

دستورالعمل‌های پیشگیری و مقابله با آسیب‌های ناشی از سرمازدگی، برف و یخبندان در باغات

معاونت باغبانی وزارت جهاد کشاورزی

کلیات

تعریف خسارت سرمازدگی و یخزدگی

درختان میوه مختلف در محدوده‌های دمایی مشخصی قادر به رشد و نمو هستند و نوسانات دمایی که در مراحل مختلف رشد درخت رخ می‌دهد، اغلب آسیب‌های جدی به آن‌ها وارد می‌کند. یخبندان‌های زودهنگام پائیزه، به شاخه‌های فعال و در حال رشد درختان و همچنین محصولات برداشت نشده صدمه می‌رساند و یخ بندان‌های دیر هنگام بهاره که هم‌زمان با گل‌دهی و مراحل اولیه رشد و نمو میوه است نیز منجر به کاهش میزان محصول می‌شوند.

مکانیزم‌های تحمل به درجه حرارت‌های پائین را می‌توان تحت عناوین تنش سرمازدگی و تنش یخ زدگی مورد بررسی قرار داد. دمای سرمازدگی دمایی است که سرمای آن به اندازه‌ای است که به گیاه صدمه بزند اما موجب یخ زدگی آن نشود. برای اکثر گیاهان، تنش سرمازدگی به درجه حرارت کمتر از ۱۰ تا ۱۵ درجه تا صفر درجه سانتیگراد اطلاق می‌گردد. خسارت سرمازدگی در باغات محصولات گرمسیری و نیمه گرمسیری رخ می‌دهد. اما در گیاهان مناطق معتدل سرمازدگی رخ نمی‌دهد.

یخزدگی عبارت است از تشکیل یخ خارج سلولی در داخل بافت‌های گیاهی. آسیب ناشی از یخزدگی هنگامی رخ می‌دهد که دمای بافت‌های گیاهی به پایین‌تر از یک حد بحرانی (معمولاً دمای پایین‌تر از صفر درجه) نزول کند و شرایط فیزیولوژیکی برگشت ناپذیری ایجاد شود که منجر به مرگ یا اختلال در فعالیت سلول‌های گیاهی شود.

صرفه اقتصادی راهکارهای کاهش میزان خسارت یخزدگی به تعداد دفعات انجام آنها، هزینه تمام‌شده تولید محصول و ارزش آن محصول بستگی دارد. کنترل غیرفعال یخبندان شامل عملیاتی است که قبل از بروز یخبندان انجام می‌شود تا پتانسیل آسیب را کاهش دهد. روش فعال شامل عملیات فشرده با صرف هزینه بالاتر می‌شود که طی بروز یخزدگی انجام می‌شود.

دلایل بروز یخبندان

یخبندان انتقالی

یخبندان انتقالی یا همرفتی^۱ عبارت است از جاری شدن توده هوای سرد به یک منطقه و جایگزین شدن آن با هوای گرم‌تر آن منطقه. این توده هوای سرد همراه با بادهای ملایم تا شدید، بدون وارونگی دمایی و در شرایط رطوبت هوای پایین بروز می‌کند. غالباً دمای هوا به زیر صفر درجه کاهش می‌یابد و سراسر طول روز در آنجا بجا می‌ماند. مدیریت و کاهش خسارت ناشی از این نوع یخبندان مشکل‌تر است.

