فصلنامه علمی زیست‌شناسی کاربردی دانشگاه الزهرا(س)
دوره ۳۵، شماره ۲، پیاپی ۷۲، تابستان ۱۴۰۱، ص ۱۰۷-۹۳
نوع مقاله: مقاله پژوهشی

The Quarterly Scientific Journal of Applied Biology
Vol.36, No.2, Sering.72, Summer 2022, p. 92-107

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۸/۶ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۹/۱۳
وب سایت نشریه: https://jab.alzahra.ac.ir
10.22051/JAB.2021.34309.1398

تاثیر سرمازدگی بر سه رقم تجاری کیوی (هایوارد، طلایی و توسرخ)

شهرام صداقت حور*[۱]، سیده خدیجه عباس نیا زارع[۲]، سیده آمنه سجادی[۳]

چکیده

به منظور بررسی میزان تحمل به سرما در سه رقم کیوی تجاری (هایوارد، طلایی و توسرخ) آزمایشی به صورت فاکتوریل سه عاملی در قالب بلوک‌های تصادفی با سه تکرار از اوایل بهمن سال ۱۳۹۷ تا اواخر فروردین سال ۱۳۹۸ انجام شد. در این آزمایش، فاکتور اول رقم کیوی در سه سطح شامل ارقام هایوارد، طلایی و توسرخ، فاکتور دوم اعمال تیمار سرما در ۳ سطح (۴، ۶- و ۱۶- درجه سانتی‌گراد) و فاکتور سوم در سه مرحله فنولوژیکی ارقام کیوی اعمال شد که شامل مراحل: رکود جوانه‌ها، متورم شدن جوانه‌ها و میوه‌های تلقیح شده بود. صفات ارزیابی شده شامل: عناصر سدیم، پتاسیم، کلسیم، منیزیم، نشت یونی و پرولین بود. نتایج این پژوهش نشان داد که میزان کلسیم، منیزیم، شاخص نشت یونی و پرولین نمونه‌ها در میوه‌های تلقیح شده دارای بیشترین میزان بود و در زمان رکود و متورم شدن جوانه‌ها تفاوت معنی‌داری از نظر آماری با هم نداشتند. بر اساس نتایج حاضر، بیشترین میزان کلسیم و پرولین تحت دمای ۶- درجه سانتی‌گراد بدست آمد. همچنین بر اساس نتایج این آزمایش بیشترین میزان پرولین و کمترین میزان نشت یونی مربوط به رقم طلایی بود. از آنجایی که افزایش نشت یونی نشانه حساسیت بیشتر به سرما است لذا می‌توان نتیجه گرفت که رقم طلایی مقاومت بیشتری به سرما دارد.

واژه های کلیدی: پرولین، فنولوژیکی، میوه‌بندی، نشت یونی.

۱.دانشیار گروه باغبانی، دانشکده علوم کشاورزی، واحد رشت، دانشگاه آزاد اسلامی، رشت، ایران(*نویسنده مسئول: sedaghathoor@iaurasht.ac.ir)

۲ . دکتری تخصصی باغبانی، آموزش و پرورش لاهیجان، لاهیجان، ایران

۳ . استادیار گروه زراعت، دانشکده علوم کشاورزی، واحد رشت، دانشگاه آزاد اسلامی، رشت، ایران

مقدمه

گیاه کیوی از ارتفاع زیر صفر تا ۲۰۰۰ متری از سطح دریا در شمال ایران می‌تواند کشت شود. مقاومت گیاه کیوی به تغییرات دما و دمای زیر صفر درجه سانتی‌گراد، بیش‌تر از درختان مرکبات است، اما گل‌های کیوی در مقایسه با گل‌های مرکبات حساسیت بیشتری نسبت به سرما دارند. یخبندان پاییزی تولید غنچه گیاه در فصل بهار را به تاخیر می‌اندازد. هرگاه سرما پس از گلدهی اتفاق افتد، مانع تشکیل میوه خواهد شد (شیخی، ۱۳۸۴). تاکنون بیش از ۶۰ گونه و ۱۰۰ واریته از کیوی شناسایی شده است. رقم‌های معروف آن عبارتند از: رقم‌های ماده (هایوارد، برونو، آبوت، مانتی، آلیسون، گراسی، رد و گلدن) و رقم های نر (ماتوآ و توموری) است (محمدی و عبدی سنه‌کوهی، ۱۳۷۲). در میان ارقام مختلف کیوی‌فروت، کیوی توسرخ و کیوی طلایی از جمله میوه‌های کیوی‌فروت می‌باشند که به دلیل دارا بودن برخی از خصوصیات مطلوب، مانند زودرسی، عدم پرز و صاف بودن پوست میوه، رنگی بودن گوشت، طعم و مزه شیرین‌تر نسبت به گونه‌های سبز دارای بازارپسندی مناسبی هستند و با توجه به این خصوصیات، در مصارف تازه خوری و صنایع تبدیلی مورد استفاده قرار می‌گیرند (افشار محمدیان و اسحاقی تیموری، ۱۳۸۷). بدون شک هایوارد بهترین رقمی است که تاکنون کشت شده است؛ میوه‌ها بزرگ‌تر از استاندارد و شکل و اندازه آنها کاملا یکنواخت، موزون و بازارپسند است (محمدی و عبدی سنه کوهی، ۱۳۷۲). میوه‌های کیوی را می‌توان به مدت ۴ تا ۶ ماه در سردخانه با دمای صفر درجه سانتی‌گراد نگهداری کرد، هر چند در این مدت سفتی بافت میوه به میزان زیادی کاهش می‌یابد، اما در بعضی موارد به علت کیفیت پایین میوه‌ها، نمی‌توان آن‌ها را به مدت طولانی در سردخانه نگهداری کرد (Antunes, & Sfakiotakis, 2002). کیوی برای تولید مناسب به ۳۰۰ تا ۴۰۰ ساعت تقریبا ۱۷-۱۳شبانه روز دمای کمتر از ۷ درجه سانتی‌گراد نیاز دارد. هرچند یخبندان در از بین بردن نهال کیوی به خصوص نهالی که در دوران اولیه رشد می‌باشد، بسیار موثر است. با این وجود یک دوره استراحت ۲۳۰ روزه بدون یخبندان کمک موثری به آماده نمودن نهال کیوی برای گلدهی در سال بعد است. در مناطقی که درجه حرارت زمستان به کمتر از ۱۲ درجه سانتی‌گراد زیر صفر باشد، پرورش کیوی غیرممکن است، مگر اینکه امکانات کامل برای ایجاد باران مصنوعی فراهم شده باشد. به‌طور کلی خسارت و زیان شدید موقعی به گیاه وارد می‌شود که یک زمستان زودرس به دنبال یک پائیز معتدل بروز کند. هرچند جوانه‌ها، گل‌ها و میوه‌های کیوی در حرارت ۱/۵- درجه سانتی‌گراد و پایین‌تر از آن صدمه می بیند، در فصل خواب و بی برگی، گیاه بالغ تا حدود ۱۲- درجه سانتی‌گراد را می‌تواند تحمل کند (محمدی و عبدی سنه کوهی،۱۳۷۲). دمای پایین باعث کاهش فعالیت بیوسنتزی گیاهان، انجام وظایف فرآیندهای فیزیولوژیک و هم چنین باعث خسارت‌های دائمی و در نهایت باعث مرگ گیاه می‌شود. مقاومت به سرما می‌تواند به صورت توانایی گیاهان در تحمل کردن دمای زیر صفر بدون ایجاد خسارت سرما، موضوع مهمی برای تحقیق است. توانایی تخمین میزان مقاومت به سرما در گیاهان یک تحقیق بنیادی و کاربردی است (Weiser, 1970).

مقاومت گیاه نسبت به سرما و یخبندان یک صفت کمی است که تحت تاثیر مجموعه پیچیده‌ای از عوامل و متغیرهای محیطی قرار دارد. گیاهان چوبی مناطق معتدله و شمالی درجه حرارت‌های یخزدگی را به صورت مقطعی دریافت می‌کنند. مشکل اصلی که گیاهان چوبی در شرایط درجه حرارت زیر صفر با آن مواجه هستند، تشکیل یخ است. بلورهای یخ می‌توانند موجب آسیب شدید به سلول‌های زنده شوند که این عمل می‌تواند منجر به مرگ گیاه شود (کافی و مهدوی دامغانی، ۱۳۸۶). گیاهان چند ساله معمولا در پاسخ به کوتاه شدن طول روز، کاهش دما و یخبندان‌های مقطعی شروع به تطابق‌یابی و افزایش تحمل به سرما و یخبندان

می‌کنند (Levitt, 1980). میزان رشد مجدد پس از برطرف شدن سرما و همچنین مقادیر نکروزه شدن ساقه نیز روشی بود که توسط Chat (1995)روی شاخه‌های کیوی استفاده شد. در نتیجه تحقیقات او مشخص شد که گونه *Actinidia delicosa* دارای بیشترین بافت مردگی و کمترین میزان رشد مجدد پس از قرار گرفتن در محیط گرم بود.

