



دانشگاه تهران



سازمان جهاد کشاورزی استان تهران

عنوان طرح:

بررسی راهکارهای کاهش مخاطرات سرمازدگی در باغ‌های استان
تهران

**Investigating strategies to reduce frost damage in the
orchards of Tehran province, Iran**

مجری طرح:

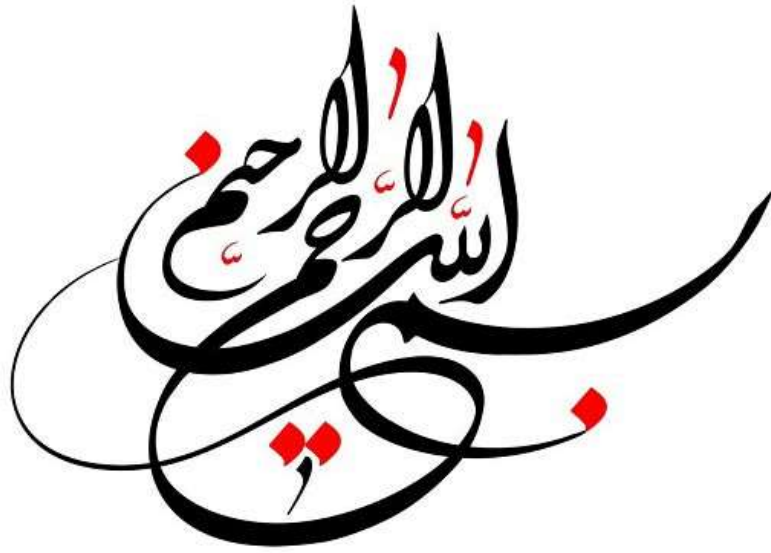
دکتر شیرین دیان‌تی دیلمی

استادیار گروه باغبانی، پردیس ابوریحان، دانشگاه تهران

همکاران طرح

دکتر کورش وحدتی؛ استاد گروه باغبانی، پردیس ابوریحان، دانشگاه تهران
دکتر سعادت ساریخانی؛ استادیار گروه باغبانی، پردیس ابوریحان، دانشگاه تهران
مهندس بهروز عیدیان، کارشناس ارشد سازمان جهاد کشاورزی استان تهران

بهار ۱۳۹۸



خلاصه مدیریتی

بررسی راهکارهای کاهش مخاطرات سرمازدگی در باغ‌های استان تهران

ایران یکی از مراکز اصلی پیدایش درختان میوه است که با تولید ۲ درصد از میوه جهان، در جایگاه ۸ تا ۱۱ تولید میوه دنیا قرار دارد. در بین مراکز مهم تولید میوه در کشور، استان تهران به دلیل برخورداری از تراکم جمعیت بالا، بازار اصلی مصرف میوه به‌شمار می‌رود. بررسی سیمای باغبانی استان تهران نشان می‌دهد که بالغ بر ۱/۷۲ درصد از باغ‌های کشور در استان تهران قرار دارد. بیش از ۲۴ درصد از اراضی کشاورزی این استان به محصولات باغبانی اختصاص دارد که سالانه بالغ بر ۶/۳۲ درصد از محصولات باغبانی کل کشور در این استان تولید می‌گردد. سیب، پسته، گیلاس، هلو و شلیل و زردآلو مهم‌ترین محصولات باغبانی استان تهران را تشکیل می‌دهند. میزان تولید باغات استان تهران نیز مانند سایر استان‌های کشور، توسط تنش‌های مختلف غیرزیستی تحت تاثیر قرار می‌گیرد. در بین تنش‌های غیرزیستی، خشکی، شوری و سرما به عنوان مهم‌ترین عوامل محدود کننده به‌شمار می‌روند. گزارش شده است که تنها ۱۰ درصد از کل زمین‌های قابل کشت دنیا ممکن است بدون تنش سرمازدگی باشند. از این‌رو، هر راهکاری که بتواند حتی به میزان کم، درختان میوه را در برابر خسارت سرما محافظت نماید، نقش موثری در بهبود تولید این محصولات خواهد داشت. طرح حاضر با هدف بررسی میزان و نوع خسارت سرمازدگی در سطح استان تهران (بویژه مناطق شمیرانات، شهریار، دماوند) و ارائه راهکارهای کوتاه و بلند مدت مدیریتی در راستای کاهش مخاطرات تنش سرما برای محصولاتی مانند گردو، سیب، گیلاس، هلو و شلیل انجام گرفت.

بررسی آمار و اطلاعات چند ساله خسارت تنش سرما در استان تهران و انجام مطالعات میدانی مجری، همکاران و کارشناسان طرح نشان می‌دهد که سرمای دیررس بهاره و پس از آن سرمای پاییزه بیشترین میزان خسارت به باغ‌های استان تهران وارد می‌کند که دماوند، فیروزکوه و شمیرانات بیشترین از

سایر شهرستان‌های استان از تنش سرما خسارت می‌بینند. راهکارهای متعددی برای کاهش خسارت سرما در استان تهران وجود دارد که شرح کاملی از آن در فصل ۵ این گزارش ارائه شده است. اما در بین این راهکارها، موارد زیر از اهمیت بالاتری برخوردار بوده و می‌تواند به‌عنوان یک راهکار مدیریتی برای کاهش خسارت تنش سرما در استان تهران مورد استفاده قرار گیرد:

اقدامات بلندمدت:

✓ انتخاب محل مناسب برای احداث باغ مهم‌ترین راهکار برای کاهش خطرات سرمازدگی می‌باشد. احداث باغ در محل مناسب نه تنها در کاهش خسارت تنش سرما نقش دارد، بلکه در تعدیل اثرات منفی سایر تنش‌ها و همچنین افزایش بهره‌وری باغ موثر می‌باشد. با توجه به اهمیت محل احداث باغ، عوامل محدود کننده در تولید محصولات مورد مطالعه در طرح حاضر (گردو، سیب، گیلاس، هلو و شلیل) با بهره‌گیری از نظر متخصصان و بررسی منابع در قالب جدول پدوکلیمایی (جدول ۶-۱) تعیین شد. در ادامه با استفاده از داده‌های ۳۰ ساله اقلیمی (کمینه دما در زمستان، کمینه دما در بهار، دمای محیط در فصل رشد، نیاز سرمایی، رطوبت نسبی محیط در تابستان، رطوبت نسبی محیط در زمان گرده‌افشانی و سرعت باد در زمان گرده‌افشانی)، ادافیکی (هدایت الکتریکی (EC) خاک، هدایت الکتریکی آب‌های سطحی و زیرزمینی) و توپوگرافی (عرض جغرافیایی، ارتفاع محل از سطح دریا و شیب)، تناسب کل اراضی استان برای کشت محصولات مذکور با استفاده از Arc-GIS مورد بررسی قرار گرفت. نقشه نهایی پهنه بندی استان تهران برای کشت درختان گردو، سیب، گیلاس، هلو و شلیل (شکل ۶-۳) نشان داد که شیب زمین، ارتفاع از سطح دریا، سرمای دیررس بهاره، دمای بالای تابستان و هدایت الکتریکی آب و خاک مهم‌ترین عوامل محدود کننده تولید درختان میوه مورد مطالعه در بخش‌های مختلف استان تهران می‌باشد. در بین شهرستان‌های مختلف استان، شهریار، قدس، بهارستان، بخش‌های مرکزی استان و بخش‌های شرقی تهران و غربی دماوند و نقاط کم ارتفاع فیروزکوه و شمیرانات برای توسعه باغ‌های سیب، گردو، گیلاس، هلو و شلیل مناسب هستند. نوار شمالی استان بویژه در شمال شهرستان‌های شمیرانات، دماوند و فیروزکوه به دلیل ارتفاع بالا و شیب

زیاد (رشته کوه‌های البرز) مناسب برای توسعه باغ نمی‌باشند. همچنین نواحی جنوبی استان در شهرستان ورامین و نواحی جنوب غربی در شهرستان‌های شهر ری و اسلامشهر بدلیل هدایت الکتریکی بالای خاک و آب و دمای بالای تابستان مناسب برای توسعه درختان میوه مورد مطالعه نیستند.

