اثر یخزدگی روی نشت الکترولیتی ۱۰ رقم بادام زراعی و یک گونه بادام وحشی در استان اصفهان

مهدی یوسفی [۱*]

(تاریخ دریافت: ۸۵/۲/۳ ؛ تاریخ پذیرش: ۸۶/۹/۲۶)

چکیده

یخزدگی یکی از مهم‌ترین عوامل اقلیمی است که محصول بادام را در استان اصفهان تحت تأثیر قرار می‌دهد. بنابراین، استفاده از روشی سریع برای ارزیابی ارقام مقاوم در برابر آسیب‌های یخزدگی از اهمیت زیادی برخوردار است. اندازه‌گیری میزان نشت الکترولیت‌ها از بافت‌های آسیب دیده ناشی از یخزدگی در بادام روش مناسبی برای این منظور است. در این پژوهش اثر یخزدگی بر میزان نشت الکترولیتی ۱۰ رقم زراعی بادام (*Amygdalus communis* cultivars) و یک گونه بادام وحشی (*A. scoparia*) در استان اصفهان بررسی شد. گل‌های کامل و بالغ تمام نمونه‌ها به‌طور تصادفی انتخاب شدند و هر یک با ۳ تکرار در شرایط یخزدگی طبیعی (در طبیعت) و تیمار یخزدگی مصنوعی (در آزمایشگاه) بررسی شدند. میزان نشت الکترولیت‌های آنها، اندازه‌گیری شد و میانگین داده‌های به دست آمده از طریق آنالیز واریانس و آزمون توکی (Tukey's test) مقایسه شدند. در هر تیمار، درصد افزایش میزان نشت الکترولیتی نمونه‌های در معرض یخزدگی نسبت به شاهد به‌عنوان معیاری برای مقایسه در نظر گرفته شد. مقدار کل متابولیت‌های محلول (Total Dissolved Solids =TDS) گل‌های نمونه‌های در معرض یخزدگی طبیعی نیز با دقت ۰/۰۰۱ اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد که این مقدار در ارقام زراعی مورد بررسی به‌طور میانگین در حدود ۳۳/۵± ۳۹۰/۸ میلی‌گرم در لیتر (حداکثر آن در رقم صفری با ۲۹/۳± ۴۳۹ میلی‌گرم در لیتر و حداقل آن در رقم کبابی با ۳۵/۳± ۳۵۵ میلی‌گرم در لیتر است. مقدار آن در بادام وحشی (با میانگین ۵۵/۸± ۳۶۲ میلی‌گرم در لیتر) اندکی از ارقام زراعی کمتر بود. آزمون رگرسیون خطی نشان داد که بین مقدار کل متابولیت‌های محلول (TDS)، و میزان نشت الکترولیتی نمونه‌های در معرض یخزدگی هم‌بستگی وجود ندارد. هم‌چنین نتایج نشان داد که ارقام تاجری (با ۷/۴ ٪ افزایش میزان نشت الکترولیتی نسبت به شاهد)، آذر (با ۱۹/۲ ٪ افزایش) و ربیع (با ۲۲ ٪ افزایش) در شرایط یخزدگی طبیعی به‌ترتیب مقاومت بیشتری از سایر ارقام دارند. در تیمار یخزدگی مصنوعی نیز ارقام ربیع (با ۶۰/۷ ٪ افزایش)، تاجری (با ۶۷/۶ ٪ افزایش) و حاج میرزایی (با ۷۱ ٪ افزایش) به‌ترتیب نسبت به ارقام دیگر مقاوم‌ترند. این نتایج با مشاهدات تجربی در منطقه مورد مطالعه منطبق می‌باشد. مقاومت به یخزدگی در بادام وحشی (*A. scoparia*) در هر دو تیمار طبیعی و مصنوعی (به‌ترتیب با ۴۸/۷ ٪ و ۷۳ ٪ افزایش) در حد متوسط است.

واژه‌های کلیدی: بادام، یخزدگی، نشت الکترولیتی، استان اصفهان

مقدمه

جنس بادام (*Amygdalus* L.) از خانوادهٔ گل سرخیان (*Rosaceae* L.)، دارای ۳۰-۲۵ گونهٔ وحشی و تعداد زیادی ارقام زراعی است که عمدتاً در مناطقی با آب و هوای

۱. استادیار علوم گیاهی، دانشکده زیست شناسی، دانشگاه پیام نور، اصفهان

* : مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: muosofi@yahoo.com

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-06-20]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1387.12.45.1.3]