دمای بحرانی برای سرمازدگی گونه‌های مختلف گیاهی، بافت‌ها و مراحل رشد متفاوت است و بروز یخبندان ۴- درجه سانتیگرادی یا شدیدتر از آن در هر زمانی از سال، به برگ‌های مو آسیب می‌زند. درحالی‌که شکوفه‌ها، خوشه‌ها و شاخساره‌های جوان در مقابل سرما حساس‌تر هستند و در دمای ۲- درجه سانتیگراد آسیب می‌بینند (Wilson, 2001). Barranco & Ruiz (2005) با بررسی تحمل به یخ زدگی ۸ رقم زیتون نتیجه گرفتند که مقادیر نشت‌یونی در اثر اعمال هر چه بیشتر سرما تا ۲۲- درجه سانتیگراد افزایش می‌یابد. جالب اینکه این افزایش در ارقام حساس زیتون مورد آزمایش آنها شدیدتر و به صورت ناگهانی دیده شد. اکثر درختان میوه مناطق معتدله در معرض سرمای زمستان یا یخبندان بهاره قرار می گیرند که این امر موجب خسارت‌های شدید اقتصادی می شود. یخبندان‌های شدید حتی می‌توانند به تنه و شاخه‌های بزرگتر خسارت وارد آورند. سیاه شدن آوند چوبی که عارضه‌ای ناشی از قهوه‌ای شدن اکسیداتیو سلول‌های این آوند است، نتیجه یخبندان‌های زمستانی است (طلایی، ۱۳۷۷). مرحله‌ی فنولوژیکی درختان می‌تواند در رابطه با آسیب سرمایی اهمیت زیادی داشته باشد. مرحله گلدهی و ریزش گلبرگ در درختان بیشتر تحت تاثیر دماهای پایین قرار گرفته و حساس‌تر اند (Pakkish *et al.*, 2011). در تحقیق حاضر، تنش سرما (یخزدگی) در سه رقم کیوی تجاری (هایوارد، طلایی و توسرخ) با هدف تعیین مقاومت به سرمای جوانه های کیوی در مراحل مختلف رشد و همچنین تعیین بیشترین سرمای قابل تحمل در ارقام مورد نظر، ارزیابی شد.

مواد و روش ها

این آزمایش روی سه رقم تجاری کیوی شامل هایوارد، طلایی و توسرخ انجام شد. برای این آزمایش از تاک‌های هم سن کیوی (۸ ساله) موجود در منطقه استفاده شد. آزمایش به صورت فاکتوریل سه عاملی در قالب بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. در این آزمایش از شاخه‌های یک‌ساله بارده با قطر حدود یک سانتی‌متر استفاده شد. در هر تکرار ۹ تاک کیوی (از هر رقم سه تاک) انتخاب و مواد گیاهی لازم یعنی جوانه‌ها و میوه‌های تحت آزمایش از این تاک‌ها تهیه و به آزمایشگاه منتقل شدند. فاکتور اول در این آزمایش رقم کیوی در سه سطح شامل ارقام هایوارد، طلایی و توسرخ و فاکتور دوم اعمال تیمار سرما در ۳ سطح در نظر گرفته شد. عامل سرما در ۳ سطح شامل تیمارهای: ۱) شاهد دمای ۴+ درجه سانتی‌گراد در اتاق تاریک؛ ۲) دمای ۶- درجه سانتی گراد؛ ۳) دمای ۱۶- درجه سانتی‌گراد بود که با استفاده از فریزر ترموگرادیان قابل تنظیم تا دماهای مورد نظر اعمال شد. تیمارها در ۳ مرحله فنولوژیکی ارقام کیوی (رکود جوانه‌ها، متورم شدن جوانه‌ها و میوه‌های تازه تلقیح شده) به عنوان عامل سوم اعمال شد.

در هر مرحله سه تاک (تکرار) از هر رقم انتخاب و از هر تاک ۴ شاخه یک ساله در چهار طرف تاک انتخاب و از هر شاخه تعدادی جوانه درحال رکود، متورم شده و میوه‌های تازه تلقیح شده برداشت شد. جوانه‌های در حال رکود در پانزدهم بهمن ماه، جوانه‌های متورم شده در تاریخ نوزدهم اسفند ۱۳۹۷ و میوه‌های تازه تلقیح یافته (طلایی و توسرخ) در تاریخ بیستم اردیبهشت ۱۳۹۸ و رقم هایوارد در تاریخ بیست و هشتم اردیبهشت ۱۳۹۸ برداشت شد و در هر مرحله بلافاصله به آزمایشگاه منتقل شد. طبق روش

پیشنهادی Levitt (1980)، از نمونه‌های برداشت شده ۳ گرم از شاخه‌ها جدا شد و برای اعمال تیمارهای سرما، مواد انتخابی (جوانه‌های راکد، متورم و میوه‌های تازه تشکیل شده) در مراحل مختلف با آب مقطر اسپری شده و به فریزر ترموگرادیان منتقل شد و با سرعت انجماد ۱۰ درجه در ساعت تا ۲ درجه سانتیگراد خنک شد، سپس با سرعت انجماد ۵ درجه در ساعت تا دماهای مورد نظر خنک شد و نمونه‌ها ۳ ساعت در دماهای مذکور نگه داشته شدند. بدین منظور ۰/۵ گرم نمونه از هر پلات آزمایشی با ۵۰ سی‌سی آب مقطر دوباره تقطیر شده را داخل ظروف دربسته در دمای آزمایشگاه به مدت ۲۴ ساعت قرار داده شد، سپس EC_1 آن اندازه گرفته شد و برای اندازه‌گیری EC_2 نیز ۰/۵ گرم نمونه را به مدت ۲۴ ساعت منجمد کرده و بعد از آن دوباره نمونه‌ها در دمای اتاق به مدت ۲۴ ساعت قرار داده شدند، آن‌گاه با دستگاه EC سنج اعداد آن خوانده شد و سپس نشت یونی از رابطه‌ی زیر بدست آمد:

$$\text{نشت یونی} = (EC_1 \div EC_2) \times ۱۰۰$$

و همچنین غلظت برخی از کاتیون ها از جمله Na ,K ,Mg ,Ca و نیز میزان پرولین اندازه‌گیری شد.

عصاره‌گیری جهت اندازه‌گیری عناصر

برای استخراج عناصر، ۰/۳ گرم از نمونه خشک شده در آون را به کمک ترازوی مخصوص توزین و به بالن ژوژه ۵۰ میلی لیتری منتقل شد. سپس ۲/۳ میلی لیتر از مخلوط اسیدها (اسید سولفوریک و اسید سالیسیلیک) را اضافه کرده و با دقت تکان داده تا تمامی مواد گیاهی خیس شود. مخلوط یک شب به حال خود قرار داده شد و در روز بعد نمونه به مدت یک ساعت تا حرارت ۱۸۰ درجه سانتی‌گراد حرارت داده و بعد از خنک شدن، ۵ قطره آب اکسیژنه اضافه نموده و بالن‌ها دوباره روی اجاق قرار داده شد و حرارت به ۲۸۰ درجه سانتی‌گراد افزایش داده شد تا آب تبخیر و بخار سفید ظاهر شود. این عمل را تا بی‌رنگ شدن نمونه ادامه یافت. سپس نمونه‌ها را از روی اجاق برداشته و بعد از خنک شدن ۱۰ میلی لیتر آب اضافه نموده و تکان داده تا بیشتر مواد رسوب شده حل شود سپس به حجم رسانده و بعد از بهم زدن صاف شد (امامی، ۱۳۷۵). از عصاره تهیه شده برای اندازه‌گیری عناصر کلسیم و منیزیم، به وسیله دستگاه جذب اتمی استفاده شد (امامی، ۱۳۷۵). از عصاره تهیه شده برای اندازه‌گیری پتاسیم و سدیم توسط نشر شعله ای یا فلایم‌فتومتر مدل Jenway استفاده شد (امامی، ۱۳۷۵).