¹ Adefective

یخبندان تشعشعی

در کشور ما بروز یخبندان تشعشعی^۲ معمول است. این یخبندان در شرایط شب های آرام و آسمان صاف، باد ملایم و بروز وارونگی دما رخ می دهد. دلیل بروز آن، از دست رفتن گرما به شکل انرژی تشعشعی است. در چنین شرایط محیطی باغ بیشتر از اینکه گرما کسب کند، آنرا متشعشع می سازد. بنابراین شاهد افت دما هستیم. دمای هوا نزدیک سطوح تشعشع کننده زودتر کاهش می یابد و منجر به وارونگی دمایی (افزایش دما با افزایش ارتفاع) می شود. در برخی از موارد هم تلفیقی از یخبندان انتقالی و تشعشعی روی می دهد. مثلاً ممکن است که در شرایط یخبندان انتقالی، یک توده هوای سرد به یک منطقه وارد شود و منجر به ایجاد یخبندان انتقالی گردد و به دنبال این شرایط چند روزی هوا آرام و آسمان صاف شود که یخبندان تشعشعی در مقیاس کوچک در نظر گرفته می شود. متأسفانه، در آذرماه سال ۱۳۹۵ خسارت ناشی از یخبندان تلفیقی به باغ های مرکبات کشور ما چشمگیر بود.

روشهای پیشگیری و مقابله با یخبندان

روشهای غیر فعال کاهش خسارت یخزدگی (قبل از بروز یخبندان)

انتخاب محل

انتخاب محل مهمترین عامل کاهش خسارت یخزدگی است. از آنجاییکه هوای سرد متراکم تر از هوای گرم است، بنابراین در مناطق پایین دست تجمع می یابد. از کاشت در مناطق پایین دست و پایین شیبها در مناطقی که سرمازدگی رخ می دهد باید خودداری نمود. بالای تپه ها نیز هوا سرد است و نباید در آنجا کاشت کرد. بطور کلی **بهترین محل کاشت روی شیب های ملایم و دارای زهکش است که هوای سرد بتواند از محل باغ تخلیه گردد.**

بهترین محل کاشت **درختان میوه خزاندار روی شیب های شمالی** است. بدین ترتیب از ایجاد مناطق کم دما در پایین شیب جلوگیری می شود و گلدهی بهاره به تاخیر می افتد. در فصل بهار درختان خزاندار روی شیب های جنوبی زودتر گل می دهند. در نتیجه درختان خزاندار در شیب های جنوبی به خسارت یخزدگی مستعدترند. **درختان نیمه گرمسیری مثل مرکبات و آووکادو** در هر فصلی دچار خسارت یخزدگی می شوند بنابراین بهتر است که **روی شیب های جنوبی** کاشته شوند تا محصول بتواند گرمای بیشتری را جذب کند و انرژی بیشتری از نور خورشید دریافت کند.

هوای سرد مانند آب به سمت پایین دره ها سرازیر می شود. هر نوع کاشت یا ساختمانی که مانع جریان پایین رو هوای سرد بشود، باعث افزایش خسارت یخزدگی می شود. از طراحی مناسب پرچین ها، دیوارها، پوشش های گیاهی و غیره می توان برای کنترل جریان هوای سرد و فرستادن آن به بیرون یک باغ احداث شده استفاده کرد و منجر به کاهش خسارت یخزدگی محصولات باغی شد. همچنین تسطیح زمین می تواند زهکشی هوای سرد را بهبود بخشد. ردیف درختان باغ باید طوری طراحی شود که زهکشی مطلوب و طبیعی هوای سرد به خوبی از میان آنها انجام شود.

سرمازدگی شدید در دره های تنگ و شیبدار که روی آنها درختان میوه کاشته شده اند، رخ می دهد. زیرا هوای سرد نمی تواند همراه با بادهای محلی از آن دره ها خارج شود. این یخزدگی در مقیاس های کوچک بیشترین خسارت را وارد

² Radiative

می‌آورند. در این مکانها باید میزان خطر سرمازدگی و الگوی کشت با دقت انجام گیرد. در صورت احداث باغ در این دره-ها، استفاده از بالگرد برای کاهش تجمع هوای سرد و کاهش خسارت توصیه می‌گردد.

