سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی
موسسه تحقیقات علوم باغبانی

پژوهشکده مرکبات و
میوه‌های نیمه گرمسیری

نشریه فنی

تنش‌های سرما و یخ‌زدگی در مرکبات و کیوی و راهکارهای کاهش خسارت آن

ابوذر هاشم پور و یحیی تاجور

۵۹

۱۴۰۰

بسمه‌تعالی

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

تنش‌های سرما و یخ‌زدگی در مرکبات و کیوی و راهکارهای کاهش خسارت آن

نگارندگان:
ابوذر هاشم پور و یحیی تاجور

۱۴۰۰

تنش‌های سرما و یخ‌زدگی در مرکبات و کیوی و راهکارهای کاهش خسارت آن

نگارندگان: ابوذر هاشم پور و یحیی تاجور

ویراستاران: ابراهیم عابدی، مسعود فیاضی، رضا فیفایی

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. ۳۳۳۳۳۳ .مورخ ۱۰-۰۸-۱۴۰۰ 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**

۱- چکیده ۱
۲- مقدمه ۱
۳- تنش دمای پایین ۲
۴- انواع یخبندان ۲
۴-۱- یخبندان جبههای یا فرارفتی ۳
۴-۲- یخبندان تابشی یا تشعشعی ۳
۴-۳- یخبندان مختلط ۳
۵- دمای بحرانی برای یخ زدن و آسیب درختان و میوههای مرکبات و کیوی ۳
۶- آسیب یخزدگی و بروز علائم آن در درختان و میوههای مرکبات و کیوی ۴
۷- سابقه بروز تنش یخزدگی در مرکبات استان مازندران و میزان خسارت آنها ۷
۸- مدیریت کاهش خسارت سرما و یخبندان در مرکبات و کیوی ۹
۸-۱- شیوههای محافظت غیر فعال (طولانیمدت) ۹
۸-۱-۱- انتخاب محل مناسب کاشت (پهنهبندی مناطق) ۹
۸-۱-۲- انتخاب ارقام و پایههای متحمل یا زودرس ۱۱
۸-۱-۳- مدیریت تغذیهای مناسب درختان ۱۶
۸-۱-۴- تربیت مناسب درخت و قیم زدن شاخهها ۱۶
۸-۱-۵- مدیریت سطح باغ ۱۷
۸-۲- شیوههای محافظت فعال (کوتاهمدت) ۱۸
۸-۲-۱- ماشینهای تولیدکننده باد ۱۸
۸-۲-۲- بخاریهای باغی ۱۹
۸-۲-۳- استفاده از آبیاری بارانی ۲۰
۸-۲-۴- استفاده از دود طبیعی و دستگاه مهساز ۲۲
۸-۲-۵- دستگاه چاهک معکوس ۲۴
۸-۲-۶- استفاده از ترکیبات ضد یخ ۲۴
۸-۲-۷- حفاظت تنه با پوشش فوم ۲۵
۸-۲-۸- استفاده از توریهای مخصوص تاج درختان ۲۶
۹- محافظت از نهالستانها ۳۱
۱۰- راهکارها و پیشنهادات کاربردی جهت کاهش آسیب تنش یخزدگی ۲۷
۱۱- منابع ۳۱

۱- چکیده

مرکبات به‌عنوان گیاهان نیمه‌گرمسیری و همیشه سبز به دماهای یخزدگی حساس هستند. ارقام مختلف مرکبات، حساسیت متفاوتی به تنش یخزدگی نشان می‌دهند. عموما وقتی دما به ۱/۷- درجه سلسیوس برای ۳۰ دقیقه یا بیش‌تر کاهش یابد برخی علائم آسیب یخزدگی در درختان مرکبات حساس بروز می‌کند. در برخی از سال‌ها از جمله طی یخبندان‌های سال‌های ۱۳۸۶، ۱۳۹۲ و ۱۳۹۵، خسارت زیادی به کشاورزان به ویژه باغدارهای مرکبات وکیوی استان‌های شمالی کشور بویژه استان مازندران وارد شد. از سوی دیگر، وقوع پدیده تنش سرما و یخزدگی به‌صورت دوره‌ای در کشور به اشکال مختلف قابل تصور است. با توجه به اینکه میانگین حداقل دمای یخبندان‌های اخیر در استان مازندران در حدود ۴ درجه سلسیوس زیر صفر بوده است و این دما موجب خسارت شدید (تا ۷۰ خسارت درصد میوه) به مرکبات و کیوی این استان شده است بنابراین استفاده از هر شیوه‌ی مقرون به صرفه که بتواند میانگین حداقل دما را در حدود ۲ تا ۳ درجه سلسیوس افزایش دهد می‌تواند از بروز خسارت‌های شدید جلوگیری کند. شناخت فرآیندهای یخزدگی در درختان و میوه‌های مرکبات و کیوی، آشنایی با آستانه دمایی تحمل و بروز علائم یخزدگی ارقام مختلف، بررسی سابقه بروز تنش یخزدگی و میزان خسارت آن‌ها می‌تواند در تصمیم‌گیری برای انتخاب شیوه مدیریت مناسب کاهش خسارت راهگشا باشد. شیوه‌های مختلف فعال و غیر فعال از جمله انتخاب ارقام زودرس و استفاده از بخاری‌های باغی از کارآمدترین راهکارها مقابله با تنش سرما و یا یخزدگی مرکبات و کیوی است.

۲- مقدمه

براساس آخرین آمار فائو در سال ۲۰۱۹، بررسی وضعیت جهانی سطح زیرکشت و میزان تولید مرکبات نشان می‌دهد که کل سطح زیرکشت مرکبات جهان ۹۸۹۸۴۶۳ هکتار و کل تولید جهانی نیز رقمی معادل ۱۵۷۹۷۹۲۶۰ تن بوده است. کشورهای چین، برزیل، هند، مکزیک، آمریکا، اسپانیا، ایران، مصر، ترکیه و نیجریه به ترتیب مقام‌های اول تا دهم تولید را به خود اختصاص داده‌اند. کشور ایران در زمینه مرکبات با ۵/۶۱ میلیون تن تولید و با ۴ میلیون تن تولید، دارای سهم ۳/۷ درصدی از تولید مرکبات جهان و رتبه هفتم تولید در جهان و از لحاظ سطح زیرکشت مرکبات با ۲۹۹ هزار هکتار(بی نام، ۱۳۹۹) و با ۱۴۴ هزار هکتار، دارای سهم سه درصدی از سطح زیر کشت مرکبات دنیا و رتبه ششم سطح زیرکشت در جهان می‌باشد (فائو، ۲۰۱۹). استان‌های مازندران، فارس، کرمان و هرمزگان، مهم‌ترین تولیدکنندگان مرکبات ایران هستند. چهار استان مذکور ۸۴/۳۶ درصد سطح مرکبات کشور و ۹۲ درصد تولید مرکبات کشور را در اختیار دارند. استان مازندران با ۱۱۱ هزار هکتار، بیش‌ترین سطح زیرکشت (۴۰ درصد از کل کشور) و با ۲/۵۷ میلیون تن، بیش‌ترین میزان تولید (۴۶ درصد از کل کشور)، و رتبه دوم عملکرد در واحد سطح مرکبات کشور را به خود اختصاص داده است (بی نام، ۱۳۹۹).

به طور کلی تولید مرکبات در کشور دارای ارزش اقتصادی و اجتماعی به‌سزایی است. به طوری که براساس آخرین آمار فائو در سال ۲۰۱۶، ارزش تولید مرکبات ایران در حدود ۴۱۲۷ میلیون دلار است (فائو، ۲۰۱۶). این امر نشان‌دهنده اهمیت تولید مرکبات در کشور است. از سوی دیگر صنعت مرکبات نقش مهمی در ایجاد اشتغال پایدار در استان‌های تولیده کننده آن دارد. با وجود همه این مزایا و پتانسیل‌ها در صنعت مرکبات کشور، این بخش دارای موانع تولید جدی

نیز می‌باشد که تولید آن را تحت تاثیر قرار می‌دهد. خسارت تنش سرما و یخزدگی یکی از این مشکلات و موانع تولید مرکبات در کشور است.

مرکبات به‌عنوان گیاهان نیمه‌گرمسیری و همیشه سبز به دماهای یخزدگی حساس هستند. ارقام مختلف مرکبات، حساسیت متفاوتی به تنش یخزدگی نشان می‌دهند. عموما وقتی دما به ۱/۷- درجه سلسیوس برای ۳۰ دقیقه یا بیش‌تر کاهش یابد برخی علائم آسیب یخزدگی در درختان مرکبات حساس بروز می‌کند. در برخی از سال‌ها از جمله طی یخبندان‌های سال‌های ۱۳۸۶، ۱۳۹۲ و ۱۳۹۵، خسارت زیادی به کشاورزان به ویژه باغ‌دارهای مرکبات و کیوی استان‌های شمالی کشور بویژه استان مازندران وارد شد. در نتیجه وقوع پدیده تنش سرما و یخزدگی به‌صورت دوره‌ای در کشور به اشکال مختلف قابل تصور است. با توجه به اینکه میانگین حداقل دمای یخبندان‌های اخیر در استان مازندران در حدود ۴ درجه سلسیوس زیر صفر بوده است و این دما موجب خسارت شدید (تا ۷۰ خسارت درصد میوه) به مرکبات و کیوی این استان شده است بنابراین استفاده از هر شیوه‌ی مقرون به صرفه که بتواند میانگین حداقل دما را در حدود ۲ تا ۳ درجه سلسیوس افزایش دهد می‌تواند از بروز خسارت‌های شدید جلوگیری کند. لذا لزوم ارائه راه‌کارهای مختلف جهت کاهش خسارت این تنش ضروری است. در این نشریه، در ابتدا تعاریف تنش سرما و یخبندان، انواع تنش یخبندان، فرآیند یخزدگی در درختان و میوه‌های مرکبات و کیوی، علائم یخزدگی مرکبات و کیوی، سابقه بروز تنش یخزدگی در مرکبات ایران و میزان خسارت آن‌ها و مدیریت کاهش خسارت سرما و یخبندان در مرکبات و کیوی ارائه شده است. در بخش مدیریت کاهش خسارت سرما و یخزدگی در مرکبات و کیوی نیز به شیوه‌های مختلف فعال و غیر فعال پرداخته شده است.

۳- تنش دمای پایین

دمای پایین به دمای سرمازدگی (۱۵ -۰ درجه سلسیوس) و دمای یخزدگی (کمتر از صفر درجه سلسیوس) تقسیم می‌شود (KeXuan *et al.*, 2006). تنش یخزدگی در شرایطی رخ می‌دهد که دما به پایین‌تر از نقطه انجماد آب برسد. البته با توجه به وجود غلظت‌های مختلف مواد جامد محلول در بافت‌ها، این نقطه انجماد در بافت‌ها و اندام‌های مختلف گیاهی متفاوت است.