اندازه‌گیری پرولین

اندازه‌گیری پرولین به روش Bates و همکاران (۱۹۷۳) انجام شد. جهت اندازه‌گیری پرولین ۰/۱ گرم از بافت تر را در ۱۰ میلی‌لیتر محلول ۳ درصد اسید سولفوسالیسیلیک ساییده و مخلوط یکنواختی تهیه شد. عصاره حاصل به مدت ۵ دقیقه در ۱۰۰۰۰ دور سانتریفیوژ شد. سپس ۲ میلی‌لیتر از مایع رویی را با ۲ میلی‌گرم معرف نین‌هیدرین و ۲ میلی‌لیتر استیک اسید خالص مخلوط کرده و ۱ ساعت در دمای ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد حمام آب گرم قرار گرفت. بعد از این مدت، جهت قطع انجام کلیه واکنش‌ها، لوله‌های محتوی مخلوط در حمام یخ، سرد شد، سپس ۴ میلی‌لیتر تولوئن به مخلوط اضافه کرده و لوله‌ها به خوبی تکان داده شد. با ثابت نگه‌داشتن لوله‌ها به مدت ۱۵ تا ۲۰ ثانیه، ۲ لایه کاملا مجزا در آن‌ها تشکیل شد. از لایه رنگی فوقانی که حاوی تولوئن و پرولین بود، برای اندازه‌گیری غلظت پرولین استفاده شد. جذب مقدار مشخصی از این ماده رنگی در طول موج ۵۲۰ نانومتر تعیین شد و مقدار

پرولین در هر نمونه با استفاده از معادله حاصل از منحنی استاندارد (Y= 0.0008X + 0.0067)، تعیین شد. تجزیه و تحلیل داده‌ها به کمک نرم افزار MSTATC، مقایسه میانگین تیمارها به روش LSD انجام شد.

نتایج و بحث

مقدار عناصر در ارقام کیوی در دما و مراحل مختلف رشد جوانه‌ها

سدیم

بر اساس نتایج بدست آمده و تجزیه واریانس داده‌های مربوط به اثر فاکتورهای آزمایشی بر میزان سدیم، اثر رقم، اثر سطوح مختلف سرما، اثر ساده مرحله فنولوژیک (رکود جوانه‌ها، متورم شدن جوانه‌ها و میوه‌های تلقیح شده)، اثرات متقابل "رقم × سرما"، "رقم × مرحله فنولوژیک" و اثر سه‌گانه "رقم × سرما × مرحله فنولوژیک" در سطح احتمال ۱ درصد و اثر متقابل "سرما × مرحله فنولوژیک" در سطح احتمال ۵ درصد بر میزان سدیم معنی‌دار بود (جدول ۱). نتایج مقایسه میانگین داده‌ها (جدول ۲) نشان می‌دهد که بیشترین میزان سدیم مربوط به هایوارد بود و کمترین میزان سدیم مربوط به رقم طلایی و توسرخ بود که از نظرآماری تفاوت معنی‌داری باهم نداشتند. همچنین مقایسه میانگین داده‌ها (جدول ۳) نشان می‌دهد که بیشترین میزان سدیم در دمای ۶- درجه سانتی‌گراد بدست آمد که تفاوت معنی‌داری با دمای ۴+ درجه سانتی‌گراد نداشت و کمترین میزان سدیم هم در دمای ۱۶- درجه سانتی‌گراد بدست آمد. بیشترین میزان سدیم در مراحل رکود و متورم شدن جوانه‌ها و کمترین میزان سدیم هم در مرحله میوه‌های تلقیح شده بدست آمد (جدول ۴). بر اساس نتایج مقایسه میانگین داده‌های اثر متقابل "رقم × سرما"، بیشترین میزان سدیم متعلق به "هایوارد × دمای ۴+" بود و کمترین میزان سدیم هم مربوط به "طلایی× دمای ۱۶- درجه سانتی‌گراد" بود (جدول ۵). نتایج مقایسه میانگین داده‌های اثر متقابل "رقم × مرحله فنولوژیک" بر میزان سدیم (جدول ۶) نشان می‌دهد که بیشترین میزان سدیم مربوط به "هایوارد × رکود" بود و کمترین میزان سدیم هم مربوط به همه "ارقام کیوی (هایوارد، طلایی و توسرخ) × میوه‌های تلقیح شده" بود. نتایج مقایسه میانگین داده‌های اثر دوگانه "سرما × مرحله فنولوژیک" نشان می‌دهد که بیشترین میزان سدیم مربوط به "دمای ۶- درجه سانتی‌گراد × رکود جوانه‌ها" بود و کمترین میزان سدیم هم تحت ترکیب تیماری دماهای "۴+، ۶- و ۱۶- درجه سانتی‌گراد × متورم شدن" بدست آمد (جدول ۷). همچنین نتایج مقایسه میانگین اثر سه‌گانه "رقم × سرما × مرحله فنولوژیک" نشان می‌دهد که بیشترین میزان سدیم مربوط به تیمارهای "توسرخ × ۶- درجه سانتی‌گراد × رکود جوانه‌ها"، "هایوارد × ۴+ درجه سانتی‌گراد × رکود جوانه‌ها"، "هایوارد × ۴+ درجه سانتی‌گراد × متورم شدن جوانه‌ها"، "طلایی × ۶- درجه سانتی‌گراد × متورم شدن جوانه‌ها" بود و کمترین میزان سدیم هم مربوط به تیمار "هایوارد × ۴+ درجه سانتی‌گراد × میوه‌های تلقیح شده" بود که تفاوت معنی‌داری با همه ترکیب تیماری ارقام مختلف در دماهای مختلف با میوه‌های تلقیح شده نداشت.

جدول ۱- تجزیه واریانس اثر فاکتورهای آزمایشی بر صفات اندازه‌گیری شده در کیوی

		میانگین مربعات					
	درجه آزادی	سدیم	پتاسیم	کلسیم	منیزیم	نشت یونی	پرولین
تکرار	۲	۱/۹۴^{ns}	۳۳/۸۴^{ns}	۰/۰۷^{ns}	۰/۰۱۲^{ns}	۳۸۴/۹۹^{ns}	۶۴/۹۶^{ns}
رقم (A)	۲	۱۸/۶۵**	۱۵۴۴۸/۳۹**	۹۴/۸۲**	۰/۰۳۳^{ns}	۱۳۴۲/۹۳*	۳۸۴/۰۱**
سرما (B)	۲	۳۹/۸۸**	۱۴۲/۲۹^{ns}	۲۳۶/۷۵**	۰/۰۲۹^{ns}	۲۹۱/۵۵^{ns}	۸۴۱/۳۶**
AB	۴	۳۴/۸۹**	۵۰۸۵/۲۲**	۴۵/۱۲**	۰/۰۱۷^{ns}	۴۱۰/۷۲^{ns}	۲۹۲۷/۱۷**
مرحله فنولوژیک (C)	۲	۱۰۸۱/۷۶**	۳۶۳۴/۹۵**	۷۲۴/۸۷**	۰/۸۷۳**	۲۳۱۹۳/۰۰**	۴۹۹۷/۰۹**
AC	۴	۱۸/۲۳**	۱۹۷۶/۷۰**	۱۴۴/۶۸**	۰/۰۰۸^{ns}	۲۴۵/۷۶^{ns}	۴۱۴/۶۸**
BC	۴	۵/۹۲*	۴۸۱/۱۲**	۱۷/۰۵*	۰/۰۱۷^{ns}	۱۷۱۵/۵۴**	۱۰۷۲/۱۶**
ABC	۸	۱۶/۶۸**	۳۳۶۰/۴۴**	۲۰/۷۱**	۰/۰۰۳^{ns}	۲۰۰۳/۷۹**	۱۰۴۰/۳۷**
خطا	۵۲	۲/۳۱	۵۲/۱۰	۶/۷۰	۰/۰۱۰	۴۰۸/۷۱	۳۰/۰۵
ضریب تغییرات (٪)	-	۸/۱۵	۸/۴۱	۲۱/۸۲	۶/۰۱	۲۲/۳۵	۳۶/۷۶

^{ns}: اختلاف غیر معنی دار**: اختلاف معنی‌دار در سطح ۱٪ و *: اختلاف معنی‌دار در سطح ۵٪

جدول ۲-مقایسه میانگین اثر رقم بر صفات مورد آزمایش

رقم	سدیم(میلی اکی والان بر لیتر)	پتاسیم(میلی اکی والان بر لیتر)	کلسیم (میلی گرم در لیتر)	نشت یونی (µS/cm)	پرولین(میکرومول در گرم وزن تر)
هایوارد	۱۹/۶۱a	۱۱۲/۳a	۱۲/۸۵a	۸۴/۶۱b	۱۱/۲۴b
طلایی	۱۸/۰۷b	۷۹/۴۰b	۱۳/۰۵a	۸۲/۴۷b	۱۸/۷۸a
توسرخ	۱۸/۳۰b	۶۵/۸۳c	۹/۷۱b	۹۲/۹۰a	۱۴/۷۲b

حروف مشترک در هر ستون نشان دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار بر اساس آزمون LSD است.