مدیترانه‌ای می‌رویند، یا کاشته می‌شوند (۸). از این تعداد ۲۱ گونه بادام وحشی به‌صورت خودروی در نقاط مختلف ایران دیده می‌شود (۲ و ۷). هم‌چنین بیش از ۳۰ رقم بادام زراعی نیز در بخش‌های مختلف کشور کاشته می‌شوند (۱۱، ۲۰ و ۲۶). یکی از مشکلات کشت و تولید بادام در مناطق مختلف ایران حساسیت گل‌های آن به یخزدگی (*Freezing*) است و هر ساله ازاین طریق خسارات زیادی به کشاورزان و باغداران وارد می‌شود (۱). گل‌های بادام به دمای زیر صفر حساس‌اند و در این دما دچار آسیب می‌شوند (۱۹ و ۲۷). در اثر یخزدگی، ابتدا تخمدان در حال نمو سیاه (نکروزه) شده و فرایندهای فیزیولوژیک آن مختل می‌گردد (۲۷). این روند منجر به از بین رفتن گل و عدم تشکیل میوه می‌شود (۴ و ۱۹). آشکارترین نتیجه قابل بررسی آسیب ناشی از یخزدگی (*Freezing injury*) در بافت‌های گیاه، افزایش نشت محلول‌های سلولی (الکترولیت‌ها)، در اثر تغییرات نفوذپذیری غشاست. در این شرایط، متابولیت‌ها و یون‌های داخل سلول به درون فضای بین سلولی و از آنجا به بیرون از بافت‌ها، نشت می‌کنند (Electrolyte leakage = El). از طریق اندازه‌گیری میزان نشت‌پذیری غشای سلول‌ها، می‌توان شدت تحمل ارقام مختلف گیاهان را به تنش یخزدگی تعیین کرد (۴). افزایش مواد محلول در آب، میزان هدایت الکتریکی (Ec = Electrical conductivity) آن را بالا می‌برد. بنابراین، از طریق اندازه‌گیری این متغیر (Ec)، می‌توان مقدار الکترولیت‌های محلول در آب را تعیین نمود (۱۶). تاکنون با استفاده از این روش توان تحمل به یخزدگی در گیاهان زراعی و زینتی مختلف از جمله در گل ساعتی (۱۸)، در گونه‌های جنس سیب‌زمینی (۲۲)، در برگ‌های آووکادو (۱۵)، در گونه‌های مختلف جنس اوپونتیا (۲۵)، در نوعی شبدر (۱۷) و در ارقامی از زیتون (۲۱) مورد بررسی قرار گرفته است. برای ارزیابی تحمل به یخزدگی در گیاهان زراعی، از تغییرات نشت الکترولیتی برگ یا ساقه آنها استفاده می‌شود. اما استفاده از اندام‌های دیگر نیز رایج است. برای مثال سولک و همکاران (۲۳)، نشت محلول‌های بین سلولی را در ریشه‌های یونجه (*Medicago* sp.) اندازه‌گیری کرده‌اند و از آن به‌عنوان ملاک ارزیابی تحمل به یخزدگی استفاده نموده‌اند. از طریق بررسی گل نیز در برخی از گیاهان میزان مقاومت به سرما مورد بررسی قرارگرفته است. برای مثال آشوورث (۵)، حساسیت به یخزدگی را در جوانه‌های گل هلو (*Prunus persica*)و کاری (۹)، آثار یخزدگی را در هلو و آلو (*P. divaricata*)، بررسی کرده‌اند. سوزوکی (۲۴) نیز ارتباط بین ویژگی‌های گل و تحمل به یخزدگی را در برنج (*Oryza sativa*) مطالعه کرده است.

استان اصفهان یکی از مناطق کشت بادام (*Amygdalus communis* L.) درایران است و در بخش‌های مختلف آن ارقام زراعی متعدد و برخی از ارقام اصلاح شده دیرگل کشت می‌شوند (۱). پایه‌هایی از بادام وحشی (*Amygdalus scoparia*) نیز در برخی از نقاط استان به‌صورت خودروی یا کاشته شده وجود دارد (۳). هدف پژوهش حاضر، بررسی تغییرات نشت الکترولیتی بر اثر تنش یخزدگی طبیعی و مصنوعی در گل‌های چند رقم بادام زراعی و ۱ گونه بادام وحشی در این استان است.

مواد و روش‌ها

گیاهان مورد بررسی و روش نمونه‌گیری

در این پژوهش ۹ رقم محلی بادام (ارقام محبعلی، صفری، یارالهی، ربیع، مامایی، تلخه، تاجری، کبابی و حاج میرزایی) که کشت آنها در استان اصفهان رایج است، و یک رقم دیرگل (رقم آذر) و یک گونه بادام وحشی مورد بررسی قرار گرفتند. محل جمع‌آوری نمونه‌ها و علائم اختصاری آنها در جدول ۱ ارائه شده است. درختچه‌هایی که از نظر سنی مشابه بودند و تحت شرایط کشت مشابهی قرار داشتند برای بررسی انتخاب شدند. از هر رقم و نیز از گونه وحشی بادام سه درختچه (به‌عنوان ۳ تکرار)، به‌صورت تصادفی انتخاب و با پلاک فلزی شماره‌گذاری شدند. آزمایش‌ها و بررسی‌ها بر روی گل‌های بالغ و کامل آنها صورت گرفت. اطلاعات مربوط به دمای هوا در ایام نمونه برداری از نزدیک‌ترین ایستگاه محلی هواشناسی کشاورزی اخذ گردید.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-06-20]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1387.12.45.1.3]

جدول۱. محل جمع‌آوری و علائم اختصاری ارقام زراعی و گونه وحشی بادام

ردیف	گونه	رقم	علامت اختصاری	محل جمع‌آوری
۱	*Amygdalus communis*	محبعلی	MOH	نجف آباد، روستای ملک آباد،
۲	*A. communis*	صفری	SAF	ارتفاع از سطح دریا: ۱۶۹۵ متر
۳	*A. communis*	یاراللهی	YAR	موقعیت جغرافیایی:
۴	*A. communis*	ربیع	RAB	´N۳۲°،۳۹/۲۲۹، ´E۵۱°،۱۹/۱۴۱
۵	*A. communis*	مامائی	MAM	
۶	*A. communis*	تلخه	TAL	
۷	*A. communis*	حاج میرزائی	HAG	
۸	*A. communis*	کبابی	KAB	
۹	*A. communis*	تاجری	TAG	
۱۰	*A. communis*	آذر	AZA	
۱۱	*A. scoparia*	بادام وحشی	SCO	نجف آباد، ویلاشهر، ۱۶۵۳ متر، ´N۳۲°،۳۹/۶۸۷28 و ´E۵۳°،۲۴/۵۳۲