٤- انواع یخبندان

یخبندان به شرایطی اطلاق می‌شود که در آن دمای سطح زمین و اشیایی که در مجاورت آن هستند به کم‌تر از صفر درجه سلسیوس برسد. یخبندان‌ها را می‌توان در دوگروه اصلی شامل یخبندان جبهه‌ای[1] یا فرارفتی و یخبندان تابشی[2] یا تشعشعی تقسیم‌بندی کرد (Kalma *et al.*, 1992). نوع سومی از یخبندان نیز به نام یخبندان مختلط[3] وجود دارد.

[1] Advection Frost
[2] Radiative Frost
[3] Mixed Frost

٤-١- یخبندان جبهه‌ای یا فرارفتی

یخبندان جبهه‌ای در اثر ورود توده هوای سرد (زیر صفر درجه سلسیوس) به منطقه ایجاد می‌شود. دمای این توده هوا کمتر از دمای بحرانی برای محصولات خاص آن منطقه است. از علائم این نوع یخبندان می‌توان به سرمای خشک و شدید، وزرش باد، نبود وارونگی دمایی، ابری بودن و حتی برفی بودن هوا اشاره کرد. هوای سرد پس از عبور توده جبهه‌ای به مدت یک تا چند روز در منطقه استقرار دارد. این نوع یخبندان منحصر به ساعات شبانه نیست و در تمامی ساعات شبانه روز می‌تواند رخ دهد. خسارت این نوع یخبندان محدود به برگ‌های بیرونی تاج درخت نیست و برگ‌هایی درونی تاج نیز در صورت شدید بودن تنش آسیب می‌بینند. یخبندان‌های اخیر در استان مازندران از جمله آذرماه ۱۳۹۵ نیز براساس نظر کارشناسان هواشناسی از نوع یخبندان‌های جبهه‌ای پر فشار سیبری بودند. حفاظت در برابر این نوع یخبندان باتوجه به امکانات موجود مشکل است (Ahrens, 2009).

٤-٢- یخبندان تابشی یا تشعشعی

این نوع یخبندان از اتلاف شبانه حرارت زمین در اثر تشعشع زیاد ناشی می‌شود. در این نوع یخبندان سطح خاک و گیاه به علت تابش زیاد، بیش از شب‌های دیگر سرد شده و سپس آن‌ها نیز هوای مجاور خود را از طریق هدایت سرد می‌کنند. این عامل، سرد شدن بیشتر هوا را در پی دارد. از آنجا که این هوای سرد، سنگین‌تر از هوای فوقانی خود است به‌صورت پوششی سنگین تا طلوع خورشید روی مزرعه باقی می‌ماند. لذا در صورت کاهش دما به زیر نقطه بحرانی گیاه موجب ایجاد خسارت می‌شود. روشنایی نسبی شب و حرکت ملایم شاخ و برگ گیاهان از خصوصیات این نوع یخبندان است. تحت این شرایط تنها اندام‌هایی از گیاه که مستقیما در معرض آسمان است خسارت می‌بینند و برگ و شاخه‌های درون تاج گیاه که از اتلاف شدید گرما به‌صورت تابشی مصون بودند صدمه کمتری می‌بینند (Ahrens, 2009).

٤-٣- یخبندان مختلط

در یخبندان‌های مختلط هر دو نوع یخبندان تابشی و جبهه‌ای به طور متوالی مشاهده می‌شوند. در این وضعیت، یخبندان‌های تابشی معمولاً پس از عبور یک جبهه سرد رخ می‌دهند. تفکیک یخبندان مختلط از سایر یخبندان‌ها بسیار مشکل است ولی انتظار می‌رود که اغلب در شب اتفاق افتد (Ahrens, 2009).

٥- دمای بحرانی برای یخ زدن و آسیب درختان و میوه‌های مرکبات و کیوی

مرکبات به دماهای یخزدگی حساس هستند. عموما وقتی دما به ۱/۷- درجه سلسیوس به مدت ۳۰ دقیقه یا طولانی‌تر کاهش یابد برخی علائم آسیب یخزدگی در درختان مرکبات حساس بروز می‌کند (Young and Harman, 1967). زمان شروع علائم و میزان آسیب در ارقام مختلف مرکبات متفاوت است. هم‌چنین اندام‌های مختلف مرکبات نیز تحمل به یخزدگی متفاوتی دارند. میوه‌ها حساسیت بیش‌تری در مقایسه با شاخه‌ها و برگ‌ها به تنش یخزدگی دارند.

تعیین دمای بحرانی مشخص برای میوه مرکبات مشکل است، زیرا عوامل متعددی بر آن تاثیرگذار است. مدت زمان پایداری دمای پایین، قدرت رشدی درخت، شرایط آب‌وهوایی قبل از یخزدگی، بلوغ میوه و سرعت کاهش دما همگی بر میزان آسیب به میوه پرتقال و سایر مرکبات موثرند (Young and Harman, 1967).

به‌طورکلی میوه مرکبات به آسانی در دمای ۲/۲- تا ۳/۳- درجه سلسیوس زمانی که این دما برای چند ساعت پایدار باشد، یخ می‌زند. میوه‌های گریپ‌فروت در مقایسه با پرتقال‌ها نیاز به زمان بیشتری برای یخ‌زدگی دارند (Powell and Williams, 1998). پرتقال‌های ناول می‌توانند قبل از اینکه یخ‌زدگی شروع شود تا ۳ درجه سلسیوس زیر نقطه یخ‌زدگی‌شان سرد شوند. دمایی که در آن یخ‌زدگی میوه‌ها در پرتقال‌های یک رقم مشابه و حتی روی یک درخت مشابه آغاز می‌شود اندکی متفاوت است. آزمایشات نشان داده است که نقطه یخ‌زدگی پرتقال‌های ناول رسیده از ۲/۲- تا ۲/۸- درجه سلسیوس متفاوت است. یخ‌زدگی در میوه‌های پرتقال واشنگتن ناول نیمه رسیده از دماهای ۱/۷- تا ۲/۲- درجه سلسیوس و بر اساس دمای درون میوه شروع می‌شود. یخ‌زدگی در میوه‌های پرتقال ناول سبز از ۱/۴- تا ۱/۹- درجه سلسیوس (دمای درون میوه) شروع می‌شود. دمای یخ‌زدگی میوه‌های پرتقال والنسیا مشابه پرتقال‌های ناول سبز است بنابراین حساسیت بالاتری دارند (Young and Harman, 1967). دماهای بحرانی که در آن میوه مرکبات یخ می‌زنند برای برخی از مرکبات و کیوی انتخاب شده در جدول ۱ به همراه توضیحات تکمیلی آن نشان داده شده است.

جدول ۱- دمای بحرانی برای یخ زدن و آسیب میوه برخی ارقام مرکبات و کیوی.

میوه		
نام فارسی میوه	مرحله رسیدگی	دمای بحرانی (درجه سلسیوس)
پرتقال‌ها	سبز	۱/۹- تا ۱/۴-
پرتقال‌ها و گریپ فروت‌ها	نیمه‌رسیده	۲/۸- تا ۱/۷-
پرتقال‌ها و گریپ‌فروت‌ها	رسیده	۳/۹- تا ۱/۷-
لمون‌ها	رسیده	۱/۴- تا ۰/۸-
کیوی (هایوارد)	رسیده	۰/۹-

- درجه حرارت بحرانی به رطوبت نسبی و مدت زمان تنش بستگی دارد. میوه‌ها می‌توانند دامنه‌های دمایی پایین‌تر را در هوای خشک‌تر و زمان تنش کوتاه‌تر تحمل کنند.
- کاهش دمای درون میوه برای رسیدن به دمای بیرون آن ممکن است تاخیری از یک تا یک و نیم ساعت داشته باشد.
- نقطه یخ‌زدگی پرتقال‌های ناول رسیده از ۲/۲- تا ۲/۸- درجه سلسیوس متفاوت است.
- یخ‌زدگی در میوه‌های پرتقال واشنگتن ناول نیمه رسیده از دماهای ۱/۷- تا ۲/۲- درجه سلسیوس و بر اساس دمای درون میوه شروع می‌شود.

≠ یخ‌زدگی در میوه‌های پرتقال ناول سبز از ۱/۴- تا ۱/۹- درجه سلسیوس (دمای درون میوه) شروع می‌شود.

- دمای یخ‌زدگی میوه‌های پرتقال والنسیا مشابه پرتقال‌های ناول سبز است بنابراین حساسیت بالاتری دارند.

٦- آسیب یخ‌زدگی و بروز علائم آن در درختان و میوه‌های مرکبات و کیوی

بروز علائم آسیب یخ‌زدگی به دما و شرایط آب‌وهوایی پس از تنش بستگی دارد. روزهای گرم‌تر و خشک به دنبال آسیب موجب فروپاشی بسیار سریع‌تر میوه می‌شود. پرتقال‌های یخ‌زده در صورت عدم بارندگی برای مدتی روی درخت

باقی می‌مانند ولی در صورت بارندگی فراوان احتمالا بلافاصله شروع به ریزش می‌کنند. اغلب تنها نشانه آسیب در چند روز ابتدای پس از یخ زدن میوه، رنگ روشن‌تر بخش‌های یخ زده میوه در مقایسه با بخش‌های یخ نزده است (Young and Harman, 1967). آسیب یخ‌زدگی موجب از دست رفت آب میوه و خشک شدن کیسه‌های عصاره و در نتیجه حالت پفی شدن می‌شود. میوه‌های شدیدا آسیب دیده در طول یخ‌زدگی ممکن است سریعا ریزش کنند و یا در طول زمان به آهستگی ریزش کنند ولی معمولا ظاهر بیرونی بافت میوه‌ها تغییر چشم‌گیری ندارد (شکل ۱). کاهش آب میوه‌های آسیب دیده در طول دوره چند هفته‌ای بروز می‌کند. میزان کلی کاهش عصاره بسته به شدت آسیب و شرایط آب‌وهوایی پس از یخ‌زدگی دارد (Zekri *et al.*, 2016). به‌طورکلی آسیب یخ‌زدگی می‌تواند درون میوه (گوشت) بدون هرگونه آسیب آشکار روی بخش بیرونی میوه (پوست) رخ دهد. تلخی میوه‌ها ناشی از اکسید شدن ترکیبات فنلی به‌ویژه لیمونین به‌وسیله آنزیم‌های پلی فنل اکسیداز پس از بروز تنش دمای پایین است.

شکل ۱- آسیب درونی شدید میوه ناشی از تنش یخ‌زدگی (هاشم پور و همکاران، ۱۳۹۶)

علائم تنش یخ‌زدگی در برگ مرکبات در مراحل اولیه بروز تنش مشهود نیست ولی بعد از افزایش دما و آب شدن یخ درون بافت، برگ علائم آبگز شدن یا خیس شدن و نرم و لهیدگی را نشان می‌دهد. در صورت جزیی بودن خسارت، احتمال بهبودی برگ‌ها وجود دارد. در صورتی که شدت تنش زیاد باشد برگ‌ها خشکیده می‌شوند (شکل ۲). چنان‌چه دما پایین‌تر رود و یا یخ‌بندان طولانی‌تر شود ریزش برگ‌ها، مرگ سرشاخه‌ها و حتی شاخه‌های اصلی رخ می‌دهد (شکل ۲).