✓ استفاده از تنوع ژنتیکی گونه‌های مورد مطالعه از دومین راهکار کارآمد برای تعدیل خسارت شدید تنش سرما در استان تهران می‌باشد. براساس آمار ارائه شده توسط سازمان جهاد کشاورزی استان تهران، در سال ۱۳۹۷، سرمای دیررس بهاره بالغ بر ۸۱۵۰ میلیارد ریال به باغ‌های استان تهران خسارت وارد کرده است. بررسی میدانی ما نیز نشان می‌دهد که استفاده از ارقام زود برگ و زودگ و همچنین ژنوتیپ‌های بومی زود برگ سبب شده تا هر ساله شاهد خسارت سنگین سرمای دیررس بهاره در استان تهران باشیم و این در حالی است که با استفاده از ارقام دیرگل و دیربرگ می‌توان بخش عمده از خسارت سرمای دیررس بهاره را در استان کاهش داد. در همین راستا استراتژی مدیریتی این است که باغ‌های جدید در محل مناسب با گونه مناسب و رقم دیرگل و دیربرگ مناسب انتخاب گردد. به عنوان مثال استفاده از یک رقم دیربرگ گردو مانند ارقام "چندلر"، "فرنور" و "پرشیا" نه تنها سبب افزایش مستقیم عملکرد می‌شود، بلکه به دلیل تاخیر زیاد در تاریخ برگ‌دهی، از بسیاری از خسارت‌های سرمای دیررس بهاره در امان می‌باشد.

✓ استفاده از دانش فنی موجود در کشور و دنیا یک راهکار مدیریتی مهم برای افزایش بهره‌وری باغ‌ها و کاهش خسارت تنش سرمازدگی در استان تهران می‌باشد. به‌کارگیری از مشاوران علمی و کاربردی خبره می‌تواند نقش بسزای بهره‌وری باغات استان داشته باشد که این بهره‌وری می‌تواند هم از راه افزایش عملکرد در واحد سطح محقق گردد و هم از طریق تعدیل تنش‌ها بویژه تنش سرمازدگی.

اقدامات مدیریتی کوتاه مدت:

✓ سریعترین راهکار برای بهره‌برداری از پتانسیل ژنتیکی به عنوان یک روش کارآمد برای کاهش خسارت سرمازدگی، سرشاخه‌کاری و پیوند می‌باشد. نوسازی و اصلاح باغ‌های موجود با استفاده از سرشاخه‌کاری درختان موجود با ارقام دیربرگ و دیرگل که دارای خزان زوددهنگام نیز می‌باشند، می‌تواند سبب کاهش شدید خسارت سرمای دیررس بهاره و سرمای زودرس پاییزه شود.

✓ توجه ویژه به آبیاری باغ‌ها یک راهکار مدیریتی کارآمد در تعدیل تنش سرما می‌باشد. بررسی میدانی مجری و همکاران طرح نشان می‌دهد که اصول مدیریتی آبیاری در بیش از ۹۰ درصد از باغ‌های استان رعایت نمی‌شود. طولانی بودن دوره آبیاری تا مدت‌ها پس از برداشت محصول سبب شده تا به دلیل تاخیر در القای خواب زمستانه، بسیاری از درختان دچار سرمای زودرس پاییزه شوند. آبیاری روشی بسیار کارآمد در محافظت درختان باغ در برابر سرمای زودرس پاییزه و یخبندان زمستان می‌باشد. برای جلوگیری از سرمازدگی درختان در پاییز و زمستان حتما باید فواصل آبیاری را از اوایل شهریور به بعد با فواصل بیشتر انجام داد و میزان آب را کم کرد. به عنوان مثال اگر تا اول شهریور هر هفته آب می‌دهیم در دور بعدی ۸ روز و در دور بعدی ۱۰ روز و در دور آخر بعد از ۱۴ روز آب بدهیم. آبیاری را نباید در اواخر شهریور قطع کرد چون خشک شدن باغ به پلاسمولیز بافتها و حساس شدن آنها در برابر سرمازدگی کمک می‌کند. در ضمن قطع کردن ناگهانی آب در اواخر شهریور سبب می‌شود پس از اولین بارندگی پاییزه دوباره گیاه فعال شود.

✓ آبیاری درختان در زمان‌های وقوع سرما یکی دیگر از نکات کلیدی در تعدیل تنش سرمازدگی در باغ‌های استان تهران می‌باشد. در این راستا، لازم است باغداران آمار هواشناسی منطقه خود را از سایتهای هواشناسی ملی یا بین‌المللی (نظیر <https://www.accuweather.com/>) گرفته و چند روز قبل از وقوع سرمای شدید (زیر ۲- درجه در بهار، زیر ۵- درجه در پاییز و زیر ۱۵- درجه در زمستان) باغ‌ها را به روش غرقابی یا شیار آبیاری کنید. تجربه عملی و کاربردی مجری و همکاران طرح در باغ‌های تجاری که به عنوان مشاور حضور داشته‌اند، نشان داده است که باغ‌هایی که در زمان بروز سرما آبیاری می‌شوند، تا ۸۰ درصد از سرما مصون می‌مانند.

✓ توصیه و تشویق باغداران برای استفاده از مشاوران خبره در راستای مدیریت بهتر و افزایش بهره‌وری باغات موجود و کاهش خسارت ناشی از تنش‌ها بویژه سرمازدگی

✓ برگزاری کارگاه‌های آموزشی برای باغداران جهت استفاده مفیدتر از داده‌های موجود در وبسایت‌های هواشناسی

✓ استفاده از بستر فضای مجازی و صدا و سیمای استان تهران برای آموزش باغداران

هر چند علاوه بر عوامل فوق، عوامل متعدد دیگری می‌تواند در کاهش خسارت سرمای دیررس بهاره مفید باشد، اما عوامل اشاره شده در بالا، به عنوان یک دستورالعمل مدیریتی کارآمد و در عین حال ساده به‌شمار می‌رود که با بررسی دقیق میدانی مناطق مورد مطالعه و براساس مشکلات اساسی موجود در این باغات و همچنین براساس تجربیات علمی و عملی مجری و همکاران طرح در سایر باغ‌های تجاری تهیه و تدوین شده است.

فهرست مطالب

فصل اول.....	۱
مقدمه و کلیات.....	۱
۱-۱- مقدمه.....	۱
۲-۱- ضرورت انجام پژوهش.....	۳
۳-۱- اهداف پژوهش.....	۴
فصل دوم.....	۶
مروری بر منابع.....	۶
۱-۲- انواع سرما و نحوه شناسایی آن.....	۶
۲-۱-۱- سرمای جبهه ای.....	۶
۲-۱-۲- سرمای تشعشی.....	۷
۲-۲- اثر تنش سرما بر گیاهان.....	۸
۳-۲- مقاومت گیاهان در برابر تنش سرما.....	۱۶
۴-۲- انواع تنش سرما در درختان میوه.....	۲۲
۲-۴-۱- یخ زدگی زمستانه.....	۲۲
۴-۲-۲- سرمای زودرس پاییزه.....	۲۳
۲-۴-۳- سرمای دیررس بهاره.....	۲۳
۵-۲- ارائه راهکار عملی برای پیش بینی تنش سرما.....	۲۴
۲-۵-۱- استفاده از زنگ اخبار و نظارت بر شرایط آب و هوایی در شب‌های یخبندان.....	۲۴
۲-۵-۲- نحوه شناسایی یخبندان به وسیله باغداران.....	۲۷
فصل سوم.....	۳۰
سیمای باغبانی استان تهران.....	۳۰
۱-۳- استان تهران و سیمای باغبانی آن.....	۳۰
۲-۳- سیمای باغبانی شهرستان دماوند، شمیرانات و شهریار.....	۳۴
فصل چهارم.....	۳۹
مروری بر خسارت تنش سرما در استان تهران.....	۳۹
۱-۴- خسارت سرمازدگی در استان تهران.....	۳۹
۲-۴- خسارت سرما در شهرستان دماوند، شمیرانات و شهریار.....	۴۳
فصل پنجم.....	۴۶
راهکارهای کاهش مخاطرات سرمازدگی در باغ های استان تهران.....	۴۶
۱-۵- روش های غیر فعال مقابله با سرما.....	۴۶

