سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی
موسسه تحقیقات علوم باغبانی

پژوهشکده مرکبات و
میوه‌های نیمه گرمسیری

نشریه فنی

خسارت‌ها و روش‌های جلوگیری از سرمازدگی و یخبندان در باغ‌های زیتون

نگارندگان:

محمود عظیمی، محمد نوری‌زاده و ابوذر هاشم‌پور

۶۱

۱۴۰۰

بسمه‌تعالی

سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی
موسسه تحقیقات علوم باغبانی
پژوهشکده مرکبات و میوه‌های نیمه‌گرمسیری

خسارت¬ها و روش¬های جلوگیری از سرمازدگی و یخبندان در باغ¬های زیتون

نگارندگان:

محمود عظیمی، محمد نوری‌زاده و ابوذر هاشم‌پور

۱۴۰۰

خسارت¬ها و روش¬های جلوگیری از سرمازدگی و یخبندان در باغ¬های زیتون

نگارندگان محمود عظیمی، محمد نوری‌زاده و ابوذر هاشم‌پور

ویراستاران: رحمت اله غلامی، یحیی تاجور

ناشر: موسسه تحقیقات علوم باغبانی، پژوهشکده مرکبات و میوه‌های نیمه‌گرمسیری

شمارگان: محدود

تاریخ انتشار: ۱۴۰۰

مسئولیت درستی مطالب با نگارنده /نگارندگان است.

این نشریه با شماره. ۶۰۵۱۶ .مورخ ۱۱-۰۸-۱۴۰۰ از مرکز فناوری اطلاعات و اطلاع رسانی کشاورزی به ثبت رسیده است.

نشانی: پژوهشکد مرکبات و میوه‌های نیمه‌گرمسیری.

تلفن:۰۱۱۵۵۲۲۲۰۸۱ – **دورنگار**.. ۰۱۱۵۵۲۲۳۲۸۲ – **کدپستی**: – صندوق پستی:

icri.areeo.ac.ir

فهرست مندرجات

عنوان **صفحه**

چکیده ۱
مقدمه ۲
خسارت سرما روی درختان زیتون ٤
انواع یخبندان و خسارت آن روی درختان زیتون ٥
یخبندان‌های زودرس پاییزه ٦
یخبندان زمستانه ۸
یخبندان دیررس بهاره ۱٤
روش‌های محافظت از سرما و یخبندان ۱٥
روش‌های غیر فعال محافظت ۱٦
انتخاب محل مناسب احداث باغ ۱٦
استفاده از ارقام متحمل به سرما ۱۹
مدیریت تغذیه گیاه ۲٥
هرس مناسب ۲۷
آبیاری ۲۷
حذف گیاهان پوششی ۲۸
پوشش‌های خاک ۲۸
کنترل باکتری‌های فعال هسته یخ ۲۹
رنگ کردن و پوشاندن تنه ۳۱
روش‌های فعال محافظت ۳۲
بخاری (پلارهای باغی) ۳۲
ماشین‌های مولد باد ۳٤
آبیاری بارانی ۳٦
آبیاری بارانی بالای تاج ۳٦
آبیاری بارانی زیر تاج ۳۸
توری‌های ضد سرمازدگی ۳۹
فهرست منابع ٤۱

فهرست شکل‌ها

عنوان **صفحه**

شکل ۱- توزیع جغرافیایی مناطق مناسب زیتون کاری در دو نیمکره شمالی و جنوبی که با نوار سبز مشخص شده است (برگرفته از سایت FAO.ORG)..... ۳
شکل ۲- درجه حرارتهای سرمازدگی قسمتهای مختلف درخت زیتون (GRANITI ET AL., 2011)..... ۵
شکل ۳- صدمات ناشی از از سرما و یخزدگی در دماهای مختلف متفاوت است. گوشت میوه و هسته تحت تأثیر سرمازدگی قرار گرفته و پوسیدگی‌های ناشی از قارچ‌های ثانویه معمولاً میوه‌های آسیب دیده را آلوده می‌کنند. (برگرفته از SERGEEVA, 2010)..... ۷
شکل ٤- آسیب سرما در برگ‌های زیتون (برگرفته از SERGEEVA, 2010)..... ۹
شکل ۵- خسارت سرما روی درختان زیتون. قهوهای شدن آوندها (بالا سمت راست، زنجان،)، شکاف پوست شاخه‌ها و خشک شدن آنها (بالا سمت چپ، زنجان،)، رشد پاجوش‌ها در شروع فصل رشد پس از سرمازدگی (پایین سمت راست، قم، برگرفته از نگارندگان) و خسارت به شاخه‌های چند ساله (پایین سمت چپ، گلستان اهدائی از حسین فریدون)..... ۱۰
شکل ٦- مقایسه حداقل دمای روزانه در ماه های آذر، دی و بهمن سالهای ۱۳۸٦-۱۳۸۵و ۱۳۹۵..... ۱۲
شکل ۷- خسارت سرمای زمستانه روی درختان زیتون در منطقه طارم زنجان سال ۱۳۸٦ (عکس از نگارندگان)..... ۱۳
شکل ۸- حداقل دمای روزانه ثبت شده در بهمن ماه ۱۳۹۸ ایستگاه هواشناسی گیلوان..... ۱٤
شکل ۹- جریان هوای سرد از نقاط مرتفع و تجمع آن در نقاط کم ارتفاع و دره‌ها (برگرفته از SNYDER, R. L. AND PAULO DE MELO-ABREU, J. 2005)..... ۱۷
شکل ۱۰- کشت زیتون در اراضی شیبدار (برگرفته از WWW.GUIAINVERSORAGRICOLA.COM)..... ۱۸
شکل ۱۱- اثر خسارت سرمازدگی روی برگ‌ها و شاخه‌های ارقام مختلف زیتون در سرمازدگی، الف: رقم گروسان، هیچ گونه علائم سرمازدگی مشاهده نمی‌گردد، ب: رقم آمیگدالیا، خشکیدگی نوک برگ‌ها، ج: شکافته شدن پوست و قهوه‌ای شدن چوب شاخه‌ها در اثر سرما روی شاخه های چند ساله و تنه درختان (لچینو، کالاماتا و کرونیکی) (شکل از نگارندگان)..... ۱۹
شکل ۱۲- استفاده از بخاری‌های باغی برای محافظت گیاهان از سرما (برگرفته از WWW.KTVL.COM)..... ۳۳
شکل ۱۳- نمونه‌هایی از چیدمان بخاری‌ها در باغ با تعداد بیشتری بخاری‌در قسمت‌های سرد و نقاط بادگیر (برگرفته از SNYDER, R. L. AND PAULO DE MELO-ABREU, J. 2005)..... ۳٤

شکل ١٤- ماشین مولد باد (برگرفته از WWW.CASCADEENGINE.COM)..... ٣٥
شکل ١٥- مخلوط آب و یخ روی جوانه که دمای جوانه را در حد صفر درجه حفظ می‌کند (برگرفته از اسدی، ١٣٩٦)..... ٣٧
شکل ١٦- کاربرد توری‌های ضد سرمازگی روی گیاهان (برگرفته از WWW.TOORINEH.COM)..... ٤٠

فهرست جداول

عنوان **صفحه**

جدول ۱- دمای پیشنهادی برای شروع آبیاری بارانی بالای تاج با توجه به دمای حباب رطوبتی.....۳۸

چکیده

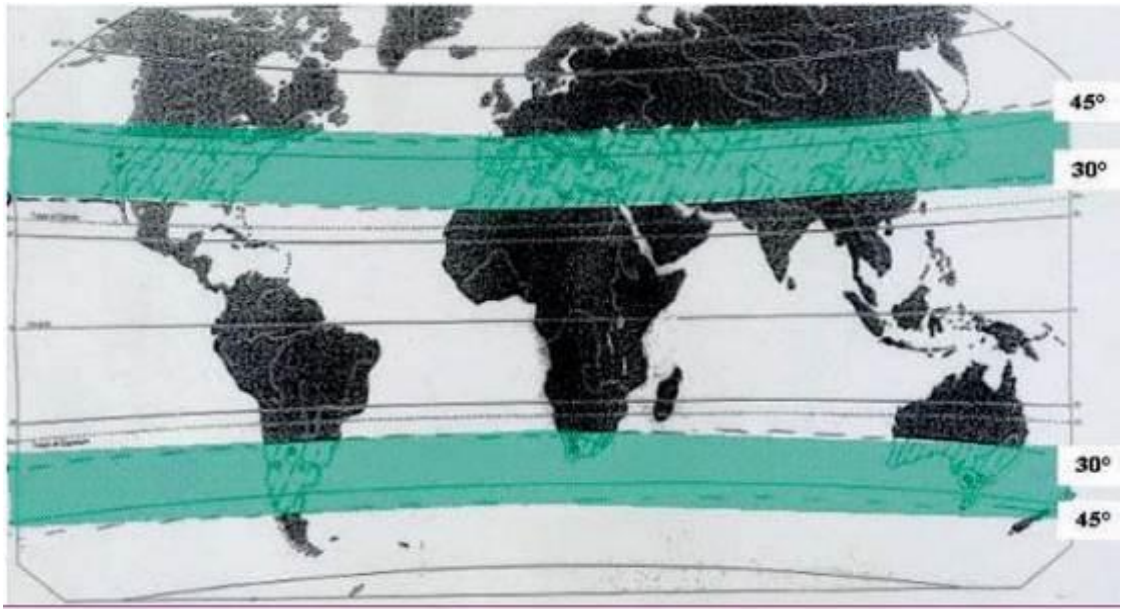
زیتون یکی از منابع تولید روغن‌های گیاهی است. با توجه به ارزش اقتصادی و تغذیه‌ای روغن زیتون برنامه توسعه کشت آن در ایران یکی از اهداف مهم وزارت جهادکشاورزی است. توسعه کشت و افزایش عملکرد در واحد سطح از مهم‌ترین راهکارهای افزایش تولید زیتون در کشور است. با این وجود، شرایط اقلیمی بویژه درجه حرارت عامل مهم محدود کننده توسعه و پایداری تولید محصول زیتون است. شدیدترین سرمازدگی درختان زیتون در سال ۱۳۲۷ شمسی اتفاق افتاده است و پس از آن گزارش متقنی وجود ندارد اما در سال‌های اخیر با بروز پدیده تغییرات اقلیمی در کشور از سال ۱۳۸٦ تا ۱۳۹۹ در مناطق زیتون‌خیز کشور پنج پدیده سرمازدگی اتفاق افتاده و اثرات مخربی روی درختان زیتون داشته است. در این نوشتار به تاریخچه سرمازدگی درختان زیتون در ایران پرداخته شده، اثرات سرمازدگی در درختان و تاثیر آن روی بافت‌های مختلف گیاه و روغن زیتون، انواع یخبندان و روش‌های مقابله با سرمازدگی و یخبندان در درختان زیتون بحث می‌شود.

مقدمه

روغن‌های خوراکی یکی از مهم‌ترین اقلام وارداتی کشور بوده و هر ساله مبلغ هنگفتی برای واردات آن‌ها پرداخت می‌شود. آمار گمرک ایران نشان می‌دهد که در سال ۱۳۹۷ دانه‌های روغنی به‌ترتیب با یک میلیارد و ۳۷۳ میلیون و ۷۰۹ هزار دلار و روغن‌های خوراکی با یک میلیارد و ٤۳ میلیون و ۹۷۱ هزار دلار در مرتبه سوم و پنجم از ۱۰ قلم کالای اساسی می‌باشد که به کشور وارد شدند (بی‌نام، ۱۳۹۷). این آمار نشان می‌دهد یکی از نقاط ضعف اصلی، کمبود تولید دانه‌های روغنی در کشور و افزایش واردات می‌باشد. زیتون یکی از منابع تولید روغن‌های گیاهی است. با توجه به ارزش اقتصادی و تغذیه‌ای روغن زیتون برنامه توسعه کشت آن در ایران یکی از اهداف مهم وزارت جهاد کشاورزی است. بر اساس آمار ارائه شده توسط وزارت جهاد کشاورزی، (۱۳۹۹)، مجموع سطح زیر کشت باغات بارور و غیر بارور ۷۸ هزار هکتار بود. سطح زیر کشت باغات بارور حدود ۵۷ هزار هکتار و سطح زیر کشت باغات غیر بارور ۲۱ هزار هکتار بود. در بین استان‌های مختلف، زنجان با ۲۰/۲ هزار هکتار رتبه اول را به خود اختصاص داد. استان‌های قزوین و گلستان با ۹/۵ هزار هکتار و استان گیلان با ۹/۲ هزار هکتار در رتبه‌های بعدی قرار گرفتند (بی‌نام ۱۳۹۹). آمار ارائه شده توسط شورای بین‌المللی زیتون (IOC) نشان می‌دهد تولید روغن زیتون در ایران از سال ۱۳۸۲ تا ۱۳۹٦ از روند رو به رشدی برخوردار است. تولید روغن زیتون کشور در سال ۱۳۸۱ حدود ۱۵۰۰ تن بوده و در سال‌های ۹۸– ۱۳۹۷ به ۷۰۰۰ تن افزایش یافت. برآورد شورای بین-المللی زیتون برای سال جاری ۹ تن می‌باشد (Anonymus, 2020). در صورتی که نیاز به روغن زیتون کشور بیش از ۱۲ هزار تن است، مازاد مصرف روغن زیتون بوسیله وارادات تامین می‌شود. توسعه کشت و افزایش عملکرد در واحد سطح از مهم‌ترین راهکارهای افزایش تولید زیتون در کشور است. با این وجود، شرایط اقلیمی بویژه درجه حرارت عامل مهم محدود کننده توسعه و پایداری تولید محصول زیتون است.

درجه حرارت یکی از مهم‌ترین عوامل اقلیمی محدود کننده کشت زیتون است. زیتون یکی از درختان میوه مناطق نیمه‌گرمسیری است که ویژگی بارز آن همیشه سبز بودن درخت می‌باشد. درختان زیتون عمدتاً در حوزه

مدیترانه کشت شده و سازگاری خوبی با اقلیم‌های مشابه مدیترانه دارند. از یک سو، درجه حرارت‌های پایین برای باردهی و تولید تجاری یک باغ زیتون تعیین کننده است، زیرا درختان زیتون برای رفع نیاز سرمایی و تمایز جوانه-های گل به یک دوره دمای پایین (۰-۷ درجه سانتی‌گراد) نیاز دارند (Orlandi *et al*., 2004; Hartmann and Whisler, 1975). از سوی دیگر، این درختان در دمای کمتر از ۱۲- درجه سانتی‌گراد زنده نمی‌مانند. بنابراین، درجه حرارت، کشت زیتون را به عرض‌های جغرافیایی ۳۰-۴۵ درجه نیم کره شمالی و جنوبی محدود کرده است (شکل ۱).



شکل ۱-توزیع جغرافیایی مناطق مناسب زیتون کاری در دو نیم‌کره شمالی و جنوبی که با نوار سبز مشخص شده است (برگرفته از سایت fao.org)

اگر درجه حرارت در فصل زمستان به ۵- درجه سانتی‌گراد برسد، در ارقام حساس زیتون پدیده یخ‌زدگی اتفاق می‌افتد و اگر درجه حرارت به پایین‌تر از ۱۲- درجه سانتی‌گراد برسد، شاخه‌های اصلی و تنه در ارقام حساس زیتون خسارت می‌بینند (Connor and Fereres, 2005). بنابراین شناخت علایم سرمازدگی و یخبندان روی اندام‌های مختلف گیاه و اعمال روش‌های مدیریتی مناسب در زمان بروز سرما و یخبندان و استفاده از ارقام متحمل می‌تواند از بروز خسارت‌های سنگین اقتصادی به کشاورزان جلوگیری نماید.