روز چهارم فروردین صورت گرفت که حداقل دمای شب قبل از آن در حدود یک درجه سانتی‌گراد بود. روی هر درختچه تعداد ۳۰ گل به‌صورت تصادفی بررسی شد و هیچ‌گونه آثار یخ‌زدگی در آنها مشاهده نشد.

نمونه‌های نوبت دوم روز هفتم فروردین جمع‌آوری شدند. در این مرحله نیز روی هر درختچه ۳۰ گل به‌طور تصادفی بررسی شد. شب قبل از نمونه‌برداری، در اثر برودت هوا (۴ °C-) اغلب گل‌ها دچار آثار یخ‌زدگی شده بودند و تخمدان آنها سیاه شده بود. نمونه‌های جمع آوری شده در هر مرحله درون کیسه‌های نایلونی قرار داده شدند تا از پژمردگی آنها جلوگیری شود و سپس به آزمایشگاه انتقال یافته و بلافاصله مورد آزمایش قرار گرفتند.

اندازه‌گیری هدایت الکتریکی (Ec)

ابتدا، کل متابولیت‌های محلول گل‌های نمونه‌های نوبت اول به روش دکستر و همکاران (۱۰) با تغییرات جزئی اندازه‌گیری شد. برای این منظور با استفاده از ازت مایع (۱۷۳ °C-) گل‌ها منجمد شدند. سپس از هر نمونه یک گرم گل کامل با ۱۰ میلی‌لیتر آب مقطر دوبار تقطیر شده کاملاً سائیده شدند و مقدار هدایت الکتریکی (Ec) و غلظت کل متابولیت‌های محلول (Total Dissolved Solids=TDS) آنها با دقت ۰/۰۰۱ اندازه‌گیری شد.

برای بررسی میزان نشت الکترولیتی، از هر نمونه یک گرم گل کامل به‌عنوان شاهد و یک گرم گل کامل به‌عنوان تیمار یخ‌زدگی مورد آزمایش قرار گرفت. موقع جدا کردن گل‌ها سعی

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-06-20]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1387.12.45.1.3]

شد هیچ‌گونه آسیبی از قبیل له‌شدگی و زخم در آنها ایجاد نشود. گل‌ها ابتدا به مدت ۱۰ دقیقه با آب مقطر دوبار تقطیر شده (Double Distilled Water) شسته و سپس با استفاده از کاغذ صافی، آب اضافی آنها گرفته شد. نمونه‌های شاهد درون ویال‌های ۳۰ میلی‌لیتری ریخته شدند و به هر ویال مقدار ۲۰ میلی‌لیتر آب مقطر دوبار تقطیر شده اضافه شد (۲۲ و ۲۳). نمونه‌های تیمار، قبل ازاین مرحله، به مدت ۴ ساعت در دمای (۵-°C) قرار داده شدند. سپس به هر یک از آنها مقدار ۲۰ میلی‌لیتر آب مقطر دوبار تقطیر شده اضافه شد. ویال‌های حاوی نمونه‌های شاهد و تیمار به مدت ۱ ساعت روی لرزاننده (شیکر) با سرعت ۸۵ دور در دقیقه قرار گرفتند تا الکترولیت‌های سلول‌های آنها به داخل آب مقطر نشت نماید.این مرحله در دمای اتاق (۲۲/۵-۲۲ °C) صورت گرفت. پس ازاین مرحله مقدار هدایت الکتریکی و غلظت متابولیت‌های محلول در آب اندازه‌گیری شد. گل‌های جمع‌آوری شده نوبت دوم (بعد از یخ‌زدگی طبیعی) نیز با همین روش بررسی شدند. اندازه‌گیری‌ها با دستگاه هدایت سنج دیجیتالی (Jenwey , مدل ۴۷۰ قابل حمل، ساخت انگلستان) انجام شد. میانگین و انحراف استاندارد مقادیر کل متابولیت‌های محلول و متابولیت‌های نشتی برای هر نمونه و نیز درصد افزایش میزان الکترولیت‌های نشتی بر اثر تیمار سرما نسبت به شاهد طبق رابطه زیر محاسبه شد:

درصد افزایش نشت الکترولیتی = [(C-T)/T] * 100 [۱]

C، غلظت الکترولیت‌های نشتی در نمونه‌های شاهد و T غلظت الکترولیت‌های نشتی در نمونه‌های تیمار است.