۴۷	.....	۵-۱-۱- مکان احداث باغ
۵۱	.....	۵-۱-۲- روش های ژنتیکی
۵۴	.....	۲-۵- روش های فعال
۵۵	.....	۵-۲-۱- روش های فیزیکی مقابله با سرما و یخ زدگی
۷۴	.....	۵-۲-۲- عملیات به باغی
۷۸	.....	۵-۲-۳- روش های شیمیایی مقابله با سرما و یخ زدگی
۸۴	.....	فصل ششم
۸۴	.....	بررسی تناسب اراضی استان تهران برای کشت درختان گردو، سیب، گیلاس، هلو و شلیل
۸۴	.....	۱-۶- جمعآوری دادهها و مراحل انجام کار
۹۰	.....	۲-۶- پهنه بندی اراضی استان تهران برای کشت درختان گردو، سیب، گیلاس، هلو و شلیل
۹۵	.....	منابع

فهرست جداول

- جدول ۱-۳- سیمای کشاورزی استان تهران و شهرستانهای مورد مطالعه در طرح حاضر در سال ۱۳۹۶ (احمدی و همکاران، ۱۳۹۷) ۳۲
- جدول ۲-۳- سطح زیر کشت و میزان تولید محصولات باغبانی در ایران و استان تهران (احمدی و همکاران، ۱۳۹۷) ۳۳
- جدول ۳-۳- سطح زیر کشت و میزان تولید محصولات باغبانی در استان تهران به تفکیک محصول در سال ۱۳۹۶ (احمدی و همکاران، ۱۳۹۷) ۳۳
- جدول ۴-۳- سطح زیر کشت و میزان تولید محصولات باغبانی در شهرستان دماوند به تفکیک محصول در سال ۱۳۹۶ (منبع: سازمان جهاد کشاورزی استان تهران) ۳۶
- جدول ۵-۳- سطح زیر کشت و میزان تولید محصولات باغبانی در شهرستان شمیرانات به تفکیک محصول در سال ۱۳۹۶ (منبع: سازمان جهاد کشاورزی استان تهران) ۳۷
- جدول ۱-۴- روند تغییرات میزان خسارت (میلیون ریال) انواع مخاطرات به بخش کشاورزی در استان تهران طی سالهای ۱۳۹۶-۱۳۹۱ (منبع: سازمان حفظ نباتات کشور) ۳۹
- جدول ۲-۴- میزان خسارت سرما به باغ های استان تهران به تفکیک شهرستان در سال ۱۳۹۷ (منبع: سازمان جهاد کشاورزی استان تهران) ۴۲
- جدول ۳-۴- میزان خسارت سرما به باغ های استان تهران به تفکیک محصول در سال ۱۳۹۷ (منبع: سازمان جهاد کشاورزی استان تهران) ۴۲
- جدول ۴-۴- میزان خسارت برف و یخبندان بهار ۱۳۹۷ به باغات استان تهران به تفکیک شهرستان (منبع: سازمان جهاد کشاورزی استان تهران) ۴۳
- جدول ۶-۴- میزان خسارت سرما به باغ های شهرستان دماوند به تفکیک محصول در سال ۱۳۹۷ (منبع: سازمان جهاد کشاورزی استان تهران) ۴۴
- جدول ۷-۴- میزان خسارت سرما به باغ های شهرستان شمیرانات به تفکیک محصول در سال ۱۳۹۷ (منبع: سازمان جهاد کشاورزی استان تهران) ۴۴
- جدول ۸-۴- میزان خسارت سرما به باغ های شهرستان دماوند به تفکیک محصول در سال ۱۳۹۷ (منبع: سازمان جهاد کشاورزی استان تهران) ۴۵
- جدول ۱-۵- فهرست تعدادی از بخاریهای باغی و ویژگی آنها ۵۹
- جدول ۲-۵- دماهای پیشنهاد شده آغازی برای آبیاری بارانی بالای شاخ و برگ ۶۵
- جدول ۳-۵- اثر کاربرد مخلوط بوردو در کاهش جمعیت باکتری های مولد هسته یخ در بادام ۸۰
- جدول ۱-۶- طبقه بندی نیازهای پدوکلیمایی برای درختان میوه مورد مطالعه (گردو، سیب، گیلاس، هلو و شلیل) برای تعیین اراضی مستعد کشت گردو در ایران ۸۵

فهرست شکل ها

- شکل ۱-۲- مکانیسم های احتمالی مقاومت گیاهان به تنش سرما..... ۲۱
- شکل ۱-۳- نقشه پهنه بندی حداکثر و حداقل دمای ماهیانه استان تهران در دوره آماری ۲۰۱۴-۲۰۰۴ با استفاده از روش درون یابی کریجینگ (سلیمانی و همکاران، ۱۳۹۷)..... ۳۱
- شکل ۲-۳- نقشه پهنه بندی میانگین بارش تجمعی، میانگین رطوبت نسبی سالیانه و حداکثر سرعت باد اردیبهشت ماه در استان تهران در دوره آماری ۲۰۱۴-۲۰۰۴ (سلیمانی و همکاران، ۱۳۹۷)..... ۳۱
- شکل ۳-۳- نقشه کاربری اراضی در استان تهران (فلاحی و همکاران، ۱۳۹۱)..... ۳۲
- شکل ۱-۴- انجام مطالعات میدانی توسط مجری، همکاران و کارشناسان طرح در راستای برآورد شدت خسارت سرمازدگی در سال ۱۳۹۸..... ۴۰
- شکل ۲-۴- ارزش خسارت سرما (میلیارد ریال) به باغ های استان تهران طی سال های ۱۳۹۷-۱۳۹۲..... ۴۱
- شکل ۱-۵- تغییرات دما به ازای تغییرات ارتفاع در یک سطح شیبدار..... ۵۰
- شکل ۲-۵- سرشاخه کاری درختان گردو با استفاده از ارقام دیربرگ چندلر در شهرستانهای دماوند و فیروزکوه به عنوان یک راهکار مناسب در جهت کاهش خسارت سرمازدگی..... ۵۴
- شکل ۳-۵- کاربرد بخاری باغی با لوله برگردان..... ۵۷
- شکل ۴-۵- کاربرد ماشینههای بادبزنی (مولد باد) در باغهای میوه جهت محافظت درختان در برابر سرما..... ۶۰
- شکل ۵-۵- کاربرد آبیاری بارانی بالای شاخ و برگ به منظور مقابله با سرما..... ۶۳
- شکل ۶-۵- تشکیل یخ روی اندام های گیاه در نتیجه کاربرد آبیاری بارانی بالای شاخ و برگ..... ۶۴
- شکل ۷-۵- کاربرد آبیاری بارانی زیر شاخ و برگ به منظور مقابله با سرما..... ۶۶
- شکل ۸-۵- کاربرد گیاهان علفی به عنوان پوشش سبزی که به دو صورت کامل (الف) و بین ردیف ها (ب) کشت میشود.....! Bookmark not defined.
- شکل ۹-۵- کاربرد فوم (الف)، فایبرگلاس (ب) و پلی اورتان (ج) به منظور پوشاندن تنه درختان مرکبات در برابر سرما..... ۷۱
- شکل ۱۰-۵- کشت بادشکنها در اطراف باغ به منظور جلوگیری از ورود باد و سرما به باغ..... ۷۳
- شکل ۱۱-۵- خسارت سرمای پاییزه و یخبندان زمستانه به زئونوتیهای حساس گردو در شهرستان دماوند، استان تهران..... ۷۶
- شکل ۱-۶- موقعیت مکانی ۲۵ ایستگاه سینوپتیک (نقاط قرمز رنگ) مورد استفاده در پروژه حاضر؛ علاوه بر ایستگاههای سینوپتیک استان تهران، از داده های شهرهای اطراف استان تهران برای امکان انجام درونبایی استفاده شد..... ۸۶
- شکل ۲-۶- مدل مفهومی مورد استفاده جهت تهیه نقشههای پهنه بندی مناطق مستعد کشت گردو، سیب، گیلان، هلو و شلیل در استان تهران با استفاده از نرم افزار GIS..... ۸۸
- شکل ۳-۶- نقشههای پهنه بندی مورد استفاده در طرح حاضر برای دما (A)، نیاز سرمایی (B)، رطوبت نسبی (C)، ارتفاع از سطح دریا (D)، شیب زمین (E) و هدایت الکتریکی (F)..... ۸۹
- شکل ۴-۶- پهنه بندی استان تهران برای کشت درختان میوه معتدله با تاکید بر گردو، سیب، گیلان، هلو و شلیل..... ۹۰
- شکل ۵-۶- پهنه بندی استان تهران از نظر شیب زمین (A) و ارتفاع از سطح دریا (B) (فلاحی و همکاران، ۱۳۹۱)..... ۹۲
- شکل ۶-۶- نقشه پهنه بندی اراضی مستعد کشت گردو در استان تهران (سلیمانی و همکاران، ۱۳۹۷)..... ۹۳