خسارت سرما روی درختان زیتون

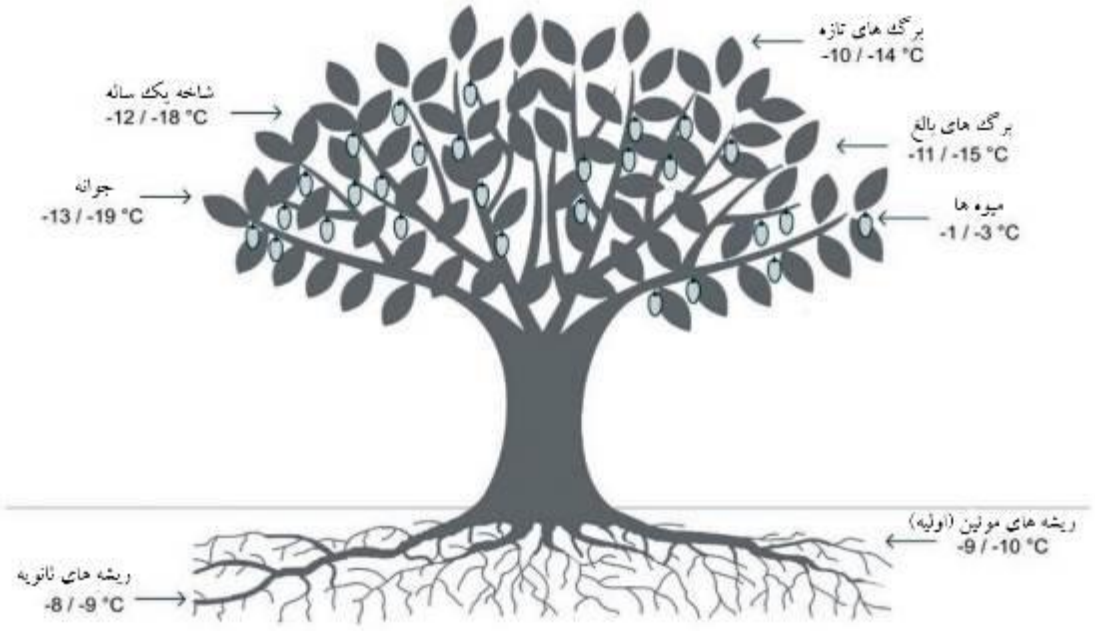
سرمازدگی درختان در دماهای بالاتر از صفر درجه‌سانتی‌گراد عموماً در اوایل بهار و یا اواخر پاییز اتفاق می‌افتد. اگر مدت زمان ماندگاری دمای پایین بیش از دو ساعت به‌صورت پیوسته باشد، در دماهای سرمازدگی، گیاه فرآیندهای متابولیکی خود را کند کرده و از طریق جذب آهسته‌تر آب و مواد غذایی، کاهش راندمان فتوسنتزی و فرآیندهای سلولی، تنفس و فعالیت آنزیمی را کاهش می‌دهد. رشد گیاهان متوقف می‌شود و برگ‌های جوان به رنگ سبز کم رنگ درمی‌آیند. ایجاد چین و چروک در قسمت انتهایی میوه در دوره‌های نزدیک به زمان برداشت یکی از آسیب‌های ناشی از سرمای پاییزه است. این وضعیت، به‌دلیل تغییر ناگهانی رطوبت و افت دما به زیر هفت درجه سانتی‌گراد ایجاد می‌شود که منجر به سیاه شدن گوشت و چروکیدگی کل یا قسمت انتهایی میوه می‌شود. قسمت‌های آسیب دیده ممکن است مورد هجوم پاتوژن‌های ثانویه قرار گرفته و کیفیت روغن زیتون به دست آمده پایین خواهد بود (Sanzani *et al*., 2012).

واکنش‌های فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی درخت زیتون نسبت به سرما هنوز به خوبی درک نشده است و مطالعات کمی روی آن انجام شده است. برخی از تحقیقات در مورد سازگاری مزرعه‌ای به درجه حرارت‌های پایین انجام و گزارش شده است که افزایش غلظت کل قندها و پروتئین‌های محلول ممکن است با تحمل به سرما مربوط باشد (Bartolozzi *et al*., 1999; Eris *et al*., 2007). بویژه، یک نوسان فصلی از دو پروتئین برگ به وزن-های ٦٦ و ٤٣ کیلو دالتون با تجمع در پاییز و ناپدید شدن آن‌ها در تابستان مشاهده شده است (Eris *et al*., 2007). خسارت سرما روی میوه از تعدادی از مناطق زیتون‌کاری استرالیا، گزارش شده است که با چروک شدن نوک میوه در دوره نزدیک برداشت میوه همراه بوده است (Sergeeva and Spooner-Hart, 2011; Sergeeva *et al*., 2011). این وضعیت، ناشی از تغییر ناگهانی رطوبت و درجه حرارت زیر هفت درجه سانتی‌گراد است که منجر به سیاه شدن گوشت و اطراف هسته در کل یا نوک میوه می‌شود. قسمت‌های آسیب دیده می‌توانند توسط عوامل بیماری‌زای ثانویه مانند *Alternaria spp*. آلوده شده و باعث کاهش کیفیت روغن شوند. این علامت به

عنوان "بینی نرم" شناخته می‌شود (Sergeeva and Spooner-Hart, 2011; Sergeeva *et al*., 2011). با این حال، مجموعه علائم مختلفی که به طور کلی به‌عنوان "بینی نرم" توصیف می‌شود، ممکن است در اثر کمبود مواد غذایی مثل کلسیم، بور یا تنش آبی نیز ایجاد شده باشد (Sergeeva, 2008; Michailides *et al*., 2011).

انواع یخبندان و خسارت آن روی درختان زیتون

پیش‌بینی می‌شود تعداد دفعات آسیب سرما در زیتون‌کاری‌ها به‌دلیل گسترش آن در مناطق حاشیه‌ای سرد افزایش یابد. درجه حرارت حداقل آستانه زیتون که اولین اثرات متابولیکی ظاهر می‌شود به عوامل متعددی مثل مرحله رشد و سن درخت، وضعیت تغذیه و سلامتی آن، نوع اندام درخت بستگی دارد (شکل ۲). سرعت رسیدن به حداقل دما و مدت زمان آن، محل احداث باغ زیتون، رطوبت هوا و خاک، علف‌های هرز و باد روی آسیب سرما تاثیرگذار هستند (Sanzani *et al*., 2012). از این نظر یخزدگی‌ها به یخبندان‌های زودرس پاییزه، یخبندان‌های زمستانه و یخبندان دیررس بهاره طبقه بندی می‌شوند.



شکل ۲-درجه حرارت‌های سرمازدگی قسمت‌های مختلف درخت زیتون (Graniti et al., 2011).

یخبندان‌های زودرس پاییزه

یکی از مباحث اصلی زیتون‌کاری‌ها تعیین زمان برداشت میوه‌های ارقام زیتون برای استخراج روغن زیتون است. بلوغ و رسیدن میوه به عوامل متعددی از جمله نوع زیتون، درجه حرارت، نور خورشید و آبیاری بستگی دارد. یک پاییز گرم می‌تواند باعث سرعت رسیدن میوه می‌شود و در نتیجه مدت زمان محدودی برای چیدن میوه وجود دارد (Sergeeva, 2010). بعضی از ارقام زیتون زودرس بوده (ارقام ابوسطل و روغنی) و زودتر از ارقام دیگر آماده برداشت هستند. برخی از ارقام نیز دیررس بوده و باغداران برای جلوگیری از خسارت یخبندان مجبور به برداشت زودهنگام میوه‌ها و میوه‌های سبز رنگ هستند.

یخبندان زودرس پاییزه یکی از مهم‌ترین مخاطرات وابسته به اقلیم برای صنعت زیتون‌کاری است و باعث خسارات اقتصادی قابل توجهی می‌شود. افت دما در پاییز قبل از برداشت میوه (دماهای پایین‌تر از ۱/۷- درجه سانتیگراد) آسیب زیادی به میوه وارد می‌کند. تأثیر سرما روی کیفیت روغن زیتون قابل توجه است. در سال ۲۰۰۶ بیش از ۲۰ درصد از روغن زیتون تولیدی استرالیا تحت تأثیر قرار گرفت (Guillaume et al., 2009; Ravetti, 2005; Smyth, 2006). یخبندان‌های زودرس پاییزه به‌طور عادی روی میوه تأثیر می‌گذارند و منجر به تغییرات چشمگیری در خصوصیات شیمیایی و ارگانولپتیک روغن‌ها می‌شوند. میوه‌های یخ‌زده زیتون دارای روغن با کیفیت معیوب می‌باشند. بررسی انجام یافته در استرالیا طی ماه‌های اسفند و فروردین در سال ۲۰۱۰ نشان داد (Sergeeva, 2010) که صدمات ناشی از یخ‌زدگی و سرما روی میوه‌های زیتون در درجه حرارت‌های زیر ۵+ درجه سانتی‌گراد تا ۵- درجه سانتی‌گراد مشاهده شد. در درجه حرارت ۱/۷- درجه سانتی‌گراد، تاول‌ها و لکه‌هایی در سطح میوه‌ها دیده می‌شود. این تاول‌ها نشان دهنده آسیب به بافت‌های داخلی میوه است. میوه‌های آسیب دیده قهوه‌ای شده و بافت آن‌ها آبکی می‌شود و عموماً ریزش میوه اتفاق می‌افتد و یا ممکن است بعد از مدتی میوه‌ها آب خود را از دست داده و تا زمان برداشت به حالت چروکیده باقی بمانند (شکل ۳).

شکل ۳-صدمات ناشی از از سرما و یخزدگی در دماهای مختلف متفاوت است. گوشت میوه و هسته تحت تأثیر سرمازدگی قرار گرفته و پوسیدگی‌های ناشی از قارچ‌های ثانویه معمولاً میوه‌های آسیب دیده را آلوده می‌کنند. (برگرفته از (Sergeeva, 2010

فرآیندهای اصلی رسیدن میوه مانند نرم شدن، تنفس، تولید اتیلن و فعالیت آنزیم‌های پکتیک در میوه‌های یخ زده افزایش می‌یابد (Fuchs *et al.*, 1975) در نتیجه این فرآیندها، میوه‌ها ممکن است به‌راحتی چروکیده شده، زودرس شوند. آب خود را از دست داده و نرم شوند (Denney *et al.*, 1993; Fiorino and Mancuso, 2000).

شناسایی و تشخیص خسارت سرما اغلب دشوار است، اما میوه‌ها هنگامی که در درجه حرارت‌های بالا قرار گیرند، علائم قابل مشاهده خواهند بود. علائم خسارت سرما یا بلافاصله پس از افزایش درجه حرارت و یا چند روز پس از توسعه خسارت سرما مشاهده می‌شوند. قهوه‌ای شدن گوشت میوه از اطراف هسته شروع و با گذشت زمان به بیرون گسترش می‌یابد. در اثر سرمازدگی، گوشت و اطراف هسته ممکن است در کل میوه و یا فقط در انتهای نوک میوه سیاه شود و قارچ‌های پوسیدگی ثانویه، مثل گونه‌های آلترناریا معمولاً میوه‌های صدمه دیده را آلوده می‌کنند (Sergeeva, 2010). در درجه حرارت‌های پایین‌تر از آستانه خسارت، صدمه‌ها سریع‌تر و شدیدتر خواهد بود. درجه سرد شدن و خسارت ناشی از سرمازدگی به‌مدت زمان ماندگاری سرما و سرعت افت درجه حرارت بستگی دارد. پارامترهای کیفی روغن زیتون در روغن‌های تولید شده از میوه‌هایی که به مدت دو و چهار هفته یخ زده بودند، تفاوت معنی‌داری نشان داد. پارامترهای شیمیایی فوق در روغن‌هایی که بلافاصله پس از سرمازدگی میوه‌ها استخراج شدند، تفاوت معنی‌داری نداشت. با این وجود، مشخصات حسی و پلی‌فنل‌ها حتی در روغن‌های تولید

شده در مدت زمان کوتاهی پس از سرمازدگی نیز تغییرات قابل توجهی نشان دادند. تغییرات در روغن‌های تولید شده با افزایش زمان پس از سرمازدگی بیشتر مشهود است (Guillaume *et al*., 2012).

یخبندان زمستانه

به طور کلی، درختان زیتون در طول زمستان در اثر دمای کمتر از ۷- تا ۸- درجه سانتی‌گراد آسیب می‌بینند. اگرچه مواردی از مقاومت تا ۱۲- درجه سانتی‌گراد و به ندرت تا ۱۸- درجه سانتی‌گراد گزارش شده است (Fiorino and Mancuso, 2000). بسته به‌شدت و مدت زمان پایداری سرما، این آسیب می‌تواند برگ‌ها، شاخه‌های جوان، شاخه‌های چند ساله و تنه گیاه را تحت تاثیر قرار دهد. دمایی که در آن یخ بین سلولی تشکیل می‌شود، بر اساس اندام درخت متفاوت است. عموماً میوه‌ها حساس‌تر بوده و تشکیل یخ، سریع‌تر و در دمای بالاتری صورت می‌گیرد. به طور کلی میزان حساسیت اندام‌های درخت زیتون نسبت به یخبندان به ترتیب زیر است (Fiorino and Mancuso, 2000; Graniti *et al*., 2011).

جوانه‌ها< شاخه‌ها< برگ‌ها< ریشه‌ها< میوه‌ها

علایم آسیب یخبندان زمستانه ابتدا در برگ‌ها مشاهده می‌شود که شامل تغییر رنگ برگ، از دست رفتن آب، تغییر خمیدگی پهنای برگ به ویژه در برگ‌های جوان، سوختگی انتهایی، کلروز ناشی از تخریب کلروفیل، خشک شدن و در نهایت ریزش برگ است. در اثر مرگ سلول‌ها و دور شدن سلول‌ها از هم در داخل برگ‌ها، فضاهای خالی ایجاد می‌شود و به دلیل اکسیداسیون فنل‌ها در فضاهای بین سلولی، رنگ برگ‌ها قهوه‌ای می‌شود. در برگ‌های بالغ، قسمت نوک برگ به سمت پایین خمیده می‌شود. برگ‌های جوان به صورت لوله‌ای شکل درآمده و سطح پایین برگ به رنگ سبز کم رنگ و صاف (بدون کرک) درمی‌آید. گاهی اوقات با آب شدن کریستال‌های یخ در داخل برگ، بافت برگ، آبکی شده و در مقابل نور خورشید مناطق آب سوخته بر روی پهنک برگ گسترش

می‌یابد و به خشک شدن برگ می‌انجامد. در نهایت، برگ‌های آسیب دیده ریزش می‌کنند. با توجه به سن درخت و شدت یخبندان، ریزش برگ‌ها ممکن است در کل درخت اتفاق بیفتد (شکل ٤).

شکل ٤-آسیب سرما در برگ‌های زیتون (برگرفته از Sergeeva, 2010)

رنگ شاخه‌های جوان ممکن است مایل به قرمز شود و یا در صورت یخ‌زدگی شدید، پوست آن‌ها جدا شده و ترک‌هایی روی شاخه‌ها بوجود آید. در صورت بالا بودن مدت و شدت یخبندان، ترک خوردن و جدا شدن پوست روی تنه و شاخه‌های اصلی درخت نیز مشاهده می‌شود که در نهایت منجر به خشک شدن شاخه‌ها و حتی تنه خواهد شد. به دلیل آزاد شدن و اکسیداسیون فنل‌ها، رنگ قسمت خارجی آوندهای آبکش که در تماس با پوست است، به قهوه‌ای تیره تغییر می‌کند. بعضی اوقات فقط کامبیوم به قهوه‌ای تیره تغییر رنگ می‌دهد، در حالی که پوست و آوند آبکش ظاهراً عادی به نظر می‌رسد. در ارقام نیمه حساس، شاخه‌ها به اندازه ۱۰ تا ۲۰ سانتی‌متر خشک می‌شوند. این خشکیدگی در بعضی از ارقام در انتهای سر شاخه‌ها اتفاق می‌افتد ولی در ارقام حساس، تنه شکاف برداشته و خشک می‌شود. با آسیب دیدن اندام‌های هوایی، تعادل رویشی گیاه به هم خورده و در بهار با فعال شدن جوانه‌های خفته در بخش‌های پایینی تنه، نرک‌ها و پاجوش‌های فراوانی بر روی تنه رشد نموده و

درخت حالت بوته‌ای به خود می‌گیرد (شکل ۵) که نیاز به هرس و اصلاح در گیاه را ضروری می‌سازد (Gucci *et al.*, 2003).

شکل ۵-خسارت سرما روی درختان زیتون. قهوه‌ای شدن آوندها (بالا سمت راست، زنجان،)، شکاف پوست شاخه‌ها و خشک شدن آنها (بالا سمت چپ، زنجان،)، رشد پاجوش‌ها در شروع فصل رشد پس از سرمازدگی (پایین سمت راست، قم، برگرفته از نگارندگان) و خسارت به شاخه‌های چند ساله (پایین سمت چپ، گلستان اهدائی از حسین فریدون).