شکل ۲- خشکیدگی، ریزش میوه و برگ مرکبات ناشی از تنش یخزدگی (هاشم پور و همکاران، ۱۳۹۶)

در صورتی که بارش برف سنگین باشد می‌تواند موجب شکستگی تنه و شاخه‌های درختان شود که این امر به‌ویژه در دامنه‌ها و کوهپایه‌ها موجب خسارات بسیار زیاد به باغ‌های مرکبات می‌شود (شکل ۳).

شکل ۳- شکستگی تنه در قائم‌شهر در آذرماه ۹۵ به دلیل ریزش برف (هاشم پور و همکاران، ۱۳۹۶)

در مورد کیوی نیز در صورتی که بروز تنش یخزدگی قبل از برداشت باشد موجب خشکیدگی زودهنگام برگ‌ها و آسیب شدید میوه‌ها می‌شود (شکل‌های ۴ و ۵). با این‌حال، ذکر این نکته ضروری است که تاک‌های کیوی خزان‌کننده هستند و برگ‌های آن‌ها در حالت طبیعی در زمستان ریزش می‌کنند. با این وجود، ریزش زودهنگام برگ‌ها می‌تواند ذخایر گیاه برای رشد و باردهی فصل بعد را کاهش دهد. هم‌چنین بارش و نشست برف روی تاک کیوی احتمال شکستگی درختان و داربست‌های غیر استاندارد را افزایش می‌دهد.

شکل ٤- خشکیدگی شدید تاک‌های کیوی رقم گلدن ناشی از تنش یخزدگی در چالوس (هاشم‌پور و همکاران، ١٣٩٦).

طی یخزدگی سال ۱۳۹۵ در حدود ۷۰ درصد میوه‌های برداشت نشده دچار آسیب شدند و این نوع میوه‌ها علائم لهیدگی را نشان می‌دادند (هاشم‌پور و همکاران ۱۳۹۵). میوه‌های باقی‌مانده روی تاک‌ها، آسیب‌دیده و نرم شده بودند. میوه‌های رقم گلدن به هیچ‌وجه قابل استفاده نبودند و سرمازدگی شدیدی نشان دادند و از پوست میوه‌ها نیز صمغ خارج شده بود (شکل ۵). با توجه به دمای بحرانی ۰/۹- درجه سلسیوسی برای یخ زدن و آسیب میوه‌های کیوی (جدول ۱)، در صورت بروز تنش یخ زدگی ایجاد آسیب به میوه‌های کیوی این استان دور از انتظار نیست.

شکل ٥- آسیب شدید میوه‌های کیوی رقم گلدن ناشی از تنش یخزدگی در چالوس- گیل کلا.
بیشتر باغ‌های کیوی استان از رقم هایوارد است (هاشم پور و همکاران، ١٣٩٦).

۷- سابقه بروز تنش یخزدگی در مرکبات استان مازندران و میزان خسارت آن‌ها

علاوه بر تنش یخزدگی آذرماه ۹۵، استان‌های شمالی کشور به ویژه استان مازندران شاهد بروز دو تنش یخزدگی مرکبات طی دی ماه ۱۳۸۶ و بهمن ماه ۱۳۹۲ بودند. بنابر برخی گزارش‌ها در تنش یخزدگی ۱۶ تا ۲۵ دی ماه ۱۳۸۶ حدود یک سوم محصول پرتقال از بین رفت و یا دچار تغییر کیفی شد که امکان مصرف تازه‌خوری نداشتند. در حالی که طی تنش یخزدگی ۱۳ تا ۲۰ بهمن ماه سال ۹۲ حدود ۱۰ درصد از محصول مرکبات شمال از بین رفت (برادران

نصیری و همکاران، ۱۳۹۲). به احتمال بسیار زیاد میزان کم خسارت سال ۹۲ ناشی این امر بوده که بیش‌تر میوه‌ها از روی درختان برداشت شده بودند.

میانگین حداقل دما در مناطق اصلی پراکنش مرکبات در استان مازندران طی تنش‌های سال ۸۶، ۹۲ و ۹۵ نشان می‌دهد که در هر سه دوره، کاهش دما به زیر آستانه تحمل به یخزدگی مرکبات رسیده است و تنها تفاوت در زمان بروز تنش، موجب تفاوت در میزان خسارت بوده است (جدول‌های ۲، ۳ و ۴). با توجه به سوابق تنش یخزدگی در استان، وقوع پدیده تنش سرما و یخزدگی به‌صورت دوره‌ای در آینده نزدیک نیز به اشکال مختلف قابل تصور است.

جدول ۲- دمای حداقل (براساس درجه سلسیوس) در برخی مناطق استان مازندران در دی ماه ۱۳۸٦.

شهر	تاریخ	۱۳۸۶/۱۰/۱۶	۸۶/۱۰/۱۷	۸۶/۱۰/۱۸	۸۶/۱۰/۱۹	۸۶/۱۰/۲۰	۸۶/۱۰/۲۱	۸۶/۱۰/۲۲
ساری		-۰/۵	-۳	-۲/۵	-۳/۲	-۲/۶	۱/۸	-۰/۲
بابلسر		۰/۴	-۲/۴	-۲	-۱	۰/۶	-۱	۰/۲
رامسر		-۰/۴	-۱/۵	-۲/۵	-۲/۴	-۲	-۱	۰

منبع: سازمان هواشناسی کشور

جدول ۳- دمای حداقل (براساس درجه سلسیوس) در برخی مناطق استان مازندران در بهمن ماه ۱۳۹۲

شهر	تاریخ	۱۳۹۲/۱۱/۱۳	۹۲/۱۱/۱۴	۹۲/۱۱/۱۵	۹۲/۱۱/۱۶	۹۲/۱۱/۱۷	۹۲/۱۱/۱۸
ساری		-۱/۶	-۵/۴	-۵/۴	-۳/۴	-۳/۴	-۰/۸
بابلسر		-۱/۲	-۳/۶	-۳/۶	-۱/۴	-۰/۶	۳/۲
رامسر		-۱/۲	-۳/۶	-۳/۶	-۱/۸	-۳/۴	۰

منبع: سازمان هواشناسی کشور

جدول ٤- دمای حداقل (درجه سلسیوس) در برخی مناطق استان مازندران در آذرماه ۱۳۹۵.

منطقه / تاریخ	۱۳۹۵/۹/۳	۱۳۹۵/۹/۴	۱۳۹۵/۹/۵	۱۳۹۵/۹/۶	۱۳۹۵/۹/۷
بهشهر (بندر امیرآباد)	-۴	-۴	-۳	-	-
ساری (دشت ناز)	-۳	-۴	-۲	-	-
قائم‌شهر (قراخیل)	-۳	-۴	-۱	-۴	-۱/۲
رامسر	۳	۰	-۱	-	-

منبع: اداره کل هواشناسی استان مازندران و استگاه هواشناسی کشاورزی قائم‌شهر

۸- مدیریت کاهش خسارت سرما و یخبندان در مرکبات و کیوی

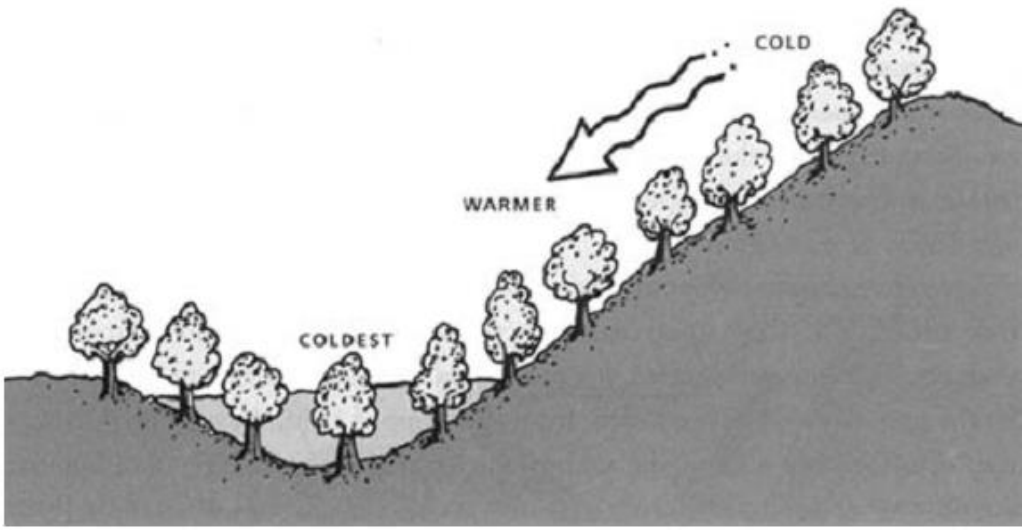
یخبندان‌های شدید، نتایج ویران‌کننده‌ای را برای بسیاری از گیاهان باغی در پی دارند. مرکبات نیز به‌عنوان گیاهان نیمه‌گرمسیری و همیشه سبز به دماهای یخزدگی حساس هستند. به‌طوری‌که در برخی از سال‌ها از جمله طی یخبندان‌های سال‌های ۱۳۸۶، ۱۳۹۲ و ۱۳۹۵، خسارت زیادی به کشاورزان به‌ویژه باغ‌دارهای مرکبات و کیوی استان مازندران وارد شد. بنابراین وقوع پدیده تنش سرما و یخزدگی به‌صورت دوره‌ای بویژه در مناطق شمالی کشور به اشکال مختلف قابل تصور است. لذا لزوم ارائه راهکارهایی جهت کاهش خسارت این تنش ضروری است. معمولا دو نوع شیوه مواجهه با تنش سرما و یخبندان وجود دارد. این دو شیوه شامل محافظت فعال و غیر فعال است.