ترکیب مناسب پایه و رقم دیرگلده و غیر حساس به سرما

استفاده از ارقام مقاوم به سرما و دیرگل به خصوص به منظور پیشگیری و کاهش میزان خسارت سرمازدگی بهاره اهمیت ویژه‌ای دارد. بررسی سابقه کاشت ارقام مناسب در میکرواقلیم‌های مختلف کشور، شناسایی ارقام بومی مقاوم و با عملکرد بالا و نیز استفاده از ارقام خارجی مقاوم به سرما (پس از انجام تحقیقات اولیه در خصوص سازگاری آنها) در شرایط آب و هوایی کشور ما جز برنامه‌های تحقیقاتی پایه قرار دارند. استفاده از ارقام دیرگلده و دیربرگده گردو مانند چندلر با استفاده از پیوند سرشاخه‌کاری جلوگیری از خطر سرمازدگی بهاره در شرایط آب و هوایی کشور ما کاملاً موثر بوده است. در گونه باغی بادام نیز پیوند سرشاخه‌کاری ارقام خارجی مقاوم به سرما مانند شاهرود ۷، شاهرود ۸، شاهرود ۹، شاهرود ۱۲ و شاهرود ۱۳ در شرایط آب و هوایی کشور ما در کاهش خسارت سرمازدگی بسیار موثر بوده و از لحاظ تولید محصول باکیفیت و عملکرد بالا نیز توصیه می‌شوند. توسعه ارقام فرانسوی دیر گلده و مقاوم به سرمای بهاره زردآلو مانند ارقام سولدان^۳ و برگوال^۴ در کشورهای مراکش و الجزایر به صورت معنی‌داری خسارت سرمازدگی بهاره این محصول را کاهش داده است که امکان بررسی عملکرد و مقاومت به سرمای این ارقام در شرایط آب و هوایی کشور ما توصیه می‌شود.

آبیاری صحیح و اجتناب از خاکورزی

هدایت گرمایی و میزان گرمای خاک تحت تاثیر میزان آب خاک است. تا عمق ۳۰ سانتیمتری خاک، گرما به صورت روزانه به درون و بیرون محیط خاک منتقل می‌شود. اگر خاک مرطوب باشد، انتقال و ذخیره گرما در لایه بالایی خاک بهتر انجام می‌شود. بنابراین گرما طی روز در خاک ذخیره می‌شود تا طی شب منتشر شود. بین خاکهای تر و خشک اختلاف قابل ملاحظه‌ای بین هدایت گرمایی و ظرفیت گرمایی وجود دارد. اما اگر میزان آب خاک نزدیک ظرفیت زراعی (محتوی آب خاک ۱-۳ روز پس از مرطوب کردن کامل) باشد، مرطوب کردن بیشتر خاک تاثیر بیشتری ندارد. مرطوب کردن خاک پایینتر از عمق ۳۰ سانتیمتری نیز بی فایده است زیرا تغییرات روزانه دمای هوای خاک زیر عمق ۳۰ سانتیمتری ناچیز است. به هر حال در مقیاس سالانه، انتقال گرما زیر عمق ۳۰ سانتیمتری مهم است و ممکن است در خاکی که برای طولانی مدت خشک است، بتواند بر کاهش خسارت یخزدگی تاثیر گذار باشد. مرطوب کردن خاک اغلب موجب تیره‌تر شدن آن می‌شود و باعث افزایش جذب تشعشع خورشیدی در خاک می‌گردد. هنگامی که سطح خاک مرطوب است، تبخیر نیز افزایش می‌یابد و هدررفت انرژی به صورت بخار آب منجر به کاهش مزایای حاصل از جذب بهتر انرژی تابشی می‌شود. بنابراین یکی از اقدامات موثر در کاهش خسارت سرمازدگی، مرطوب کردن خاکهای خشک پیش از وقوع یخبندان است، بطوریکه خورشید بتواند خاک را گرم کند. خاکی که پیش از بروز یخبندان مرطوب شده باشد، در یک شب یخبندان دمای هوا را تا ارتفاع ۲ متری درختان تا ۳ درجه افزایش می‌دهد. خاک رسی و سنگین بیشتر از خاک

³ Solédane®

⁴ Bergeval®

شنی و سبک آبیاری لازم دارد. خاک سفت و مرطوب، گرما را بهتر از خاک نرم و خشک نگهداری و هدایت می‌کند. در شروع فصل یخبندان نباید خاک را کولتیواتور زد.