فصل اول

مقدمه و کلیات

۱-۱- مقدمه

تنش در تعریف عام عبارت است از نیرویی که به جسم وارد شود و منجر به تغییراتی در ابعاد (استرین) جسم شود. تنش در واقع به عنوان عامل خارجی قلمداد شده و اثرات سوء بر گیاه به جای می‌گذارد. گیاهان بطور پیوسته هم در شرایط طبیعی و هم زراعی، تحت تاثیر تنش قرار دارند. در بسیاری از تعاریف مربوط به تنش، تنش در گیاهان را فاصله گرفتن از شرایط مطلوب رشد و نمو تعریف می‌کنند بطوری که در چنین شرایطی یک عامل محیطی نامطلوب، خارج از توان گیاه بر گیاه تحمیل شده و منجر به اختلال در تعادل زیستی گیاه می‌شود. تنش به دو دسته زیستی و غیرزیستی تقسیم می‌شوند. تنش-های غیرزیستی مهمترین عوامل کاهش دهنده عملکرد محصولات کشاورزی در سطح جهان هستند. چنانچه تنش‌های محیطی حادث نمی‌شدند، عملکردهای واقعی باید برابر با عملکردهای پتانسیل گیاهان می‌بود، در حالی که متوسط عملکرد بسیاری از گیاهان زراعی و باغی کمتر از ۱۰ تا ۲۰ درصد پتانسیل عملکرد آنان است. از جمله تنش‌های غیرزیستی می‌توان به تنش دما اشاره نمود که این نوع تنش نیز خود به ۳ بخش تنش سرما^۱، تنش یخبندان^۲ و تنش دمای بالا^۳ تقسیم می‌شود (آئینی و همکاران، ۱۳۹۳).

¹ Chilling stress

² Freezing

³ Heat stress

تنش سرما یکی از مهمترین تنش های محیطی موثر در رشد گیاهان و تولید محصولات زراعی است. سرمازدگی و یخ زدگی توزیع جغرافیایی، رشد فصلی و کاهش معنی دار تولید را در بسیاری از گیاهان زراعی و باغی باعث می شوند. در بین تنش های غیرزیستی، تنش خشکی، شوری و سرما به عنوان مهم ترین عوامل محدود کننده تولید محصولات کشاورزی و بویژه باغبانی در دنیا به شمار می روند. بر اساس اطلاعات موجود ارائه شده تنها ۱۰ درصد از کل زمین های قابل کشت دنیا ممکن است بدون تنش سرمازدگی باشند (قاسمی، ۱۳۸۴).

وقوع دماهای پایین نتیجه موازنه گرمایی منفی در سطح زمین است، تنش سرما ممکن است در شب های صاف اوایل بهار و یا اوایل پاییز از نوع تشعشعی به وقوع بپیوندد. در این شرایط زمین در نتیجه رهاسازی تمام انرژی دریافتی از خورشید به صورت طول موج بلند (مادون قرمز) به تدریج سرد شده و در نزدیکی های صبح کاهش درجه حرارت به حداکثر خود می رسد و حداقل دما برای بروز تنش سرما ایجاد می شود. این پدیده در شب های ابری به وقوع نمی پیوندد. همچنین عامل تنش سرما می تواند وزش باد و یا انتقال توده هوای سرد به یک منطقه باشد. در مقیاس محلی، هوای سرد از کوه ها و نقاط لخت به ته دره ها و گودال ها حرکت می کند و در آنجا تجمع می یابد سپس پدیده وارونگی دما به صورت پوشیده شدن این لایه ها به وسیله لایه هایی از هوای گرم تر به وقوع می پیوندد. در سطح میکروکلیم، لایه های هوای سرد در نتیجه تلفات گرما از طریق تشعشع (موج بلند) از زمین و از سطح پوشش گیاهی و هجوم هوای سرد ایجاد می شود. آسیب این نوع سرمازدگی بسیار شدید و مبارزه با آن تاحدی مشکل است. با وقوع سرما، انرژی متابولیکی کمتری در دسترس گیاهان زراعی می باشد، جذب آب و عناصر غذایی توسط آنها محدود می شود، بیوسنتز کمتری حادث می شود، آسیمیلاسیون کاهش می یابد و رشد متوقف می شود. به همین دلیل اکثر گیاهان مناطق گرمسیری و معتدله وقتی در معرض دماهای بالای یخ زدگی (محدوده صفر تا ۱۵ درجه سانتی گراد) قرار گیرند آسیب می بینند. بنابراین می توان گفت مهم ترین عامل تعیین کننده میزان تولید بسیاری از گیاهان در اقلیم های سرد، درجه حرارت است. همچنین در برخی نقاط، فصل رشد به علت سرما کوتاه شده است.

بر اساس گزارش‌های موجود خسارت سرمازدگی باغ‌های در آمریکا سالانه حدود ۳-۴ درصد و در برخی مناطق نظیر برزیل و نیمکره جنوبی حدود ۵ درصد و در ایران حدود ۳-۵/۲ درصد برآورد شده است (USDA, 2017). خسارت سرمازدگی و یخبندان اسفند سال ۱۳۷۵ در مناطق مختلف استان خوزستان بالغ بر ۳۰۰ میلیارد ریال ارزیابی و خسارت سرمازدگی فروردین ۱۳۷۶ باغ‌های استان چهارمحال و بختیاری بالغ بر ۵۰ میلیارد برآورد شده است. در سال ۱۳۸۴ سطح خسارت دیده ناشی از سرمای دیررس بهار در درختان میوه حدود ۵۶۹۳۲۰ هکتار یعنی حدود ۲۵ درصد از باغ‌های کشور بوده است و در نتیجه به خسارت ۱۰۷۷۱۷۰ تن میوه انجامیده که ارزش ریالی آن حدود ۸۴۵۰ میلیارد ریال برآورد شده است. در سال ۱۳۹۵، سرمای دیررس بهار بالغ بر ۱۷۵۳۹/۱ میلیارد ریال به باغ‌های کشور آسیب وارد کرده است که بیشترین میزان خسارت مربوط به استان کرمان بوده است (اسدی و کربلایی، ۱۳۹۵).