۸-۱- شیوه‌های محافظت غیر فعال (طولانی‌مدت)

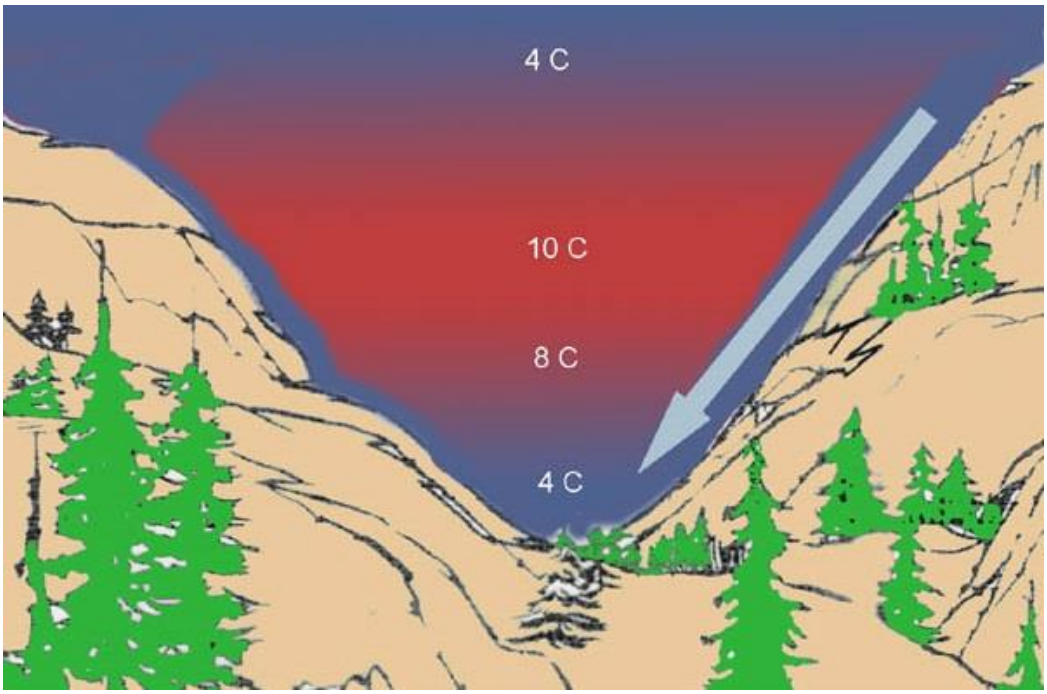
در شیوه غیر فعال با انتخاب مکان مناسب، انتخاب ارقام و پایه‌های متحمل، مدیریت تغذیه‌ای مناسب، استفاده از مالچ‌های پوششی، حذف گیاهان پوششی، رنگ کردن تنه و غیره از بروز تنش یخزدگی و یا ایجاد آسیب شدید اجتناب می‌شود.

۸-۱-۱- انتخاب محل مناسب کاشت (پهنه‌بندی مناطق)

انتخاب مکان مناسب برای کشت مرکبات بهترین شیوه اجتناب از تنش یخزدگی است. در صورتی که در یک منطقه خطر سرما و یخزدگی وجود داشته باشد احداث باغ در دامنه‌ها و اراضی شیب‌دار، انتخاب هوشمندانه‌ای است. دلیل این امر این است که در این مناطق جریان مطلوب هوا وجود دارد، بنابراین سرما در آن منطقه باقی نمی‌ماند و هوای سرد که سنگین‌تر از هوای گرم است به سمت نقاط عمیق‌تر نظیر گودال‌ها و دره‌ها رفته و در آنجا مستقر می‌شود (شکل‌های ۶ و ۷).



شکل ٦- تفاوت دمای هوا در دامنه‌ها با نقاط پایین دست (جایی که به احتمال زیاد یخزدگی رخ می‌دهد) در یک منطقه



شکل ۷- تغییرات دمایی از دامنه تا کف دره

توجه به جهت دامنه‌ها نیز در انتخاب مکان مناسب کشت (پهنه‌بندی) مرکبات از اهمیت بسزایی برخوردار است. زیرا خطر یخبندان در دامنه‌های جنوبی بیشتر از دامنه‌های شمالی است، چرا که انرژی تشعشعی در دامنه جنوبی بیش‌تر است و در نتیجه گیاهان در بخش جنوبی زودتر گرم شده و از نوسانات حرارتی روز و شب آسیب بیش‌تری می‌بینند.

علاوه‌بر دامنه‌های شیب‌دار، مناطق نزدیک به دریا و دریاچه‌ها (نوار ساحلی) نیز مکان‌های بسیار مناسبی برای کشت مرکبات هستند. زیرا معمولاً خطر سرما و یخزدگی در باغ‌های احداث شده در این مناطق کمتر است. این امر یک مزیت برای استان‌های شمالی کشور بویژه مازندران است، زیرا این استان از نوار ساحلی طولانی برخوردار می‌باشد. هم‌چنین نوع خاک و وضعیت زهکش اراضی منطقه نیز بر میزان آسیب یخزدگی تاثیرگذار است. در خاک‌های سنگین میزان هوا کم ولی ظرفیت نگهداری آب زیاد است که با یخزدن آب در زمستان ریشه دچار یخزدگی می‌شود. بنابراین توجه به زهکشی در این چنین خاک‌هایی از اهمیت بالایی برخوردار است. کشت مرکبات و کیوی که در بین شالیزارهای استان رایج شده است به‌دلیل عدم زهکشی مناسب و تجمع سرما موجب افزایش خسارت یخبندان باغات در این مناطق می‌شود (شکل ۸). با توجه به مطالب مذکور، پهنه‌بندی اراضی مناسب برای کشت مرکبات و کیوی از اهمیت بسیار بالایی برخوردار است.

شکل ۸- کشت کیوی در دل شالیزار، عدم زهکشی مناسب و تجمع سرما در این منطقه و آسیب شدید یخزدگی (بندپی بابل، آذر ۹۵) (هاشم پور و همکاران، ۱۳۹۶).

۲-۱-۸- انتخاب ارقام و پایه‌های متحمل یا زودرس

انتخاب ارقام مناسب (ارقام زودرس و متحمل) پس از انتخاب مکان مناسب از اهمیت بسیار بالایی برخوردار است. با انتخاب ارقام متحمل و یا ارقام زودرس می‌توان از خسارت اقتصادی فراوان تنش یخزدگی به باغ‌های مرکبات جلوگیری و یا میزان آن را کاهش داد. ارقام مختلف مرکبات از تحمل متفاوتی در برابر تنش یخزدگی برخوردارند. همان‌طور که جدول ۶ مشاهده می‌شود میزان آسیب یخزدگی در بین ارقام مختلف مرکبات (طی یخزدگی آذرماه ۹۵ در استان مازندران) بسیار متفاوت است. به‌طوری که ارقام نارنگی به ویژه انشوها تحمل بالایی به تنش دمای پایین دارند و از میزان آسیب بسیار پایینی برخوردار بودند (جدول ۶). از سوی دیگر لیمو، لایم‌ها و لیموشیرین‌ها از بیش‌ترین حساسیت برخوردارند (شکل ۹).

جدول ٦- تاثیر رقم و پایه بر تحمل یخزدگی (برگرفته از بازدید باغ‌های مرکبات نکا توسط دکتر تاجور در آذر ۹۵)

مکان	رقم	پایه	سن درخت (سال)	نوع مکان	تلخی میوه (درصد)	لهیدگی (درصد)	ریزش میوه (درصد)	سوختگی برگ (درصد)
نکا – دنگه سرک	تامسون	نارنج	۱۵	ساحلی	۱۰	۵	۲۵	۵۰
نکا – دنگه سرک	سانگین	نارنج	۱۵	ساحلی	۵	–	۵	۳۵
نکا – دنگه سرک	انشو	نارنج	۲۰	ساحلی	–	–	–	–
نکا – دنگه سرک	پیج	نارنج	۲۰	ساحلی	۱۰	۵	۲۰	۳۵
نکا – دنگه سرک	تامسون	نارنج	۲۰	ساحلی	۲۰	۵	۲۵	۵۰
نکا – خیابان ماکرو	پیج	نارنج	۲۵	دشت	۱۰	–	۱۰	۲۰
نکا – خیابان ماکرو	تامسون	نارنج	۲۵	دشت	۲۵	–	۲۰	۲۵
نکا – کمربندی	تامسون	نارنج	۳۰	دشت	۱۵	۵	۵	۴۰
نکا – نوذرآباد	تامسون	نارنج	۸	ساحلی	۱۰	–	–	۵۰

شکل ۹- خشکیدگی درخت لیموشیرین در قائم‌شهر طی یخبندان آذر ۹۵ (هاشم‌پور و همکاران، ۱۳۹۶).

در ارتباط با نقش پایه‌ها در تحمل به تنش یخزدگی با آنکه تحمل پایه نارنج سه‌برگ را در مقایسه با سایر پایه‌ها بالاتر گزارش کرده‌اند، ولی براساس تجربیات و مشاهدات به‌دست آمده طی تنش‌های اخیر یخبندان، نقش پایه در تحمل یخبندان در مقایسه با نوع رقم میوه از اهمیت بسیار کم‌تری برخوردار است. همان‌طور که در جدول ۷ مشاهده می‌شود نوع پایه انتخابی (برای مثال نارنج و یا سیترنج) بر تحمل به تنش و میزان بروز آسیب یخزدگی تاثیر چندانی نشان نداده است.

جدول ۷- تاثیر نوع پایه بر تحمل یخزدگی (آمار برگرفته از بازدید باغ‌های مرکبات ساری بعد از یخبندان آذر ۹۵)

مکان	رقم	پایه	سن درخت (سال)	نوع مکان	شکستگی تنه و شاخه	تلخی میوه (درصد)	لهیدگی (درصد)	ریزش میوه (درصد)	سوختگی برگ (درصد)
سورکی	تامسون	نارنج	۲۰	دشت	–	۲۵	۱۰	۱۰	۳۵
شریفی	تامسون	نارنج	۱۵	دامنه	–	۲۰	–	۵	۳۵
موسوی	تامسون	نارنج	۸	ساحل	–	۲۵	۱۰	۲۰	۴۵
دشت ناز	تامسون	سیترنج	۵	دشت	–	۲۵	۴۵	۳۰	۵۰
دشت ناز	انشو	سیترنج	۵	دشت	–	–	–	۸	–

با توجه به اینکه ارقامی که تحمل بالای یخزدگی میوه (نه برگ) را داشته باشند بسیار محدود است، بنابراین بهترین راه‌کار انتخاب و کشت ارقام زودرس مرکبات است که زمان برداشت میوه این ارقام در مهر یا آبان‌ماه است و در نتیجه با یخبندان زودرس برخورد نمی‌کنند. در همین راستا پژوهشکده مرکبات و میوه‌های نیمه‌گرمسیری ارقام مختلف مرکبات زودرس را معرفی کرده است. برخی از مشخصات این ارقام معرفی شده به شرح زیر است.

پرتقال‌ها

پرتقال‌های اِسپرینگ ناول و نیوهال ناول از ارقام جدیداً معرفی شده توسط پژوهشکده مرکبات و میوه‌های نیمه‌گرمسیری هستند که تقریبا ۱۵ تا ۲۰ روز زودتر از پرتقال تامسون می‌رسند. ویژگی هر یک از این ارقام به شرح زیر است.

پرتقال اِسپرینگ ناول: این رقم می‌تواند به‌دلیل زودرسی از ارزش اقتصادی زیادی در استان مازندران برخوردار باشد (شکل ۱۰). کیفیت درونی میوه‌ها قابل توجه و بسیار مطبوع است. رنگ نارنجی گوشت و پوست میوه در زمان رسیدگی موجب جلب توجه مصرف کنندگان خواهد بود. عملکرد آن در حدود ۳۰ تن در هکتار و مشابه تامسون ناول است.