عادت کردن (خوگرفتن) یا سازگاری[1] به درجه حرارت‌های پایین علاوه‌بر پارامترهای محیطی به تنظیم کننده‌های گیاه بستگی دارد. درجه حرارت‌های زیر ۵ درجه سانتی‌گراد و هم‌چنین دوره نوری[2] مهم‌ترین عوامل تحریک کننده این پدیده هستند (Heino and Palva, 2004). علاوه‌براین، کیفیت و شدت نور، محتوای آب سلول، شرایط انرژی و تغذیه‌ای، وجود بیماری‌ها و مرحله رویشی می‌تواند بر واکنش به سرما تأثیر بگذارد. در طول دوره خوگرفتن، یک سری از ژن‌ها فعال می‌شوند که متابولیسم‌های خاص عکس‌العمل مقاومت به سرما را تعدیل می‌کنند. توالی‌های پیچیده شامل تغییر در سطح هورمونی، تجمع درون سلولی املاح، افزایش پروتئین‌های خاص و

1 Aclimation

2 photoperiod

تغییر در اجزای ترکیب لیپیدهای غشایی است (Thomashow, 1999; Eris *et al*., 2007). هم‌چنین افزایش معنی-داری در فعالیت آنزیم‌های کاتالاز، آسکوربات پراکسیداز و نیکوتین آمید آدنین دینوکلئوتید فسفات (NADPH) اکسیداز و در سطح پروتئین‌های دهیدرین در درختان زیتون سازگار با سرما نیز گزارش شده است، که نشان دهنده افزایش فعالیت سیستم‌های آنتی اکسیدانی در هنگام عادت کردن به سرما است (Cansev *et al*., 2009).

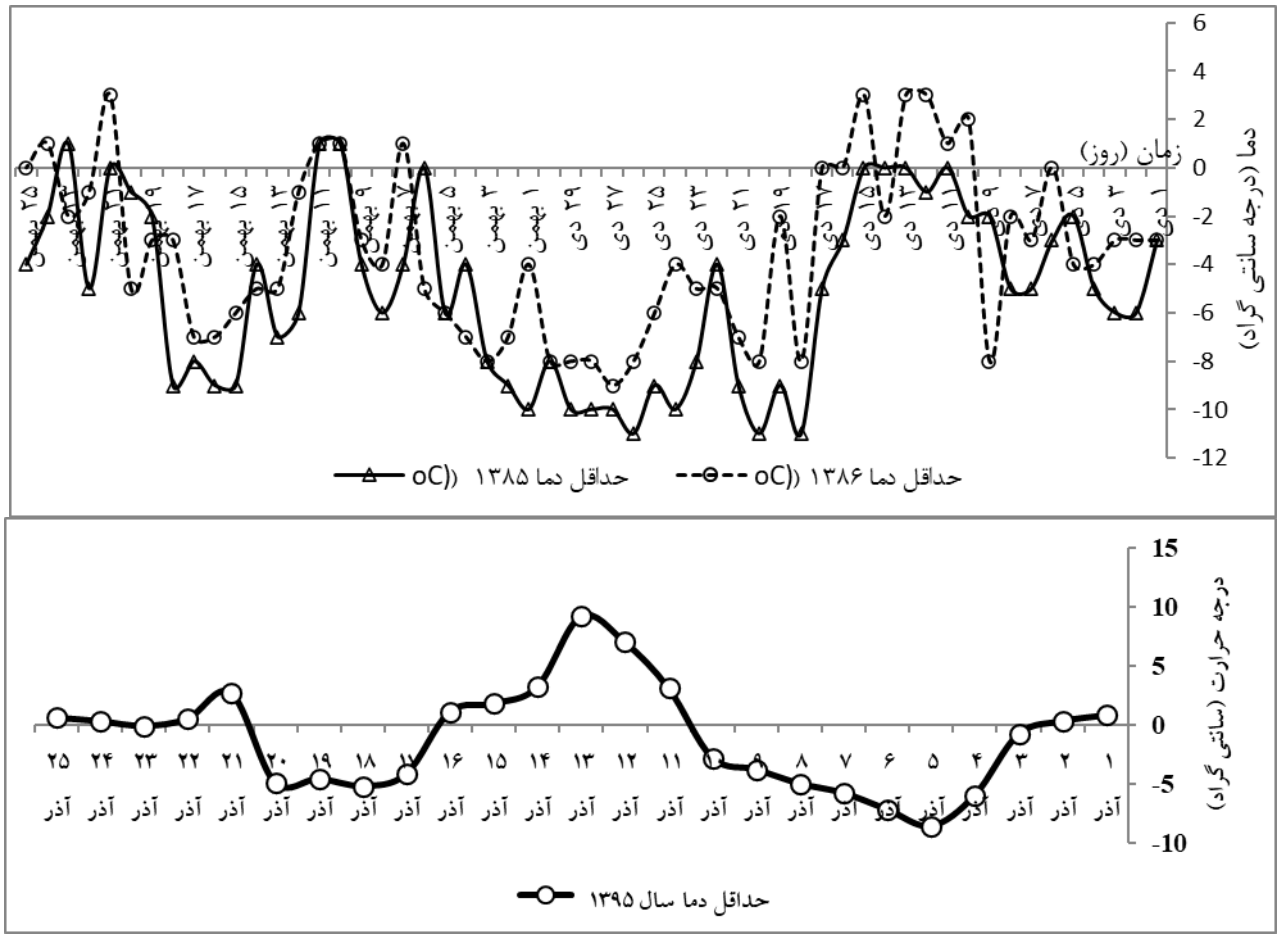
نتایج اخیر نشان داده که فنیل آلانین آمونیاک لیاز (PAL) در عکس‌العمل درختان زیتون به تنش سرما نقش داشته، فعالیت آن در ارقام متحمل بیشتر است. هم‌چنین مشخص شده که فعالیت آنزیم پلی‌فنل اکسیداز (PPO) و غلظت فنل اولئوروپئین[۳]عامل مهمی در عکس‌العمل برگ‌های رقم پیکوال به تنش سرما هستند. که به‌عنوان محافظ عمل کرده و سطح رادیکال‌های آزاد (واکنش‌پذیر) اکسیژن سلولی (ROS) را در طی تنش سرما کاهش می‌دهد (Ortega-Garcìa and Peragón, 2009). ارزیابی‌های مزرعه‌ای ثابت کرده که فرآیند عادت به سرما در درختان زیتون با افزایش میانگین درجه حرارت در فصل زمستان به بالای ۱۶ درجه سانتی‌گراد در کمتر از شش روز به آسانی از بین می‌رود (Gucci et al., 2003).

خسارت یخزدگی به سرشاخه، برگ و میوه‌ها ممکن است طی دو روز تا یک هفته پس از وقوع دمای انجماد قابل مشاهده باشد، در حالی که خسارت به شاخه‌های چند ساله و تنه درختان ممکن است برای دو یا چهار هفته و حتی چند ماه قابل مشاهده نباشد. بنابراین هرس سریع که از نظر ظاهری نیز مطلوب به نظر می‌رسد، باید با درجه خسارت یخبندان تنظیم و هدایت شود. برای خسارت‌های جزئی، فاصله زمانی حیاتی نیست. اما به دنبال یخزدگی‌های شدید، هرس باید به ابتدای تابستان (محدوده اردیبهشت و خرداد ماه) موکول شود، هنگامی که عکس‌العمل درخت برای تولید شاخه‌های جدید بیشتر بوده و امکان بازسازی چتر درخت میسر می‌باشد. اگر صدمه ناشی از یخبندان روی شاخ و برگ کم باشد، لازم نیست هرسی انجام شود، زیرا درخت می‌تواند در مدت کوتاهی چتر خود را بازسازی نماید، اما در صورت یخزدگی شدید، لازم است شاخه‌های صدمه دیده هرس شوند. وقتی کل درخت خسارت دیده باشد، بایستی درخت کف‌بر شود. با رشد و نمو جوانه‌ها و تشکیل شاخه‌بندی

ŏleuropein

جدید، چتر جدیدی تشکیل می‌شود. پس از انجام هرس، استفاده از کود نیتروژن کم و عدم شخم خاک می‌تواند به بازسازی سریع یک چتر متعادل کمک کند. برای جلوگیری از آلودگی‌های قارچی باید برش‌های زمان هرس با چسب پیوند پوشانده شوند (Sanzani *et al*., 2012).

تقریبا اکثر خسارت سرما و یخبندان در زیتون کاری کشور از نوع زمستانه است. در سال ۱۳۲۷ مناطق زیتون-کاری طارم، منجیل و رودبار در اثر سرمای شدید درختان کف‌بر شدند و درختان موجود، حاصل رویش مجدد پاجوش‌های درختان کف‌بر شده می‌باشند. وقوع سرمای زمستانه سال ۱۳۸۵، ۱۳۸٦ و ۱۳۹۵ در مناطق مختلف از شدت و مدت ماندگاری متفاوت برخوردار بوده است(شکل ٦). هم‌چنین بررسی‌ها نشان داد که افت شدید دما در این فصل از سال در مناطق مختلف کشور دارای دور برگشت متفاوتی است (قائم مقامی و همکاران، ۱۳۸۸).



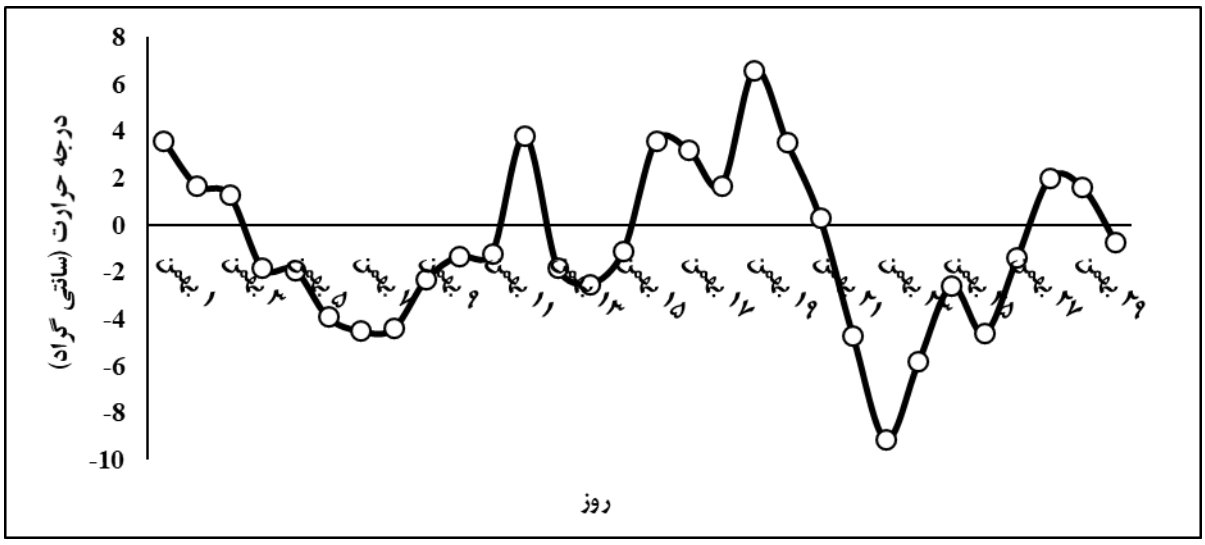
شکل ٦-مقایسه حداقل دمای روزانه در ماه های آذر، دی و بهمن سال‌های ۱۳۸٦-۱۳۸۵و ۱۳۹۵.

با توجه به اختلاف بین حداقل مطلق ثبت شده با حداقل قابل تحمل برای زیتون، سرمای سال ۸۶-۱۳۸۵ موجب خسارت شدید در حدود ۲۵ هزار هکتار در باغ‌های زیتون شهرستان طارم گردید(عظیمی و همکاران، ۱۳۹٤) (شکل ۷).

شکل ۷-خسارت سرمای زمستانه روی درختان زیتون در منطقه طارم زنجان سال ۱۳۸٦ (برگرفته از نگارندگان).

هم‌چنین در یخبندان سال ۱۳۹۵ خسارت شدیدی در منطقه طارم روی درختان زیتون اتفاق افتاد و ۱۸ هزار هکتار از زیتون‌کاری‌های طارم متحمل خسارت شدند. علاوه براین، حدود ۱۲۵۰۰ هکتار از باغ‌های گلستان آسیب شدیدی متحمل شده و کف بر شدند.

وقوع مجدد یخبندان در بهمن ماه سال ۱۳۹۸ با کاهش دما به ۹- و ٦- درجه سانتی‌گراد (شکل ۸) در منطقه طارم خسارت زیادی به درختان زیتون وارد نمود که اثرات آن پس از چند سال ادامه خواهد داشت. با شروع تغییرات اقلیمی از دهه هفتاد شمسی، آب و هوای کشور دچار تغییرات گسترده‌ای شده است که نتیجه آن تغییر میزان، توزیع و نوع بارندگی از یک طرف و کاهش دوره‌های وقوع سرمازدگی‌های زمستانه در مناطق نیمه گرمسیری از دوره ۵۰ ساله به کمتر از ۱۰ سال (سرمازدگی سال‌های ۱۳۸۵، ۱۳۸٦، ۱۳۹۵ و ۱۳۹۸) بوده است.



شکل ۸-حداقل دمای روزانه ثبت شده در بهمن ماه ۱۳۹۸ ایستگاه هواشناسی گیلوان

یخبندان دیررس بهاره

در طول دوره رشد بهاره، درختان زیتون نسبت به آسیب یخبندان خیلی حساس می‌شوند و حتی در دماهای بسیار جزئی پایین‌تر از نقطه انجماد در معرض آسیب قرار می‌گیرند. آسیب مستقیم، ابتدا روی بافت‌های آبدار مثل نقاط رویشی و برگ‌های جوان مشاهده می‌شود که این بافت‌ها آب خود را از دست داده و رنگ آن‌ها قهوه‌ای می‌شود. در یخبندان خفیف، برگ‌های آسیب دیده به رنگ قهوه‌ای روشن درآمده و در سطح زیرین برگ‌ها، مناطق صاف و بدون کرک به وجود می‌آید که ممکن است کل سطح برگ را بپوشاند. جوانه‌ها و گل‌ها نیز به یخبندان‌های بهاری بسیار حساس هستند. احتمال آسیب‌دیدگی گل‌ها به ویژه مادگی آن‌ها و حتی کل گل‌آذین وجود دارد. دمای کم‌تر از ۱۰ درجه سانتی‌گراد در زمان گلدهی درصد گرده‌افشانی را کاهش می‌دهد. پژمردگی کلاله و خامه، قهوه‌ای شدن کلاله و سپس خامه، سیاه شدگی تخمدان و نکروز شدن گل‌آذین‌ها از علائم آسیب سرما و یخبندان در گل‌های تازه باز شده زیتون است (Cirulli *et al.*, 1981; Graniti *et al.*, 2011). دمای پایین می‌تواند یکی از عوامل تعیین کننده در تولید میوه‌چه‌ها[٤]باشد. (Michailides *et al.*, 2011). میوه‌چه‌ها به شکل کروی و اندازه ریز هستند که در آن‌ها برون‌بر میوه کامل است، اما درون‌بر، حاوی بذر کاذب بوده و فاقد جنین است. این پدیده

[٤]Shotberries

می‌تواند به اختلالات تلقیح، ناسازگاری و شرایط نامساعد محیطی مانند رطوبت زیاد نیز مربوط باشد. آسیب غیر مستقیم ممکن است در اثر حمله قارچ *Pseudomonas savastanoi* pv *savastanoi* عامل گره زیتون از محل ضایعات ناشی از یخبندان وارد شود. این حملات در هوای بارانی که اغلب با افت دما همزمان می‌شود، تشدید می‌گردد. ارقامی که یخبندان زمستان را تحمل می‌کنند، لزوماً به یخبندان بهاره هم متحمل نیستند (Sanzani *et al.*, 2012).

در مناطقی که جبهه‌های هوای سرد و یخبندان ایجاد می‌شود، ممکن است فقط قسمت‌های پایین گیاه تحت تأثیر قرار بگیرند. در این شرایط، اقدامات زراعی مانند انتخاب مناسب محل کاشت، کاشت نهال‌ها در بهار به منظور در اختیار داشتن زمان کافی برای مقاوم شدن درختان، مدیریت دقیق علف‌های هرز، هرس دیر هنگام برای جلوگیری از رشد زودرس بهار، کوددهی پتاسیمی و غیره برای کاهش آسیب یخبندان بهاره توصیه شده است (Proietti and Famiani, 2005). بخاری، آبیاری برای محافظت از یخزدگی، ماشین‌های مولد باد و غیره که معمولاً برای محافظت از محصولات با ارزش استفاده می‌شود، برای محافظت از باغ‌های زیتون، چندان استفاده نمی‌شود. با این حال اخیراً، با استفاده از ماشین مولد باد افقی، برخی نتایج موثری در حفاظت از گیاهان مختلف از جمله زیتون گزارش شد (Yazdampanah and Stigter, 2011). اصول کار بدین صورت است که با استفاده از نیروی مکانیکی، هوای سرد از نقاط پایین و کم ارتفاع باغ به سمت بالا و دور از منطقه کشت شده رانده می‌شود (Augsburger, 2000).