۱-۲- ضرورت انجام پژوهش

آمار دقیقی از میزان خسارت تنش سرما بویژه سرمای پائیزه و زمستانه در دست نمی‌باشد و تاکنون مطالعه‌ای در این زمینه صورت نگرفته است. با این وجود، میزان خسارت ناشی از سرمای دیررس بهار توسط سازمان حفظ نباتات مورد بررسی قرار گرفته است. بررسی میزان خسارت سرمای دیررس بهار در سال ۱۳۹۵ نشان داد که سطح خسارت وارد آمده به محصولات باغی (۳۴۱۹۶۴ هکتار) به مراتب بیشتر از محصولات زراعی (۱۰۱۴۲۰ هکتار) است. گزارش شده است که میانگین دمایی که سبب بروز خسارت شده است، دماهای صفر تا ۸- درجه سانتی‌گراد بوده است. این دماها بسته به مراحل فنولوژیک محصول و دمای بحرانی هر محصول درصد خسارت‌هایی از ۱۰ تا ۱۰۰ بوده است. در سال ۱۳۹۵، سرمای دیررس بهار بالغ بر ۱۷۵۳۹/۱ میلیارد ریال به باغ‌های کشور آسیب وارد کرده است که بیشترین میزان خسارت مربوط به استان کرمان بوده است. سرمای دیررس بهار در سال ۱۳۹۵ سبب کاهش ۴ درصدی محصول باغ‌های استان تهران شد که ارزش ریالی این خسارت، بالغ بر ۲۱/۳ میلیارد ریال بوده است (اسدی و

کربلایی، ۱۳۹۵). این در حالی است که در سال‌های اخیر، با توجه به تشدید پدیده تغییر اقلیم، میزان خسارت ناشی از سرمای دیررس بهاره به طور معنی‌داری افزایش یافته است. به طوری که براساس آمار ارائه شده توسط سازمان جهاد کشاورزی استان تهران، در سال ۱۳۹۷، سرمای دیررس بهاره بالغ بر ۸۱۵۰ میلیارد ریال به باغ‌های استان تهران خسارت وارد کرده است که در این میان، بیشترین میزان خسارت گزارش شده مربوط به شهرستان‌های دماوند، فیروزکوه و شمیرانات بود. از این‌رو، هر راهکاری که بتواند حتی به میزان کم، درختان میوه را در برابر خسارت سرما محافظت نماید، نقش موثری در بهبود تولید این محصولات خواهد داشت.

۱-۳- اهداف پژوهش

ایران (Persia) یکی از مراکز مهم پراکنش و تنوع گونه‌های درختان میوه در دنیا می‌باشد که طیف وسیعی از درختان میوه معتدله، نیمه‌گرمسیری و گرمسیری در آن کشت و کار می‌شود. در حال حاضر، سطح زیر کشت و تولید سالیانه درختان میوه کشور به ترتیب در حدود ۲/۷ میلیون هکتار و ۱۹ میلیون تن است. ایران با تولید بیش از ۲ درصد از میوه دنیا، در جایگاه ۸ تا ۱۱ تولید میوه جهان قرار دارد و در برخی از محصولات از جمله پسته جزء کشورهای پیشرو در تولید و تجارت جهانی آن می‌باشد (FAO, 2017). با این وجود، تنش‌های غیرزیستی بویژه خشکی، شوری و دمای پایین به طور قابل توجهی تولید میوه در کشور را تحت تاثیر قرار داده و باعث کاهش عملکرد می‌شود. در این بین و در سال‌های اخیر با تشدید پدیده تغییر اقلیم، وقع تنش سرما بویژه سرمای دیررس بهاره و سرمای زودرس پائیزه در باغ‌های کشور افزایش یافته است. به‌منظور به حداقل رساندن خسارت‌های سرما و یخبندان در نواحی مستعد، آگاهی از توزیع کشت در این نواحی و دانش کامل از فراوانی، تداوم و زمان رخداد سرما و یخبندان‌ها مورد نیاز است. در این راستا، لازم است تا مطالعات پایه در زمینه بررسی میزان و نوع خسارت تنش سرما در سطح استان‌های کشور صورت گرفته و بهترین راهکارهای مدیریتی و همچنین برنامه‌های بلندمدت برای کاهش خطرات سرما تبیین گردد. طرح حاضر با هدف بررسی میزان و نوع خسارت سرمازدگی در سطح استان تهران (شامل مناطق شمیرانات، شهریار، دماوند) و ارائه راهکارهای کوتاه و بلند مدت مدیریتی و

پایه در راستای کاهش مخاطرات تنش سرما برای محصولاتی مانند گردو، سیب، گیلاس، هلو و شلیل انجام گرفت.

فصل دوم

مروری بر منابع

۲-۱- انواع سرما و نحوه شناسایی آن

دو نوع سرما ممکن است در هر منطقه بوجود آید:

۱-۱-۲- سرمای جبهه ای

این نوع سرمازدگی که با نام‌هایی همچون انتقالی، فرارفتی، جابه‌جایی، بادی و وزشی نیز می‌شناسند، عبارت است از سرمایی که در اثر هجوم یک جریان سرد قطبی و عبور آن از منطقه پیش می‌آید که موجب تقلیل شدید و ناگهانی دما و سقوط دما به زیر صفر می‌شود. این جریان اغلب توأم با نزولات آسمانی بوده و خاصیت کلی آن‌ها این است که همواره از یک جای دیگر به منطقه منتقل و نفوذ می‌کنند و محلی نمی‌باشند و بیشتر در دوران خواب درختان در دوره غیر فعال، یعنی زمستان بروز می‌کنند که درختان میوه سردسیر تا حد زیادی در مقابل آن مقاومت و دوام دارند. البته به ندرت در بعضی سال‌ها چنین سرماهایی در اوایل فصل بهار و خزان دیده می‌شود و موجب خسارات سنگین باغداران می‌گردد (شکاری، ۱۳۹۱). در استان تهران نیز عمده خسارت سرمازدگی مربوط به سرمای تشعشی بوده که هر ساله خسارت سنگینی به باغ‌های میوه استان وارد می‌کند. با این وجود، در برخی ساله‌ها، شاهد خسارت سرمای انتقالی یا جبهه ای می‌اشیم.

۲-۱-۲- سرمای تشعشی

سرمایی که کاملاً منطقه‌ای بوده و در یک محدوده معین و محیط محدود بدون اینکه هوای سردی از سایر جاها به منطقه نفوذ کند، در اثر تشعشع در خود محل بوجود می‌آید. این نوع سرما بر خلاف سرمای اول، همواره در شب‌های ساکت و آرام بدون ابر، باد، برف و باران پدید می‌آید و اگر در اواخر زمستان یا اوایل بهار بروز کند خطرناک است. در استان تهران، عمده خسارت وارد شده به باغات استان در نتیجه وقوع سرمای تشعشی می‌باشد. همواره خطر بروز سرمای محلی یا منطقه‌ای در شب‌های آرام، بدون ابر و باد وجود دارد. در اثر تشعشع در شب‌های صاف، درجه حرارت درختان و شکوفه‌ها چند درجه کمتر از دمای عمومی باغ می‌گردد. در مواقعی که جریان هوای سرد وجود دارد، باغ‌هایی که در دامنه‌ها قرار دارند سلامت می‌مانند و باغ‌هایی که در گودی‌ها و پستی‌ها قرار گرفته‌اند در معرض خطر سرمای بهاره می‌باشند. وزش بادهای خفیف هوای گرم سقف هوا را با هوای سرد سطح باغ مخلوط کرده و چند درجه هوا را تعدیل می‌کند (خالدی، ۱۳۸۲).