شکل ۱۰- میوه پرتقال زودرس اسپرینگ ناول

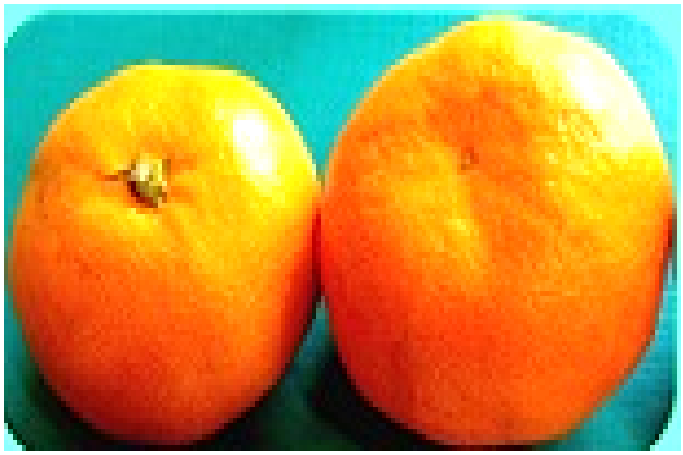
پرتقال نیوهال ناول: میوه این رقم زودرس بوده و در اواخر آبان‌ماه آماده برداشت می‌شود (شکل ۱۱). میوه بی‌بذر است. ضخامت پوست میوه متوسط و نسبت به رقم تامسون ناول چسبندگی کم‌تری به گوشت دارد و به‌راحتی قابل پوست‌گیری است. گوشت میوه نارنجی و بافتی ترد و آب‌دار با مزه‌ای شیرین و معطر دارد.

شکل ۱۱- میوه پرتقال زودرس نیوهال ناول

نارنگی‌ها:

نارنگی‌های اکیتسو، ماریسول، کلوزلینا، نولز و سوجی یاما از ارقام زودرس نارنگی معرفی شده توسط پژوهشکده مرکبات و میوه‌های نیمه‌گرمسیری است. ویژگی هر یک از این ارقام به شرح زیر است.

نارنگی اکیتسو: این رقم بسیار زودرس است و در اوایل مهرماه آماده برداشت می‌شود. میوه بی‌بذر است. ضخامت پوست میوه نازک بوده و به راحتی پوست‌گیری می‌شود. گوشت میوه نارنجی است و بافتی ترد و آبدار با مزه‌ای شیرین و معطر دارد. در مجموع این رقم را به‌عنوان رقمی زودرس تجاری می‌توان توصیه کرد (شکل ۱۲).



شکل ۱۲- میوه نارنگی زودرس اکیتسو

نارنگی ماریسول: میوه نارنگی ماریسول از انواع زودرس بوده و در دهه سوم مهرماه آماده برداشت می‌شود. میوه فاقد بذر یا دارای بذر کم است. پوست میوه‌های این رقم در هنگام رسیدن نارنجی پررنگ و فاقد ناف است. ضخامت پوست میوه متوسط بوده ولی به راحتی پوست‌گیری می‌شود. در مجموع این رقم را به عنوان رقمی زودرس تجاری می‌توان توصیه کرد (شکل ۱۳).

شکل ۱۳- میوه نارنگی زودرس ماریسول

نارنگی کلوزلینا: رقمی زودرس است (شکل ۱۴). رنگ‌پذیری میوه آن از اوایل مهرماه شروع می‌شود. دارای میوه متوسط و بدون بذر است. پوست میوه چرمی و ضخیم است. عملکرد آن نیز متوسط است.

شکل ١٤- میوه نارنگی زودرس کلوزلینا

نارنگی سوجی یاما: این رقم نیز زودرس است (شکل ۱۵). رنگ مناسب گوشت و پوست میوه در زمان رسیدگی موجب جلب توجه مصرف‌کنندگان است. از نظر عملکرد (وزن تک میوه) و میزان قند برتر از انشو قدیمی است و می‌توان به‌عنوان رقم زودرس تجاری توصیه کرد.

شکل ۱۵- میوه نارنگی زودرس سوجی یاما

نارنگی نولز: میوه نارنگی نولز از انواع زودرس بوده و در دهه اول آبان در مناطق شمالی کشور آماده برداشت است (شکل ۱۶). تعداد بذر متوسط دارد و دارای عطر و طعم شیرین و خوشمزه است. ضخامت پوست متوسط و پوست‌گیری آن آسان است. خاصیت انبارداری متوسطی دارد. در مجموع این رقم به عنوان رقمی زودرس تجاری و به‌صورت تازه‌خوری قابل بهره‌برداری است.

شکل ١٦- میوه نارنگی زودرس نولز

۳-۱-۸- مدیریت تغذیه‌ای مناسب درختان

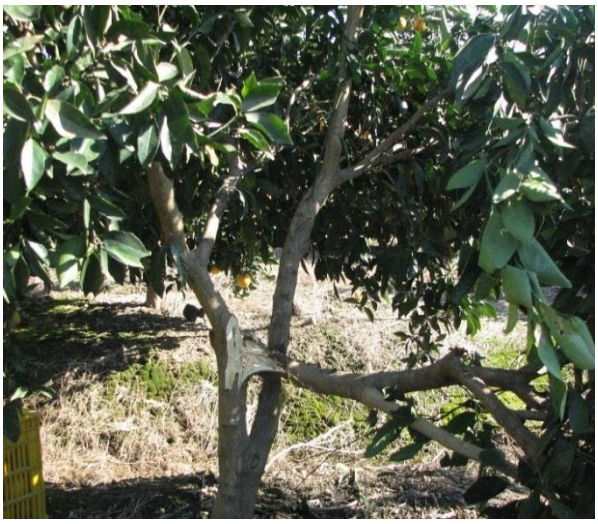
حفاظت گیاهان در برابر سرما و یا یخزدگی با مدیریت تغذیه‌ای مناسب تنها در صورتی مؤثر است که درختان کمبود مواد غذایی داشته باشند. درختان ضعیف و ناسالم حساسیت بیشتری به تنش یخزدگی دارند و تغذیه می‌تواند سلامت گیاه را افزایش دهد. گیاهان قوی و سالم نقطه بحرانی یخزدگی پایین‌تری دارند و به عبارت دیگر در برابر سرما و یخزدگی مقاوم‌تر هستند. برای افزایش تحمل یخزدگی باید از کاربرد کودهای نیتروژنه در اواخر تابستان و اوایل پاییز خودداری کرد. از سوی دیگر کاربرد فسفر و پتاسیم برای افزایش تحمل یخزدگی مناسب است. کلسیم نیز از دیگر عناصر مهم غذایی در افزایش تحمل به تنش سرمایی است. هم‌چنین استفاده از کودهای فسفره پس از تنش یخزدگی برای بهبودی بافت مهم است، زیرا در تقسیم سلولی نقش دارد. در غیر این صورت مصرف مازاد کود هیچ تأثیری بر تحمل آن‌ها ندارد. هر چند نقش تغذیه مناسب درختان در تحمل تنش‌ها مختلف از جمله سرما و یخزدگی قابل انکار نیست ولی با این وجود با ورود جبهه هوای سرد و تداوم این تنش، درختان با تغذیه مناسب نیز دچار آسیب می‌شوند.

در حال حاضر کاربرد کودهای نیتروژنه در باغ‌های مرکبات بیش از نیاز درختان است و در نتیجه گیاهان از حساسیت بیش‌تری در مواجهه با تنش یخزدگی برخوردارند. لذا ضروری است تغذیه کودی بر اساس آنالیز برگ و خاک انجام شود.

٤-۱-۸- تربیت مناسب درخت و قیم زدن شاخه‌ها

شکستن تنه و شاخه‌های اصلی یکی از زیان‌بارترین آسیب‌های بارش برف سنگین در باغ‌های مرکبات و کیوی به‌ویژه در کوهپایه‌ها و دامنه‌ها است (شکل ۱۷). معمولا درختانی که به درستی تربیت و هرس نشده باشند مستعد شکستن شاخه

و تنه هستند. درصورتی‌که درختان تربیت مناسب نشده باشند و یا اصلا تربیت نشده باشند وجود زاویه تنگ بین شاخه و تنه موجب تحمل و استقامت کم شاخه یا تنه در برابر سنگینی بار برف می‌شود و در نتیجه شکستگی رخ می‌دهد. علاوه بر این، درختان مرکبات (به دلیل بار زیاد محصول) نیازمند قیم زدن شاخه‌ها به منظور افزایش تحمل برف سنگین هستند. تجربیات استفاده از قیم طی بارش برف در سال‌های قبل نشان داده است که در صورت استفاده مناسب از قیم، شکستن شاخه‌ها و تنه درختان به شدت کاهش پیدا می‌کند (شکل ۱۸). بنابراین تربیت و هرس مناسب درختان به همراه استفاده از قیم موجب کاهش شکستگی تنه و شاخه‌های مرکبات تحت شرایط بارش برف می‌شود.



شکل ۱۷- شکستن تنه درختان ناشی از برف سنگین به‌دلیل تربیت نامناسب تاج درخت و قیم نزدن (هاشم‌پور و همکاران، ۱۳۹۶).

شکل ۱۸- جلوگیری از شکستگی تنه و شاخه تحت شرایط برف سنگین با قیم‌گذاری به موقع (تاجور، ۱۳۹٤)

۵-۱-۸- مدیریت سطح باغ

جهت کاهش تنش یخ‌زدگی بهتر است همه محصولات پوششی در باغ حذف شوند. در صورت وجود علف‌های هرز و گیاهان پوششی در باغ نور خورشید توسط این عوامل منعکس شده و در نتیجه انرژی کمتری در خاک ذخیره می‌شود. بنابراین حذف محصولات پوششی، جذب انرژی تابشی را افزایش می‌دهد. هم‌چنین، حضور محصولات پوششی

موجب افزایش باکتری‌های تشکیل دهنده هسته یخی در باغ شده و پتانسیل یخزدگی را افزایش می‌دهند. علاوه‌براین، وقتی خاک مرطوب است انتقال و ذخیر گرما در لایه بالایی خاک بهتر انجام می‌شود. بنابراین گرمایی بیشتری در طول روز در خاک به منظور آزاد کردن آن در شب ذخیره می‌شود. درصورتی‌که رطوبت خاک نزدیک ظرفیت مزرعه باشد آبیاری ضرورت ندارد. بنابراین توصیه می‌شود خاک مرطوب، عاری از علف‌های هرز و شخم نخورده باشد. هرچند ذکر این نکته ضروری است که با ورود جبهه پرفشار سیبری به استان حتی باغ‌های که مدیریت سطح باغ خوبی نیز داشتند نیز دچار آسیب شدند.

۲-۸- شیوه‌های محافظت فعال (کوتاه مدت)

روش‌های غیرفعال در مقایسه با شیوه‌های فعال معمولا کم هزینه‌تر هستند. با این وجود در شرایطی که بروز تنش یخزدگی در یک منطقه اجتناب ناپذیر است استفاده از شیوه مقابله فعال جهت کاهش تنش یخزدگی ضروری است. روش‌های محافظت فعال شامل استفاده از ماشین‌های باد، بخاری‌های باغی، تولید دود، آبیاری بارانی و سطحی، استفاده از پوشش فوم، استفاده از ترکیبات ضد یخ و در نهایت استفاده ترکیبی از این شیوه‌هاست. برخی از شیوه‌های مدیریت فعال به شرح زیر است.