جدول ۳- مقایسه میانگین اثر سرما بر صفات مورد آزمایش

سرما	سدیم (میلی اکی والان بر لیتر)	کلسیم (میلی اکی والان بر لیتر)	پرولین (میکرومول در گرم وزن تر)
دمای ۴+	۱۸/۸۰a	۹/۰۳c	۸/۷۵b
دمای ۶-	۱۹/۸۰a	۱۴/۹۴a	۱۶/۳۶a
دمای۱۶-	۱۷/۳۸b	۱۱/۶۳b	۱۹/۶۳a

حروف مشترک در هر ستون نشان دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار بر اساس آزمون LSD است.

جدول ۴- مقایسه میانگین اثر مراحل فنولوژیک بر صفات مورد آزمایش

مراحل فنولوژیک	سدیم (میلی اکی والان بر لیتر)	پتاسیم (میلی اکی والان بر لیتر)	کلسیم (میلی گرم در لیتر)	منیزیم (میلی گرم در لیتر)	نشت یونی (µS/cm)	پرولین (میکرومول در گرم وزن تر)
رکود جوانه ها	۲۲/۵۲a	۹۷/۳۷a	۹/۶۴b	۱/۵۱b	۷۰/۵۵b	۱۱/۲۸b
متورم شدن جوانه‌ها	۲۲/۱۰a	۷۴/۱۶c	۸/۱۷b	۱/۵۳b	۵۶/۱۴c	۳/۴۹c
میوه های تلقبح شده	۱۱/۳۵b	۸۶/۰۴b	۱۷/۷۹a	۱/۸۳a	۸۸/۱۷a	۲۹/۹۶a

حروف مشترک در هر ستون نشان دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار بر اساس آزمون LSD است.

جدول ۵-مقایسه میانگین اثر "رقم × سرما" بر صفات مورد آزمایش

رقم × سرما	سدیم (میلی اکی والان بر لیتر)	پتاسیم (میلی اکی والان بر لیتر)	کلسیم (میلی گرم در لیتر)	پرولین (میکرومول در گرم وزن تر)
هایوارد × دمای ۴+	۲۱/۵۲a	۹۹/۹۹b	۱۰/۱۲bc	۸/۱۲de
هایوارد × دمای ۶-	۱۹/۱۲bc	۱۰۸/۲b	۱۵/۹۵a	۲۰/۰۲bc
هایوارد × دمای ۱۶-	۱۸/۱۸c	۱۲۸/۸a	۱۲/۴۶ab	۵/۵۹de
طلایی × دمای ۴+	۱۷/۸۶c	۱۰۷/۰b	۱۰/۲۷bc	۶/۰۶de
طلایی × دمای ۶-	۲۰/۹۷ab	۸۱/۶۳c	۱۳/۸۱ab	۳/۵۱e
طلایی × دمای ۱۶-	۱۵/۳۸d	۴۹/۶۰e	۱۵/۰۷a	۴۶/۷۶a
توسرخ × دمای ۴+	۱۷/۰۱cd	۵۸/۲۹de	۶/۶۹c	۱۲/۰۶cd
توسرخ × دمای ۶-	۱۹/۳۰abc	۶۲/۰۶d	۱۵/۰۵a	۲۵/۵۶b
توسرخ × دمای ۱۶-	۱۸/۵۸c	۷۷/۱۳c	۷/۳۷c	۶/۵۳de

حروف مشترک در هر ستون نشان دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار بر اساس آزمون LSD است.

پتاسیم

بر اساس نتایج تجزیه واریانس داده‌های مربوط به میزان پتاسیم، اثر رقم، اثر ساده مرحله فنولوژیک، اثرات متقابل "رقم × سرما"، "رقم × مرحله فنولوژیک"، "سرما × مرحله فنولوژیک" و اثر سه‌گانه "رقم × سرما × مرحله فنولوژیک" در سطح احتمال ۱ درصد بر میزان پتاسیم معنی‌دار بوده است (جدول ۱). نتایج نشان داد که بیشترین میزان پتاسیم مربوط به هایوارد و کمترین میزان پتاسیم هم مربوط به طلایی بود (جدول ۲). همچنین نتایج مقایسه میانگین داده‌ها (جدول ۴) نشان می‌دهد که بیشترین میزان پتاسیم در مرحله رکود جوانه‌ها و کمترین میزان پتاسیم هم در مرحله متورم شدن جوانه‌ها بدست آمد. بر اساس نتایج مقایسه میانگین داده‌های اثر متقابل "رقم × سرما"، بیشترین میزان پتاسیم متعلق به "هایوارد × دمای ۱۶- درجه سانتی‌گراد" بود و کمترین میزان پتاسیم هم مربوط به "طلایی× دمای ۱۶- درجه سانتی‌گراد" بود (جدول ۵). نتایج مقایسه میانگین داده‌های اثر متقابل "رقم × مرحله فنولوژیک" بر میزان پتاسیم (جدول ۶) نشان می‌دهد که بیشترین میزان پتاسیم مربوط به "هایوارد × رکود" بود و کمترین

میزان پتاسیم هم از تیمار "توسرخ × متورم شدن" بدست آمد که از نظر آماری تفاوت معنی‌داری با تیمارهای "توسرخ × رکود" و "طلایی× متورم شدن" نداشت. بر اساس نتایج مقایسه میانگین داده‌های حاصل از "سرما × مرحله فنولوژیک"، بیشترین میزان پتاسیم مربوط به "دمای ۴+ × رکود" و کمترین میزان پتاسیم هم مربوط به "دمای ۶- × متورم شدن" بود (جدول ۷) همچنین نتایج مقایسه میانگین اثر سه‌گانه "رقم × سرما × مرحله فنولوژیک" نشان می‌دهد که بیشترین میزان پتاسیم مربوط به تیمارهای "هایوارد × ۱۶- درجه سانتی‌گراد × رکود جوانه‌ها"، "هایوارد × ۴+ درجه سانتی‌گراد × رکود جوانه‌ها" و کمترین میزان پتاسیم هم مربوط به تیمار "طلایی × ۱۶- درجه سانتی‌گراد × رکود" و "طلایی × ۱۶- درجه سانتی‌گراد × متورم شدن جوانه‌ها" بود (شکل ۱).