با توجه به اینکه بروز سرمای دیررس بهاره و زودرس پائیزه بیشتر از حداقل درجه حرارت در زمستان، دامنه رشد و تولید درختان میوه سردسیر را محدود می‌کند، توجه به بروز این نوع سرماها یعنی سرمای تشعشی از اهمیت زیادی برخوردار است. مناطق زیادی را می‌توان یافت که علی‌رغم داشتن کلیه شرایط مساعد، تنها به علت بروز مکرر هوای سرد بهاری که شکوفه و میوه‌های جوان را در یک شب از بین می‌برد کشت و پرورش پاره‌ای از میوه‌ها به صورت تجارتي در سطح وسیع در آن نقاط میسر نبوده است. این محدودیت بیشتر در مورد آن دسته از درختان میوه است که در بهار زودتر از سایر درختان، مانند بادام و زردآلو و تا حدی هلو شکوفه می‌دهند. هوای نامساعد که مانع پرورش این قبیل درختان است، امکان دارد در یک منطقه به طور گسترده وجود نداشته باشد و یا در ناحیه‌ای که کشت و پرورش این درختان کاملاً موفقیت‌آمیز و بی‌خطر است، به علت شرایط خاص توپوگرافی (پستی و بلندی سطح زمین) و اقلیمی، در معرض سرماهای دیررس بهاره و زودرس پائیزه قرار گیرند و نتوان در این نقاط به پرورش این محصولات بدون خطر اقدام کرد. بنابراین نباید تصور کرد هر محصولی را می‌توان در هر

شرایط آب و هوایی کشت نمود و یا بالعکس نباید با وجود باغ‌های چندین ساله در یک منطقه، تصور نمود بروز یک سرمای منطقه ای غیرعادی در یک منطقه موجب گردد که از کشت و پرورش درختان میوه مناسب در آن مناطق صرف نظر نمود (یداللهی و همکاران، ۱۳۹۱).

۲-۲- اثر تنش سرما بر گیاهان

اثرات تنش سرما در فرآیندهای مختلف گیاهی از قبیل جوانه زنی، فتوسنتز، عملکرد و کیفیت میوه دارای اهمیت اقتصادی بوده و قابل اندازه گیری است. آثار اولیه تنش سرما عبارتند از: تغییر رنگ، کلروز، کاهش عمومی رشد، تخریب بافت‌های سلولی، عدم جوانه زنی بذور، عدم انتقال مواد فتوسنتزی، عدم جذب عناصر غذایی. از نظر فیزیولوژیکی برخی از آثار این تنش الاستیک^۱ برگشت پذیر خواهند بود و با رفع دوره سرما بهبود خواهند یافت. مانند کاهش موقت فتوسنتز، توقف رشد سلولی و کاهش جذب آب و مواد معدنی. برخی از آثار دیگر این تنش مانند فتوسنتز در اثر تخریب کلروپلاست ها غیرقابل برگشت یا پلاستیک^۲ می باشند. از نمونه‌های دیگر آثار غیرقابل برگشت تنش سرمای می توان اثر بر تنفس و پیری زودرس را نام برد (Liu et al., 2018).

اثرات تنش سرما و تغییرات ناشی از وقوع تنش در سطح سلولی و اندام‌ها بروز می‌کند که بازتاب آن در سطوح بالاتر اندام‌های گیاهی مشاهده می‌شود. وقتی دما به حد آستانه برسد ساختارهای سلولی و فعالیت‌های آن ممکن است به طور ناگهانی آسیب ببینند به طوری که پروتوپلاسم بلافاصله از بین می‌رود و در اثر خسارات وارده به غشاها و اختلال در تامین انرژی سلولی ممکن است مرگ سلولی وقوع یابد. بررسی واکنش‌های سلولی در مقابله با سرما، پدیده‌هایی نظیر از دست‌دادن فشار تورژسانس، واکنشی شدن، برهم خوردن تعادل غشای سیتوپلاسمی، وزیکوله شدن، کاهش جریان سیتوپلاسمی و اختلال کلی در اندام‌ها را نشان می‌دهد. بنابراین از بین اختلالات ذکر شده، تغییر حالت فیزیکی غشا و در نتیجه برهم خوردن تعادل غشا سلولی بیش از سایر موارد انجام می‌گیرد به گونه‌ای که بخش اساسی از ساختار

^۱ . elasticity

^۲ . plasticity

غشا مانند فعالیت آنزیم‌های چسبیده به غشا و فعالیت‌های بین غشا و سیتوپلاسم دچار اختلال می‌شود (Shewfelt, 1992).

مطالعات نشان می‌دهد که اختلال در غشاها که به دنبال وقوع تنش و در نتیجه افزایش شدت و تداوم مدت تنش رخ می‌دهد بر دیگر اختلالات سلولی مقدم است. اولین مدرک در تایید آسیب‌پذیری غشاها در نتیجه مواجه شدن با تنش سرما و تغییر در حالت فیزیکی غشاست که باعث کاهش نفوذپذیری انتخابی و فعالیت معمول آن شده و فعالیت‌های سلولی و اندامک‌ها را مختل می‌کند. در نتیجه این تغییر، متابولیت‌ها و یون‌ها به صورت کنترل نشده بین اجزای مختلف سلول مبادله می‌شوند، محتویات سلولی به بیرون نشت می‌کند. در اثر عدم هماهنگی فرآیندهای متابولیکی و کاهش انرژی به علت تبدیل تنفس هوازی به غیرهوازی، مواد سمی تجمع پیدا می‌کنند. در نتیجه این به هم ریختگی، ساختارهای درون-سلولی از بین می‌رود. در مطالعات مختلف و در نتیجه به کارگیری روش‌های مختلف، محققین نتایج مختلفی را از نظر نحوه تفکیک حالت‌های مختلف غشا در دماهای پایین به دست آورده‌اند. واضح است که آسیب‌های ناشی از تنش سرما به نوعی با تغییرات مولکولی در نظم لیپیدهای غشا ارتباط دارد و این تغییرات نیز با نحوه عمل غشا ارتباط زیادی دارد، احتمالاً چنین تغییراتی با حدود بحرانی و آستانه دمایی خاص مرتبط نیستند اما بیشتر در محدوده درجه حرارت‌های تنش‌زا روی می‌دهند. در دماهای پایین، انجماد اسیدهای چرب از افزایش طول زنجیر و یا کاهش تعداد پیوندهای اشباع شده، حاصل می‌شود. با این وجود افزایش دما موجب تغییر غلظت ساختار لیپیدی سلول‌ها و افزایش سیالیت آن‌ها می‌شود (میر محمدی میبیدی و ترکش اصفهانی، ۱۳۸۴).

اختلال در غشا به صورت اختلال در فعالیت بخش‌های ساختاری که جزء اصلی ساختمان غشا محسوب می‌شوند (مانند اختلال در آنزیم‌هایی که محل حضورشان در غشا است و یا اختلال در فعالیت‌هایی که به اثر متقابل بین غشا و سیتوپلاسم مربوط می‌شود) بروز پیدا می‌کند. آشکارترین و معمول‌ترین نتیجه قابل مشاهده خسارات ناشی از سرما به غشا پلاسمایی، افزایش نشت محلول‌های سلولی نظیر پتاسیم، آمینواسیدها، کربوهیدرات‌ها و در مجموع الکترولیت‌های مختلف به خارج از سلول می‌باشد. در

واقع تغییر حالت غشا در این مرحله قابل برگشت می‌باشد. ترکیب لیپیدی غشا دو لایه‌ای در چگونگی واکنش آن در مقابل دما بسیار حائز اهمیت است. هر چه درجه اشباع اسیدهای چرب غشا بیشتر باشد دمای بالاتری جهت ایجاد تغییر حالت در غشا لازم است. به عبارت دیگر اسیدهای چرب اشباع نشده باعث ایجاد مقاومت بیشتر گیاه در مقابل تنش سرما می‌شود (Badea and Basu, 2009).