۱-۲-۸- ماشین‌های تولیدکننده باد[1]

از این ماشین‌ها به منظور استفاده از مزیت جابجایی دمایی در شرایط یخبندان تابشی استفاده می‌شود. با استفاده از این فناوری می‌توان هوای منطقه‌ای که دچار وارونگی دما شده است را تغییر داد. در این ماشین‌ها، پنکه‌های بزرگ متصل به ستون‌هایی بزرگ به ارتفاع ۱۰ متر است (شکل ۱۹). شکل دیگر این ماشین به‌صورت متصل به تراکتور است (شکل ۲۰). از این ماشین‌ها به منظور استفاده از مزیت جابجایی دمایی در شرایط تنش یخبندان تابشی استفاده می‌شود. این ماشین‌ها هوای گرم تر سطوح بالاتر را به طرف سطوح باغ‌ها می‌وزند (Gerber, 1979). این امر موجب گرم شدن درختان مرکبات در طول شب‌های سرد زمستان می‌شوند. ماشین‌های باد میزان آسیب مرکبات را کاهش می‌دهند ولی سوال این است که آیا از نظر اقتصادی مقرون به‌صرفه هستند؟ نتایج پژوهش‌های بلانک و ونر (Blank and Venner, 1995) در زمینه بررسی اقتصادی بودن این شیوه برای کاهش خسارت یخزدگی در مرکبات نشان داد ماشین‌های باد به‌طور عام از نظر اقتصادی مناسب برای باغ‌های مرکبات کالیفرنیا نیستند. هر چند که وقتی مزایای غیر اقتصادی کاهش ریسک تولید در نظر باشد ممکن است استفاده از ماشین‌های باد برای برخی باغداران اقتصادی باشد. این ماشین در شرایط یخبندان جبهه‌ای و شرایطی که سرعت باد بیش از ۸ کیلومتر در ساعت است کارایی ندارد (Blank and Venner, 1995). با توجه به اینکه معمولا تنش یخزدگی در مناطق مرکبات خیز کشور بویژه استان مازندران ناشی از ورود جبهه پرفشار سیبری (یخبندان جبهه‌ای) است لذا استفاده از این ماشین‌ها قابل توصیه نیستند.

[1] wind machines

شکل ۱۹- ماشین‌های تولیدکننده باد

شکل ۲۰- ماشین‌های تولیدکننده باد متحرک

۲-۲-۸- بخاری‌های باغی

استفاه از ایجاد گرما برای محافظت از تنش یخزدگی برای قرن‌ها استفاده می‌شود (شکل ۲۱). بخاری‌ها، گرمای اضافی را برای کمک به انرژی از دست رفته فراهم می‌کنند (Snyder and de Melo-Abreu, 2005). گاز طبیعیو نفت به‌عنوان سوخت در بخاری‌های باغی مرکبات کالیفرنیا استفاده می‌شوند. بخاری‌های باغی جدید به دو صورت ثابت و متحرک در بازار عرضه می‌شوند (شکل ۲۲). برخلاف شیوه آبیاری بارانی، در این شیوه اگر نرخ سوختن در بخاری‌ها ناکافی باشد خطر اضافی برای محصول وجود ندارد. استفاده از تعداد بیشتری بخاری کوچک بهتر از استفاده از بخاری

بزرگ‌تر با تعداد کم‌تر است. هزینه سوخت و عدم توزیع یکنواخت گرما در باغ از معایب این شیوه است. در حال حاضر استفاده از بخاری‌های باغی ثابت و یا متحرک در باغات مرکبات کشور بسیار محدود است.

شکل ۲۱- بخاری‌های باغی و نحوه عملکرد آن

شکل ۲۲- بخاری باغی متحرک (شکل سمت چپ) و اتوپلار (شکل سمت راست)

۳-۲-۸- استفاده از آبیاری بارانی

استفاده از آبیاری بارانی راه‌کاری جهت کاهش تنش یخزدگی در باغ‌ها است (Anconelli *et al.*, 2002). در برخی گزارش‌ها موفقیت در برابر یخزدگی باغ‌های مرکبات گزارش شده است (Ghaem *et al.*, 2009). با آبیاری به‌صورت مه‌پاشی در سطح بالای تاج درختان امکان محافظت از محصولات وجود دارد (شکل ۲۳). در طول آبیاری، آب پخش شده به‌وسیله سیستم‌های مختلف آبیاری بارانی (sprinklers; microsprinkler jet; microsprinklers) هوای اطراف درختان و میوه‌ها را (به‌دلیل دمای بالاتر آب) گرم می‌کنند. علاوه بر این، بخشی از آب پخش شده یخ می‌زند و بدین ترتیب موجب آزاد شدن انرژی گرمایی در محل می‌شود. در برخی موارد یک لایه یخ سطح برگ‌ها و شاخه‌ها را می‌پوشاند (شکل‌های ۲۴ و ۲۵). آزمایشات انجام شده طی یخبندان‌های ۱۹۸۰ تا ۲۰۱۰ نشان داد که آبیاری بارانی (microsprinkler) در محافظت از درختان مرکبات جوان (محافظت تا ارتفاع ۹۰ سانتی‌متری یک درخت مرکبات) موثر

است. این شیوه هم‌چنین در محافظت از درختان بالغ نیز موثر است. مقدار گرم کردن این سیستم وابسته به مقدار آب بکار رفته، دمای نقطه شبنم و سرعت باد است. هرچه آب بیش‌تری بکار رود تاثیر آن بیشتر است. میزان ۱۸/۷ متر مکعب در هکتار در هر ساعت آب توصیه شده است. با مصرف این میزان آب، میانگین گرم شدن هوا در ارتفاع ۱/۲ متری درخت ۰/۶ تا ۱/۴ درجه سلسیوس و در ارتفاع بیشتر از ۲/۴ متری کمتر از ۰/۵ درجه سلسیوس است. تا زمانی که به آب‌پاشی روی این لایه یخ ادامه دهیم دمای آن هرگز به زیر نقطه یخ‌زدگی کاهش نمی‌یابد. در صورت خرابی سیستم و قطع آبیاری خسارت یخبندان شدید خواهد بود. لذا سیستم آبیاری باید کاملا آماده و تجهیزات از قبل بررسی شده باشند. هزینه عملیاتی این سیستم در مقایسه با بخاری‌های باغی کم‌تر است. از این سیستم می‌توان برای آبیاری درختان استفاده شود. معایب این سیستم هزینه راه‌اندازی اولیه بالا، خطر آسیب به محصول در صورت عدم کارکرد مناسب، شکستگی شاخه و عدم محافظت درختان در سرعت باد بیش از ۸ کیلومتر در ساعت است.

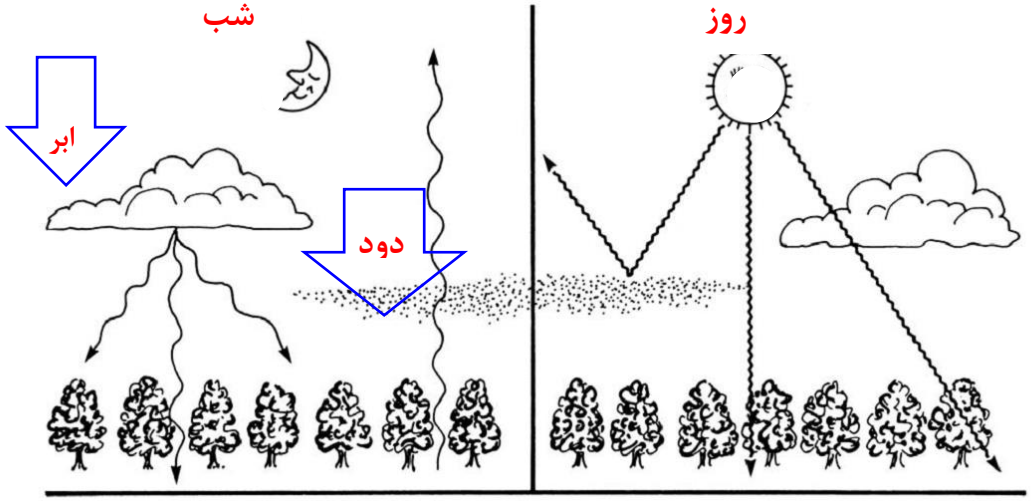
شکل ۲۳- آبیاری بارانی با لوله هوایی (محمدعلیان و جهانگیرزاده، ۱۳۸۷)

شکل ۲٤- یخ تشکیل شده در نتیجه کاربرد سیستم آبیاری میکرو برای محافظت از سرما مرکبات

شکل ۲۵- یخ تشکیل شده در قسمت پایین درختان در نتیجه کاربرد سیستم آبیاری میکرو برای محافظت از سرما مرکبات در فلوریدا

٤-۲-۸- استفاده از دود طبیعی و دستگاه مه‌ساز

انرژی ساطع شده از خورشید در طول روز به شکل امواج طول موج کوتاه است. امواج طول موج کوتاه می‌توانند از ابرها عبور کرده و به زمین برسند ولی از لایه دود نمی‌توانند عبور کنند (شکل ۲۶). در نتیجه ایجاد دود در طول روز زیان بار است. در صورتی که، انرژی ساطع شده از زمین در طول شب به شکل امواج طول موج بلند است. این امواج طول موج بلند در صورت ابری بودن به ابرها برخورد کرده و دوباره به زمین منعکس می‌شوند، ولی این امواج می‌توانند از لایه دود ایجاد شده عبور کرده و به فضا روند (شکل ۲۶). در نتیجه ایجاد دود تاثیری در افزایش دما ندارد. سازمان هواشناسی جهانی، ایجاد دود برای محافظت در برابر سرما را پیشنهاد نمی‌کند. احتمالا محافظت حداقلی از درختان با سوختن بقایای گیاهی و یا تایرهای فرسوده ماشین، ناشی از گرمای تولید شده طی سوختن آن‌ها باشد. (شکل ۲۷). مشکلات ایجاد این دود شامل موارد زیر است: آلودگی شدید محیطی، کمبود این مواد در شرایط بحرانی و مهم‌تر از همه اینکه قطر دود تولیدی باید به قدر کافی بزرگ باشد تا بتواند از خروج امواج با طول موج بلند جلوگیری کند (Perry, 1998). توصیه بر این است از مواد سوختی که تولید دود سفید می‌کنند جهت مقابله با این پدیده استفاده شود. برای ایجاد دود سفید بایستی ترکیبی از گازوئیل و آب به نسبت مساوی آماده شود. سپس کاه و کلش برنج یا گندم را در فواصل کوتاه در تمام باغ یا به صورت کپه‌ای پخش شود. پس از آن، کپه‌ها یا گونی‌ها را با ترکیب گازوئیل + آب آغشته شوند. دود حاصله از اشتعال آن بدلیل مخلوط بودن با ذرات آب به صورت سفید رنگ و سنگین بوده و قادر به صعود به بالا نیست و در نتیجه در محیط بین درختان پخش می‌شود. با این روش امکان تعدیل دمای باغ از یک تا سه درجه سلسیوس امکان‌پذیر است. به منظور اثرگذاری بهتر این شیوه، بکارگیری ترکیبات دودزا در مسیر جریان بادی در ابتدای باغ توصیه می‌شود تا پراکنش دود در کل سطح باغ فراهم شود.