جدول ۶-مقایسه میانگین اثر "رقم × مراحل فنولوژیک" بر صفات مورد آزمایش

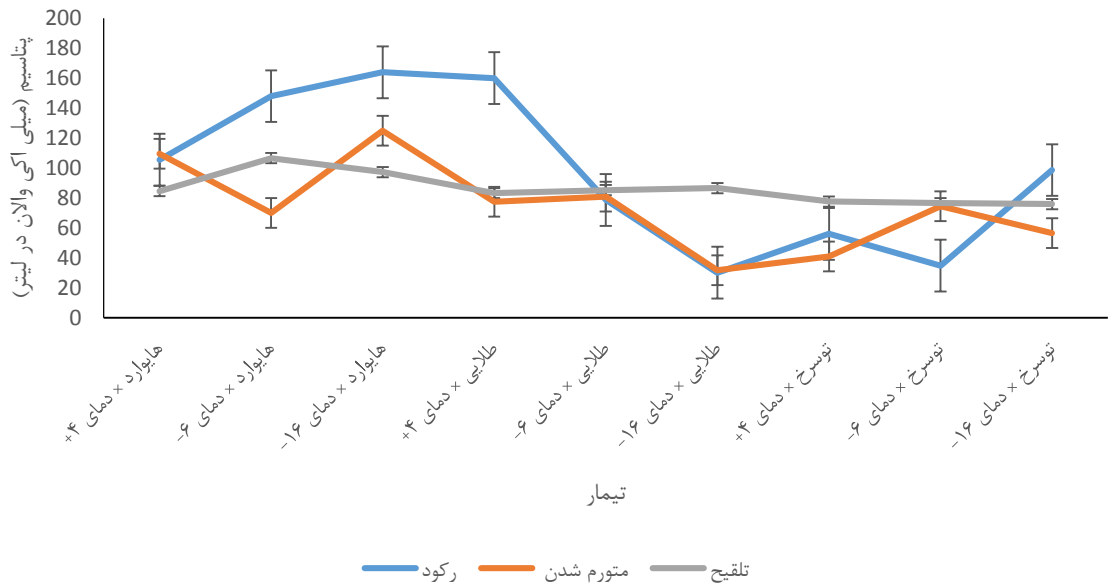
رقم × مراحل فنولوژیک	سدیم (میلی اکی والان بر لیتر)	پتاسیم (میلی اکی والان بر لیتر)	کلسیم(میلی گرم در لیتر)	پرولین(میکرومول در گرم وزن تر)
هایوارد × رکود	۲۴/۶۷a	۱۳۹/۲a	۱۱/۰۰cd	۵/۳۷b
هایوارد × متورم شدن	۲۲/۸۲ab	۱۰۱/۶b	۵/۱۱e	۱/۶۱b
هایوارد × تلقیح	۱۱/۳۳d	۹۶/۲۲bc	۲۲/۴۳a	۲۶/۷۵a
طلایی × رکود	۲۰/۱۲c	۸۹/۶۱c	۱۲/۲۳c	۲۳/۶۹a
طلایی × متورم شدن	۲۲/۰۸bc	۶۳/۴۸e	۱۲/۲۹c	۱/۴۹b
طلایی × تلقیح	۱۲/۰۰d	۸۵/۱۱cd	۱۴/۶۲bc	۳۱/۱۴a
توسرخ × رکود	۲۲/۷۷ab	۶۳/۲۶e	۵/۶۹e	۴/۷۹b
توسرخ × متورم شدن	۲۱/۴۰bc	۵۷/۴۴e	۷/۱۱de	۷/۳۷b
توسرخ × تلقیح	۱۰/۷۲d	۷۶/۷۸d	۱۶/۳۲b	۳۲/۰۰a

حروف مشترک در هر ستون نشان دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار بر اساس آزمون LSD است.

جدول ۷-مقایسه میانگین اثر "سرما × مراحل فنولوژیک" بر صفات مورد آزمایش

سرما × مراحل فنولوژیک	سدیم (میلی اکی والان بر لیتر)	پتاسیم (میلی اکی والان بر لیتر)	کلسیم(میلی گرم در لیتر)	نشت یونی (µS/cm)	پرولین (میکرومول در گرم وزن تر)
دمای ۴+ × رکود	۲۱/۸۱bc	۱۰۷/۳a	۵/۳۲e	۷۲/۱۱bc	۸/۲۴de
دمای ۴+ × متورم شدن	۲۳/۰۲ab	۷۶/۰۹de	۵/۸۰de	۷۵/۷۲bc	۴/۰۲e
دمای ۴+ × تلقیح	۱۱/۵۶d	۸۱/۸۹cde	۱۵/۹۷b	۹۵/۷۱a	۱۳/۹۸d
دمای ۶- × رکود	۲۴/۳۱a	۸۷/۱۸bcd	۱۴/۲۲b	۸۴/۴۲ab	۲/۱۹e
دمای ۶- × متورم شدن	۲۳/۰۸ab	۷۵/۲۰e	۱۰/۲۲c	۶۱/۱۷c	۴/۶۷e
دمای ۶- × تلقیح	۱۲/۰۰d	۸۹/۵۶bc	۲۰/۳۷a	۹۴/۶۸a	۴۲/۲۳a
دمای ۱۶- × رکود	۲۱/۴۳bc	۹۷/۶۶ab	۹/۳۸cd	۷۵/۷۷bc	۲۳/۴۱c
دمای ۱۶- × متورم شدن	۲۰/۲۰c	۷۱/۲۰e	۸/۴۹cde	۵۵/۰۷c	۱/۷۸e
دمای ۱۶- × تلقیح	۱۰/۵۰d	۸۶/۶۷bcd	۱۷/۰۳ab	۹۸/۹۳a	۳۳/۶۸b

حروف مشترک در هر ستون نشان دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار بر اساس آزمون LSD است.

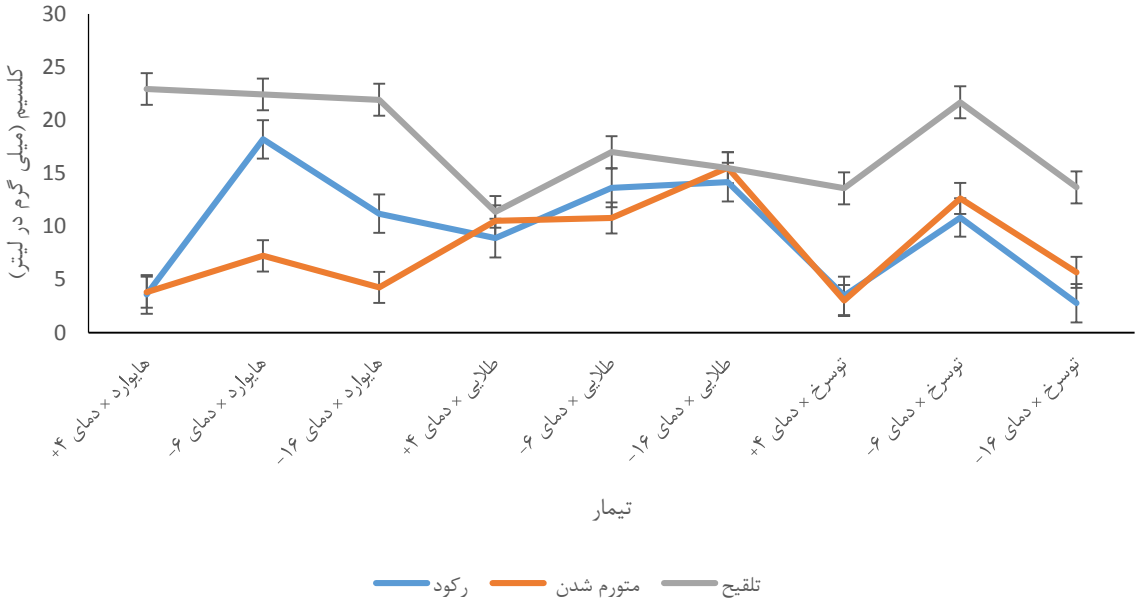


شکل ۱- اثر متقابل "رقم × سرما × مرحله‌ی فنولوژیک" بر میزان پتاسیم

کلسیم

نتایج تجزیه واریانس اثر فاکتورهای آزمایشی بر میزان کلسیم نشان می‌دهد که، اثر رقم، اثر سطوح مختلف سرما، اثر ساده مرحله فنولوژیک (رکود جوانه‌ها، متورم شدن جوانه‌ها و باز شدن گل‌ها)، اثرات متقابل "رقم × سرما"، "رقم × مرحله فنولوژیک" و اثر سه‌گانه "رقم × سرما × مرحله فنولوژیک" در سطح احتمال ۱ درصد و اثر متقابل "سرما × مرحله فنولوژیک" در سطح احتمال ۵ درصد بر میزان کلسیم معنی‌دار بوده است (جدول ۱). بر اساس نتایج مقایسه میانگین داده‌ها (جدول ۲)، بیشترین میزان کلسیم مربوط به هایوارد و طلایی و کمترین میزان کلسیم هم مربوط به توسرخ بود. بیشترین میزان کلسیم در دمای ۶- درجه سانتی‌گراد بدست آمد و کمترین میزان کلسیم هم مربوط به ۴+ درجه سانتی‌گراد بود (جدول ۳). بیشترین میزان کلسیم در مرحله میوه‌های تلقیح شده و کمترین میزان کلسیم هم از مراحل رکود و متورم شدن جوانه‌ها بدست آمد (جدول ۴). بر اساس نتایج مقایسه میانگین داده‌های اثر متقابل "رقم × سرما"، بیشترین میزان کلسیم متعلق به "هایوارد × دمای ۶- درجه سانتی‌گراد"، "طلایی × دمای ۱۶- درجه سانتی‌گراد" و "توسرخ × دمای ۶- درجه سانتی‌گراد" بود و کمترین میزان کلسیم هم مربوط به "توسرخ× دمای ۴+ درجه سانتی‌گراد" و "توسرخ × دمای ۱۶- درجه سانتی‌گراد" بود (جدول ۵). نتایج مقایسه میانگین داده‌های اثر متقابل "رقم × مرحله فنولوژیک" بر میزان کلسیم (جدول ۶) نشان می‌دهد که بیشترین میزان کلسیم مربوط به "هایوارد × میوه‌های تلقیح شده" بود و کمترین میزان کلسیم هم مربوط به "هایوارد × متورم شدن جوانه‌ها" بود. نتایج مقایسه میانگین داده‌های مربوط به "سرما × مرحله فنولوژیک" نشان می‌دهد که بیشترین میزان کلسیم مربوط به "دمای ۶- درجه سانتی‌گراد × میوه‌های تلقیح شده" و کمترین میزان کلسیم هم تحت ترکیب تیماری "دمای ۴+ درجه سانتی‌گراد × رکود جوانه‌ها" بدست آمد (جدول ۷). بر اساس نتایج مقایسه میانگین داده‌های حاصل از اثر سه‌گانه "رقم × سرما × مرحله فنولوژیک"، بیشترین میزان کلسیم تحت ترکیب تیماری "هایوارد × ۴+ درجه

سانتی‌گراد × میوه‌های تلقیح شده" بدست آمد و کمترین میزان کلسیم هم مربوط به ترکیب تیماری "توسرخ × ۱۶- درجه سانتی‌گراد × رکود جوانه‌ها" بود (شکل ۲).