پوشش گیاهی خاک

در صورت عدم مدیریت کف باغ یا وجود علف هرز یا چمن در باغ، انرژی خورشید از کف باغ منعکس شده و انرژی کمتری در خاک ذخیره می‌شود. بنابراین محصول به خسارت یخزدگی مستعدتر است. پوشش‌های گیاهی معمولاً انتقال گرما به خاک را کاهش داده و منجر به مستعد شدن محصول به خسارت یخزدگی می‌شوند. غلظت باکتری‌های هسته یخی روی درختان مختلف متفاوت است. باکتری‌های هسته یخی، خانواده‌ای از پروتئینها هستند که باکتری‌های گرم منفی را تحریک می‌کنند که در دماهای نه چندان کم (بالای ۵- درجه سانتیگراد) تشکیل هسته یخی روی گیاهان می‌دهند. این باکتریها در غشای بیرونی سطح ایجاد شده و منجر به خسارت یخزدگی به بسیاری از گیاهان می‌شوند. **در انگور و مرکبات غلظت باکتری‌های هسته یخی کم است. اما غلظت آنها خصوصاً روی علف‌ها و چمن بالا است.** بنابراین وجود پوشش گیاهی روی زمین اطراف یک درخت میوه حساس به خسارت سرمازدگی باعث افزایش تشکیل این باکتریها شده و احتمال خسارت یخزدگی را افزایش می‌دهد.

مالچ

پوشاندن سطح زمین در بعضی مواقع باعث کاهش تشعشع و از دست‌روی انرژی همرفتی یک محصول شده و خسارت یخزدگی را کاهش می‌دهد. نوع پوشش بستگی به گیاه و هزینه آن دارد. **مالچهای پلاستیکی شفاف باعث افزایش انتقال گرما به خاک بخصوص بهبود ذخیره گرما شده و از اینرو منجر به کاهش خسارت یخزدگی می‌شود.** مالچ پلاستیکی سیاه در اینکار تاثیر کمتری دارد. **خیس کردن خاک قبل از پوشاندن با پلاستیک شفاف تاثیر مثبت بیشتری دارد.**

مدیریت تغذیه درختان

درختان ضعیف نسبت به درختان قوی به خسارت یخبندان حساسیت بیشتری دارند. کوددهی به موقع باعث افزایش سلامت گیاه می‌شود. همچنین درختانی که بطور مناسب کوددهی نشده‌اند، خیلی زود در پاییز برگ‌های خود را از دست می‌دهند و در بهار زودتر از موقع به شکوفه می‌نشینند. این مسأله موجب حساسیت بیشتر آنها نسبت به خسارت سرمازدگی می‌شود. بطور کلی دادن کود ازته و فسفات قبل از وقوع یخبندان موجب تحریک رشد و افزایش حساسیت گیاه در برابر سرما می‌شود. استفاده بیش از حد یا دیر هنگام ازت منجر به کاهش رنگ و کیفیت میوه می‌شود. همچنین استفاده بی‌موقع ازت منجر به گسترش رشد رویشی می‌شود و آسیب سرمازدگی به درخت را افزایش می‌دهد. بمنظور افزایش مقاومت گیاهان به سرمازدگی، باید از بکار بردن کود ازته در اواخر تابستان یا اوایل پاییز اجتناب نمود. فاسفر برای انجام تقسیم سلولی حائز اهمیت است و در نتیجه برای بهبود دوباره گیاه پس از خسارت یخ زدگی اهمیت دارد. **نیاز درختان به پتاسیم بیشتر از ازت است.** مصرف مقدار قابل توجهی کودهای حاوی پتاسیم، روی و کلسیم و اسیدهای آمینه در پاییز و قبل از ظهور برگ در بهار با مکانیسم‌های متعددی سبب افزایش مقاومت گیاهان از جمله درختان در مقابل سرمازدگی زمستانه و بهاره می‌گردند. این اثرات در محصولات همیشه سبز همانند