آنالیزهای آماری

در هر یک از تیمارها میانگین و انحراف استاندارد مقادیر به‌دست آمده برای هر یک از ارقام و نمونه‌ها محاسبه شد و مورد مقایسه قرار گرفت. ابتدا از طریق آزمون رگرسیون خطی، هم‌بستگی بین مقادیر کل متابولیت‌های محلول (TDS) و الکترولیت‌های نشتی بر اثر تیمار یخ‌زدگی ارزیابی گردید. هم‌چنین از طریق آنالیز واریانس (ANOVA)، سطح معنی‌دار بودن اختلاف بین میانگین‌ها در هر تیمار محاسبه شد. آزمون توکی (Tukey's HSD test) برای تفاوت‌های معنی‌دار بین هر یک از میانگین‌های نمونه‌ها مورد استفاده قرار گرفت. آزمون‌های آماری با استفاده از نرم‌افزارSPSS (Version 11.1 , 2004) انجام شد.

نتایج

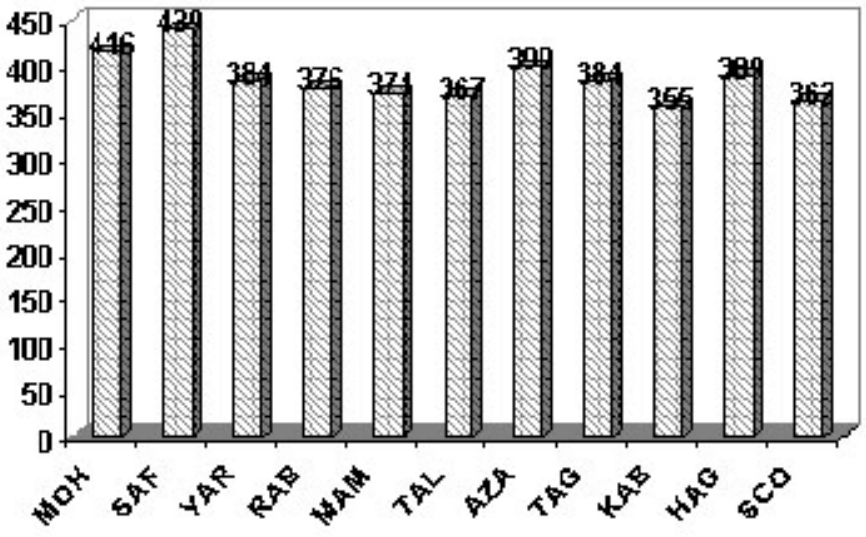
مقدار کل متابولیت‌های محلول در ارقام زراعی مورد بررسی، به‌طور میانگین در حدود (۳۳/۵± ۳۹۰/۸ میلی‌گرم در لیتر بود (جدول ۲). رقم صفری بیشترین (۲۹/۳± ۴۳۹ میلی‌گرم در لیتر) و رقم کبابی کمترین (۳۵/۳± ۳۵۵ میلی‌گرم در لیتر) مقدار را داشتند. غلظت کل متابولیت‌های محلول در بادام وحشی (با میانگین ۵۵/۸± ۳۶۲ میلی‌گرم در لیتر) اندکی از ارقام زراعی کمتر بود. نتایج آنالیز واریانس نشان داد که اختلاف بین میانگین‌های مربوط به کل متابولیت‌های محلول (TDS در جدول ۲) هریک از ارقام زراعی با گونه وحشی در سطح ۱ درصد و ۵ در صد معنی‌دار است. شکل ۱ میانگین و انحراف استاندارد کل متابولیت‌های محلول نمونه‌های مورد بررسی را به‌صورت نمودار نشان می‌دهد.

در نمونه‌های شاهد مقداری نشت الکترولیتی مشاهده شد (شکل ۲). میانگین متابولیت‌های نشتی در این نمونه‌ها در حدود ۶/۵± ۲۴/۶ میلی‌گرم در لیتر بود که‌این مقدار تقریباً ۶/۳ درصد کل متابولیت‌های محلول را تشکیل می‌دهد (مقدار Ec آب مقطر دوبار تقطیر شده ۳/۱۲ میکروموس و املاح محلول آن۱/۵۴ میلی‌گرم در لیتر اندازه‌گیری شد که قابل چشم‌پوشی است).

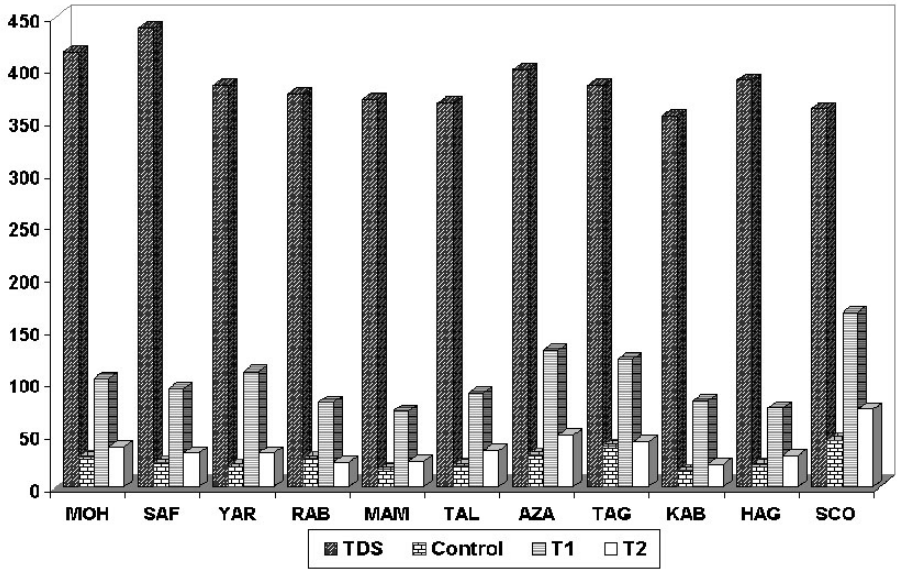
آزمون رگرسیون خطی نشان داد که بین مقدار کل متابولیت‌های محلول (TDS)، و میزان نشت الکترولیتی نمونه‌های در معرض یخ‌زدگی مصنوعی، هم‌بستگی وجود ندارد (r=۰/۱۲). مقادیر مندرج در جدول ۲ نیز نشان می‌دهد که بین میانگین‌های نشت الکترولیتی شاهد و تیمارهای یخ‌زدگی مصنوعی و طبیعی اختلاف وجود دارد و براساس نتایج آنالیز واریانس این اختلاف‌ها نیز در سطح ا درصد و ۵ در صد