شکل ۲- اثرمتقابل "رقم × سرما × مرحله‌ی فنولوژیک" بر میزان کلسیم

منیزیم

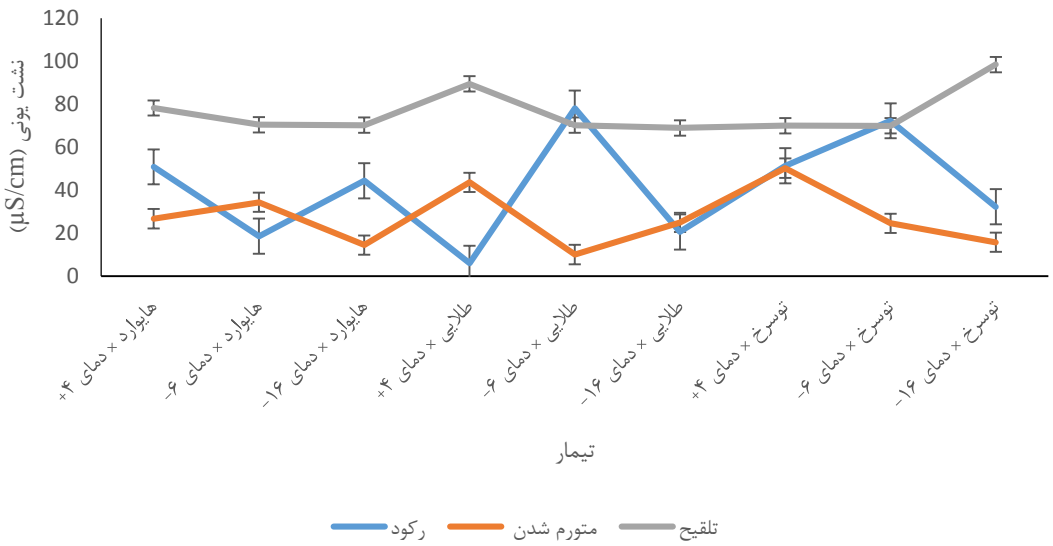
بر اساس نتایج تجزیه واریانس داده اثر ساده سه مرحله‌ی فنولوژیک (رکود جوانه‌ها، متورم شدن جوانه‌ها و میوه‌های تلقیح شده) بر میزان منیزیم در سطح آماری ۱ درصد معنی‌دار بوده است. اما اثر سایر فاکتورهای آزمایشی بر روی این شاخص معنی دار نبوده است (جدول ۱). نتایج مقایسه میانگین داده‌ها (جدول ۴) نشان داد که بیشترین میزان منیزیم متعلق به مرحله میوه‌های تلقیح شده بود و کمترین میزان آن هم مربوط به مراحل رکود و متورم شدن جوانه‌ها بود.

مرحله فنولوژیکی می‌تواند در رابطه با آسیب سرمایی اهمیت زیادی داشته باشد. درختان در مرحله گلدهی و ریزش گلبرگ بیشتر تحت تأثیر دماهای پایین قرار گرفته و حساس‌تر هستند (Pakkish *et al.*, 2011). طبق نتایج گزارش Miranda و همکاران (۲۰۰۵) گونه‌های جنس پرونوس از جمله بادام، قبل از گلدهی به سرما مقاوم هستند اما در مرحله تمام گل و مراحل بعدی نسبت به مراحل قبل از گلدهی (مرحله خواب عمیق جوانه گل) حساس به سرما هستند ولی در شرایط یکسان فنولوژیکی نوع ژنوتیپ تعیین کننده است. غلظت‌های بالای سدیم در گیاهان سبب بهم ریختگی غشا می‌شود و نشت یون‌ها در برگ‌های گیاهان تحت تنش رو به افزایش گزارش شده است (Karlidag *et al.*, 2009). مقاومت به سرمازدگی در گیاهان عمدتا با وضعیت تغذیه آنها ارتباط دارد (Nagy *et al.*, 2008). از طرف دیگر درصد آسیب ناشی از تنش سرما بر مبنای آزمایش نشت یونی نیز مشخص نموده‌است که عمده‌ترین عنصر آزاد شده در سلول‌های صدمه دیده پتاسیم است که یکی از عناصر غذایی است (میرمحمدی میبدی و ترکش اصفهانی، ۱۳۸۴). در آزمایش حاضر بیشترین پتاسیم آزاد شده در عصاره مربوط به رقم هایوارد در دمای ۱۶- درجه سانتی‌گراد بوده است و همچنین

رقم هایوارد دارای پتاسیم بیشتری از رقم طلایی و آن هم بیشتر از رقم توسرخ است. با افزایش انباشت پتاسیم میزان نشت‌یونی کمتر شده و با کاهش نشت‌یونی گیاه به تنش سرما متحمل‌تر خواهد شد (Yamada *et al*., 2004). مطالعات Nagy و همکاران در رابطه با تأثیر سرمازدگی روی وضعیت عناصر پرمصرف برگ هشت رقم سیب در شرق مجارستان نشان داد میزان سرمازدگی به طور معنی‌داری تحت‌تأثیر جذب عناصر و فرایند ذخیره‌ای آنها قرار می‌گیرد. بنابراین نشان داده شده است که در فصول سرمازدگی، مدیریت تغذیه درختان میوه در کنترل سرمازدگی خیلی مهم است (Nagyné Demeter *et al*., 2010؛ Nagy *et al*., 2008). گزارش‌های متعددی نشان می‌دهد که در میان تنش‌های زنده و غیرزنده درجه حرارت پایین اثرات محدودکننده‌ای روی سیستم گیاهی دارد (Adams *et al*., 2002). این اثر به طور معمول از طریق کاهش فتوسنتز، جذب آب و مواد مغذی و در نهایت کاهش تولید محصول بروز می‌نماید (Fortunato *et al*., 2010 ؛Chinnusamy *et al*., 2007).

نشت یونی

بر اساس نتایج تجزیه واریانس داده‌های مربوط به نشت یونی، اثر ساده رقم در سطح احتمال ۵٪ و اثر ساده سه مرحله‌ی فنولوژیک (رکود جوانه‌ها، متورم شدن جوانه‌ها و میوه‌های تلقیح شده)، اثر متقابل "سرما × مرحله فنولوژیک" و اثر سه‌گانه "رقم × سرما × مرحله فنولوژیک" بر میزان نشت یونی نمونه‌ها اثر معنی داری در سطح احتمال ۱٪ داشته است و سایر تیمارهای آزمایشی بر این صفت معنی‌دار نبوده است (جدول ۱). بر اساس نتایج مقایسه میانگین داده‌ها بیشترین نشت یونی مربوط به رقم توسرخ و کمترین میزان نشت یونی هم متعلق به رقم‌های طلایی و هایوارد بوده است (جدول ۲). در این مطالعه مشخص شد که بیشترین نشت یونی در مرحله میوه‌های تلقیح شده و کمترین میزان نشت یونی هم در مرحله متورم شدن جوانه‌ها بوده است (جدول ۴). مقایسه میانگین داده‌های اثر"سرما × مرحله فنولوژیک" بر میزان نشت یونی نمونه‌ها نشان می‌دهد که ترکیب تیماری "۱۶- درجه سانتی‌گراد × میوه‌های تلقیح شده"، "۴+ درجه سانتی‌گراد × میوه‌های تلقیح شده" و "۶- درجه سانتی‌گراد × میوه‌های تلقیح شده" بیشترین میزان نشت یونی را داشت و کمترین میزان نشت یونی هم مربوط به "۱۶- درجه سانتی‌گراد × متورم شدن جوانه‌ها" بود (جدول ۴-۷). نتایج داده‌های حاصل از اثر سه‌گانه "رقم × سرما × مرحله فنولوژیک" (شکل ۳) نشان می‌دهد که بیشترین میزان نشت یونی تحت ترکیب تیماری "توسرخ × ۱۶- درجه سانتی‌گراد × میوه‌های تلقیح شده" بدست آمده است و کمترین میزان نشت یونی هم مربوط به نرکیب تیماری "طلایی × ۴+ درجه سانتی‌گراد × رکود جوانه‌ها" و "طلایی × ۶- درجه سانتی‌گراد × متورم شدن جوانه‌ها" بود.



