸۳**	۰/۳۷۶**	۱		
شدت سرمازدگی شاخه	۰/۱۴۱	۰/۲۰۹	۰/۸۰۶**	۱	
درصد نشت یونی جوانه	۰/۱۹۲	۰/۳۹۳**	۰/۸۶۳**	۰/۵۶۴**	۱
درصد نشت یونی شاخه	۰/۰۶۴	۰/۱۰۸	۰/۷۶۹**	۰/۷۲۴**	۰/۷۱۶**

* معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد و ** معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد

به سرما رابطه وجود داشت (۳۷ و ۴۱). سرما موجب تحریک سنتز رنگیزه آنتوسیانین در برخی گیاهان می‌شود (۹) و بخشی از مسیر بیوسنتز آنتوسیانین با مسیر تحمل به سرمازدگی مشترک و دربرگیرنده ژن‌های تنظیم‌گر مقاومت به سرما است (۱۱ و ۲۳).

نتیجه‌گیری

گرچه گیلاس، گیاهی مقاوم به سرمای زمستانه توصیف می‌شود، اما در شرایطی متحمل خسارت‌های جبران ناپذیری می‌شود. به‌عنوان مثال، سرمای زمستان سال ۱۳۸۵ استان قزوین خسارات شدیدی به بسیاری درختان از جمله گیلاس وارد کرد. بر اساس نتایج این پژوهش نیز بیشتر ارقام/ ژنوتیپ‌های گیلاس مورد مطالعه به سرمای زمستان نسبتاً متحمل و ۲۵ درصد و به‌خصوص ژنوتیپ مشکین‌شهر، حساس/ نیمه‌حساس رتبه‌بندی شدند. این اطلاعات می‌تواند در انتخاب رقم مناسب برای کشت در مناطق با زمستان‌های سرد کمک کند. شدت خسارت سرمای زمستانه بیشتر در جوانه گیلاس دیده شد که به افت عملکرد منجر می‌شود. وجود همبستگی منفی بین شدت خسارت و قطر شاخه نشان می‌دهد که نهال حساسیت بالاتری دارد که باید در انتخاب محل برای احداث نهالستان مدنظر قرار گیرد. با توجه به ضعیف بودن همبستگی بین شدت خسارت و تعداد عدسک/ شدت رنگیزه آنتوسیانین، این صفات به‌عنوان معیاری کاربردی در انتخاب ارقام از نظر مقاومت به سرمازدگی زمستانه توصیه نمی‌شوند.