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-06-20]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1387.12.45.1.3]



شکل۱. مقایسه متابولیت‌های محلول کل (TDS) در ارقام زراعی و یک گونه بادام وحشی.
غلظت متابولیت‌های محلول بر حسب میلی‌گرم در لیتر است.



شکل۲. مقایسه الکترولیت‌های کل (TDS)، و متابولیت‌های نشتی در نمونه‌های مورد بررسی ارقام زراعی و یک گونه بادام وحشی. علائم اختصاری بادام‌ها در جدول ۱ شرح داده شده است.
Control = شاهد، T1= تیمار یخ‌زدگی مصنوعی و T2= تیمار یخ‌زدگی طبیعی.

معنی‌دار بود. هم‌چنین اختلاف میانگین‌های مربوط به متابولیت‌های نشتی در نمونه‌های در معرض تیمار یخ‌زدگی مصنوعی (T1 در جدول ۲) و نیز اختلاف میانگین‌های مربوط به کل متابولیت‌های محلول در ارقام زراعی و بادام وحشی در سطح ۱ درصد و ۵ درصد معنی‌دار بود.

اختلاف نشت الکترولیتی در نمونه‌های شاهد و تیمار یخ‌زدگی مصنوعی و نیز بین نمونه‌های شاهد و تیمار یخ‌زدگی طبیعی به‌صورت درصد در جدول ۲ نشان داده شده است.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-06-20]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1387.12.45.1.3]

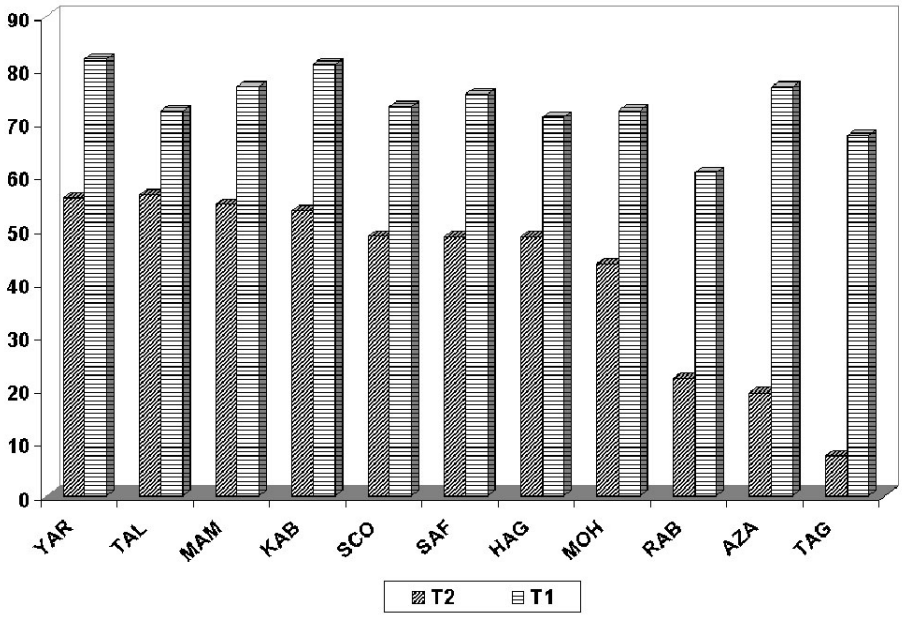
جدول۲. میانگین متابولیت‌های کل (TDS)، و متابولیت‌های نشتی در نمونه‌های مورد بررسی. غلظت متابولیت‌های محلول بر حسب میلی‌گرم در لیتر (mgL^{-1}) است. C= شاهد، T1= نمونه‌های در معرض یخزدگی مصنوعی، T2= نمونه‌های در معرض یخزدگی طبیعی، T1-C=افزایش نسبی الکترولیت‌های نشتی براثر تیمار ۱ نسبت به شاهد (برحسب درصد) و T2-C= افزایش نسبی الکترولیت‌های نشتی براثر تیمار ۲ نسبت به شاهد (برحسب درصد).