شکل ۳- اثر "رقم × سرما × مرحله‌ی فنولوژیک" بر نشت یونی

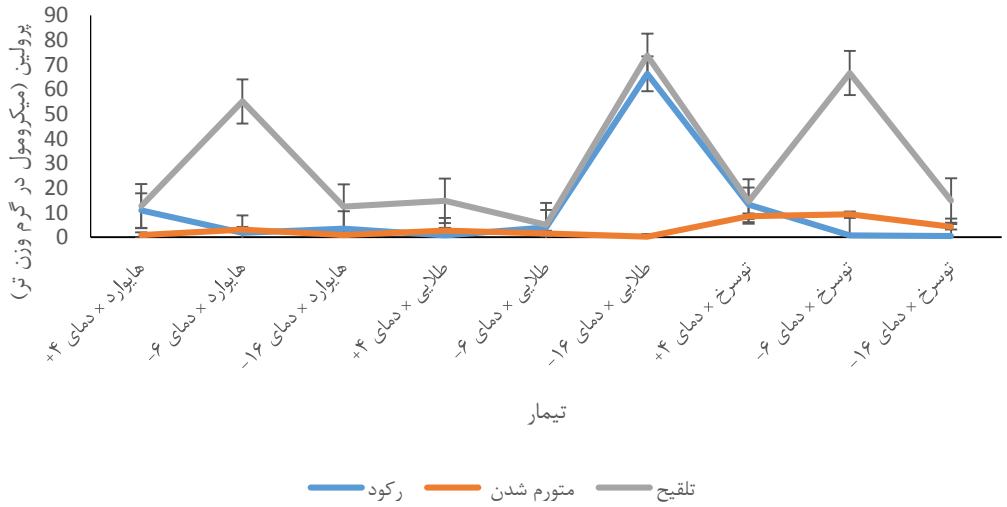
هر چه میزان نشت یونی بیشتر باشد، حساسیت به تنش سرما بیشتر می‌شود (جوانی و همکاران، ۱۳۹۰). ایمانی و همکاران (۲۰۱۱) با مطالعه روی ۶۰ ژنوتیپ بادام دریافتند که بین میزان نشت یونی و میزان خسارت حاصل از سرمازدگی ارتباط وجود دارد و ارقامی که دارای نشت یونی پایین‌تری هستند به تنش سرما مقاوم‌تر می‌باشند. طبق نتایج بدست آمده از این آزمایش، مقدار نشت یونی در رقم هایوارد و طلایی کمتر از رقم توسرخ بوده است. لذا رقم توسرخ نسبت به سایر ارقام به سرما حساس‌تر است. نتایج این پژوهش نشان داد که بیشترین میزان نشت یونی در مرحله میوه‌های تلقیح شده و کمترین میزان نشت یونی هم در مرحله متورم شدن جوانه‌ها است. از آنجایی که شاخص نشت یونی بر اساس آسیب به غشاهای سلولی ابداع شده است و این آسیب دیدگی غشا منجر به نشت یون‌ها (به خصوص K^+) از سلول می‌شود (Lindén, 2002)، لذا می توان استنتاج نمود که میزان آسیب دیدگی بافت‌های کیوی در مرحله میوه‌های تلقیح شده بیشتر از آسیب دیدگی آنها در مرحله متورم شدن جوانه‌ها است.

پرولین

بر اساس تجزیه واریانس اثر فاکتورهای آزمایشی بر میزان پرولین، اثر ساده رقم، سرما، مرحله فنولوژیک، اثرات متقابل "رقم × سرما"، " رقم × مرحله فنولوژیک"، " سرما × مرحله فنولوژیک" و اثر سه‌گانه "رقم × سرما × مرحله فنولوژیک" در سطح احتمال ۱ درصد بر میزان پرولین معنی‌دار بوده است (جدول ۱). نتایج مقایسه میانگین داده‌ها (جدول ۲) نشان می‌دهد که بیشترین میزان پرولین مربوط به رقم طلایی بود و کمترین میزان آن هم مربوط به هایوارد بود. همچنین نتایج میانگین داده‌ها نشان می‌دهد که بیشترین میزان پرولین در دماهایی ۱۶- و ۶- درجه سانتی‌گراد بدست آمد و کمترین میزان پرولین هم در دمای ۴+ درجه سانتی‌گراد بدست آمد. بیشترین میزان پرولین در مرحله میوه‌های تلقیح شده و کمترین میزان پرولین هم در زمان متورم شدن جوانه‌ها بدست

آمد (جدول ۴). بر اساس نتایج مقایسه میانگین داده‌های اثر متقابل "رقم × سرما"، بیشترین میزان پرولین متعلق به "طلایی × دمای ۱۶- درجه سانتی‌گراد" بود و کمترین میزان پرولین هم مربوط به "طلایی× دمای ۶- درجه سانتی‌گراد" بود (جدول ۵).

نتایج مقایسه میانگین داده‌های اثر متقابل "رقم × مرحله فنولوژیک" بر میزان پرولین (جدول ۶) نشان می‌دهد که بیشترین میزان پرولین مربوط به "توسرخ × میوه‌های تلقیح شده" بود که از نظر آماری تفاوت معنی‌داری با ترکیب تیماری "طلایی × میوه‌های تلقیح شده"، "هایوارد × میوه‌های تلقیح شده" و"طلایی × رکود جوانه‌ها" نداشت و کمترین میزان پرولین هم مربوط به "طلایی × متورم شدن جوانه‌ها" بود. نتایج مقایسه میانگین داده‌های اثر دوگانه "سرما × مرحله فنولوژیک" نشان می‌دهد که بیشترین میزان پرولین مربوط به "دمای ۶- درجه سانتی‌گراد × میوه‌های تلقیح شده" بود و کمترین میزان پرولین هم تحت ترکیب تیماری "دمای ۶- درجه سانتی‌گراد × رکود جوانه‌ها" بدست آمد (جدول ۷). همچنین نتایج مقایسه میانگین اثر سه‌گانه "رقم × سرما × مرحله فنولوژیک" نشان می‌دهد که بیشترین میزان پرولین مربوط به "طلایی × ۱۶- درجه سانتی‌گراد × میوه‌های تلقیح شده" بود و کمترین میزان پرولین هم مربوط به "هایوارد × ۴+ درجه سانتی‌گراد × متورم شدن جوانه‌ها" بود (شکل ۴).



شکل ۴- اثر متقابل "رقم × سرما × مرحله‌ی فنولوژیک" بر میزان پرولین

انباشت پرولین به‌عنوان یک نشانگر برای شرایط تنش‌زای محیطی محسوب می‌شود و نقش حیاتی و مهمی در این زمینه دارد. پرولین در تنش‌های محیطی در سلول‌ها تجمع می‌یابد و نقش حفاظتی و تنظیم اسمزی را دارد (Munns, 2002). در بررسی میزان خسارت و تغییرات سطوح پرولین در جوانه‌های گل چند رقم زردآلوی تجاری در مراحل مختلف فنولوژیکی عنوان شد که بیشترین میزان پرولین در مرحله جوانه متورم و کمترین آن در مرحله گلدهی وجود داشت (روحانی‌نیا و همکاران، ۱۳۸۶). در پژوهش حاضر بیشترین میزان پرولین در زمان تلقیح میوه‌ها و کمترین میزان آن در مرحله متورم شدن جوانه بدست آمد که می‌توان چنین بیان نمود که تجمع پرولین از گیاهی به گیاهی دیگر و در شرایط مختلف محیطی ممکن است متغیر باشد.