منابع مورد استفاده

1. Ackerman, W. L. 1969. Fruit bud hardiness of North Caucasus seedlings and other foreign peach introductions. *Fruit Varieties and Horticultural Digest* 23: 14-16.
2. Arianpour, Z. 2009. Susceptibility of some peach and nectarine cultivars to Mashhad winter cold. *Iranian Horticultural Sciences Journal* 23: 78-87. (In Farsi).
3. Ashworth, E. N., D. J. Rows and L. A. Billmyer. 1983. The freezing of water in tissues of apricot and peach and the relationship to freezing injury. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 108: 299-303.
4. Blazkova, J. 2004. Resistance to abiotic and biotic stressors in sweet cherry rootstocks and cultivars from the Czech republic. *Journal of Fruit and Ornamental Plant Research* 12: 303-310.
5. Bo, L., L. Cheng-lian, R. H. Yang and L. Qing-Zhong. 2006. Study of the cold resistance of cherry rootstocks. *Journal of Fruit Sciences* 23: 196-199
6. Burak, M., M. Buyukylmaz and F. Oz. 1994. Frost resistance of fruit buds of some sweet cherry cultivars widely grown in Turkey, II. Flowering Period. *Bahce* 23: 105-119.
7. Cain, D. W. and R. L. Andersen. 1979. Relative freezing Injury to 'Velvet', 'Redhaven' and 'Siberian C peaches following controlled freezer tests at selected dates during two winters. *Journal of American Society of Horticultural Sciences* 104: 839-843.
8. Cattivelli, I., C. Crosatti, M. Grossi, P. Facciori and A. M. Stanca. 1994. Molecular study on cold, and drought resistance in barley. *Genetica Polonica* 35: 39-45.
9. Chalker-Scott, L. 1999. Environmental significance of anthocyanins in plant stress responses. *Photochemistry and Photobiology* 70: 1-9.
10. Choi, C. and R. I. Andersen. 2001. Variable fruit set in self-fertile sweet cherry. *Canadian Journal of Plant Sciences* 8: 753-760.
11. Christie, P. J., M. R., Alenito and V. Walbot. 1994. Impacts of low temperature stress on general phenylpropanoid and anthocyanin pathway enhancement of transcript abundance and anthocyanin pigmentation in maize seedlings. *Planta* 194: 541-549
12. Damario, E. A., A. J. Pascale and M. K. Torterolo. 2006. Assessment agroclimatic frost risk in cherry fruit culture regions of Argentina Revista de la Facultad de Agronomia (Universidad de Buenos Aires). *Facultad de Agronomia, Universidad de Buenos Aires, Buenos Aires, Argentina* 26: 233-249.
13. Dexter, S, T., W. E. Tottingham and L. F. Graber. 1932. Investigations of the hardiness of plants by measurement of electrical conductivity. *Plant Physiology* 7: 63-78.
14. Fischer, M. and B. Hohlfed. 1998. Resistance tests in sweet cherries. *Acta Horticulturae* 468: 87-94.
15. Georgiev, V. 2001 Ecological requirements. Pp: 40-61. *In:* Cherry, Georgiev, V., Borovinova, M., Koleva, A., (Eds.), Cheresha (Sweet cherry) [Bul], Zemizdat, Sofia.
16. Havey, R.B. 1923. Cambial temperatures of trees in winter in relation to sunscald. *Ecology* 4: 261-265
17. Hoseinova, S., M. Keshavarzi, M. Tatari and N. Bouzari. 2009. Evaluation of winter cold resistance in a number of commercial cherry cultivars in Karaj condition. *In:* Proceedings of the 6th Iran Horticultural Sciences Congress, Rasht Univ, Gilan, Iran. pp. 1313-1515.
18. Janes, H. 2000. Research results of sweet cherry cultivars and selections testing at the Polli horticultural institute. *Plodovodstvo* 13: 214-216.
19. Kole, C., C. E. Thormann, B. H. Karlsson, J. P. Palta, P. Gaffney and B. Yandell. 2002. Comparative mapping of loci controlling winter survival and related traits in oilseed *Brassica rapa* and *B. napus*. *Molecular Breeding* 9: 201-210.
20. Layne, R. E. C. 1992. Breeding Cold Hardy Peaches and Nectarines. *Plant Breeding Reviews* 10: 271-308.
21. Leumann, R., J. Boos and A. Widmer. 2003. Late frost risk in cherry orchards 2002. Obst-und Weinbau. *Eidgenossische Forschugsanstalt fur Obst-Wein-und Gartenbau* 139: 10-12.
22. Mathers, H. M. 2004. Supercooling and cold hardiness in sour cherry germplasm: Flower buds. *Journal of American Society of Horticultural Sciences* 129: 675-681.
23. McKown, R., G. Kuroki and G. Warren. 1996. Cold response of *Arabidopsis* mutants impaired in freezing tolerance. *Journal of Experimental Biology* 47: 1919-1925.
24. Mirmohamadi, A. M. and S. Isfahani. 2004. Physiological and Breeding, Aspects of Cold Stress and Frosting in Crop Plants. 1th ed., Golbon Publication, Iran. (In Farsi).
25. Ogren, E. 1999. Fall frost resistance in willows used for biomass production. I. Characterization of seasonal and genetic variation. *Tree Physiology* 19: 749-754.
26. Palva, T. E., S. T. Htiharju, I. Tamminen, T. Pahakainen, R. Laitinen, J. Svensson, E. Helenius and P. Heino. 2002. Biological mechanisms of low temperature stress response, cold acclimation and development of freezing tolerance in plants, Jiracas Working Report, pp. 9-15.