تنش سرما ممکن است همچنین باعث ایجاد تغییراتی در ساختار فضایی پروتئین‌ها شود. علیرغم نقش زیاد پروتئین‌ها در تنش گرما که بسیار مهم می‌باشد. در نتیجه رویارویی گیاه با تنش سرما، در فعالیت آنزیم‌هایی تغییر ایجاد می‌شود که محل حضورشان در غشا می‌باشد. آنزیم‌ها به علت داشتن محدوده دمایی ویژه، تنها در آن محدوده از دماها، فعال می‌باشند. بنابراین در خارج از محدوده دمایی ویژه یک آنزیم خاص، ممکن است در سلول گیاهی تجمع پروتئین‌ها اتفاق بیافتد و پارگی غشاها باعث تخریب فضا بندی سلولی گردد. در این شرایط آنزیم‌ها با سوبستراهایی که اختصاصی نیستند تماس حاصل نموده، باعث وقوع برخی از واکنش‌ها می‌شوند. این واکنش‌ها قادرند مسیر حرکت یون‌ها، آب و مواد آلی را تغییر دهند. ایجاد تغییر در فعالیت این آنزیم‌ها بیشتر ناشی از تغییر حالت در غشا (کمتر نتیجه تغییر در مولکول‌های پروتئین) می‌باشد و این تغییرات در دماهایی شدت می‌یابد که باعث ایجاد تغییر حالت غشا سلول‌ها می‌شوند (Yadav, 2010).

اثر تنش سرما روی فتوسنتز و تعرق گیاهان از جمله اثرات تنش سرما بر فیزیولوژی گیاه است. دما روی سیستم فتوسنتزی دارای اثر مستقیم است و اثر خود را از طریق فرآیندهای ثانویه دیگر اعمال نمی‌کند که به تغییرات در نفوذ پذیری غشاها و تخریب آنها منجر می‌شوند. در دماهای پایین شدت فتوسنتزی کاهش می‌یابد. اگرچه قرار گرفتن در معرض درجه حرارت‌های پایین می‌تواند بر بسیاری از فرآیندهای فیزیولوژیک اثر سوء داشته باشد. اثر آن روی فتوسنتز به عنوان عامل مهم و موثر در استقرار اولیه گیاه مطالعه و شناخته شده است. فتوسنتز خالص گیاهان دچار تنش، به علت توقف جریان سیتوپلاسمی، کاهش انرژی حاصل از تنفس و فراهم نبودن فسفات‌های غنی از انرژی کاهش می‌یابد. این کاهش معمولاً با افت بیشتر دما بیشتر شود تا زمانی که دما به نقطه بحرانی معینی برسد. با کاهش مجدد

دما تمام واکنش های فتوسنتزی دچار افت بیشتر می شود هنگامی که دما به پایین تر از مقدار اپتیمم کاهش یابد تمام واکنش های فتوسنتزی مطابق با ضریب حرارتی مربوط به خودشان کاهش می یابند. کاهش فتوسنتز ممکن است به علت آشفستگی در تولید کلروفیل و به هم خوردن کلروپلاست باشد. اختلال در تولید کلروفیل و آسیب های وارد بر عمل کلروپلاست قطعا ناشی از تنش سرما هستند. این حالت زمانی بروز می کند که رنگ سبز معمول برگ ها، تحت شرایط تنش از بین برود (Larcher and Winter, 1981; Larcher, 2004).

رویاری با دمای سرد باعث اختلالاتی در فعالیت آنزیم های ویژه ای می شود که ظاهرا تنوع ژنتیکی گسترده ای برای آن ها وجود دارد. فراوان تر، طولانی تر و سردتر شدن دوره های دمای کم باعث می شود نتایج زیانبار برای گیاه افزایش یابد. به ندرت گیاهان بلافاصله بعد از تنش سرما و افزایش دما بهبود می یابند. تابش شدید در طول یا بلافاصله بعد از دوره سرما، صدمه به کلروپلاست ها را افزایش می دهد و بهبودی را به تاخیر می اندازد یا متوقف می کند. در گیاهانی که به ویژه حساسیت دارند خطر تخریب کلروفیل مخصوصا در اثر اکسیداسیون نوری وجود دارد. در گیاه سورگوم فعالیت فسفوانول پیرووات کربوکسیلاز به عنوان عامل کاهش فتوسنتز در تنش سرما پیشنهاد شده است و یا در ذرت، دماهای پایین شبانه عامل کاهش تثبیت دی اکسید کربن در پی روز گرم و سنتز نشاسته، مشاهده شده است. به خاطر نقش متفاوتی که آنزیم ریبولوز ۱ و ۵ بیس فسفات کربوکسیلاز در گونه های C_3 و C_4 دارد این آنزیم در بین ترکیبات مختلف حساس به سرما در سیستم فتوسنتزی گیاهان C_4 از اهمیت بیشتری برخوردار است. واکنش های فتوشیمیایی به دما بستگی ندارد بنابراین تولید ATP و NADPH ممکن است در دماهای نزدیک به نقطه انجماد ادامه یابد. ریبولوز بیس فسفات کربوکسیلاز و فروکتوز بیس فسفات فسفاتاز احتمالا در دماهای پایین در چرخه متابولیسم کربن محدود کننده می باشند. فعالیت فسفوانول پیرووات کربوکسیلاز به عنوان عامل کاهش فتوسنتز در گیاه سورگوم شناخته شده است. شدت تنفس و همانندسازی گیاهان نیز در رویاری با تنش سرما تقلیل پیدا می کند. لیکن واکنش های فتوشیمیایی تغییر نمی کنند مگر اینکه یک انباشتگی از فرآیندهای نهایی واکنش های نوری همراه با

پاسخ، موجب کاهش سرعت واکنش‌های نوری (فتوشیمیایی) گردد. نتیجه بارز این رویدادها انباشته شدن نیروی احیا کنندگی به صورت اشکال احیایی NADP است. قطع مصرف NADP در فرم احیایی تنها موجب فسفوریلاسیون چرخه‌ای می‌شود و این عمل سنتز پروتئین‌ها و فسفولیپیدها را سبب می‌شود که به ATP نیاز دارند. هرگاه رشد در اثر تقلیل دما متوقف شود مواد تولیدی قابل مصرف در رشد انباشته می‌شوند. یکی از تغییراتی که غالباً در توسعه مقاومت به آن اشاره می‌شود افزایش پروتئین‌های محلول است (میر محمدی میبیدی و ترکش اصفهانی، ۱۳۸۴؛ Yadav, 2010; Kubien et al., 2003).

به عبارتی هنگامی که فرآیندهای آنزیمی تثبیت گاز کربنیک، به علت پایین بودن دما، کم و یا قطع شوند ممکن است تغییری در سیستم فتوسنتزی از تولید قندها به فتوفسفریلاسیون چرخه‌ای و سنتز پروتئین‌ها ایجاد شود و هرگاه رشد متوقف گردد همان‌گونه که در دانه‌ها و گیاهان دائمی روی می‌دهد دچار خواب می‌شوند. موادی که معمولاً در همانندسازی مواد جدید سلولی مشارکت می‌کنند ممکن است در سلول انباشته شده و به سنتز پروتئین‌ها اضافه شوند. این عمل به صورت بخشی از واکنش‌های فرآیندهای ایجاد تحمل تدریجی دمای پایین درمی‌آید. در مزرعه در هنگام طلوع خورشید وقتی دما پایین تر از ۱۲ درجه سانتی گراد می‌رسد اختلالاتی در فعالیت‌های آنزیمی برگ‌های ذرت مشاهده می‌شود. این تغییرات به ممانعت نوری سرما در فتوسیستم ۲ نسبت داده می‌شود. ممانعت نوری وقتی اتفاق می‌افتد که میزان به دام افتادن نور (فوتون) از آن حدی که کلروپلاست توانایی انتقال و تبدیل انرژی آن به انرژی شیمیایی را دارد فراتر رود. ممانعت نوری حتی می‌تواند در دمای زیر ۲۰ درجه سانتی گراد در شدت نوری بسیار پایین تر از شدت کامل نور آفتاب رخ دهد. ترکیب ادامه روند به دام افتادن نور بدون انتقال موثر انرژی به دست آمده به آسمیلاسیون کربن، بسیار خطرناک است. زیرا انرژی به دست آمده به گیرنده‌های الکترون (مانند اکسیژن) که از لحاظ شیمیایی فعال شده، رادیکال‌های آزاد تشکیل می‌دهد این رادیکال‌ها سریعاً باعث آسیب به سلول می‌شوند که در نهایت موجب ایجاد فنوتیپی خاص از جمله نکروزه شدن و قهوه‌ای شدن برگ‌ها می‌شوند.