روش‌های محافظت از سرما و یخبندان

روش‌های محافظت از سرما و یخبندان در درختان معمولاً به دو گروه روش‌های مستقیم و غیر مستقیم و یا روش‌های فعال و غیرفعال تقسیم‌بندی می‌شوند. روش‌های غیرفعال روش‌هایی هستند که به صورت دراز مدت و به‌عنوان روش‌های پیشگیرانه به کار برده می‌شوند و زمانی که شرایط یخبندان اتفاق می‌افتد، نقش محافظتی خود را

ایفا می‌کنند. روش‌های فعال به تکنیک‌های بیولوژیکی و اکولوژیکی مربوط می‌شود و شامل عملیات‌هایی است که عموماً یک شب قبل از یخبندان و به منظور کاهش میزان آسیب انجام می‌شود.این روش‌ها عموماً موقتی هستند و نیاز به انرژی و نیروی کارگری دارند.

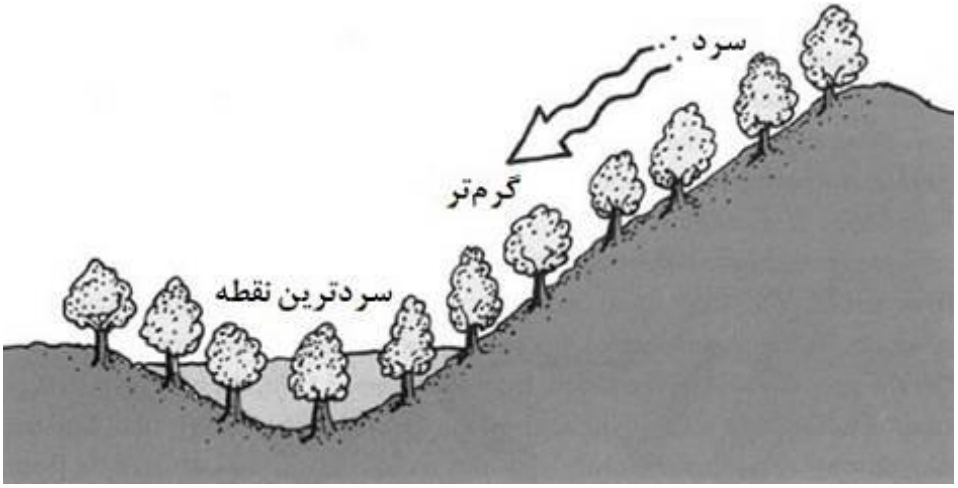
روش‌های غیر فعال محافظت

شامل روش‌هایی است که قبل از بروز یخبندان با هدف کاهش نیاز به روش‌های فعال انجام می‌شود. مهم‌ترین روش‌های غیر فعال عبارتند از: انتخاب محل مناسب احداث باغ، انتخاب ارقام مناسب، مدیریت تغذیه‌ای گیاهان، هرس مناسب، آبیاری، حذف گیاهان پوششی، پوشش‌های خاک و کنترل باکتریایی.

انتخاب محل مناسب احداث باغ

موثرترین روش جلوگیری از آسیب سرما و یخبندان، انتخاب درست محل احداث باغ است. انتخاب محل کاشت به عواملی نظیر ارتفاع از سطح دریا، عرض جغرافیایی، شیب زمین، خصوصیات خاک (بافت و ساختمان آن)، حاصلخیزی و قابلیت نگهداری آب، عمق خاک و سایر عوامل بستگی دارد. بنابراین قبل از احداث باغ لازم است با مطالعه شرایط اقلیمی منطقه و داده‌های هواشناسی حداقل یک دوره ۲۰ ساله، از وقوع و تعداد دفعات سرما و یخبندان آگاهی پیدا کرد و سپس تصمیم به احداث باغ و انتخاب گونه و رقم مناسب نمود. به‌طور معمول ، نقاط کم ارتفاع در توپوگرافی محلی دارای دمای سردتر و در نتیجه آسیب بیشتری هستند. با این‌حال، گاهی اوقات در دو نقطه با توپوگرافی یکسان، آسیب می‌تواند در یک نقطه بیشتر از نقطه دیگر باشد که ممکن است به دلیل تفاوت در نوع خاک باشد که می‌تواند بر هدایت و ذخیره گرما در خاک تأثیر بگذارد. خاک‌های شنی خشک گرما را بهتر از خاک‌های رسی سنگین و خشک انتقال می‌دهند. خاک‌های آلی دارای کم‌ترین ظرفیت ذخیره و انتقال گرما هستند. زمانی که میزان آب خاک نزدیک به ظرفیت مزرعه باشد، بهترین وضعیت را برای انتقال و ذخیره گرما دارد.

هوای سرد متراکم‌تر از هوای گرم است، بنابراین همانند آب در سراشیبی جریان می‌یابد و در نقاط پست و کم‌ارتفاع تجمع می‌یابد (شکل ۹). بنابراین، باید از کاشت در نقاط کم ارتفاع و سرد اجتناب شود، مگر این‌که روش‌های محافظت موثر و مقرون به صرفه کافی در استراتژی مدیریت بلند مدت گنجانده شود. نقاط کم‌ارتفاع و سرد را می‌توان با استفاده از نقشه‌های توپوگرافی و داده‌ها هواشناسی شناسایی کرد. این مساله هم در مقیاس منطقه‌ای و هم در مقیاس مزرعه‌ای حائز اهمیت است. به عنوان مثال، در مقیاس منطقه‌ای، دره‌های نزدیک رودخانه‌ها معمولاً سردتر از دامنه‌های مرتفع‌تر هستند. کاشت درختان میوه خزان‌دار در دامنه‌های شمالی، گل‌دهی در بهار را به تأخیر می‌اندازد و می‌تواند گل‌ها را از یخبندان بهاره محافظت کند. بهتر است درختان نیمه‌گرمسیری در دامنه‌های رو به آفتاب کاشته شوند که خاک و محصول بتواند انرژی مستقیم بیشتری را از نور خورشید دریافت و ذخیره کند (Snyder and Melo-Abreu, 2005).



شکل ۹-جریان هوای سرد از نقاط مرتفع و تجمع آن در نقاط کم ارتفاع و دره‌ها
(برگرفته از Snyder, R. L. and Paulo de Melo-Abreu, J. 2005)

اگر محلی دارای زهکشی خوب هوای سرد باشد، محل مناسبی جهت احداث باغ می‌باشد. دامنه‌ها و زمین‌های شیبدار از این قبیل می‌باشد. مکان‌های مرتفع (بالای کوه) زودتر از دامنه انرژی خود را از دست داده و سریع‌تر سرد می‌شوند، در نتیجه هوای آن‌ها نیز زودتر سرد و سنگین خواهد شد و به سمت دره سرازیر شده و وارونگی

دمایی اتفاق خواهد افتاد. در نتیجه هوا در سطح دامنه‌ها به طرف پایین جریان یافته و در کف دره، هوای سرد تجمع می‌یابد. لذا در مناطق پر خطر از نظر سرما، زمین‌های شیب‌دار بهترین مکان جهت احداث باغات هستند (شکل ۱۰). در مناطقی که خطر یخبندان وجود ندارد، زمین‌هایی که در شیب جنوبی قرار دارند جهت احداث باغ مناسبند، زیرا این مکان‌ها انرژی بیشتری جذب می‌کنند.

شکل ۱۰-کشت زیتون در اراضی شیبدار (برگرفته از www.guiainversoragricola.com)

اگر محصول از قبل در یک منقطه سرد کشت شده باشد، چندین روش مدیریتی وجود دارد که بتوان احتمال آسیب سرما را کاهش داد. هرگونه مانعی که از تخلیه هوای سرد از اطراف محصول در شیب‌های پایین جلوگیری می‌کند باید برطرف شود. این موانع ممکن است پرچین‌ها، حصارها، پشته‌های یونجه یا پوشش گیاهی انبوه واقع در شیب‌های رو به پایین مزرعه باشد. گاهی اوقات تسطیح زمین می‌تواند باعث تخلیه هوای سرد از میان ردیف‌های کاشت محصول شود، به طوری که هوای سرد ورودی به طور مداوم از میان محصول عبور کرده و در مزرعه یا باغ تجمع نیابد. ردیف های کاشت در باغ‌ها باید به گونه‌های طراحی شود که هوای سرد به راحتی بتواند از داخل باغ تخلیه شود (Snyder and Melo-Abreu, 2005).

استفاده از ارقام متحمل به سرما

جدا از خسارت‌های وارد شده، باتوجه به این که میزان تحمل ارقام زیتون به سرما نیز متفاوت بوده، می‌توان گفت که وقوع سرما و یخبندان شدید در کشور فرصت مناسبی جهت ارزیابی و شناسایی ارقام و ژنوتیپ‌های متحمل به سرما در هر منطقه را فراهم می‌کند. شناخت علایم سرمازدگی و یخبندان روی اندام‌های مختلف گیاه (شکل ۱۱) و اعمال روش‌های مدیریتی مناسب در زمان بروز سرما و یخبندان و استفاده از ارقام متحمل می‌تواند از بروز خسارت‌های سنگین اقتصادی به کشاورزان جلوگیری نماید.

الف ب ج

شکل ۱۱-اثر خسارت سرمازدگی روی برگ‌ها و شاخه‌های ارقام مختلف زیتون در سرمازدگی، الف: رقم گروسان، هیچ گونه علائم سرمازدگی مشاهده نمی‌گردد، ب: رقم آمیگدالیا، خشکیدگی نوک برگ‌ها، ج: شکافته شدن پوست و قهوه‌ای شدن چوب شاخه‌ها در اثر سرما روی شاخه های چند ساله و تنه درختان (لچینو، کالاماتا و کرونیکی) (برگرفته از نگارندگان)

بررسی و شناخت ارقام مقاوم و متحمل به سرما و استفاده از آن‌ها یکی از روش‌های مطئمن برای کاهش میزان خسارت سرمازدگی است. انتخاب ارقام و ژنوتیپ‌های متحمل به سرما و درک مکانیسم مقاومت در برابر سرما می‌تواند مقاومت به یخزدگی زیتون را تا حد زیادی بهبود بخشد. بنابراین، استفاده از معیارهای انتخاب ساده و موثر برای انتخاب این ارقام یا ژنوتیپ‌ها ضروری است (Bartolozzi *et al*., 1999).

روش‌های مختلفی برای گزینش ژنوتیپ‌های متحمل در برابر سرما در ارقام زیتون پیشنهاد شده است، از جمله تراکم روزنه (Roselli *et al*., 1989) ، فعالیت فتوسنتزی ((Antognozzi *et al*., 1990) ، اندازه روزنه (Roselli and Venora, 1990) ، آزاد شدن ترکیبات فنلی (Roselli *et al*., 1989) ، آنالیز حرارتی افتراقی (Martin *et al*., 1993) و نشت یونی (La Porta *et al*., 1994). اگرچه همه این روش‌ها بین ارقام زیتون متحمل در برابر سرما و حساس به سرما با موفقیت تمیز قائل شدند، اما این روش‌ها در تعداد محدودی از ژنوتیپ‌های زیتون و فقط در قسمت‌هایی از گیاه استفاده شدند (Bartolozzi *et al*., 1999).

تراکم کم روزنه در برگ زیتون با تحمل به سرما در زمستان همبستگی دارد. این همبستگی احتمالاً به شدت تعرق برگ مربوط می‌شود. به عقیده Knecht و همکاران (۱۹۷۰) رابطه بین تراکم روزنه و مقاومت به سرمازدگی ممکن است بر این واقعیت استوار باشد که سرمازدگی غالباً در نتیجه از دست دادن آب بافت‌های گیاه باشد. در حقیقت ثابت شده است که در اثر افت دما به زیر صفر درجه، جذب آب توسط ریشه‌ها متوقف می‌شود در حالی‌که تعرق روزنه‌ای توسط برگ‌ها ادامه دارد. بنابراین درخت دچار کم آبی شدید شده و به سرمازدگی درختان کمک می‌کند. فرض بر این است که نه تنها تعداد روزنه، بلکه اندازه روزنه نیز نقش تعیین کننده‌ای در تعرق دارند (Roselli and Venora, 1990, Knecht *et al*., 1970). نتایج Winslow and Havis (۱۹٦۷) نشان داد که در درختان کولخاس[۵] اگر درجه حرارت هوا به ۱/۱- تا ۱/٤- درجه سانتی‌گراد کاهش یابد، حرکت آب در ساقه متوقف می‌شود. درحال‌که، آب از طریق روزنه‌های برگ‌ها تبخیر می‌شوند.

[۵] Ilex

با توجه به نتایج بالا برای مطالعه تحمل به سرمازدگی در زیتون ممکن است لازم باشد علاوه بر تعیین تراکم روزنه، اندازه روزنه نیز ارزیابی شود. ژنوتیپ‌های متحمل به سرما در زیتون با تعداد کم روزنه‌های کوچک یا بزرگ مشخص می‌شوند. در حالت دوم، تراکم کم روزنه‌ها، اندازه بزرگ روزنه‌ها را احتمالاً با تعادل فعالیت تنفسی جبران می‌کند. یک نمونه بارز از جبران فعالیت تعرق را می‌توان در رقم متحمل مورسیایو[6]مشاهده نمود که دارای کمترین تراکم روزنه (٤٨٦/mm^2) و بیشترین اندازه روزنه (٥٥/٢٣٦ میکرون) است. تراکم روزنه در دو کلون شماره ۳ لچینو[7]و شماره ۲ مائورینو[8]به ترتیب (٤٨٩/mm^2) و (٥٣٨/mm^2) بود. این ارقام دارای اندازه متوسطی به ترتیب زیر بودند: ٤٢/١٨١، ٤٣/٨٨٦ و ٤٥/٨٦٣ میکرون. کلون‌های شماره یک و چهار رقم فرانتویو[9]که حساس است، دارای تراکم متوسط (٦٠٠/mm^2) روزنه و اندازه متوسط ٥٣/٤٥٤ میکرون بود. نهایتاً، رقم خیلی حساس مورایولو[10]است که دارای بیشترین تراکم روزنه (٧٠٥/mm^2) و اندازه متوسط ٥٠/٠٨١ میکرون بود (Roselli and Venora, 1990). در یک بررسی دیگر Rahemi و همکاران (٢٠١٦) بر اساس نتایج بدست آمده برای تراکم روزنه، ارقام زیتون را به صورت زیر دسته بندی کردند:

‘Derak’ ≥ ‘Amygdalolia’≥ ‘Shiraz’ > ‘Roughani’> ‘Dezful’> ‘Dehghan’ ≥ ‘Dakal’ > ‘Conservolia’ > ‘Tokhme-Kabki’ > ‘Zard’

بررسی تراکم روزنه ۱۱ رقم کولخاس آمریکایی[11]برای تحمل به سرما نشان داد که ارقام مقاوم در برابر سرمازدگی دارای روزنه کمتری در واحد سطح در مقایسه با ارقام حساس بودند. ارقامی که تحمل متوسطی داشتند، دارای اندازه روزنه متوسط بودند (Knecht et al., 1970).

ارزیابی خسارت سرمازدگی درختان زیتون از طریق علائم ظاهری پس از سرمای شدید زمستانه یا قرار دادن نهال‌های زیتون در شرایط سرد، یکی از روش‌های معمول ارزیابی سرمازدگی است، که عمدتاً به مهارت ارزیاب

---

[6] Morchiaio
[7] Leccino
[8] Murino
[9] Frantoio
[10] Moraiolo
Ilex opaca

وابسته است. کلروفیـل فلورسنسی، یک شاخص تهییج انرژی در سیستم فتوسنتزی بـرگ بوده که یک سیستم تشخیصی سریع و غیر مخرب برای تعیین حساسیت گیاهـان به تنش‌های محیطی است (Stirbet et.al., 1998; Sestak and Stiffel, 1997; Steffan and Palta, 1986). به همین دلیل از کلروفیـل فلورسنسی معمولاً برای ارزیابی عکس‌العمل ارقام به اثرات مخرب تنش‌های سرمازدگی، شوری و خشکی استفاده می‌شود تا ارقام مختلف از نظر حساسیت به این تنش‌ها رتبه‌بندی شوند (Smillie and Hetherington, 1983; Greaves and Wilson, 1987; Brennan and Jefferies, 1990; Yamada et al., 1996; Hakam *et al*., 2000). شاخصه‌هـایی کـه در زمـانی کوتاه از این روش به دست می‌آیند اطلاعات بسیار مفیدی از وضعیت و سلامت فرآیندهای متابولیسمی گیاه ارائه مـی‌کننـد (Maxwell and Johnson, 2000). شـاخص Fv/Fm در بسیاری از مطالعات برای ارزیابی اثـر تـنش در گیاهـان مورد استفاده قرار گرفته است (Hereda *et al*., 1999; Lichten *et al*., 2000; Starck *et al*., 2000).