مرکبات بارزتر نیز می‌باشد. پتاسیم عنصر افزایش دهنده غلظت سلولی است. از اینرو در رنگ‌گیری میوه، ایجاد مقاومت زمستانه، رشد درخت و مقاومت به بیماری اهمیت دارد. پتاسیم همچنین اثر مطلوبی روی تنظیم آب و فتوسنتز در گیاه دارد. مصرف کودهای حاوی پتاسیم و روی در کاهش ROS های تولیدشده در اثر خسارت سرمازدگی و مهار آنها بسیار موثر بوده و درختان را در برابر این مواد مضر و مخرب حفظ می‌نماید. تغذیه با **کلسیم**، و **پتاسیم** و **مس** به عنوان عوامل موثر بر استحکام چوب، بر مقاومت گیاهان در مقابل سرمازدگی موثر است. در سالهای اخیر تاثیر استفاده از تیوباسیلوس و سودوموناس ها و دیگر باکتری ها و همچنین مواد افزودنی آلی و بیولوژیک به عنوان مواد ضد سرما در کاهش میزان خسارت سرمازدگی به درختان میوه بررسی شده است.

گیاهانی که مقادیر بهینه و متعادل عناصر غذایی دریافت کنند، می‌توانند دماهای پایین را بهتر تحمل کنند و آسیب ناشی از سرما در آنها خیلی سریع‌تر بهبود می‌یابد. گیاه سالم نقطه انجماد پایین‌تری دارد، لذا بکار بردن کود برای سالم نگهداشتن گیاه ضروری است. توصیه میزان کود و زمان مناسب کوددهی از محلی به محل دیگر متفاوت است.

هرس

هرس دیر هنگام به منظور به تاخیر انداختن رشد و شکوفه دهی درختان در فصل بهار توصیه می‌شود. هرس شدید را باید تا زمان شروع رشد مجدد گیاه به تأخیر انداخت تا بافت چوبی زنده زخم نشود. در شهریور ماه از هرس سنگین خودداری شود (هرس سبک مشکل ساز نیست). زیرا هرس سنگین رشد جدید گیاه را تحریک می‌کند و گیاه فرصت آنکه قبل از یخبندان بالغ شود نخواهد داشت. همچنین در اواخر پاییز نیز نباید هرس سنگین انجام داد زیرا تا زمانی که محل بریدگی‌ها التیام یابد، مقاومت به سرمای گیاه شدت می‌یابد. گیاهان چوبی در ۴ تا ۶ هفته پس از اولین یخ‌زدگی شدید زمستانه، نباید هرس شدید شوند. پس از وقوع یخ‌بندان می‌توان هرس سبک انجام داد. از هرس گیاه در اواخر تابستان و اوایل پاییز باید خودداری شود. زیرا این کار باعث برهم خوردن تعادل هورمونی گیاه و بازشدن جوانه های رویشی جانبی و آغاز رشد مجدد شود. رشد تازه به شدت به سرمازدگی حساس است.

هرس قبل از اسفندماه نیز توصیه نمی‌شود. درختان جوان را باید دیرتر از درختان بالغ هرس کرد. تحقیقات نشان داده‌اند که هرس درختان در زمستان باعث کاهش مقاومت این درختان به سرما می‌شود. در دورانی که سرمای شدید پیش‌بینی شده، از هرس کردن درختان باید خودداری نمود. درختانی که درست قبل از سرمای شدید هرس شوند، جوانه های گل ضعیفی تولید می‌کنند، شاخه‌های یکساله آنها دچار خشکیدگی شده و پوست تنه و شاخه‌های اصلی درخت آسیب می‌بینند. حتی، درست قبل از گلدهی، وقتی که جوانه گل برجسته می‌شود، هرس باعث کاهش مقاومت به یخ‌زدگی درخت می‌شود. هرس درختان در زمان گلدهی یا بلافاصله بعد از آن مناسب نیست و اثر نامطلوبی روی رشد درخت یا رشد میوه دارد.