شکل ۲۶- اثرات دود بر انتقال انرژی تابشی

شکل ۲۷- ایجاد دود و آتش جهت محافظت مرکبات در برابر یخبندان آذرماه ۹۵ در مازندران

اخیراً مه‌سازها برای تولید مه مصنوعی تولید شده‌اند که می‌توانند نقش محافظتی در برابر خروج گرمای باغ به‌ویژه در شب‌های با احتمال یخبندان داشته باشند. دستگاه مه‌پاش، با موتوری مجزا کار می‌کند و برای حمل‌ونقل درون باغ می‌توان آن را به هر وسیله نقلیه‌ای هم‌چون تراکتور متصل ساخت و اقدام به مه‌پاشی کرد. این دستگاه به کمک پمپ فشار قوی آن، آب را با فشار زیاد وارد لوله‌های ناقل می‌کند و با خروج از نازل با فشار زیاد منجر به تولید ذرات ریز آب (مه) می‌شود (شکل ۲۸). هنوز کارایی استفاده از این دستگاه برای محافظت مرکبات در برابر یخزدگی به اثبات نرسیده است.

شکل ۲۸- دستگاه مه‌پاش

۵-۲-۸- دستگاه چاهک معکوس

عملکرد دستگاه چاهک معکوس، زهکشی و انتقال و پرتاب هوای سرد انباشته‌شده در سطح زمین به سمت بالای لایه وارونگی (یخ‌بندان تابشی) و برگشت هوای گرم محسوس لایه بالای وارونگی به سطح زمین می‌باشد که این عمل توسط فن‌های بزرگ که در داخل دستگاه در ارتفاع ۱/۵ متری سطح زمین تعبیه شده انجام می‌گیرند (شکل ۲۹). با توجه به اینکه معمولا تنش یخ‌زدگی در مناطق مرکبات خیر کشور بویژه استان مازندران ناشی از ورود جبهه پرفشار سیبری (یخ‌بندان جبهه‌ای) است لذا استفاده از این ماشین‌ها قابل توصیه نیست.

شکل ۲۹- دستگاه چاهک معکوس

٦-۲-۸- استفاده از ترکیبات ضدیخ

از اواسط دهه ۱۹۵۰ برای تولید مواد ضد یخ که به آسانی ذخیره شود، کاربرد آسان داشته باشد و از یخ‌زدگی به خوبی جلوگیری کند، تلاش‌هایی وجود داشته است. تعداد زیادی از مواد مورد آزمایش قرار گرفته‌اند. این مواد نقطه

یخزدگی بافت گیاهی را کاهش داده و میزان باکتری‌های ایجاد کننده هسته یخی روی محصول را کاهش می‌دهند و بنابراین از تشکیل یخزدگی جلوگیری می‌کنند. در بازار جهانی چند نوع ضدیخ گیاهی وجود دارد (از جمله CropAID Natural Plant Antifreeze)، هرچندکه اثرات اقتصادی استفاده از این ترکیبات هنوز در سطح تجاری اثبات نشده است (شکل ۳۰). در حال حاضر برخی از شرکت‌ها این مواد را در بازار عرضه می‌کنند.

شکل ۳۰- ضدیخ گیاهی CropAID Natural

۷-۲-۸- حفاظت تنه با پوشش فوم

نوسانات دمایی شب و روز در درختان جوان مرکبات موجب شکاف و ترک پوست تنه آن‌ها می‌شود (شکل ۳۱). این مسئله مخصوصاً در مورد نهال‌ها و درختان جوان خسارت‌زا است، زیرا ایجاد این شکاف‌ها علاوه بر خسارتی که به تنه درخت وارد می‌شود محل مناسبی نیز برای ورود عوامل بیماری‌زا و زمستان‌گذرانی آفات است. برای جلوگیری از این مسئله معمولاً پوشش تنه درختان به‌وسیله فوم پیشنهاد می‌شود (شکل ۳۲). یکی از مشکلات این پوشش‌ها، محبوس شدن هوا و رطوبت روی تنه و در نتیجه شیوع بیماری‌های قارچی و تجمع حلزون و راب‌ها در زیر فوم‌ها می‌باشد. بنابراین پیشنهاد می‌شود قبل از پوشش درختان، تنه آن‌ها را با استفاده از قارچ‌کش محلول‌پاشی شود و پس از خشک شدن اقدام به پوشش تنه شود. تنه‌ها باید از سطح زمین تا ارتفاع ممکن توسط پوشش مخصوص پیچیده شوند (شکل ۳۲). این شیوه نشان داده است که روشی کارا در محافظت تنه نهال‌ها و درختان جوان در برابر یخبندان است. بنابراین انجام این روش به شدت توصیه می شود.

شکل ۳۱- ترک خوردن پوست نهال‌های مرکبات طی یخبندان سال ۹۵ (عکس از دکتر غلامیان).

شکل ۳۲- پوشاندن تنه نهال‌های جوان با استفاده از فوم (ایستگاه مرکبات خرم آباد)

۸-۲-۸- استفاده از توری‌های مخصوص تاج درختان

پوشاندن درختان توسط توری‌های مخصوص، ابتدا برای کاهش تنش گرما در مناطق مرکبات‌خیز جنوب کشور مورد استفاده قرار گرفت (شکل ۳۳). اما کارایی نسبتا بالای این توری‌ها در کاهش خطر سرما و تگرگ موجب ترغیب باغ‌دارهای این مناطق به استفاده از این پوشش‌ها گردیده است. بنابر اظهارات باغ‌دارهای این مناطق، هزینه اجرای آن در مقایسه با خسارت سرمازدگی ناچیز است و این تورها تا ۵ سال در برابر گرما و سرما مقاوم هستند بنابراین این تورها دارای استفاده دوگانه برای محافظت در برابر گرمای شدید تابستان و سرمای شدید زمستانه هستند. در حال حاضر از این توری‌ها در مناطق مرکبات‌خیز جنوب کشور استفاده می‌شود و در استان مازندران تنها در سطح پایلوت و آن‌هم برای کاهش آسیب گرما و خشکی در پژوهشکده مرکبات استفاده شده است. از مشکلات استفاده از این نوع توری‌ها نیاز به اسکلت قوی برای تحمل وزن برف در مناطق برف‌گیر است و دیگری حبس سرما در زیر توری‌ها در صورت عدم تهویه و جابجایی جریان هوا است.

شکل ۳۳- استفاده از توری‌های مخصوص برای پوشش تاج درختان مرکبات در استان فارس به منظور مقابله با تنش گرما و سرما

۹- محافظت از نهالستان‌ها: نهال‌ها و نهالستان‌ها نیز یکی از بخش‌های بسیار آسیب‌پذیر صنعت مرکبات تحت تنش یخبندان است (شکل ۳۴). بنابراین انجام اقدامات احتیاطی جهت کاهش آسیب تنش یخبندان ضروری است. با خواباندن نهال‌ها و کشیدن پلاستیک می‌توان از آسیب جدی به نهالستان‌ها موجود در فضای آزاد تحت این شرایط جلوگیری کرد.

شکل ۳٤- آسیب نهال‌ها پس از تنش یخبندان سال ۹۵ (عکس از غلامیان).

۱۰- راه‌کارها و پیشنهادات کاربردی جهت کاهش آسیب تنش یخزدگی و ترتیب اولویت استفاده از هر یک از این روش‌ها

دو راه‌کار انتخاب مکان و ارقام مناسب دارای محدودیت‌هایی مانند محدود بودن مکان‌های بدون خطر یخبندان و یا هزینه نسبتا بالای جایگزینی ارقام جدید زودرس به جای ارقام قدیمی است. کشت ارقام زودرس و یا متحمل برای احداث باغ‌های جدید و بازسازی باغ‌های قدیمی انتخاب بسیار هوشمندانه‌ای است، ولی جایگزینی این ارقام برای باغ‌های موجود که در سن باردهی اقتصادی هستند هزینه‌بر و زمان‌بر بوده، بنابراین معقول به نظر نمی‌رسد. در این چنین باغ‌هایی

که مواجهه با تنش یخبندان دوره‌ای اجتناب‌ناپذیر است برای کاهش آسیب یخبندان باید از سایر روش‌های محافظت فعال کمک گرفت. اما انجام اقدامات لازم در زمینه محافظت فعال در برابر تنش یخزدگی مستلزم پیش‌بینی دقیق شرایط آب‌وهوایی و اطلاع‌رسانی به‌موقع و پی‌درپی به باغدارها برای آماده‌گی برای مقابله با این تنش است.

اهمیت پیش‌بینی و اعلام اخطار یخبندان به باغدارها برای انجام اقدامات فوری

پیش‌بینی دقیق شرایط جوی توسط سازمان هواشناسی و اطلاع‌رسانی گسترده از طریق رسانه‌های جمعی به منظور انجام اقدامات فوری توسط باغدارها برای جلوگیری (برداشت میوه‌های روی درخت قبل از بروز یخبندان) و یا کاهش آسیب یخبندان به درختان (در صورت برداشت میوه) بسیار ضروری است. با این وجود، عدم اطلاع رسانی گسترده به کشاورزان و یا عدم توجه آن‌ها به این اخطاریه‌ها موجب بروز میلیاردها ریال خسارت به مرکبات و کیوی استان می‌شود. این مشکل طی رخداد یخبندان آذرماه ۱۳۹۵ به وضوح مشاهده گردید. با این‌که از هفته قبل از این رویداد، بروز بارش سنگین برف و یخبندان برای استان مازندران پیش بینی شده بود ولی اقدامات عملی باغدارها (به‌دلیل عدم اطلاع‌رسانی گسترده به باغداران و یا عدم توجه آن‌ها به اخطاریه‌ها) برای مقابله با این بحران تا روز وقوع تنش بسیار محدود بود. اطلاع‌رسانی ضعیف یا بی‌توجهی باغداران به اخطاریه‌ها هواشناسی موجب غافل‌گیری باغدارها و مواجهه با شرایط بحرانی گردید. برداشت بیشتر میوه‌های پرتقال تامسون پس از بارش برف و بروز تنش یخبندان و یخزدن میوه‌ها انجام شد (شکل ۳۵). چنین میوه‌هایی پس از مدتی آب خود را از دست داده و دچار پوسیدگی شدید شدند.