شاخص کارآیی فتوسنتز نشان دهنده وضعیت فیزیولوژیکی فعلی گیاه و هم‌چنین آسیب به سیستم فتوسنتز در گیاهان تحت تنش است (Strasser *et al*., 2000). سیستم نوری II اولین قسمت از سیستم فتوسنتز گیاه است که با تنش‌های محیطی واکنش نشان می‌دهد (Baker, 1991; Terzaghi *et al*., 1989). شاخص Fv/Fm نشان دهنده عملکرد فتوسنتزی در گیاهان در معرض سرما کاهش می‌یابد (Percival and Henderson, 2003; Liu and Huang, 2002). لاهیجانیان و همکاران (۱۳۹۲) اظهار نمودند که ارقام مقاوم به سرما شاخص Fv/Fm بالاتری داشته و با کاهش دما این نسبت کاهش می‌یابد.

بررسی سیم‌کش‌زاده و همکاران (۱۳۸۹) نشان داد در روش کلروفیل فلورسنسی درجه حرارت‌های صفر و ۵- درجه سانتی‌گراد چندان تنشی بر نهال‌های زیتون وارد نمی‌کند زیرا نسبت شـاخص Fv/Fm در محدوده ۰/۸۳ بود که نشانه مقاومت زیتون در این دو شرایط دمایی است. آسیب وارده به نهال‌های زیتون در اثر یخبندان از دمای ۱۰- درجه سانتی‌گراد آغاز شده و با کـاهش درجه حرارت بـه ۱۵- تا ۲۰- درجه سانتی‌گراد، شدت تنش وارد به نهال‌ها نیـز بیشـتر شـد Fv/Fm (مقدار آن بیشتر کاهش یافت). در این بررسی ارقـام شـنگه، گرگـان و آمفـی-

سیس با داشتن مقادیر بالاتر Fv/Fm، به سرما مقاوم‌تر بودند. از سوی دیگر ارقامی چون رشید، اسپانیا، مانزانیلا و کرونیکی که در بررسی ظاهری درصد خسارت سرمازدگی نیز ارقام حساسی بوده‌اند در این مرحله نیز Fv/Fm کمتری داشته و تنش بیشتری را در اثر دماهای کم دریافت کردند. هم‌چنین سعادتی و همکاران (۱۳۹۸) نشان دادند بیشترین مقدار Fv/Fm مربوط به ارقام آمفی‌سیس و شنگه (به ترتیب ۰/٦٤ و ۰/٦٢) و کمترین مقدار این شاخص مربوط به ارقام رشید و کرونیکی (به ترتیب ۰/٤٣ و ۰/٤٧) بود.

تنش سرما و یخزدگی ازجمله مهم‌ترین تنش‌های محیطی است. تنش سرما و یخزدگی باعث وارد آمدن خسارت شدید به اندام‌های سلولی می‌شود. بطوری که محیط سیال مورد نیاز برای واکنش‌های بیولوژیکی سلول‌ها را از بین برده، باعث افزایش غلظت یون‌ها و سایر املاح در پلاسما شده، ساختمان پروتئین‌ها (پروتئین‌های دهیدرین) تغییر یافته و غشای سلولی پاره می‌شود. با از بین رفتن پروتئین‌های سلولی، اختلال در سوخت و ساز و تغییر در پایداری و نفوذپذیری غشای سلولی، رشد و نمو و عملکرد گیاهان تحت تاثیر قرار می‌گیرد (Harding *et al.*, 1999). سازگاری به تنش سرما در نتیجه مکانیزم‌های پیچیده بیوشیمیایی است. این مکانیزم‌ها منجر به افزایش تجمع پروتئین‌های پاسخ دهنده به تنش (پروتئین‌های دهیدرین)، افزایش قندهای محلول، افزایش مکانیزم‌های ضد اکسیداسیون، تغییر در ترکیبات لیپیدی غشاء و مانند آن است (Poirier *et al.*, 2010). قندها نقش مهمی در فرآیند اسمزی یا حفاظت از ماکرومولکول‌های خاص در هنگام از دست دادن آب دارند. اما همیشه ارتباط مستقیم بین تجمع کربوهیدرات و تحمل به سرما وجود ندارد (Gulen *et al.*, 2009; Schreiber *et al.*, 2013). از واکنش‌هایی که گیاهان در رویارویی با این نوع تنش‌ها از خود نشان می‌دهند، واکنش‌های متابولیک هستند که به تجمع اسمولیت‌های آلی منجر می‌شود. پرولین یکی از این اسمولیت‌های آلی است (Rayapati and Stewart, 1991). در تنش‌های اسمزی، بیوسنتز پرولین افزایش می‌یابد و این مسئله به حفاظت غشا و پروتئین‌های حیاتی دیگر در برابر آثار مختلف غلظت‌های زیاد یون‌های معدنی در دماهای کم منجر می‌شود (Dibax *et al.*, 2010).

یکی از آسیب‌های انجماد در سلول‌های گیاهی، تولید و آزاد شدن گونه‌های فعال اکسیژن[۲](ROS) است که باعث تنش اکسیداتیو می‌شوند.رادیکال‌های آزاد اکسیژن می‌تواند باعث آسیب به سلول در بافت‌های گیاه شود (Mittler, 2002). به نظر می‌رسد توانایی سلول‌های گیاهان عالی در حذف ROS ها عامل مهم و تعیین‌کننده‌ای در میزان تحمل آن‌ها نسبت به تنش‌های محیطی است (Guo *et al.*, 2006). در هنگام ایجاد تنش، گیاهان با افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدان و بالا بردن سطوح مواد آنتی اکسیدانی دخیل در حذف و خنثی کردن ROS ها نسبت به دمای پایین محیط واکنش نشان می‌دهند (Walker and Mckersie, 1993; Cansev *et al.*, 2009). سنتز آنتی‌اکسیدان‌ها ممکن است بخشی از مکانیسم پیچیده مقابله با تنش سرمایی بوده که شامل اجتناب از تولید ROS و محافظت در برابر آن‌ها است (Kang and Saltveit, 2002). در این میان، تولید و آزاد شدن ترکیبات فنلی به عنوان بخشی از سیستم آنتی‌اکسیدانی گیاهان می‌تواند در تحمل گیاهان به سرما نقش داشته باشد. در پژوهشی Janas *et al* (۲۰۰۰) بیان کردند که در طی تنش سرما میزان ترکیبات فنلی محلول در آب و سهم آن‌ها در دیواره سلولی به صورت لیگنین و یا سوبرنین افزایش می‌یابد. همچنین Cansev *et al* (۲۰۱۲) با بررسی تغییرات میزان ترکیبات فنلی و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی زیتون در واکنش به دماهای پایین گزارش کردند که تنش سرما موجب افزایش سطوح ترکیات فنلی در برگ‌های زیتون گردید که افزایش تحمل در برابر سرما را در پی داشت.

غشاءهای گیاهی به خصوص غشاء پلاسمایی، حساس‌ترین بخش در برابر سرما هستند. ترکیبات غشاء پلاسمایی از اواخر تابستان تا پاییز به شکل قابل توجهی تغییر می‌یابد، نتیجه این تغییرات حفاظت در برابر از دست دادن آب (دهیدراسیون)، خسارت اکسیداسیون و دیگر فرآیندهای تحت تأثیر تنش می‌باشد. یکی از مکانیزم‌های اولیه در برابر تنش سرما، انتقال یون‌ها در بین غشاءهای سلولی است که به‌دلیل ایجاد اختلال در سیستم انتقال H^+ و K^+ اتفاق می‌افتد (Uemura *et al*., 2013; Gusta and Wisniewski, 2013; Bartolozzi *et al*., 2001). اولین خسارت درجه حرارت‌های زیر صفر تشکیل بلورهای یخ در آوندهای گیاه است. این بلورها به سرعت تمام شاخه‌ها را در بر می‌گیرند، سپس یخ به فضای بین سلولی نفوذ کرده

[۱]Reactive Oxygen Species

و باعث ایجاد تفاوت در فشار اسمزی درون و بیرون سلول می‌گردد و منجر به نشت آب از سلول می‌شود. فرآیند بازگشت از یخ‌زدگی (Freeze-thaw) در کنار تشکیل حباب‌های هوا در بافت آوندی به شکل قابل-توجهی باعث ایجاد خسارت و از بین رفتن بخش هوایی گیاه می‌گردد (Schreiber et al., 2013). همانطور که اشاره گردید تداوم غشای پلاسمایی یکی از عوامل مهم در بقای گیاهان در تنش سرمازدگی است و هرگونه اختلال در ساختار غشای پلاسمایی به بروز خسارت منجر شده و حتی مرگ گیاه را در پی دارد؛ بنابراین غشا پلاسمایی یکی از ویژگی‌هایی است که در ارزیابی تحمل به سرمازدگی در گیاهان استفاده می‌شود. بر این اساس، شاخص نشت الکترولیت‌ها یکی از روش‌های ارزان، ساده و تکرارپذیر در بررسی درجهٔ خسارت ناشی از تنش سرما به غشای سلولی و میزان تحمل سرما در گیاهان در شرایط آزمایشگاهی معرفی شده است (Arvin and Donnelly, 2008).

موسوی و همکاران (۱۳۹٤) نشان داد که ارقام متحمل به سرما شامل زرد، آربکین و فدک (۵-۸۷) با آستانه تحمل به‌ترتیب ۱۷/۳٤-، ۱۷/۵- و ۱۷/۹۹- درجه سانتی‌گراد در مقایسه با ارقام حساس کوراتینا و ماری (با آستانه تحمل به‌ترتیب ۷/۱۸- و ۹/۱۳- درجه سانتی‌گراد مقدار قند کل بیشتری در بافت‌های مورد مطالعه در فصل زمستان و تابستان داشتند. با این‌که مکانیزم دقیق واکنش تنش سرما در درخت زیتون شناسایی نشده لیکن می‌توان از این آزمایش نتیجه گرفت که مقدار کربوهیدرات‌های محلول در ارتباط نزدیک با میزان مقاومت به تنش سرما در زیتون است.

مدیریت تغذیه گیاه

درختان ناسالم بیشتر مستعد آسیب یخ‌زدگی هستند و کوددهی باعث بهبود سلامتی گیاه می‌شود. هم چنین درختانی که به طور مناسب کوددهی نشوند، تمایل دارند که برگ‌های خود را در پاییز زودتر از دست بدهند و در بهار نیز زودتر شکوفه می‌دهند که این باعث افزایش حساسیت در برابر آسیب سرما می‌شود.

زمانی که گیاهان بتوانند مقادیر کافی مواد فتوسنتزی را در بافت‌های حساس خود ذخیره کنند، مقاومت در برابر صدمات ناشی از سرما افزایش می یابد. در نتیجه، وضعیت مناسب تغذیه‌ای و سلامتی گیاه، سازگاری و مقاومت در برابر انجماد را بهبود می‌بخشد. گیاهانی که با مقادیر بهینه و متعادل عناصر غذایی تغذیه شده‌اند، دماهای پایین را بهتر می‌توانند تحمل کنند و آسیب‌های ناشی از سرما در آن‌ها خیلی سریع بهبود می‌یابد. در یک گیاه سالم، نقطه انجماد آب میان بافتی و محتویات درون سلولی پایین‌تر است بنابراین دیرتر منجمد می‌شود. با این حال، رابطه بین یک عنصر غدایی خاص و افزایش مقاومت به سرما هنوز به طور واضح مشخص نیست و گزارشات متناقضی در این مورد وجود دارد. به طور کلی، نیتروژن حساسیت به آسیب سرما را افزایش می دهد. برای افزایش مقاومت گیاهان، باید از مصرف کود ازت در اواخر تابستان یا اوایل پاییز خودداری کرد. شاخه‌های جدید نسبت به قسمت‌های قدیمی گیاه که سخت شده‌اند ، املاح معدنی کمتری دارند. از آنجا که املاح موجود در آب به کاهش نقطه انجماد کمک میکنند، هرگونه روش‌های مدیریتی که رشد را تحریک کند، میزان املاح را کاهش می‌دهد و حساسیت به انجماد را افزایش می‌دهد. مشخص شده است که فسفر در افزایش سازگاری گیاهان نقش دارد، اما در عین حال، رشد را تشدید می‌کند و رشد جدید نسبت به انجماد حساس‌تر است. با این حال ، فسفر برای تقسیم سلول نیز مهم است و بنابراین برای بازیابی بافت پس از انجماد مهم است. بسیاری از ارقام با تحمل یخبندان بیشتر، جذب فسفر بیشتری از خاک‌های سرد دارند که منجر به سازگاری بیشتری می‌شوند.

پتاسیم تأثیر مطلوبی در تنظیم آب و فتوسنتز در گیاهان دارد. از آنجایی که آسیب ناشی از سرمازدگی معمولاً به دلیل کم آبی پروتوپلاسم حاصل می شود ، افزایش پتاسیم می تواند منجر به فتوسنتز بیشتر و سازگاری بهتر شود. هم‌چنین کودهایی با پتاسیم بالا موجب افزایش ضخامت دیواره سلولی و مقاومت بیشتر به آسیب سرما می‌شود (Snyder and Melo-Abreu, 2005).

هرس مناسب

هرس، رشد جدید درختان را تشویق می‌کند. بنابراین هرس دیرهنگام برای درختان خزان‌پذیر و انگور توصیه می‌شود. هرس دیرهنگام منجر به تعداد جوانه زنده بیشتر و تاخیر در گلدهی می شود. در مناطقی که دمای زمستان به طور مداوم زیر صفر است، هرس زودرس، ورود میکروارگانیسم‌های بیماری‌زا از طریق برش‌ها را تسریع می‌کند. هرس سالانه درختان زیتون در پایان زمستان و آغاز بهار توصیه می‌شود. درختان زیتون هرس سبک را به هرس شدید ترجیح می‌دهند. اما اگر لازم است که هرس شدید انجام شود، در مناطقی که یخبندان به ندرت اتفاق می‌افتد، این کار در پاییز و در غیر این صورت در بهار انجام می‌گیرد. علاوه بر این، درخت زیتون را نباید هرگز، قبل یا هنگام وقوع انجماد هرس کرد. زیرا این امر می‌تواند موجب از بین رفتن کلی درختان شود. اگر درختان در پاییز هرس شوند، جوانه های جدیدی رشد می‌کنند که در برابر سرما و یخ زدگی بسیار آسیب پذیر هستند (Snyder and Melo-Abreu, 2005).

آبیاری

هدایت حرارتی و میزان گرمای خاک به میزان زیادی تحت تأثیر محتوای آب خاک قرار دارد و تفاوت قابل توجهی در هدایت حرارتی و ظرفیت گرما بین خاک‌های خشک و مرطوب مشاهده می‌شود. وقتی خاک خشک باشد، فضای بیشتری از خاک با هوا پر می‌شود که مانع از انتقال و ذخیره گرما می‌گردد. بنابراین، در سال‌های خشک، با مرطوب کردن خاک، می‌توان به محافظت در برابر سرما کمک کرد. هدف این است که میزان آب خاک در محدوده ظرفیت مزرعه حفظ شود که این حالت حدود یک تا سه روز پس از آبیاری به وجود می‌آید. مرطوب کردن خاک عمقی ضروری نیست، زیرا بیشترین انتقال و ذخیره گرما در ۳۰ سانتی متری بالایی خاک اتفاق می‌افتد. مرطوب شدن خاک اغلب باعث تیره شدن رنگ آن می‌شود و جذب نور خورشید را افزایش می‌دهد. بهتر است

قبل از وقوع سرمازدگی، خاک‌های خشک را به خوبی مرطوب کرد تا خورشید بتواند خاک را گرم کند (Snyder and Melo-Abreu, 2005).

حذف گیاهان پوششی

برای محافظت غیر فعال از یخ‌زدگی، بهتر است همه گیاهان پوششی را از باغ‌ها حذف کرد. حذف گیاهان پوششی باعث افزایش جذب اشعه توسط خاک و بهبود انتقال و ذخیره انرژی می‌شود. گیاهان پوششی همچنین دارای غلظت بالاتری از باکتریهای فعال هسته یخ[۳](INA) نسبت به بسیاری از محصولات باغی هستند، بنابراین وجود گیاهان پوششی در کف باغ‌ها، غلظت باکتریهای INA و پتانسیل آسیب یخبندان را افزایش می‌دهد. بین خاک لخت و خاک دارای پوشش چمن بلند حداقل دو درجه سانتیگراد، اختلاف دمای کف باغ وجود دارد. به طور کلی درو کردن و سم‌پاشی با علف‌کش‌ها روش‌هایی برای از بین بردن گیاهان پوششی کف باغ هستند. موثرترین روش استفاده از علف کش‌ها برای از بین بردن گیاهان پوششی است. این کار باید به خوبی قبل از دوره سرما انجام شود (Snyder and Melo-Abreu, 2005).