تیمارها ← / نمونه‌ها	TDS (mgL^{-1})	C (mgL^{-1})	T1 (mgL^{-1})	T1-C %	T2 (mgL^{-1})	T2-C %
محبعلی	۴۱۶± ۴۲/۴	۲۸/۵±۶/۱	۱۰۳/۴±۱۵/۸	۷۲/۳	۵۰/۶±۲/۸	۴۳/۵
صفری	۴۳۹±۲۹/۳	۲۳± ۴/۷	۹۳/۸±۱۴/۱	۷۵/۴	۴۴/۵±۲/۸	۴۸/۶
یارالهی	۳۴۸±۱۲	۱۹/۵±۲/۶	۱۰۹/۷±۱/۴	۸۲	۴۴/۲±۳/۸	۵۵/۸
ربیع	۳۷۶± ۴۱/۹	۲۷/۶±۳/۹	۷۰/۶±۷/۵	۶۰/۷	۳۵/۵±۳/۲	۲۲
مامائی	۳۷۱±۲۶/۶	۱۶/۶±۳/۸	۷۲/۲±۱۲/۷	۷۶/۸	۳۶/۷±۵/۲	۵۴/۶
تلخه	۳۶۷±۱/۴	۲۰/۴±۲/۹	۸۹/۶±۱۲/۲	۷۲/۲	۴۶/۹±۱۸/۶	۵۶/۵
آذر	۳۹۹±۲/۵	۳۰/۴±۶/۷	۱۳۰/۶±۱۲/۲	۷۶/۷	۶۱/۸±۸/۲	۱۹/۳
تاجری	۳۸۴±۲۴/۲	۳۹/۶±۴/۳	۱۲۲/۲±۱۰/۶	۶۷/۶	۴۲/۸±۷/۴	۷/۴۷
کبابی	۳۵۵± ۳۵/۳	۱۵/۴±۳/۱	۸۲/۱±۷/۴	۸۰/۹	۳۳/۸±۷/۸	۵۳/۵
حاج میرزائی	۳۸۹±۲۲/۲	۲۱/۵±۱/۱	۷۴/۹±۶/۱	۷۱	۴۲/۱±۰/۴	۴۸/۶
بادام کوهی	۳۶۲±۵۵/۸	۴۴/۴±۱۲/۹	۱۶۶/۶±۳۲/۱	۷۳	۸۶/۶±۴/۸	۴۸/۷
میانگین کل	۳۹۰/۸±۳۳/۵	۲۴/۶±۶/۶				

مقایسه این ارقام نسبی نشان می‌دهد که در بین نمونه‌هایی که در معرض تیمار یخزدگی مصنوعی قرار گرفته‌اند، رقم یارالهی بیشترین و رقم ربیع کمترین درصد افزایش نشت یونی را نسبت به شاهد دارند. مقایسه بین ارقام مختلف بادام از لحاظ میزان نشت الکترولیتی بر اثر یخزدگی مصنوعی و یخزدگی طبیعی در شکل ۳ نشان داده شده است. در بین نمونه‌هایی که در معرض یخزدگی طبیعی قرار گرفته‌اند نیز رقم تلخه بیشترین و ارقام تاجری و آذر کمترین درصد افزایش نشت الکترولیتی را دارند. رتبه‌بندی ارقام مورد بررسی بر اثر یخزدگی مصنوعی عبارت است از : یارالهی؛ کبابی؛ مامایی- آذر؛ صفری ؛*A. scoparia* ؛ محبعلی- تلخه؛ حاج میرزایی؛ تاجری و ربیع است همچنین رتبه‌بندی آنها بر اثر یخزدگی طبیعی عبارت است از : تلخه؛ یارالهی؛ مامایی؛ کبابی؛ صفری – *A. scoparia* – حاج میرزایی؛ محبعلی؛ ربیع، آذر و تاجری است (شکل ۳).

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-06-20]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1387.12.45.1.3]



شکل۳. مقایسه افزایش نسبی متابولیت‌های نشتی (El) در نمونه‌های در معرض یخزدگی مصنوعی (T_1) و در معرض یخزدگی طبیعی(T_2) نسبت به نمونه‌های شاهد در ارقام زراعی بادام و یک گونه بادام وحشی. علائم اختصاری در جدول ۱ شرح داده شده است.

بحث و نتیجه‌گیری

یکی از راه‌های مقاومت به یخزدگی، افزایش مواد محلول در سلول، به ویژه در شیره واکوئلی است. بنابراین بین مقدار مواد محلول سلول و تحمل به یخزدگی ارتباطی وجود دارد (۱۴). با این حال، بر اساس نتایج این پژوهش بین مقدار کل متابولیت‌های محلول و مقدار نشت الکترولیت‌های نمونه‌ها بر اثر یخزدگی هم‌بستگی وجود نداشت و یا مقدار آن بسیار کم بود. پایین بودن مقدار ضریب هم‌بستگی احتمالاً به‌این دلیل است که علاوه بر غلظت متابولیت‌های محلول درون سلولی، عوامل متعدد دیگری نیز دراین امر دخالت دارند (۲۸). مقدار نشت الکترولیت‌ها با شدت آسیب وارده بر سلول‌های گیاهی متناسب است. با این حال، در چنین شرایطی سلول‌های مرده تمام محتوی خود را تخلیه می‌کنند. اگر تراکم سلول‌های آسیب دیده در بافت‌های مورد آزمایش، در پاسخ به تنش یخزدگی تغییر کند، یعنی برخی از سلول‌ها از بین بروند و برخی دیگر زنده بمانند، در نتیجه، مقدار الکترولیت‌های نشتی نیز متناسب با تعداد این سلول‌ها تغییر خواهد کرد. بنابراین، نتایج حاصل از این روش می‌تواند به نوع بافت، شدت تنش یخزدگی و جنس و گونه گیاه بستگی داشته باشد (۶ و۱۳).