نتیجه گیری نهایی

نتایج این پژوهش نشان داد که میزان کلسیم، منیزیم، شاخص نشت یونی و پرولین نمونه‌ها در میوه‌های تلقیح شده دارای بیشترین میزان است و در زمان رکود و متورم شدن جوانه‌ها تفاوت معنی‌داری از نظر آماری با هم نداشتند. از آنجایی‌که مرحله فنولوژیکی می‌تواند در رابطه با آسیب سرمایی اهمیت زیادی داشته باشد، بنابراین شناخت مراحل فنولوژیکی مبنی به اینکه درختان در چه مرحله‌ای مقاوم به سرما هستند، می‌تواند کمک شایانی به جلوگیری از آسیب سرمایی کند. همچنین نتایج نشان داد که بیشترین میزان کلسیم و پرولین در دمای ۶- درجه سانتی‌گراد بود. بر اساس نتایج این آزمایش بیشترین میزان پرولین و کمترین میزان نشت یونی مربوط به رقم طلایی بود و از آنجایی که با افزایش نشت یونی حساسیت به سرما بیشتر می‌شود، لذا می‌توان نتیجه گرفت که رقم طلایی مقاومت بیشتری به سرما دارد.

منابع

افشار محمدیان، م، ا. و اسحاقی تیموری، ر. (۱۳۷۸). کشت و پرورش و ارزش غذایی کیوی. شرکت چاپ بانک ملی ایران. ۱۱۸ص.

امامی، ع. (۱۳۷۵). روش تجزیه گیاه. جلد دوم. نشریه فنی شماره ۹۸۲، موسسه تحقیقات خاک و آب. تهران.

جوانی، م.، تاج‌بخش.، م.، عیوضی، ع. و رشدی، م. (۱۳۹۰). ارزیابی تحمل به تنش سرما در ژنوتیپ‌های گندم. اکوفیزیولوژی گیاهان زراعی. دوره ۳. شماره ۴. ۳۴۹-۳۳۶.

روحانی‌نیا، م.، گریگوریان، و.، مطلبی آذر، ع. ر. و دژم ور، ج. (۱۳۸۶). بررسی میزان خسارت و تغییرات سطوح رولین در جوانه‌های گل چند رقم زردآلوی تجاری در مراحل مختلف فنولوژیکی. مجله علوم و فنون باغبانی ایران. جلد ۸، شماره ۲. ۱۱۲- ۱۰۳.

شیخی، ا. (۱۳۸۴). کشاورزی گیاهان گرمسیری و نیمه گرمسیری. انتشارات ثامن الحجج، ۵۱۱ صفحه.

طلایی، ع. (۱۳۷۷). فیزیولوژی درختان میوه. انتشارات دانشگاه تهران. ۴۲۳ ص.

کافی، م. و مهدوی دامغانی، ع. (۱۳۸۶). مکانیسم‌های مقاومت گیاهان به تنش‌های محیطی. انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد. ۴۶۷ ص.

محمدی، ج. و عبدی سنه کوهی، م. (۱۳۷۲). کیوی و پرورش آن. انتشارات فرهنگ جامع، ۱۶۰ ص.

میرمحمدی میبدی، س. و ترکش اصفهانی، س. (۱۳۸۴). جنبه های فیزیولوژیک و بهنژادی تنش های سرما و یخ زدگی گیاهان زراعی. انتشارات گلبن. ۳۳۶ ص.

Adams, W.W., Demmig-Adams, B., Rosenstiel, T.N., Brightwell, A.K. and Ebbert, V. (2002). Photosynthesis and photoprotection in overwintering plants. Plant Biology 4: 545–557.

Antunes, M.D.C. and Sfakiotakis, E.M. (2002). Chilling induced ethylene biosynthesis in ‘Hayward’ kiwifruit following storage. Scientia Horticulturae 92: 29-39.

Barranco, D. and Ruiz, N. (2005). Frost tolerance of eight olive cultivars. Hortscience 40 (3): 558-560.

Bates, L.S., Waldron, R. and Teare, I.D. (1973). Rapid determination of free proline for water stress studies. Plant and Soil 39: 205-208.

Chat, J., 1995. Cold hardiness within the genus Actinidia. Horticultural Science. 30, 329-332.

Chinnusamy, V., Zhu, J. and Zhu, J.K. (2007). Cold stress regulation of gene expression in plants. Trends in Plant Science 12: 444–51.

Fortunato, A.S., Lidon, F.C., Batista-Santos, P., Leitao, A.E., Pais, I.P., Ribeiro, A.I. and Ramalho, J.C. (2010). Biochemical and molecular characterization of the antioxidative system of *Coffea* sp. Under cold conditions in genotypes with contrasting tolerance. Journal of Plant Physiology 167: 33–342.

Imani, A., barzegar, K. and Piripireivatlou, S. (2011). Relationship between frost injury and ion leakage as an indicator of cold hardiness in 60 almond selections. International Journal of Nuts and Related Sciences 2(1): 22-26.

Karlidag, H., Yildirim, E. and Turan, M. (2009). Salicylic acid ameliorates the adverse effect of salt stress on strawberry. Science Agriculture 66 (2): 180- 187.

Levitt, J. 1980. Responses of plants to environmental stresses. Vol. 1. Chilling, freezing and high temperature stresses. 2nd ed. 497 pp. New York, Academic Press.

Lindén, L. (2002). Measuring cold hardiness in woody plants. Department of Applied Biology, Horticulture, Academic dissertation. University of Helsinki. Finland. pp 57.

Munns, R. (2002). Comparative physiology of salt and water stress. Plant, Cell and Environment 25: 239–250.

Miranda, C., Santesteban, L.G. and Royo, J.B. (2005). Variability in the relationship between frost temperature and injury level for some cultivated *Prunus* species. *HortScience* 4(2): 357-361.

Nagy, P.T., Katai, J., Nyeki, J. and Szabo, Z. (2008). Effect of frost on leaf macronutrient Status of eight apple cultivars in integrated apple orchard in Eastern Hungary. International Journal Horticultural Science 14(1-2):37-40

Nagyné Demeter, D., Nyéki, J., Soltész, M. and Szabó, Z. (2010). Examination of the apricot variety use and the factors affecting variety use in the Gönc production area. International Journal of Horticultural Science 16(3): 111–113.

Pakkish, Z., Rahemi, M. and Panahi, B. (2011). Low temperature resistance of developing flower buds of pistachio (*Pistacia vera* L.) cultivars. Journal Biology Environmental Science 5(15): 153-157.

Weiser, C. J. (1970). Cold resistance and injury in woody plants. Science, 169: 1269-1278.

Wilson, J. M. (2001). The mechanism of chill and drought hardiness. New Physiologist 97: 257-270.

Yamada, T., Jones, E.S., Cogan, N.O.I., Vecchies, A.C., Nomura, T., Hisano, H., Shimamoto, Y., Smith, K.F., Hayward, M.D. and Forster, J.W. (2004). QTL analysis of morphological, developmental, and winter hardiness-associated traits in perennial ryegrass. Crop Science 44: 925-935.

Effect of chilling stress on three commercial kiwifruit cultivars (Hayward, Golden and Red)

Sh. Sedaghathoor[1*], S. Kh. Abbasnia Zare[2], S. A. Sajjadi[3]

Received:2021.10.28
Accepted:2021.12.4

Abstract:

To evaluate the chilling tolerance of three commercial kiwifruit cultivars (Hayward, Golden and Red) this study carried out as three factor experiment using randomized block design with three replications from January to April, 2019. The first factor was kiwifruit cultivars that included three cultivars of Hayward, Golden and Red; the second factor was three levels of chilling [including: b1) 4 ºC, b2) -6 ºC and b3) -16 ºC] and the third factor was three phonological stages of kiwifruit cultivars including: dormancy of buds, swelling of buds and fruit-set stages. The evaluated traits included Na, K, Ca, Mg, electrolyte leakage and proline. The results revealed that the highest Ca, Mg, electrolyte leakage index and proline content were in fruit-set stage and there was no significant meaning in dormant buds and the swelling bud stage. According to the results, the highest amounts of Ca and proline content were obtained at -6 ° C. The results also showed that the highest proline content and the lowest electrolyte leakage were related to Golden cultivar. Since increasing the electrolyte leakage shows the sensitivity to cold stress, so it can be concluded that Golden cultivar is more resistant to cold than the other examined cultivars.

Keywords: Electrolyte leakage, Fruit-set, Phenological, Proline

---

1 Associate Professor of Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, Rasht branch, Islamic Azad University, Rasht, Iran(*Corresponding author: sedaghathoor@iaurasht.ac.ir)

2 PhD of Horticulture, Education and Training Office of Lahijan, Lahijan, Iran

3 Assistance Professor of Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Rasht branch, Islamic Azad University, Rasht, Iran