پوشش‌های خاک

پوشاندن مستقیم خاک با پلاستیک برای افزایش دمای سطحی روشی مناسب است که می‌تواند تا حدی محافظت ایجاد کند. این امر به ویژه در باغ‌های کوچک که سایر روش‌های حفاظت در دسترس نیستند، اهمیت پیدا می‌کند.

مالچ‌های پلاستیکی شفاف که باعث افزایش انتقال گرما به خاک می‌شوند، به طور معمول ذخیره گرمای خاک را بهبود می بخشند و دمای سطحی را بالاتر می‌برند. از آنجا که در زیر تاج درخت دمای سطح خاک با دمای هوا ارتباط نزدیکی دارد، هرگونه روش مدیریتی که دمای سطحی را افزایش دهد، محافظت بیشتری ایجاد می‌کند.

[۳] Ice Nucleation Active

پلاستیک شفاف خاک را بیش‌تر از پلاستیک سیاه گرم می‌کند و خیساندن خاک قبل از استفاده از پلاستیک باعث افزایش کارایی می‌شود. هنگامی که خاک قبل از قرار دادن پلاستیک خیس می‌شود، آب از خاک تبخیر می‌شود و با خنک شدن پوشش تا دمای نقطه شبنم، بخار آب در زیر پلاستیک متراکم می‌شود. این امر گرمای پنهان آب را در زیر پلاستیک آزاد کرده و به حفظ گرمای سطح خاک کمک می‌کند.

در بعضی مواقع از مالچ‌های گیاهی در زمان خواب درختان استفاده می‌شود تا از آسیب دیدن ریشه‌ها در اثر یخ زدگی و هم‌چنین سنگین شدن خاک جلوگیری کند. با این حال، مالچ های گیاهی انتقال حرارت را به داخل خاک کاهش می‌دهند و از این رو محصولات باغی را بعد از باز شدن گل‌ها در معرض یخ‌زدگی قرار می‌دهند (Snyder and Melo-Abreu, 2005).

کنترل باکتری‌های فعال هسته یخ

آب در صفر درجه سانتیگراد ذوب می‌شود، اما لزوماً یخ نمی‌زند. برای اینکه یخ‌زدگی اتفاق بیفتد، باید فرآیند تشکیل یخ آغاز شود (یعنی ایجاد هسته یخ). هسته یخی همگن وقتی تشکیل می‌شود که آب مایع در دمای بسیار پایین (به عنوان مثال عموماً پایین‌تر از ٤٠- درجه سانتیگراد) قرار داشته باشد و مولکول‌های آب در یک ساختار بلوری (یخی) بدون هیچ‌گونه مواد خارجی، سازماندهی شوند. تشکیل هسته یخی ناهمگون وقتی اتفاق می‌افتد که آب ساکن بسیار سرد شده، به هم زده شده و یا ذرات خارجی (تشکیل دهنده یخ) برای شروع فرآیند تشکیل کریستال یخ به داخل آب وارد می‌شود. به عنوان مثال، هنگامی که یدید نقره به ابرها پاشیده می‌شود، باعث یخ زدن قطرات ابر می‌شود، زیرا یدید نقره باعث تغییر فاز از آب به یخ می‌شود. در دمای بالاتر از ٥- درجه سانتیگراد، باکتری‌های فعال هسته یخ (INA) باعث تشکیل بیشترین یخ در سطوح گیاه می‌شوند. باکتری‌های اصلی INA که یخ را تشکیل می‌دهند شامل *Pseudomonas syringae*، *Erwinia herbicola*، *P. fluorescens*. *P. syringae* و *E. herbicola* هستند که یخ را در دماهای تا ١- درجه سانتیگراد تشکیل می‌دهند. پس از تشکیل روی سطح گیاه، یخ از طریق معبرهایی مانند روزنه‌ها به درون گیاه و فضاهای خارج سلولی وارد شده و گسترش می‌یابد. بسته به

حساسیت گیاه، تشکیل یخ در فضاهای خارج سلولی ممکن است آسیب رسان بوده و یا آسیبی به آن وارد نکند. اگرچه وجود یک نوع باکتری می‌تواند فرآیند تشکیل هسته یخ را شروع کند، اما اگر غلظت باکتری‌های INA زیاد باشد، آسیب بیشتر است. بنابراین، کاهش غلظت باکتری‌های INA احتمال یخ‌زدگی را کاهش می‌دهد. معمولاً برای از بین بردن باکتری‌ها، سموم دفع آفات (به عنوان مثال ترکیبات مس) به کار برده و یا از باکتری‌های غیر فعال هسته یخ[۱۴](NINA) برای رقابت و کاهش غلظت باکتری‌های INA استفاده می‌شود. به طور معمول، ۰/۱ تا ۱۰ درصد از باکتری‌های موجود در سطوح گیاهان، باکتری‌های INA هستند، اما جمعیت ناچیزی از باکتری‌های NINA برای رقابت با آن‌ها و پایین نگه داشتن تعداد باکتری‌های INA وجود دارد. در نتیجه، پاشیدن باکتری‌های NINA روی گیاهان می‌تواند به رقابت و کاهش غلظت باکتری‌های INA کمک کند. هنگام استفاده از باکتری‌های NINA، معمولاً یک مرحله کاربرد کافی است و جمعیت باکتری‌های NINA به طور پیوسته افزایش یافته و همزمان با رشد گیاهان، با باکتری‌های INA رقابت می‌کنند. همچنین اسید آمینه‌هایی در باکتری‌ها وجود دارند که باعث ایجاد هسته یخ می‌شوند، بنابراین قبل از وقوع یخبندان پیش بینی شده، برای تجزیه اسیدهای آمینه، کاربرد ترکیبات باکتری‌کش به اندازه کافی، لازم است. استفاده به‌هنگام از باکتری‌های NINA نیز لازم است تا باکتری‌های مذکور با داشتن زمان کافی بتواند تعداد باکتری‌های INA را کاهش دهد. هر گونه کاربرد باکتری‌کش‌ها باعث از بین رفتن باکتری‌های NINA و همچنین باکتری‌های INA می‌شود و در صورت استفاده از باکتری کش‌ها برای مقاصد دیگری غیر از محافظت از یخ‌زدگی می‌تواند مشکل ساز باشد.

علاوه بر کاربرد باکتری‌های NINA که باکتری‌های INA را از بین می‌برند یا با آن‌ها رقابت می‌کنند، مواد شیمیایی دیگری وجود دارند که توانایی تشکیل هسته یخ باکتری‌ها را مهار می‌کنند. آزمایش‌ها نشان داده است که فعالیت باکتریهای INA نسبت به pH و فلزات سنگین محلول (مانند مس و روی) و مواد شوینده کاتیونی حساس است. مواد شیمیایی که فعالیت INA را غیرفعال می‌کنند به‌عنوان "مهار کننده‌های هسته یخ باکتریایی" شناخته می‌شوند و می‌توانند باکتری‌ها را در طی چند دقیقه تا چند ساعت غیرفعال کنند. یک مزیت بزرگ مهارکننده‌ها این

[۱۴] Non-Ice-Nucleation Active

است که این مواد را می‌توان بلافاصله قبل از شب یخبندان استفاده کرد. از معایب این مواد این است که بعضی اوقات می‌توانند باعث مسمومیت گیاهان شوند. همچنین، این مواد محلول در آب هستند، بنابراین بارندگی می‌تواند مواد موجود در گیاهان را شسته و نیاز به کاربرد مجدد آن‌ها باشد. در هر صورت شواهد بسیار کمی در مورد موفقیت‌آمیز بودن استفاده از اسپری‌های تجاری در کنترل باکتری‌های INA وجود دارد (Snyder and Melo-Abreu, 2005).

رنگ کردن و پوشاندن تنه

پوست درختان خزان‌پذیر گاهی به دلیل نوسانات زیاد دما شکافته می‌شود. زمانی که به طور ناگهانی جلوی تابش نور آفتاب گرفته می‌شود، دمای پوست درخت می‌تواند به طرز چشمگیری کاهش یابد و باعث ایجاد ترک‌های طولی شود. گاهی اوقات اختلاف بین دمای هوا و پوست درخت در سمت رو به آفتاب تا ۲۰ درجه سانتیگراد می‌رسد. این اختلاف شدید دما موجب آسیب به پوست و ترک برداشتن آن می‌گردد. یک روش برای کاهش این مشکل، رنگ آمیزی تنه‌ها با رنگ سفید لاتکس پایه آب است. رنگ با ۵۰ درصد آب رقیق می‌شود تا نور خورشید را در طول روز منعکس کند(Powel and Himerlick 2000) از رنگهای سمی و روغنی استفاده نباید استفاده شود. بهتر است تنه ها را در اواخر پاییز که دمای هوا بالاتر از ۱۰ درجه سانتی گراد است رنگ آمیزی کرد.

دمای کامبیوم در اواخر زمستان به دلیل تابش روزانه خورشید افزایش یافته و باعث کاهش مقاومت درخت می‌گردد. رنگ کردن تنه و یا پوشاندن تنه با انواع پوشش‌های سفید، باعث جلوگیری از افزایش دمای کامبیوم در اواخر زمستان می‌شود. گزارش شده است که رنگ‌آمیزی پوست درخت سیب، موجب کاهش قابل ملاحظه دمای پوست شده و گلدهی را چند روز به تأخیر می‌اندازد و احتمال آسیب سرما را کاهش می‌دهد (Zinoni et al 2002).

پوشاندن تنه درختان با مواد عایق، درختان جوان را از آسیب سرما و مرگ احتمالی محافظت می‌کند. در بین مواد موجود، فایبرگلاس و عایق‌های پلی‌اورتان با مقاومت بالا در برابر انتقال دما، بیشترین محافظت در برابر سرما را تامین می‌کنند. اشکال اصلی در پوشاندن تنه درختان، افزایش احتمال بروز بیماری‌های گیاهی است. استفاده از اسپری‌های قارچ‌کش قبل از پوشاندن تنه به کاهش مشکلات بیماری کمک می‌کند (Snyder and Melo-Abreu, 2005).

روش‌های فعال محافظت

این روش‌ها شامل استفاده از بخاری (پلارهای باغی)، ماشین‌های مولد باد، استفاده از آبیاری بارانی، توری‌های ضد سرمازدگی روی درختان و غیره است.

بخاری (پلارهای باغی)

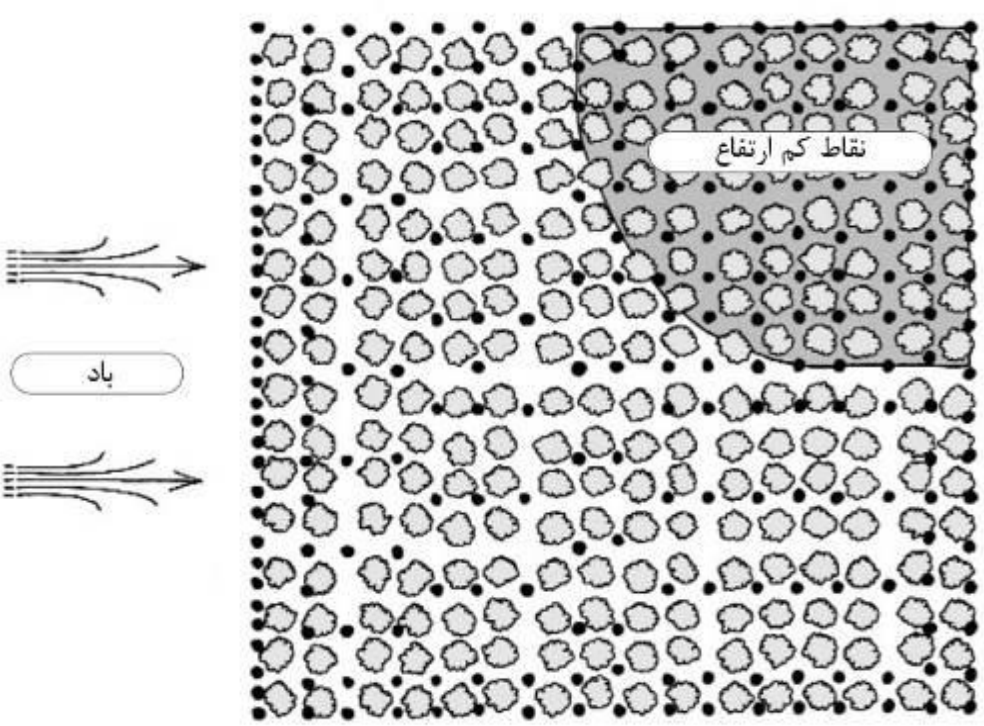
استفاده از بخاری یا پلارهای باغی برای محافظت محصولات از سرما از زمان‌های قدیم مرسوم بوده است. کار گذاشتن این بخاری‌ها در قسمت‌های مختلف باغ و هم‌چنین سوزاندن موادی چون چوب، نفت یا گازوییل و حتی تایر موجب گرم شدن باغ می‌گردد (شکل ۱۲). این روش در مناطق خیلی سرد ممکن است تاثیر زیادی نداشته باشد اما در مناطق نیمه گرمسیری مثلاً در باغات مرکبات، انار، انجیر و زیتون می‌تواند موثر واقع شود.

گرمای بخاری از طریق فرایندهای تشعشع و همرفتی به محیط اطراف گیاه انتقال یافته و موجب افزایش دمای محیط می‌گردد. هوای گرم شده، به قسمت‌های بالایی حرکت کرده و گرمای آن توسط اندام‌های مختلف گیاه جذب می‌شود. با حرکت هوای گرم به سمت‌بالا، هوای سرد در قسمت‌های پایینی جایگزین آن شده و چرخه ادامه می‌یابد. گرمای ایجاد شده توسط بخاری‌ها، گرمای از دست رفته محیط اطراف را جبران می‌کند و بدین وسیله، گیاهان را از سرما محافظت می‌کند. برای دستیابی به بهترین راندمان، بهتر است به جای بخاری‌های بزرگ و تعداد

کم، از بخاری‌های کوچک و تعداد بیشتر استفاده شود. بدین ترتیب، بخاری‌های را می‌توان یکنواخت‌تر در باغ توزیع کرد و گرما را به صورت آرام و مستمر فراهم کرد.

شکل ۱۲-استفاده از بخاری‌های باغی برای محافظت گیاهان از سرما (برگرفته از www.ktvl.com)

توزیع بخاری باید تا حد امکان به صورت یکنواخت باشد و در حاشیه‌های باغ و نقاط پایین و سردتر و هم‌چنین قسمت‌های بادگیر باغ، تعداد بیشتری بخاری قرار داد. اگر محصول در دامنه شیب کشت شده باشد، در این صورت باید در لبه پایینی شیب که هوای سرد در آنجا تجمع می‌یابد، بخاری‌های بیشتری قرار داده شود (شکل ۱۳). در شرایط یخبندان، هنگامی که سرعت باد از ۲/۲ متر بر در ثانیه (۷/۹ کیلومتر بر ساعت) فراتر می‌رود، به دلیل جریان افقی هوا، افت دمایی قابل توجهی رخ می‌دهد و به تعداد بیشتری بخاری قسمت‌های بادگیر نیاز است. در حاشیه باغ، حداقل یک بخاری به ازای هر دو درخت داشته باشد. ابتدا باید بخاری‌های موجود در حاشیه باغ، روشن شوند. با توجه به توپوگرافی منطقه و تراکم کشت گیاه، برای حصول به نتیجه مطلوب، به طور معمول تعداد ۷۰–۸۰ عدد بخاری باغی برای هر هکتار باغ لازم است. سوزاندن تایر روشی آسان و ارزان‌تر است اما امروزه به دلیل ایجاد مشکلات آلودگی هوا از نظر قانونی محدودیت‌هایی دارد (Snyder and Melo-Abreu, 2005).