رنگ زدن و پوشاندن تنه درخت

پوسته تنه درختان خزاندار در اثر نوسانات دمایی طی روز گرم و شب یخ‌بندان ترک می‌خورند. رنگ زدن تنه با رنگ سفید لاتکس محلول در آب، که به میزان ۵۰ درصد با آب رقیق شده باشد در اواخر پاییز (دمای هوا بالای ۱۰ درجه سانتی گراد) از خطر ترک خوردگی تنه درختان جلوگیری می‌کند. رنگ سفید، عایق بندی تنه درخت و استفاده از سایر پوششها برای پیچیدن دور تنه به افزایش مقاومت درخت در برابر خسارت یخ‌بندان کمک می‌کند.

تنه ها باید از سطح زمین تا ارتفاع ممکن توسط پوشش مخصوص پیچیده شوند. پوشش های عایق فایبرگلاس و پلی اورتان با مقاومت بالاتر نسبت به انتقال گرما، بهترین حفاظت را فراهم می آورند و در میان پوشش های تجاری در دسترس، بهترین هستند. معمولاً پوشش های تنه درخت، بعد از ۳-۴ سال باید برداشته شوند. در غیر اینصورت خطر حمله بیماری ها افزایش می یابد. اسپری قارچ کش پیش از پیچاندن پوشش به دور تنه می تواند به کاهش خطرات بیماریها کمک نماید.

روشهای فعال کاهش خسارت یخزدگی (حین وقوع یخبندان)

آبیاری سطحی

آبیاری سطحی (غرقابی و جوی و پشته) روش کاربردی و نسبتاً کم هزینه ای است که معمولاً برای جلوگیری از خسارت یخزدگی استفاده می شود. تبدیل گرمای نهفته به صورت گرمای آشکار طی خنک شدن آب منجر به محافظت گیاهان از سرمازدگی می شود. گرم شدن همرفتی هوا توسط جریان آب، تشعشع رو به بالای هوای گرم را افزایش می دهد. حین آبیاری سطحی، یخزدن آب نامطوب است. زیرا تشکیل یخ از انتقال گرما از آب گرمتر قرار گرفته در زیر کریستال یخ جلوگیری می کند. آبیاری سطحی باید خیلی زود شروع شود که قبل از اینکه دمای هوا به زیر حد خسارت زا برسد آب تا انتهای باغ رسیده باشد. بسته به شدت سرما و شرایط باغ آبیاری سطحی تا ۳ درجه دمای هوای اطراف درختان را افزایش می دهد. آب ولرم با دمای ۴ درجه متراکم تر است و نقش محافظتی بیشتری دارد. اما گرم کردن آب به این منظور از نظر اقتصادی بصرفه نیست.

بخاری باغی

بخاری با تشعشع مستقیم گرما به گیاهان نزدیک به آن از خسارت یخزدگی جلوگیری می کند و با مخلوط کردن همرفتی هوا در لایه وارونگی دمایی از یخزدگی جلوگیری می کند. همانطور که هوای گرم شده بالا می رود، خنکتر می شود تا به ارتفاعی می رسد که هوای محیط با آن هوای گرم همدمای می شوند. سپس هوا پخش می شود و احتمالاً دوباره پایین می آید. الگوی گردش بسیار شبیه به الگوی حاصل از کوره گرانشی است. اگر وارونگی ضعیف باشد، هوای گرم شده توسط بخاری خنک می شود اما بالا نمی رود و الگوی چرخشی ایجاد نمی شود. در نتیجه بخاریها وقتی که وارونگی دمایی رخ ندهد (یعنی در شرایط یخبندان انتقالی) موثر نخواهند بود. ایجاد آتشفشان خنک در بخاریها باعث می شود که تاثیر آنها باز هم بیشتر کاهش یابد چون هوای گرم شده آنها از سقف ناحیه وارونگی دمایی بالاتر می رود و الگوی چرخشی ایجاد نمی شود.