27. Pedryc, A., J. Korbuly and Z. Szabo. 1997. Artificial frost treatment methods of stone fruits. *Acta Horticulturae* 488: 377-380.
28. Pedryc, A., R. Herman, T. Szabo, Z. Szabo and J. Nyeki. 2008. Determination of the cold tolerance of sour cherry cultivars with frost treatments in climatic chamber. *Journal of Horticultural Sciences* 14: 49-54.
29. Rasoulzadegan, Y. 1996. Fruit Growing In Temperate Zones, Isfahan University of Technology Publication, (In Farsi).
30. Raymond, C. A., J. V. Owen and I. C. Ravenwood. 1992. Genetic variation for frost tolerance in a breeding population of *Eucalyptus nitens*. *Silvae Genetica* 41: 355-362.
31. Roversi, A. and E. Rossi. 2003. Late frost mortality of cherry buds and flowers. *Informatore Agrario. Edizioni I* *Infomator Agrario* 59: 27-30.
32. Shojaee, KH., K. Davarineghad and A. Nezami. 2012. Evaluation of peach and nectarine cold resistance in controlled condition. *Iranian Journal of Horticultural Sciences* 43: 13-22. (In Farsi).
33. Sitarek, M. and Z. Grzyb. 1998. Frost injuries of sweet cherry and plum after winter 1996/1997. *Journal of Fruit and Ornamental Plant Research* 6: 15-22.
34. Smith, M. W. 2000. Cultivar and mulch affect cold injury of young Pecan trees. *Journal of American Pomological Society* 54: 29-33.
35. Sparks, D. and J. A. Payne. 1977. Freeze injury susceptibility of non-juvenile trunks in pecan. *Hortsceince* 12: 497-498.
36. Stepulaitienė, I., A. Zebrauskienė and V. Stanys. 2013. Frost resistance is associated with development of sour cherry (*Prunus cerasus* L.) generative buds. *Journal Zemdirbystė (Agriculture)* 100: 175-178.
37. Stoeckeler, J. H. and P. O. Rudolf. 1956. Winter coloration and growth of jack pine in the nursery as affected by seed source. *Z. Forstgenetik Forstpflanzenzuchtung* 5: 161-165.
38. Szabó, Z., M. Soltész and J. Nyéki. 1996. Frost injury to flower buds and flowers of cherry varieties. *Acta Horticulturae* 410: 315-321.
39. Szalay, L., J. Papp and Z. Szabó. 2000. Evaluation of frost tolerance of peach varieties in artificial freezing tests. *Acta Horticulturae* 538: 407-410.
40. Thomashow, M. F. 1999. Plant cold acclimation freezing, tolerance genes and regulatory mechanisms. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology* 50: 571-599.
41. Tischler, G. 1905. Uber di Beziehung der anthocyanbildung zur winterharte der pflanzen. *Beih Botan Centralbl* 18: 425-471.

Journal of Crop Production and Processing
Vol. 9, No. 3, Fall 2019, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran.

Winter Cold Tolerance in Cherry (*Prunus avium*) and Its Association with Electrical Conductivity and a Number of Morphological Traits

S. Farhadfar[1], M. Keshavarzi[2*], A. R. Ladan Moghadam[3], N. Buzari[2] and D. Atashkar[4]

(Received: November 2-2015; Accepted: December 1-2018)

Abstract

Winter cold is a significant damaging factor in fruit trees specially stone fruits. Relative resistance of 20 local and introduced sweet cherries (*Prunus avium*) to winter cold in artificial cold condition and its association with electrical conductivity and a number of morphological traits including trunk diameter, shoot diameter, anthocyanine and lenticels frequencies was studied in year 2011. In February, dormant shoots and buds were collected and treated in a freezer with temperatures decreasing from 4 ^{O}C to -24 ^{O}C and increasing from -24 ^{O}C to 4 ^{O}C. Then, cold damage was determined based on percentage of discoloration from green to brown. Results showed variability of shoot and bud cold tolerance among different genotypes/cultivars. Cold damage to buds was higher than shoots and they showed significantly positive correlation. In both organs, Albaloogilas Daneshkadeh was rated as the most resistant and Meshkinshahr as the most susceptible genotypes. According to the observed responses to the low temperature treatment, the germplasm was divided in three relative susceptibility groups including highly susceptible (10%), relatively susceptible (15%) and relatively resistant (75%) and no genotype was completely resistant. Accordingly, it is concluded that most genotypes/cultivars studied were relatively tolerant to winter cold. A correlation existed between cold damage and shoot diameter, indicating that this species is more cold-susceptible at the seedling stage. Considering low correlation between cold damage and lenticel numbers/anthocyanin pigment intensity, these traits are not appropriate criteria for winter cold tolerance selection in cherry.

Keywords: cherry, cultivar, winter cold, electrical conductivity, resistance

1, 3. MSc. Student and Professor of Plant Production, Respectively, Islamic Azad University, Garmsar Branch, Garmsar, Iran.
2, 4. Associate Professors and Researcher, Cold and Temperate Fruit Center, Horticultural Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Karaj, Iran.
*: Corresponding Author, Email: kmansureh@gmail.com