بررسی‌ها نشان داده است که میزان تحمل به سرما در بین واریته‌ها و ارقام زراعی گونه‌های مختلف متفاوت است و مقدار نشت الکترولیتی آنها در پاسخ به تنش یخزدگی یکسان نیست (۱۲، ۱۴ و ۱۶). معنی‌دار بودن اختلاف بین میانگین نشت الکترولیتی در نمونه‌های شاهد و تیمار نیز به‌همین دلیل است.

موراتا و تاتسومی (۱۶)، با بررسی نتایج آزمایش‌های خود، به‌این نتیجه رسیده‌اند که نشت الکترولیتی از بافت‌های تحت تنش یخزدگی، فقط در برخی از گیاهان دیده می‌شود. آنها هم‌چنین عنوان نموده‌اند که پدیدهٔ نشت الکترولیتی، یک صفت عمومی برای تمام گونه‌های حساس به یخزدگی نیست. از پژوهش حاضر نیز نتیجه‌گیری می‌شود که ارقام بادام از آن گروه از گیاهانی هستند که میزان نشت الکترولیتی گل‌هایشان در پاسخ به تنش یخزدگی افزایش می‌یابد (جدول ۲). بنابراین ازاین طریق

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-06-20]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1387.12.45.1.3]

می‌توان میزان تحمل آنها را به یخزدگی ارزیابی نمود.

مقایسه افزایش نسبی نشت الکترولیتی در اثر تیمار یخزدگی مصنوعی نشان می‌دهد که ارقام ربیع، تاجری و حاج میرزایی در برابر یخزدگی نسبت به سایر ارقام، مقاومت بیشتری دارند و بقیه ارقام نسبت به آن حساس‌ترند. ارقام ربیع، آذر و تاجری نیز در مقابل یخزدگی طبیعی مقاومت بیشتری از خود نشان می‌دهند، زیرا میزان نشت الکترولیت‌های آنها نسبت به نمونه‌های شاهد، کمتر از سایر ارقام مورد آزمایش است. بر اساس شواهد تجربی، ارقام ربیع، تاجری، حاج‌میرزایی و کبابی جزو ارقام دیر گل طبقه‌بندی می‌شوند (۱). بنابراین خطر آسیب‌پذیری آنها در مقابل سرمای زودرس کمتر است.

برخی از ارقام بادام ممکن است به یخزدگی حساس باشند ولی به‌دلیل دیر گل بودن، در معرض خطر یخزدگی قرار نگیرند. آشوورث (۵) و کاری (۹) طول مدت گل‌دهی در درختانی مثل هلو و آلو را عامل دیگری در مقاومت به یخزدگی می‌دانند. در بادام نیزاین موضوع قابل توجه است. در شرایط معمولی طول گل‌دهی بادام از زمان ظاهر شدن اولین گل تا آخرین آن، بین ۴۰ تا ۴۵ روز است. بادام محبعلی از ارقام دیگر زودتر گل می‌دهد و طول گل‌دهی آن نیز بین ۱۵ تا ۲۰ روز است. شواهد تجربی نشان می‌دهد که این رقم یکی از آسیب‌پذیرترین ارقام نسبت به یخزدگی است. بر اساس نتایج پژوهش حاضر تحمل به یخزدگی در رقم محبعلی در هر دو تیمار یخزدگی مصنوعی و طبیعی در حد متوسط است. بنابراین آسیب‌پذیر بودن آن می‌تواند به‌علت زودگل بودن آن باشد. نتایج‌این پژوهش در مورد ارقام تاجری، ربیع و حاج میرزایی نیز با شواهد تجربی مطابقت دارد. ارقام مذکور جزو ارقام دیر گل و در عین حال مقاوم به یخزدگی محسوب می‌شوند. بادام وحشی *A. scoparia* نیز در هر دو تیمار از لحاظ تحمل به یخزدگی در حد متوسط است. طول گل‌دهی‌این گونه نیز نسبتاً طولانی است و در صورتی که برخی از گل‌های زودرس آن بر اثر یخزدگی آسیب ببینند، گل‌های دیگری که بعد از آن باز می‌شوند جایگزین شده و در نتیجه میزان تولید محصول آن کاهش نمی‌یابد. البته نتیجه‌گیری دقیق‌تر منوط به‌بررسی مراحل فنولوژی، به ویژه تعیین درجه-روز رشد (Growing Degree-Day = GDD) برای هر یک از ارقام، با توجه به شرایط اقلیمی منطقه است.

سپاسگزاری

این پژوهش از محل اعتبارات دانشگاه پیام نور انجام شده است. بدین‌وسیله از مساعدت معاونت محترم پژوهشی دانشگاه سپاسگزاری می‌شود. از آقایان رسول قاسمی و مجید مهدیه که در انجام طرح کمک‌های شایانی نمودند و نیز از همکاری‌های خانم عیدی و آقای امینی، کارشناسان محترم آزمایشگاه و هم‌چنین از آقای غلامرضا کیهانیان، کشاورز با تجربه، به خاطر همکاری و دراختیار قرار دادن ارقام محلی بادام، و از کمک و هم‌فکری آقای دکتر یارمحمدی در انجام آنالیزهای آماری قدردانی می‌شود.