بخاریها باید در سراسر باغ پراکنده شوند. بخاریها باید در محل های فرو افتاده یا در سمت وزش باد به تعداد بیشتری قرار داده شوند. محاسبه زمان برای روشن کردن آنها ضروری است. بنابراین زمان کافی برای روشن کردن همه بخاریها قبل از اینکه دما به زیر دماهای بحرانی خسارتزا برسد لازم است.

ماشین مولد باد

پنکه‌ها باعث اختلاط هوای گرم بالاتر با هوای سردتر نزدیک سطح می‌شوند. به صرفه بودن این روش به توانایی آن در برگرداندن هوا در بخش بدون مراقبت بستگی دارد. بطور کلی، دمای حاصل پس از شروع بکار پنکه‌ها برابر است با میانگین دمای $1/5$ متری و 10 متری. در زمان استفاده از ماشینهای بادی برای کاهش خسارت یخزدگی، پنکه‌ها باید زمانی شروع به کار کنند که دمای هوا در ارتفاع $1/5$ متری بالاتر از دمای هوای بحرانی باشد و دمای هوا در ارتفاع کمتر از $1/5$ متری خیلی کمتر از دمای هوا در ارتفاع 10 متری باشد. ماشین‌های بادی در دو نوع ثابت و متحرک وجود دارند. آنها هیچگونه آلودگی زیست محیطی ایجاد نکرده اما آلودگی صوتی به همراه دارند.

بالگرد

در صورت بروز وارونگی دمایی هلیکوپترها هوای گرم بالا را به سطح منتقل می‌کنند. اگر وارونگی دمایی رخ نداده باشد، هلیکوپترها هیچگونه اثر مثبتی نخواهند داشت. منطقه کنترل شده با یک هلیکوپتر بستگی به اندازه هلیکوپتر و وزن آن و شرایط آب و هوایی دارد. خلبان‌ها اغلب هلیکوپتر را با تانکرهای پخش آب پر می‌کنند تا وزن آن را افزایش دهند. در شرایط یخبندان شدید با وارونگی شدید، یک هلیکوپتر می‌تواند بالای هلیکوپتر دیگر پرواز کند تا انتقال گرما به سمت پایین افزایش یابد. در شرایط یخبندان ملایم هر سی دقیقه یک بالگرد باید بالای باغ پرواز کند و در شرایط یخبندان شدید باید با تکرار بیشتر پرواز کند. یک ناظر باید دمای محصول را کنترل کند و با خلبان در تعیین تعداد پروازها همکاری کند. وقتی که دمای هوای بالای محصول به بالاتر از دمای خسارت زای بحرانی رسید، پروازها خاتمه داده می‌شود. یک بالگرد در شرایط یخبندان تشعشعی قادر است سطحی معادل 20 تا 23 هکتار را پوشش دهد.

آبپاش‌ها

آبپاش‌های رودرختی برای حفاظت از باغ‌های مرکبات گزینه بسیار خوب ولی هزینه بر به شمار می‌رود. البته لازم است در مورد بهینه‌سازی این روش و توسعه آن در بین کشاورزان اقدامات زیادی انجام گیرد. آبپاش‌های زیردرختی اعم از نوع سنتی یا ریزآبپاش‌ها نیز برای استفاده در باغات مرکبات مناسبند. تصمیم‌گیری در مورد زمان شروع و خاتمه کار آبپاش‌ها برای جلوگیری از خسارت یخزدگی باید بر اساس دما و رطوبت باغ باشد. معمولاً حساسیت محصول به دمای یخزدگی از زمان تمام گل تا زمانیکه میوه به اندازه یک فندق است بیشتر است. همچنین اگر بعد از یک شب یخبندان هوا گرم شود حساسیت محصول به یخزدگی افزایش می‌یابد. توصیه دمایی شروع و خاتمه آبپاش‌ها در اینجا می‌تواند مورد استفاده قرار بگیرد. اگر دمای هوای منطقه تحت پوشش تا کمتر از دمای بحرانی باشد همه آبپاش‌های منطقه باید روشن شوند. وقتی که دمای هوا به بالاتر از دمای بحرانی برسد، آبپاش‌ها باید خاموش شود.