شکل ۱۳-نمونه‌هایی از چیدمان بخاری‌ها در باغ با تعداد بیشتری بخاری‌در قسمت‌های سرد و نقاط بادگیر (برگرفته از Snyder, R. L. and Paulo de Melo-Abreu, J. 2005)

ماشین‌های مولد باد

هوای گرم که دراثر تشعشع امواج از سطح خاک و درختان متصاعد می‌شود به طبقات بالای جو منتقل شده و در یک ارتقاع مشخص تجمع می‌یابد. لذا دمای هوا در ارتفاع چند متری، گرم‌تر از هوای سطح باغ خواهد بود. بنابراین اگر به کمک وسیله‌ای بتوان این هوای گرم را به طبقات پایین‌تر و سطح باغ برگرداند، می‌توان هوای آن‌را تا حدودی تعدیل و از آسیب احتمالی جلوگیری کرد. امروزه دستگاه‌های مولد باد برای محافظت از سرما در طیف گسترده‌ای از محصولات باغی استفاده می‌شود. این دستگاه‌ها عموما از یک پایه بلند فلزی که به آن برجک گفته می‌شود و یک فن بزرگ با پره‌هایی به طول ۳-٦ متر تشکیل شده‌اند که بر روی محوری با زاویه افقی حدود ۷ درجه رو به پایین نصب می‌شوند (شکل ١٤). فن دستگاه‌های مولد باد معمولا در ارتفاع ۱۰-۱۲ متری بالای سطح زمین قرار می‌گیرد و با سرعتی حدود ٦۰۰-۵۹۰ دور در دقیقه می‌چرخند. دستگاه‌های مولد باد اساساً هوای سردتر اطراف درختان را با هوای گرم‌تر لایه وارونگی، مخلوط می‌کنند که معمولاً در حدود ۱۲-۱۵ متری از سطح زمین

قرار دارد. این دستگاه‌ها تنها در صورت وجود وارونگی دمایی و در زمان وقوع یخبندان‌های تشعشعی موثر واقع می‌شوند و می‌توانند اختلاف دمای ۱-۳ درجه سانتی‌گراد ایجاد کنند. برای موثر بودن این روش بایستی ماشین های مولد باد قبل از تشکیل وارونگی شروع به کار نمایند. برای دانستن زمان شروع کار، اندازه‌گیری دمای هوا در ارتفاع ۱/۵ و ۱۲ متری از سطح باغ ضروری است. شروع کار ماشین های مولد باد زمانی است که دمای ارتفاع متری ۱/۵ از سطح زمین هنوز بالاتر از دمای ارتفاع ۱۲ متری است. در عمل، بسیاری از باغداران زمانی که دمای هوا به ۱-۰ درجه سانتی‌گراد رسید، ماشین‌های مولد باد را روشن می‌کنند. کاربرد این ماشین‌های مولد باد همراه با روش‌های دیگر از قبیل بخاری و آبیاری بارانی در حفاظت از درختان میوه موثرتر می‌باشد. به طور مثال کاربرد یک ماشین مولد باد همراه با ۲۰ عدد بخاری در یک هکتار باغ، نسبت به استفاده از دو ماشین مولد باد و یا ٤٠ عدد بخاری به تنهایی در یک هکتار موثرتر می‌باشد (Snyder and Melo-Abreu, 2005).

شکل ١٤-ماشین مولد باد (برگرفته از www.cascadeengine.com)

آبیاری بارانی

زمـانی که یک گرم آب یخ می‌زند۸۰ کالری انرژی به صورت گرما آزاد می‌شود که به آن گرمای نهان آب می‌گویند. مادامی که یخ در حال تشکیل باشد، ایـن گرمـای نهان تولید خواهد شد. از این خاصیت می‌توان برای گرم کردن باغ و محافظت گیاهان در برابر یخبندان استفاده کرد. از طرف دیگر وقتی که آب روی جوانه یخ می‌زند، همانند عایقی عمل کرده و مانع از پایین رفتن دمای آن به زیر صفر درجه سانتی‌گراد می‌شود. در آبیاری بارانی با پاشش آب روی گیاهان، گرمای از دست رفته محصول، از طریق گرمای آزاد شده توسط تغییر فرم آب به یخ جایگزین می‌شـود.

معمولا به ازای ۲/۵ میلی‌متر آبیاری بارانی می‌توان سه درجه سانتی‌گراد دما را افزایش داد. در این روش آبیاری، میزان مصرف آب بالا نیست و با ۱۲۵۰۰ لیتر آب در ساعت برای یک هکتار می‌توان گیاهان را در شب‌های محافظت کرد (Snyder and Melo-Abreu, 2005). در کاربرد این سیستم از دو روش عمده استفاده می‌شود.

آبیاری بارانی بالای تاج

آبیاری بارانی بالای تاج برای محافظت از محصولات کم رشد و درختان میوه خزان‌پذیر با شاخه‌های قوی که زیر بار یخ شکسته نمی‌شوند، استفاده می‌شود و به ندرت در درختان نیمه گرمسیری کاربرد دارد. حتی در هنگام یخبندان‌های نسبتاً شدید، آبیاری بارانی بالای تاج در صورت استفاده صحیح و اصولی، می‌تواند گیاهان را از انجماد تا نزدیک ۷- درجه سانتیگراد محافظت کند. اشکالی که در این روش وجود دارد این است که در صورت خرابی سیستم و متوقف شدن آبیاری، ممکن است خسارت شدیدی وارد شود. هم‌چنین بار یخ می‌تواند باعث آسیب به شاخه‌ها شود و در خاک‌های زهکشی نشده، بیماری‌های ریشه‌ای مشکل ساز شود. تا زمانی که مخلوط آب و یخ روی گیاهان وجود داشته باشد و آب از روی قطعات یخ بچکد، اندام‌های گیاهی دارای پوشش یخ، از یخبندان محافظت خواهند شد (شکل ۱۵). با این‌حال، اگر میزان آبیاری ناکافی باشد و یا سرعت چرخش آبپاش‌ها

خیلی کند باشد، همه آب ممکن است یخ بزند و دمای گیاهان پوشیده از یخ به دمای پایین‌تری نسبت به گیاهان محافظت نشده کاهش یابد. به طور کلی، در طول دوره گرم کردن باغ، برای ایجاد محافظت کافی، برای هر هکتار ۸۵ تا ۱۰۰ گرم آب در هر دقیقه مورد نیاز است (Snyder and Melo-Abreu, 2005).

شکل ۱۵-مخلوط آب و یخ روی جوانه که دمای جوانه را در حد صفر درجه حفظ می‌کند (برگرفته از اسدی، ۱۳۹۶)

وقتی آب یخ می‌زند گرما آزاد می‌کند که دمای مخلوط آب و یخ را در حدود نیم تا صفر درجه سانتیگراد نگه می‌دارد و اگر این مخلوط حفظ نشود، دمای بافت‌های گیاهی پوشیده از یخ ممکن است به دمای حباب رطوبتی سقوط کند و صدمه شدیدی را برای درخت و جوانه‌ها به وجود آورد. دمای حباب رطوبتی پایین‌ترین دمایی است که فقط از طریق تبخیر آب در فشار ثابت می‌توان به ان دست یافت. برای اندازه‌گیری دمای حباب رطوبتی، یک فتیله مرطوب به دور حباب دماسنج پیچیده می‌شود و در یک محفظه در معرض جریان هوا قرار می‌گیرد. در رطوبت ۱۰۰ درصد فتیله، دمای حباب مرطوب برابر با دمای هواست. وقتی رطوبت فتیله کم می‌شود و رطوبت خود را به محیط می‌دهد، دمای حباب به دلیل پدیده سرد شدن تبخیری، پایین‌تر از حباب خشک است. پایین‌ترین دمایی که تبخیر رطوبت فتیله و اشباع شدن رطوبت هوای محفظه روی دماسنج مشاهده می‌شود، به عنوان دمای حباب رطوبتی ثبت می‌شود. آب مورد استفاده باید گرمای کافی برای جبران تلفات حرارتی تشعشعی، همرفت و تبخیر را فراهم کند. وقتی سیستم به طور صحیح کار می‌کند، آب باید به آرامی و به طور مداوم از یخ بچکد. همچنین یخ باید نسبتاً شفاف و روشن باشد.

جدول (۱) دمای پیشنهاد شده برای شروع آبیـاری بـارانی بـالای تاج به منظور حفاظت در برابر سرما بر اساس دماهای حباب رطوبتی را نشان می‌دهـد کـه بـه منظـور کـم کردن پتانسیل صدمه جوانه از افت دما و همچنین برای نگه داشتن دمای بافت‌های گیاهی در محدوه صفر تا یک درجه سانتیگراد لازم است (اسدی ۱۳۹٦).

جدول ۱- دمای پیشنهادی برای شروع آبیاری بارانی بالای تاج با توجه به دمای حباب رطوبتی

دمای شروع به کار سیستم (سانتی‌گراد)	دمای حباب رطوبتی (سانتی‌گراد)
۱	بیشتر یا مساوی ۳/۳-
۱/۷	۳/۹- تا ٤/٤-
۲/۲	٥- تا ٥/٥-
۲/۸	٦/۱- تا ٦/٦-
۳/۳	۷/۲- تا ۸/۳-
۳/۹	۸/۹- تا ۹/٤-

آبیاری بارانی زیر تاج

یکی دیگر از روش‌های محافظت از سرما استفاده از آبیاری بارانی زیر تاج درخت است. موفقیت سیستم‌های آبیاری زیر تاج تحت تأثیر عواملی نظیر ارتفاع و شدت وارونگی دما، مقدار (جرم) آب مورد استفاده و دمای آن، حجم هوای جریان یافته به داخل باغ که می‌توانـد در حـدود نیمـی از گرمـا را حـذف کنـد، آزاد شـدن گرمای نهان از طریق یخ زدن آب مورد استفاده و تغییرات مداوم گرمای تشعشعی از خاک می‌باشد. سیستم‌های آبیاری زیر تاج با ماشین‌های مولد باد و بخاری بسیار سازگار هستند و در کنار ماشین‌های مولد باد استفاده می‌شوند. از آنجا که در این روش آب در تماس با جوانه‌ها قرار نمی‌گیرد، نسبت به روش آبیاری بالای تاج خطر کمتر، مشکلات بیماری کمتر و نیاز آبی کمتری دارد.

بخشی از گرمای حاصل از یخ زدن و خنک شدن آب، توسط نفوذ آب به زمین منتقل می‌شود، بخش دیگری برای گرم کردن هوا و بخشی برای تبخیر مورد استفاده قرار می گیرد که انـدکی رطوبـت را افزایش می‌دهد.

تخمین زده میشود کـه در سیستم‌های رایج آبیاری زیر تاج، حـداقل ۷۵ درصـد گرمـا هدر می‌رود و اگر مقدار آب کافی نباشد اتلاف گرما می‌تواند بـه ۱۰۰ درصد برسد. در این روش به منظور حفاظت در برابر سرما، مه افشان‌ها و ریز آب‌پاش‌ها باید کارایی لازم را داشته باشند.

در سیستم آبیـاری بـارانی زیر تاج سهم آب یخ زده در گرم کردن هوا به منظور حفاظت در برابر سرما کم است، به طوری که بیشتر گرمای حاصل از یخ زدن آب توسط آبی که بعداً به کـار بـرده مـی‌شـود،جذب شده و به داخل خاک نفوذ می‌کند. به عبارت دیگر، وقتی یخ زدن آب در گرم کردن هوا غیر مؤثر است و اغلب گرم کردن توسط خنک شدن آب قطره چکان‌ها در هنگام عبور از میان هوا فـراهم مـی‌شـود، منطقی‌ترین روش، گرم کردن آب (عبور دادن آب از میان بخاری‌های نفتی، استفاده از آب زیرزمینـی گرم و غیره) است. در اغلب سیستمها از آب‌پاش‌های کوچک (۳/۳۲ تا ۵/٦٤ اینچ) با زاویه پاشش پایین (کمتر یا مساوی ۷ درجه) در فشار ٤۰ تا ۵۰ پی اس آی استفاده می‌کنند. دامنه کاربرد از ۰/۰۸ تا ۰/۱۲ اینچ آب در هر ساعت در هر هکتار است. آب‌پاش‌ها معمولاً در دمای نزدیک صفر درجه سانتی‌گراد یا اگر نقطه شبنم پـایین باشـد، بـه منظـور بـالا بـردن رطوبت تا حد ممکن و جلوگیری از یخ زدن سر آب‌پاش‌ها حتی در دمای بالاتر نیز شروع به کار می کنند (Snyder and Melo-Abreu, 2005).

توری‌های ضد سرمازدگی

در بسیاری از نقاط ایران به دلیل شرایط جغرافیایی آن منطقه، در دوره‌های زمانی یک تا دو ماهه که به نوع رقم و زمان گلدهی بستگی دارد، یخ‌زدگی شبنم‌های روی درختان در ساعات بین نیمه شب و صبحگاه و هم‌چنین وزش توده‌های هوای سرد، موجب آسیب فراوان به درختان می‌گردد. متاسفانه در بسیاری از این مواقع آسیب به حدی است که حتی میزان محصول را به صفر می‌رساند. با نصب توری‌های ضدسرمازدگی از جنس پلی‌اتیلن فشرده روی درختان، شبنم صبحگاهی روی درخت و شکوفه‌های آن تشکیل نشده و روی روزنه‌های توری ضدسرمازدگی تشکیل می‌شود و همانجا یخ می‌زند. به این ترتیب درخت و شکوفه‌ها از آسیب ناشی از یخ زدگی

در امان می‌مانند. هم‌چنین، زمانی که توری ضد سرمازدگی روی درخت کشیده می‌شود، بافت ریز این شبکه توری، سرعت نفوذ توده هوای سرد را به طور قابل ملاحظه‌ای کاهش داده و از نفوذ سرما به درخت و تنه آن می‌کاهد. علاوه بر این در زیر این توری‌ها اتلاف گرما از سطح خاک به صورت تابش مادون قرمز در شب کم‌تر و گرمای بیشتری در اطراف محصول حفظ می‌شود. جنس این عموما از پلی‌اتیلن فشرده است. شبکه توری ضد سرمازدگی برای طیف متعددی از درختان همچون مرکبات، بادام، آلو، سیب، به، زردآلو و غیره استفاده شده و نقش محافظتی آن در برابر سرما موجب شده که میزان برداشت محصول به طور چشمگیری افزایش یابد (شکل ١٦). البته تحقیقات اخیر در شهرستان شاهرود نشان داده است در درختان میوه استفاده از توری به تنهایی نمی‌تواند اثرات سرمازدگی را کاهش دهد و بایستی از پلارهای باغی نیز استفاده نمود (www.toorineh.com)

به طور کلی مزایای استفاده از این توری ها عبارتند از:

١- جلوگیری از یخ زدگی برگ‌ها و میوه‌ها خصوصا به دلیل شبنم صبحگاهی.

٢- ایجاد دمای مطلوب با جلوگیری از نفوذ هوای سرد در لابلای گیاهان و درختان.

٣- جلوگیری از ریزش برگ‌ها و میوه‌ها در اثر هجوم ناگهانی توده هوای سرد (مانند بادشکن عمل می‌کند).

شکل ١٦-کاربرد توری‌های ضد سرمازگی روی گیاهان (برگرفته از www.toorineh.com)

فهرست منابع

اسدی، ا. ۱۳۹٦. روش‌های حفاظت درختان میوه در برابر تنش سرما. گروه پیشگیری و کاهش خسارت عوامل غیرزنده محیطی. سازمان حفظ نباتات. ٤٣ صفحه.https://chb.maj.ir/Dorsapax/userfiles/Sub13/ppm1.pdf

بی‌نام. ۱۳۹۹. آمارنامه کشاورزی سال ۱۳۹۸ جلد سوم: محصولات باغبانی. وزارت جهاد کشاورزی. ۱٥٦ صفحه.

بی‌نام. ۱۳۹۷. آمار واردات کشور. سایت گمرک جمهوری اسلامی ایران. https://www.irica.gov.ir

سعادتی، ص.، بانی‌نسب، ب.، مبلی، م. و غلامی، م. ۱۳۹۸. ارزیابی برخی پاسخ‌های بیوشیمیایی و فیزیولوژیکی هفت رقم زیتون در ارتباط با تحمل به یخزدگی. فرآیند و کارکرد گیاهی ۸ (۳۰): ۳۱-۱۷.

عظیمی، م.، تقدسی، م.و. و ملکی، ب. ۱۳۸٥. رده بندی، پیدایش، پراکنش و تاریخچه زیتون (ترجمه). انتشارات دانشگاه زنجان. ۹۰ صفحه.

عظیمی، م.، مصطفوی ک. و اسماعیلی م. ۱۳۹٤. ارزیابی مقاومت به سرما در برخی ارقام زیتون (*Olea europaea* L.) در طارم. مجله به‌نژادی نهال و بذر. جلد ۱- ۳۱ شماره (٤): ٦۱۳-٦۲۸.

قائم مقامی، س.، نیکنام، و.، ابراهیم زاده، ح.، زینانلو، ع.ا. و معصومی، م.م. ۱۳۸۸. بررسی برخی از عوامل موثر بر تحمل (مقاومت) به سرما در ارقام زیتون. پایان نامه کارشناسی ارشد دانشگاه تهران.

لاهیجانیان، س.، مبلی، م.، بانی‌نسب، ب. و اعتمادی، ن. ۱۳۹۲. بررسی مقاومت به سرمای ژنوتیپهای مختلف اکالیپتوس با اندازهگیری فلورسانس کلروفیل. اولین همایش ملی تنش‌های گیاهی غیر زیستی.