منابع مورد استفاده

۱. اداره کل آمار و اطلاعات وزارت جهاد کشاورزی، اداره کل آمار و اطلاعات. ۱۳۷۷. خشکبار، آمار و مرایا. انتشارات وزارت کشاورزی، تهران.

۲. خاتمساز، م. ۱۳۷۱. *تیره گل سرخ(Rosaceae)*. انتشارات مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع، تهران.

۳. فیضی، م. ت. ۱۳۸۰. معرفی بادام کوهی (*Amygdalus scoparia*) و برخی ویژگی‌های اکولوژیکی آن در استان اصفهان. مجموعه مقالات دهمین کنفرانس سراسری زیست شناسی‌ایران، تهران.

۴. میر محمدی میبدی، س. ع. و س. ترکش اصفهانی. ۱۳۸۳. مدیریت تنش‌های سرما و یخ زدگی گیاهان زراعی. انتشارات جهاد

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-06-20]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1387.12.45.1.3]

دانشگاهی، واحد دانشگاه صنعتی اصفهان.

5. Ashworth, E. N. 1982. Properties of peach flower buds which facilitate supercooling. Plant Physiol. 70: 1475-1479.
6. Boorse, G. C. 1998. Comparative methods of estimating freezing temperatures and freezing injury in leaves of chaparral shrubs. Intl. J. Plant Sci. 159: 513-521.
7. Browicz, K. 1969. *Amygdalus* L. *In*: K. H. Rechinger (Ed.), Flora Iranica, Graz Pub., Austria.
8. Browicz, K. and D. Zohary 1996. the genus *Amygsalus* L. (Rosaceac): Species relationship, distribution and evolution under domestication, Genet. Resour. Crop Evol. 43: 229- 247.
9. Cary, J. W. 1985. Freeze survival in peach and prune flowers. Plant Sci. Letter 37: 265-274.
10. Dexter, S. T., W. E. Tottingham and L. F. Graber. 1932. Investigation of the hardiness of plants by measurement of electrical conductivity. Plant Physiol. 7:63-78.
11. Gentry, H.S. 1956. Almond culture in southern Iran. Almond Facts 21: 6-7.
12. Hardwick, R. C. and D. J. Anderews. 1980. A method of measuring differences between varieties in tolerance to suboptimal temperatures. Ann. Appl. Biol. 95: 235-246.
13. Levitt, J. 1980. Response of Plants to Environment Stresses, Chilling, Freezing and High Temperature Stresses. I: Academic Press, New York.
14. Linden, L. 2002. Measuring cold hardiness in woody plants. PhD. Thesis., Helsinki Univ. Pub.,
15. McKellar, M. A., D. W. Buchanan, D. L. Ingram and C. W. Campbell. 1992. Freezing tolerance of Avocado leaves. Hort. Science 27: 341-343.
16. Murata, T. and Y Tatsumi. 1979. Ion leakage in chilled plant tissues. *In*: Low temperature stress in crop plants, the role of the membrane. Academic Press., New York.
17. Nunes, M. E. S. and G. R. Smith. 2003. Electrolyte leakage assay capable of quantifying freezing resistance in Rose Clover. Crop Sci. 43: 1349-1357.
18. Patterson, B. D., T. Murata and D. Graham. 1976. Electrolyte leakage induced by chilling *Passiflora* species tolerant to different climates. Aust. J. Plant Physiol. 3: 435-448.
19. Pearce, R. S. 2001. Plant freezing and damage. Ann. Bot. 87: 417-424.
20. Rahemi, A. R. 2002. The development of almond orchards in Iran. Acta Hort. 591:177-180.
21. Soleimani, A., H. Lessani and A. Talaie. 2003. Relationship between density and ionic leakage as indicators of cold hardiness in Olive (*Olea europea* L.). Acta Hort. 618: 521-525.
22. Stone, J. M., J. P. Palta, J. B. Bamberg and L. S. Weiss. 1993. Freezing tolerance and capacity to acclimate are conferred by different genes in *Solanum* species. Proc. Natur. Acad. Sci. 90:7869-7873.
23. Sulc, R. M., K. A. Albercht, J. P. Palta and S. H. Duke. 1991. Leakage of intracellular substances from alfalfa roots at various subfreezing temperatures. Crop Sci. 33: 1575-1578.
24. Suzuki, S. 1982. Cold tolerance in rice plants with species reference to floral characters. II. Relations between floral characters and the degree of cold tolerance in segregating generations. Jap. J. Breed. 32: 9-21.
25. Valdez-Cepeda, R. D., F. Blanco-Macias, C. Gallegos-Vazquez, G. E. Salinas-Garcia and R. E. Vazquez-Alvarado. 2001. Freezing tolerance of *Opuntia* spp. J. PACD. 105-115.
26. Vezvaei, A. 2003. Isozyme diversity in Iranian almond. Proc. *XXVT* Acta Hort. 622: 451-456.
27. Viti, R., S. Bartolini and F. Giorgelli. 1994. Effect of low temperatures on flower buds of several almond cultivars. Acta Hort. 373:193-200.
28. Yamada, T., K. Kuroda, Y. Jitsuyama, K. Takezawa, K. Arakawa and S. Fujikawa. 2002. Roles of the plasma membrane and the cell wall in the responses of plant cells to freezing. Planta 215:770-778.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-06-20]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1387.12.45.1.3]