شکل ۳۵- برداشت میوه پرتقال تامسون پس از بارش برف و بروز یخبندان و یخ زدن میوه‌ها در آذر ۹۵

در صورت پیش‌بینی دقیق یخبندان و اطلاع‌رسانی به موقع، باغداران می‌توانند میوه‌های خود را قبل از بروز تنش برداشت کنند و برای جلوگیری از آسیب شدید به درختان از شیوه محافظت فعال در دسترس استفاده کنند. با توجه به اینکه معمولا یخبندان‌های رخ داده در استان ناشی از ورود جبهه پرفشار سیبری است (یخبندان جبهه‌ای) لذا برخی از روش‌های محافظت فعال مانند ماشین‌های باد و چاهک معکوس در این شرایط کارایی ندارند (کارا تحت شرایط یخبندان تابشی). بنابراین ترتیب اولویت استفاده از شیوه‌های محافظت فعال می‌تواند به شرح زیر است:

۱- بخاری‌های باغی: با توجه به اینکه افزایش ۲ تا ۳ درجه‌ای دما طی یخبندان اخیر می‌توانست از خسارت شدید مرکبات جلوگیری کند لذا یکی از تجهیزات مناسب برای این افزایش دما استفاده از بخاری‌های باغی ثابت و یا متحرک است. با این وجود، ضروری است کارایی این بخاری‌ها نیز تحت شرایط یخبندان در استان توسط کارشناسان مورد ارزیابی قرار گیرد تا تعداد مناسب بخاری، محل قرار دادن و زمان روشن و خاموش کردن دقیق آن‌ها مشخص و به باغدارها توصیه شود.

۲- آبیاری بارانی: با آبیاری به‌صورت مه‌پاشی در سطح بالای تاج درختان، امکان محافظت از محصولات وجود دارد. در طول آبیاری، آب پخش شده به‌وسیله سیستم‌های مختلف آبیاری بارانی هوای اطراف درختان و میوه‌ها را به‌دلیل دمای بالاتر آب گرم می‌کنند. در این شرایط میزان ۱۸/۷ متر مکعب در هکتار در هر ساعت آب برای استفاده در این سیستم توصیه شده است. با مصرف این میزان آب، میانگین گرم شدن هوا در ارتفاع ۱/۲ متری درخت ۰/۶ تا ۱/۴ درجه سلسیوس است. میزان گرم شدن در ارتفاع بیشتر از ۲/۴ متری درخت کمتر از ۰/۵ درجه سلسیوس است. با توجه به کاهش دما تا ۴- درجه سلسیوس در مناطقی مثل ساری، بابل و قائم‌شهر، این میزان افزایش دما نمی‌توانست از آسیب به میوه‌ها جلوگیری کند ولی خسارت به برگ‌ها را کاهش می‌داد. با این وجود، قبل از توصیه عمومی این روش به باغدارها ضروری است که ابتدا کارایی این شیوه به‌صورت پایلوت (در مقیاس کوچک) توسط مراکز تخصصی مورد بررسی قرار گیرد.

۳- پوشش تنه با فوم و قیم‌گذاری شاخه‌ها: استفاده از پوشش فوم دور تنه برای جلوگیری از ترک‌خوردگی پوست درختان جوان روشی بسیار کارا است. هم‌چنین جدا از تربیت مناسب درختان، قیم زدن شاخه‌ها نیز به‌طور موثری می‌تواند از شکستن درختان دارای بار زیاد تحت شرایط بارش برف سنگین جلوگیری کند. استفاده و کارایی این دو شیوه به اثبات رسیده است و قابل توصیه به باغدارها می‌باشد.

٤- نگهداری و فرآوری میوه‌ها پس از بروز یخزدگی: براساس نتایج به‌دست آمده از پژوهش‌های انجام شده روی میوه‌های پرتقال تامسون طی تنش یخزدگی سال ۹۵، مشخص گردید که در صورتی که دمای هوا برای چند ساعت به پایین‌تر از آستانه بحرانی برای یخزدگی و آسیب میوه‌ها رسیده باشد نگهداری میوه‌ها روی درختان توجیه علمی نداشته و میوه‌ها با افزایش دما طی روزها و هفته‌های بعد به سرعت آب خود را از دست داده و ریزش می‌کنند. هم‌چنین این چنین میوه‌هایی بازارپسندی لازم را ندارند. بهترین روش برای نگهداری کوتاه‌مدت میوه‌هایی که آسیب کم‌تری دیده‌اند برداشت میوه‌ها و نگهداری آن‌ها در سردخانه‌های با شرایط دمایی ۴ تا ۵ درجه سلسیوس و رطوبت نسبی حدود ۹۰ تا ۹۵ درصد است. این میوه‌ها نیز باید سریع مصرف یا به مراکز فرآوری ارسال شود. در صورت عدم وجود چنین سردخانه‌هایی بهتر است میوه‌ها زودتر برداشت شده و قبل از دست دادن آب میوه و فساد به مراکز صنایع تبدیلی فرستاده شوند (هاشم‌پور، ۱۳۹۶).

- **استفاده از ارقام زودرس مرکبات راهکاری مهم در جلوگیری از خسارت تنش یخبندان به میوه‌ها است.**
- **افزایش دو تا سه درجه‌ای دما در باغ طی یخبندان می‌تواند از خسارت شدید مرکبات جلوگیری کند و استفاده از بخاری‌های باغی ثابت و یا متحرک یکی از راهکارهای مناسب برای افزایش این میزان دما است.**

۱۱- منابع

امیری، آ.، قلی زاده، ب.، ملکی، م.ع. و بهزادی، ه. ۱۳۹۵. بازبینی برف و سرمای شدید استان مازندران (نوامبر ۲۰۱۶). کنفرانس بین‌المللی تغییر اقلیم. تهران. ایران.

برادران نصیری، م.، عبدالمنافی، ن.، میرباقری، و. و ذبیحی ر. ۱۳۹۲. مقایسه بحران سرمازدگی سال ۱۳۸۶ و ۹۲ بر تولید و عرضه کیوی و مرکبات استان‌های شمالی کشور. مرکز پژوهش‌های ملی شورای اسلامی. شماره مسلسل ۱۳۵۳۱.

تاجور. ی. ۱۳۹۴. راهکارهای مدیریتی قبل و بعد از تنش یخ‌بندان در مرکبات. نشریه فنی. انتشارات سازمان تحقیقات و ترویج آموزش کشاورزی.

بی نام. ۱۳۹۹. آمارنامه کشاورزی محصولات باغبانی وزارت جهاد کشاورزی سال ۱۳۹۹، معاونت برنامه‌ریزی و اقتصادی، مرکز فناوری اطلاعات و ارتباطات، تهران، ایران. قابل دسترسی در آدرس: http://www.maj.ir.

رزاقی بورخانی، ف، رضوانفر، ا.، موحد محمدی س.ح. و حجازی. س.ی. ۱۳۹۶. راهکارهای کاهش مخاطرات طبیعی و ریسک در توسعه پایدار باغات مرکبات استان مازندران. نشریه تحلیلی فضایی مخاطرات محیطی. شماره ۳- صفحات ۵۲-۳۵.

محمدعلیان، ی. و جهانگیرزاده. ا. ۱۳۸۷. حفاظت درختان مرکبات در برابر سرما و یخ‌بندان. مدیریت هماهنگی و ترویج کشاورزی مازندران.

هاشم‌پور، ا. ۱۳۹۶. تاثیر تنش یخ‌زدگی پیش از برداشت بر برخی ویژگی‌های کمی و کیفی میوه پرتقال رقم تامسول ناول. دومین همایش فناوری‌های نوین برداشت و پس از برداشت محصولات کشاورزی. ۲۰- ۱۹ مهرماه. مشهد.

هاشم‌پور، ا.، تاجور، ی.، شیخ اشکوری ع.ر.، عبادی، ه.، فتاحی مقدم، ج.، فقیه نصیری، م و گل‌محمدی، م. ۱۳۹۶. بررسی آسیب سرما و یخ‌زدگی در مرکبات و کیوی استان مازندران (آذرماه ۱۳۹۵). گزارش علمی- فنی. انتشارات پژوهشکده مرکبات و میوه‌های نیمه‌گرمسیری.

Ahrens, C.D. 2009. Meteorology Today: An Introduction to Weather, Climate, and the Environment, Brooks/Cole, Cengage Learning, 621 P.

Anconelli, S., Facini, O., Marletto, V., Pitacco, A., Rossi, F., Zinoni, F. 2002. Micrometeorological test of microsprinklers for frost protection of fruit orchards in Northern Italy. Physics and Chemistry of the Earth 27: 1103–1107.

Blank, S.C., Venner, R. 1995. Evaluating the cost- effectiveness of risk- reducing inputs: wind machines for citrus. Hort Technology. 5 (2): 165- 170.

Food and Agriculture Organization (FAO). (2020) <www.fao.org>.

Food and Agriculture Organization (FAO). (2016) <www.fao.org>.

Gerber, J.F. 1979. Mixing the bottom of the atmosphere to modify temperature on cold nights. P. 315-324. In Modification of the aerial environment of plants. BJ Barfield and Gerber JF (edS). American Society of Agricultural Engineer. Monogragh No 2.

Ghaemi, A.A, Rafiee MR., Sepaskhah, A.R. 2009. Tree-Temperature Monitoring for Frost Protection of Orchards in Semi-Arid Regions Using Sprinkler Irrigation. Agricultural Sciences in China. 8: 98-107.

Kalma, J.D., Laughlin ,G.P., Caprio, J.M., Hamer, P.J.C. 1992. Advances in Bioclimatology, 2. The Bio climatology of Frost. Springer-Verlag Pub., Berlin.

Perry, Kb. 1998. Basics of frost and freeze protection for horticultural crops. Hort technology. 8: 10- 15.

Powell, A., Williams, D. 1998. Citrus for Southern and Coastal Alabama. Alabama Cooperative Extension System. http://www.aces.edu/pubs/docs/A/ANR-0603/index2.tmpl

Ribeiro, A.C., De Melo-Abreu J.P, Snyder. RL. 2006. Apple orchard frost protection with wind machine operation. Agricultural and Forest Meteorology. 141: 71–81.

Snyder, R.L., Melo-Abreu, P. 2005. Frost Protection: Fundamentals, Practice and Economics Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.

Young, F.D., Harman, W.E. 1967. Protecting the citrus orchard against frost. In: Batchelor L. D and Webber H. J. 1967. The Citrus Industry 2nd eds. University of California Press.

Zabihi, H.,Vogeler, I., Mat Amin, Z., Ramezani Gourabi, B. 2016. Mapping the sensitivity of citrus crops to freeze stress using a geographical information system in Ramsar, Iran. Weather and Climate Extremes. 14: 17-23.

Zekri, M., Oswalt, C., Futch, S., England, G., McAvoy, C., Hurner, L., Platts, P. 2016. Freeze Damage Symptoms and Recovery for Citrus. HS1275, The Institute of Food and Agricultural Sciences (IFAS). U.S. Department of Agriculture, UF/IFAS Extension Service, University of Florida.

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