موسوی، ث.، ارزانی، ک.، حسینی مزینانی، م. و یدالهی، ع. ۱۳۹٤. بررسی واکنش ارقام تجاری زیتون (*Olea europaea* L.) به تنش سرما با استفاده از روش نشت یونی و اندازهگیری کربوهیدرات محلول کل. نشریه تولید و فرآوری محصولات زراعی و باغی ۱٦: ۹٤-۸٥.

سیم کش زاده ن.، مبلی م.، اعتمادی، ن. و بانی نسب، ب. ۱۳۸۹ .ارزیابی میزان مقاومت به سرما در برخی از ارقام زیتون با اندازه گیری فلورسانس کلروفیل و آسیب‌های ظاهری. نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی). ۲٤(۲): ۱٦۹-۱٦۳

Anonymus. 2020. FAO statistical yearbook 2020. Access date: 2020-12-25

Antognozzi, E., Pilli, M., Proietti, P., and Romani, F. 1990. Analysis of some factors affecting frost resistance in olive trees. In: Proceedings 23rd International Horticultural Congress, Firenze, Italy. p. 4280

Arvin, M.J. and Donnelly, D.J. 2008. Screening potato cultivars and wild species to abiotic stresses using an electrolyte leakage bioassay. Journal of Agricultural Science and Technology 10: 33-42.

Augsburger, H.K.M. 2000. Frost control in temperate climates through dissipation of cold air. Aspects of Applied Biology. 61: 201-204.

Baker, N.R. 1991. A possible role for photosystem II in environmental perturbation of photosynthesis. Physiologia Plantrum 81: 563-570.

Bartolozzi, F., Mencuccini, M. and Fontanazza, G. 2001. Enhancement of frost tolerance in olive shoots in vitro by cold acclimation and sucrose increase in the culture medium. Plant Cell, Tissue and Organ Culture 67: 299-302.

Bartolozzi, F., Rocchi, P., Camerini, F. and Fontanazza G. 1999. Changes of biochemical parameters in olive (*Olea europaea* L.) leaves during an entire vegetative season, and their correlation with frost resistance. Acta Horticulturae 474: 435-440.

Brennan, R.M. and Jefferies, R.A. 1990. The use of chlorophyll fluorescence in assessment of low temperature hardiness in blackcurrant (*Ribes nigrum* L.). Annals of Applied Biology 117: 667-72.

Cansev, A., Gulen, H. and Eris, A. 2009. Cold-hardiness of olive (Olea europaea L.) cultivars in cold-acclimated and non-acclimated stages: seasonal alteration of antioxidative enzymes and dehydrin-like proteins. J. Agr. Sci. 147: 51- 61.

Cansev, A., Gulen, H., Celik, G. and Eris, A. 2012. Alteration in total phenolic content and antioxidant capacity response to low temperature in olive (Olea europaea L. "Gemlik"). Plant Archives Vol. 12 No. 1, 2012 pp. 489-494

Cirulli, M., Laviola, C., Roberti, D. 1981. Avversità e difesa. In: Baldini. E., Scaramuzzi. F. (eds). L'olivo. Frutticoltura Anni. 80 pp. 142-187. REDA, Roma, Italy.

Connor D. J., Fereres E. 2005. The physiology of adaptation and yield expression in olive, in Horticultural Reviews, Vol. 31, ed Janick J., editor. (Hoboken, NJ: John Wiley and Sons, Inc;). 155-229.

Denney, J.O., Martin, C.G., Kammereck, R., Ketchie, D.O., Connell, J.H., Krueger, W.H., Osgood, J.W., Sibbet, G.S. and Nour, G.A. 1993. Some olives show damage; many, coldhardiness. California Agriculture 47(1): 2-15.

Dibax, R., Deschamps, C., Bespalhok Filho, J., Vieira, L.G.E., Molinari, H.B.C., De-Campos, M. K.F. and Quoirin, M. 2010. Organogenesis and Agrobacterium tumefaciens-mediated transformation of *Eucalyptus saligna* with *P5CS* gene. Biologia Plantarum 54: 6-12.

Eris, A., Gulen, H., Barut, E. and Cansev A. 2007. Annual patterns of total soluble sugars and proteins related to cold-hardiness in olive *Olea europaea* L. 'Gemlik'. Journal of Horticultural Science and Biotechnology 82: 597-604.

Fiorino, P. and Mancuso, S. 2000. Differential thermal analysis, deep supercooling and cell viability in organs of *Olea europaea* at subzero temperatures. Advances in Horticultural Science 14: 23-27.

Fuchs, Y., Zauberman, G. and Yanko, U. 1975. Freeze injuries in avocado fruit. HortScience 10(1): 64-65.

Graniti, A., Faedda, R., Cacciola, S.O., Magnano di San Lio, G. 2011. Olive diseases in a changing ecosystem. In: Schena, L., Agosteo, G.E., Cacciola, S.O. (eds). Olive Diseases and Disorders. pp. 403-433. Transworld Research Newtwork, Trivandrum, Kerala, India.

Greaves, J.A. and Wilson, J.M. 1987. Chlorophyll fluorescence analysis - An aid to plant breeders. Biologist 34: 209-14.

Gucci, R., Mancuso, S. and Sebastiani L. 2003. Resistenza agli stress ambientali. In: Fiorino P. (ed.). *Olea*. Trattato di Olivicoltura, pp. 91-111. Edagricole, Bologna, Italy.

Guillaume, C., Ravetti, L. and Gwyn, S. 2009. "Characterisation of Phenolic Compounds in Oils Produced from Frosted Olives. Journal of the American oil Chemist's Society pp.247-254.

Guillaume, C., Ravetti, L. and Gwyn, S. 2012. Characterisation of phenolic compounds in oils produced from frosted olives. Acta Horticulturae. 949: 411-419.

Gulen, H., Cansev, A. and Eris, A. 2009. Cold hardiness of olive (*Olea europaea* L.) cultivars in cold acclimated and non-acclimated stages: seasonal alteration of soluble sugars and phospholipids. Journal of Agricultural Science 147: 459-467.

Guo, F.X., Zhang, M.X., Chen, Y., Zhang, W.H., Xu, S.J., Wang, J.H. and An, L.Z. 2006. Relation of several antioxidant enzymes to rapid freezing resistance in suspension cultures cells from alpine *Chorispora bungeana*. Cryobiol. 52: 241-250.

Gusta, L.V. and Wisniewski, M. 2013. Understanding plant cold hardiness: an opinion. Physiologia Plantarum 147: 4-14.

Hakam, P., Khanizadeh, S., DeEll, J.R. and Richer, C. 2000. Assessing chilling tolerance in roses using chlorophyll fluorescence. HortScience 35: 184-6.

Harding, H., Zhang, Y. and Ron, D. 1999. Translation and protein folding are coupled by an endoplasmic reticulum resident kinase. Nature, 397: 271-274.

Hartmann, H.T. and Whisler, J.E. 1975. Flower production in olive as influenced by various chilling temperature regimes. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 100:670-674.

Heino, P. and Palva, E.T. 2004. Signal transduction in plant cold acclimation. In: Hirt H., Shinokazi K. (eds). Plant Responses to Abiotic Stress, pp. 151-186. Springer, Berlin, Germany.

Herda O., Denacortes, H., Willmitzeer, L. and Fisahn, J. 1999. Effects of mechanical wounding, current application and heat treatment on chlorophyll fluorescence and pigment composition in tomato plants. Physiologia Plantarum 105: 179-184.

https://ktvl.com/news/local/orchardist-prepares-for-frost-despite-warm-days. Access date: 2021-02-23.

https://guiainversoragricola.com. Access date: 2021-02-23.

https://www.cascadeengine.com/gallery/wind-machine-in-vineyard. Access date: 2021-02-23.

https://www.toorineh.com. Access date: 2021-02-23.

Janas, K.M., Cvikrováb, M., Pal Tgiewicz, A. and Eder, J. (2000). Alterations in phenylpropanoid content in soybean roots during low temperature acclimation. Plant Physiol. Biochem. 38: 587–593.

Kang, H. and Saltveit, M. E. 2002. Antioxidant capacity of lettuce leaf tissue increases after wounding. J Agric Food Chem. 50:7536–7541.

Knecht, G.N. and Orton, E.R. Jr. 1970. Stomata density in relation to winter hardiness of *Ilex opaca* Ait. The Journal of the American Society for Horticultural Science 95:341-5.

La Porta, N., Zacchini, M., Bartolini, S., Viti, R.and Roselli, G. 1994. The frost hardiness of some clones of olive cv Leccino. J. Hortic. Sci. 69(3), 433-435.

Lavee, S. 1985. Olea europaea L., in: Halery AH (Eds), Handbook of flowering. CRC press, Boca Raton. pp. 423-434.

Lichten Thaler, H.K. and Babani, F. 2000. Detection of photosynthetic activity and water stress by imaging the red chlorophyll fluorescence. Plant Physiology and Biochemistry 38: 889-895.

Liu, X. and Huang, B. 2002. Cytokinine effects on creeping bent grass response to heat stress. Crop Science 42: 466-472.

Martin, G.C., Denney, J.O., Ketchie, D.O., Osgood, J.W., Connel, J.H., Sibbett, G.S., Kammereck, R., Krueger, W.H. and Nour, G.A. 1993. Freeze damage and coldhardiness in olive: findings from the 1990 freeze. California agriculture. 47(1), pp. 1- 12 (special section).

Maxwell, K. and Johnson, G.N. 2000. Chlorophyll fluorescence a practical guide. Journal of Experimental Botany 51: 659-668.

Michailides, T.J., Vossen, P.M. and McKenry M.V. 2011. Diseases of olive in California. In: Schena L., Agosteo G.E., Cacciola S.O. (eds). Olive Diseases and Disorders, pp. 379-401. Transworld Research Newtwork, Trivandrum, Kerala, India.

Mittler, R. 2002. Oxidative stress, antioxidants and stress tolerance. Trends Plant Sci:7(9):405-10.

Orlandi, F., Garcia-Mozo, H., Vazquex Ezquerra, L., Romano B., Dominguez, L., Galan C. and Fornaciari M. 2004. Phenological olive chilling requirements in Umbria (Italy) and Andalusia (Spain). Plant Biosystem 138: 111-116.

Ortega-Garcìa, F. and Peragón, J. 2009. The response of phenylalanine ammonia-lyase, polyphenol oxidase and phenols to cold stress in the olive tree (*Olea europaea* L. cv. Picual). Journal of the Science of Food and Agriculture 89: 1565-1573.

Percival, G.C. and Henderson, A. 2003. An assessment of the freezing tolerance of urban trees using chlorophyll fluorescence. Journal of Horticultural Science and Biotechnology 78(2): 254-260.

Poirier, M., Lacointe, A. and Ameglio, T. 2010. A semi-physiological model of cold hardening and dehardening in walnut stem. Tree Physiology 30: 1555-1569.

Powell, A.A. and Himelrick, D.G. 2000. Principles of freeze protection for fruit crops. Alabama Cooperative Extension System, ANR 1057B.

Proietti P. and Famiani F. 2005. Cultural choices and olive health. Informatore Fitopatologico: 55 (11): 4-11.

Rahemi, M., Yazdani, F. and Sedaghat, S. 2016. Evaluation of freezing tolerance in olive cultivars by stomatal density and freezing stress. International Journal of Horticultural Science and Technology 3 (2): 145-153.

Ravetti, L. 2005. Important to protect olives from frost. Australian & New Zealand Olivegrower and Processor (May-June): 36-39.

Rayapati, P.J. and Stewart, C.R. 1991. Solubilization of a proline dehydrogenase from maize (*Zea mays* L.) mitochondria. Plant Physiology 95: 787-791.

Roselli, G. and Venora, G. 1990. Relatonship between stomatal size and winter hardiness in the olive. Acta Horticulturae 286: 89-92.

Roselli, G., Benelli, G. and Morelli, D. 1989. Relationship between stomatal density and winter hardiness in olive (*Olea europaea* L.). Journal of Horticultural Science 64: 199-203.

Sanzani, S.M., Schena, L., Nigro, F., Sergeeva, V., Ippolito, A. and Salerno, M.G. 2012. Offered review abiotic disease of olive. Journal of Plant Pathology 94 (3): 469-491.

Schreiber, S.G., Hamann, A., Hacke, U.G. and Thomas, B.R. 2013. Sixteen years of winter stress: an assessment of cold hardiness, growth performance and survival of hybrid poplar clones at a boreal planting site. Plant, Cell and Environment 36: 419-429.

Seifi, E. 2008. Self-incompatibility of olive. Ph. D Thesis of Adelaide University. Australia.

Sergeeva, V. 2008. Important diseases and their control measures. The Australian Olive Expo 2008, Canberra, Australia: 20-21.

Sergeeva, V. 2010. Frost and chilling injuries in olives. Australian & New Zealand Olivegrower & Processor. 74(July/August): 23-24.

Sergeeva, V. and Spooner-Hart R. 2011. Diseases and disorders associated with environmental stress in sustainable olive orchards in Australia. Acta Horticulturae 924: 145-150.

Sergeeva, V., Hall, B., Tesoriero, L. and Spooner-Hart R. 2011. Olive diseases and disorders in Australia and New Zealand. In: Schena L., Agosteo G.E., Cacciola S.O. (eds). Olive Diseases and Disorders, pp. 357-378. Transworld Research Newtwork, Trivandrum, Kerala, India.

Sestak, Z. and P. Stiffel. 1997. Leaf age related differences in chlorophyll fluorescence. Photosynthetica 33(3–4): 347-369.

Smillie, R.M. and Hetherington, S.E. 1983. Stress tolerance and stress-induced injury in crop plants measured by chlorophyll fluorescence in vivo. Plant Physiology 72: 1043-50.

Smyth, J. 2006. Frost damage to the 2006 crop. Australian & New Zealand Olivegrower and Processor (September-October): 19-20.

Snyder, R. L. and Paulo de Melo-Abreu, J. 2005. Frost Protection: fundamentals, practice and economics. FAO. 240pp.

Starck, Z., Niemyska, B., Bogdon, J. and Tawalbeh, R.N.A. 2000. Response of tomato plants to chilling stress in association with nutrient or phosphorus starvation. Plant and Soil 226: 99-106.

Steffan, K.L. and Palta, P. 1987. Photosynthesis as a key process in plant response to low temperature: Alteration during low temperature acclimation and impairment during incipient freeze-thaw injury. In: Plant cold hardiness Alan R. Liss Inc. (Stirbet, A.D. and Strasser, R.J., Eds). Numerical simulation of the fluorescence induction in plants. Archs. Science Geneve 48:41-60, 67-99.

Stirbet, and Strasser, R.J. 1998. Fast recording of chlorophyll a fluorescence modelling and numerical simulation as a tool to probe the interaction of living systems within our planet. In: Coaction between living systems and the planet. (Greppin, H. and Penel, C., Eds). University of Geneva 101-15.

Strasser, R.J., Srivastava, A. and Tsimilli-Michael, M. 2000. The fluorescence transient as a tool to characterize and screen photosynthetic samples. Probing photosynthesis: Mechanisms, Regulation and Adaptation 94: 445-483.

Terzaghi, W.B., Fork, D.C., Berry, J.A. and Field, C.B. 1989. Low and high temperature limits PSII. A survey using trans-parinaric acid, delayed light emission, and F0 chlorophyll fluorescence. Plant Physiology 91: 1494-1500.

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.

Uemura, M. and Hausman, J.F. 2013. Plant strategies for survival in changing environment. Physiologia Plantarum 147: 1-3.

Walker, M.A. and Mckersie, B.D.1993. Role of the ascorbateglutathione antioxidant system in chilling resistance of tomato. Plant Physiol. 141: 234-239.

Winslow, C.C. and Havis, J.R. 1967. Water movement in stems of American holly at low temperature. HortScience 2:24-29.

Yamada, M., Hidaka, T. and Fukamachi, H. 1996. Heat tolerance in leaves of tropical fruit crops as measured by chlorophyll fluorescence. Scientific Horticulture 67: 39-48.

Yazdanpanah, H. and Stigter, C.J. 2011. Selective inverted sink efficiency for spring frost protection in almond orchards northwest of Isfahan, Iran. *Theoretical and Applied Climatology* 105**:** 27-35.

Zinoni, F., Rossi, F., Pitacco, A. and Brunetti, A. 2002. Metodi di previsione e difesa dale gelate tardive. Bologna, Italy: Calderoni Edagricole. 171p.

پژوهشکده مرکبات
و میوه‌های نیمه گرمسیری
رامسر : خیابان استاد مطهری
تلفن: ۵۵۲۲۲۰۸۱-۰۱۱
دورنگار: ۵۵۲۲۳۲۸۲-۰۱۱
کدپستی: ۴۶۹۱۷۳۳۱۱۳
صندوق پستی: ۳۳۵-۴۶۹۱۵
www.icri.areeo.ac.ir

انتشارات
موسسه تحقیقات
علوم باغبانی
۱۳۹۷