مه پاش

مه طبیعی حامی طبیعی گیاهان در مقابل خسارت یخزدگی است. مشخص شده که ذرات کوچک مه ایجاد شده توسط مه پاشهای مصنوعی از خسارت یخزدگی در شرایط باد ملایم به خوبی عمل می‌کنند. موتورهای جت که قابلیت جابجایی

خلاف حرکت باد را دارند در باغات برای تولید مه و حفاظت محصولات مورد استفاده قرار می‌گیرند. هرچقدر میزان فشار پاشش مه بیشتر باشد کارایی این روش بالاتر می‌رود.

پیش بینی دمای حداقل

پیش بینی زمانی که دمای هوا به پایین‌تر از یک حد بحرانی نزول می‌کند، اهمیت زیادی جهت شروع بکار روش کنترل فعال دارد. زمان مناسب شروع و توقف یک سیستم حفاظتی از آن جهت اهمیت زیادی دارد که از وقوع خسارت‌های ناشی از آغاز به کار دیر هنگام روش فعال جلوگیری می‌کند و با کاهش مدت زمان کارکرد سیستم‌های حفاظتی مختلف، باعث صرفه جویی در مصرف انرژی می‌شود.

با فرض اینکه دمای کمینه پیش‌بینی شده (T_p) صحیح باشد و در زمان غروب خورشید اتفاق بیفتد، متوسط دمای هوای شب بصورت ساعتی از دو ساعت بعد از غروب آفتاب تا زمان طلوع خورشید با استفاده از معادلات ۱ و ۲ محاسبه می‌شود.

$$T_i = T_2 + b\sqrt{i} - 2 \quad (1)$$

$$b = \left(\frac{T_p - T_2}{\sqrt{n-2}} \right) \quad (2)$$

در معادله ۱، $i = 0$ برای زمان غروب خورشید و $i = n$ برای زمان غروب خورشید روز بعد. T_i متوسط دمای هوای ساعت i ام و T_2 متوسط دمای هوا در دومین ساعت بعد از غروب خورشید است. اگر با $i = 2$ که دو ساعت بعد از غروب خورشید است شروع کنیم، میانگین دمای هوای هر ساعت تا زمان طلوع خورشید صبح روز بعد پیش‌بینی می‌شود. میزان b به واحد دما بستگی دارد (برای درجه سانتیگراد $b = 1.773$). این روش فقط در شبهای یخبندان تشعشی با شبهای آرام و صاف و قتیکه دما افت می‌کند، جواب می‌دهد. یخزدگی تشعشی در شرایط آب و هوایی باد و ابر رخ نمی‌دهد.

بطور کلی، گیاهان نیمه گرمسیری به خسارت یخزدگی قبل و طی زمان برداشت، و قتیکه دما بسیار پایین است، خیلی حساسترند. حساسیت درختان خزاندار و انگور به دمای خسارت‌زای یخبندان از زمان تمام گل تا زمانیکه میوه به اندازه یک فندق کوچک می‌شود، افزایش می‌یابد. میزان خسارت به محصول به این مسئله بستگی دارد که دما چقدر افت می‌کند و چه مدت در این دامنه باقی می‌ماند. اگر قبل از شبهای یخبندان هوا گرم‌تر باشد میزان خسارت بیشتر خواهد بود.