انتقال الکترون نیز یکی از محدودیت‌های مهم ناشی از تنش سرماست که دمای وقوع آن بستگی به محدوده دمایی دارد که لیپیدهای غشا کلروپلاست در آن فعال هستند. آسیب وارده بر غشا تیلاکوئیدها در نتیجه ممانعت نوری به صورت کاهش در مقدار مطلق عملکرد تبادل دی‌اکسیدکربن، میزان جذب نور اشیا از دی‌اکسیدکربن و کاهش کارایی کلروپلاست در انتقال الکترون در گیاهچه‌های ذرت، ظاهر می‌شود. به نظر می‌رسد که آسیب نوری ناشی از درجه حرارت قابل برگشت باشد با این حال میزان بهبود این آسیب‌ها بستگی به درجه حرارت پس از آن و سطح نور دارد (Baker et al., 1994; Levitt, 1980).

وقوع درجه حرارت‌های پایین در شب بلافاصله پس از سپری شدن روزی گرم، می‌تواند مقدار تثبیت دی‌اکسیدکربن و در نتیجه مقدار تجمع نشاسته در کلروپلاست را به عنوان یک پاسخ کاهش دهد. با نزول بیشتر دما کل فرآیند کلروفیل‌سازی متوقف می‌شود و رنگ برگ‌ها به سفیدی تا زردی می‌گراید که نشانگر کمبود کلروفیل مخصوصاً در شرایط تابش شدید آفتاب است. اگر چه ظاهراً توقف سنتز کلروفیل با دماهای بحرانی در ارتباط است اما با اطلاعات موجود کمتر می‌توان توجیهی در مورد توالی فرآیندهای مختلف فتوسنتزی و خواص کمی فرآورده‌های این فرآیندها از نظر اثر بر میزان تولید بیوماس در دماهای پایین پیدا کرد. اکثر نتایج اصولاً کیفی هستند این مسأله ممکن است بیشتر مربوط به مقدار ضریب حرارتی این فرآیندها و یا مربوط به دماهایی باشد که در آن، این فرآیندها به طور شدید دچار اختلال می‌گردند. تحقیقات نشان می‌دهد که دماهای پایین بر تقسیم بندی فرآورده‌های فتوسنتزی در سطح کلروپلاست، از طریق تغییر نسبت میزان تثبیت دی‌اکسید کربن و میزان انتقال مواد فتوسنتزی تاثیر می‌گذارد. بنابراین تجمع کربوهیدرات در کلروپلاست می‌تواند علت اصلی توقف فتوسنتز در دماهای بحرانی پایین باشد (صدور کربوهیدرات به خارج بیش از تثبیت دی‌اکسید کربن آسیب می‌بیند و این باعث تجمع کربوهیدرات در کلروپلاست می‌شود). نتایج اخیر در مورد چندین گیاه حساس به سرما نشان می‌دهد که احتمالاً سمیت می‌تواند یکی از عوامل موثر در آسیب‌های ناشی از تنش سرما باشد. در تنش سرما بازدارنده آنزیم کاتالاز القا می‌شود. بافت‌های گیاهی در حالت طبیعی دارای آب اکسیژنه هستند. در هنگام آسیب‌دیدگی بافت‌ها، آب اکسیژنه بوسیله آنزیم کاتالاز از بین می‌رود. اثر بازدارندگی آنزیم کاتالاز

در گیاهان تحت تنش سرما باعث نشت آب اکسیژنه از سلول های آسیب دیده می شود که این خود به عنوان یک منبع تولید رادیکال های آزاد اکسید کننده (که خود باعث تشدید وضعیت تنش می شود) می- باشد (Yadav, 2010).

در سطوح بالاتر اندام گیاهی، تنش سرما باعث آسیب هایی از قبیل ایجاد گیاهچه های ضعیف، توقف در رشد، پژمردگی، کلروز، نکروز، ضعیف شدن میوه ها و غیره می شود. اغلب در گیاهان تحت تنش سرما تنش آب نیز مشاهده می شود. این پدیده بیشتر به محیط ریشه مربوط می شود چرا که ریشه های دست نخورده و تحت تنش سرما (نه ساقه ها) باعث پژمردگی گیاه می شوند. دماهای پایین باعث افزایش شدید مقاومت هیدرولیکی ریشه می شوند. به نظر می رسد که افزایش مقاومت ریشه بیشتر به مسیرهای عبور مواد در ریشه مربوط می شود، جایی که اختلال در غشا به عنوان عامل اصلی افزایش مقاومت مطرح است. اینکه فرض شود اختلال غشا باعث افزایش مقاومت فیزیکی در برابر جریان می شود غیرمنطقی به نظر می رسد. بنابراین این پدیده ممکن است به تایید این فرضیه پردازد که مقاومت ریشه ای، تنها از عوامل فیزیکی ناشی نمی شود بلکه عوامل متابولیکی در آن نقش دارند. بری و رایسون (۱۹۸۱) گزارش کردند که رشد ریشه در درجه حرارت های بسیار بالاتر از درجه حرارت بحرانی تنش سرما، کاهش می یابد. کاهش رشد ریشه در اثر کاهش دما، خود باعث کم شدن ظرفیت جذب آب و مواد معدنی توسط ریشه (حتی در دمای ۲۰ درجه سانتی گراد) و به دنبال آن ظهور اثرات ثانویه ناشی از کمبود مواد غذایی و اختلال در رشد گیاه می شود. دماهای پایین موجب کاهش سنتز و جابجایی ترکیبات رشدی سنتز شده در ریشه ها می گردند. این مواد سیتوکنین ها، آمینو اسیدها و تعدادی از ویتامین ها را شامل می شوند. زمانی که تنش سرما آن قدر شدت داشته باشد که بتواند باعث آسیب های غیر قابل برگشت در ریشه شود، بهبود رشد مجدد ریشه و فعالیت های آن بعد از رفع تنش سرما، بسته به شدت و طول مدت تنش وقوع یافته متفاوت خواهد بود. اثر مستقیم تنش سرما بر برگ ها را می توان از روی وضعیت آب آن ها و واکنش روزنه ها مشاهده نمود به گونه ای که در شرایط وقوع تنش سرما، روزنه ها در وضعیت کاملاً باز باقی می مانند. بنابراین می توان نتیجه گرفت که در دماهای پایین، در انتقال مواد در گیاهان و در شکل و مقدار

مواد انتقال یافته تغییراتی رخ داده و باعث کاهش رشد ریشه می‌شود. بدین معنی که کاهش در تقاضا برای فرآورده‌های فتوسنتزی وجود دارد که ممکن است این مواد در ساقه‌ها و برگ‌ها باقی بمانند و سبب افزایش ضخامت در برگ‌ها و وزن خشک آن‌ها گردد (Berry and Raison, 1981). دماهای نسبتاً پایین ممکن است تنش آبی را همراه با افزایش اسیدآبسیزیک و کاهش اسید جیبرلیک موجب شوند (Rikin, 1979). همچنین این هورمون تحمل سرمایی درختان افرا را افزایش می‌دهد، سنتز اسید جیبرلیک به ظاهر با کاهش تدریجی مقاومت ارتباط پیدا می‌کند و می‌تواند با به کار بردن هورمون اسیدآبسیزیک و سایر بازدارنده‌ها متوقف گردد. وضعیت آب برخی از گیاهان تحت تنش، در اثر کاربرد هورمون اسیدآبسیزیک بهبود یافته است، این یافته به نوعی نقش هورمون اسیدآبسیزیک را در افزایش مقاومت گیاهان به تنش سرما نشان می‌دهد (Rikin, 1981). همچنین تجمع این هورمون در گیاهان تحت تنش سرما باعث تایید نقش این هورمون در مقاوم نمودن گیاهان نسبت به تنش سرما شده است. در حالت کلی سیتوکنین، مقاومت به آستانه‌های دمایی مینیمم و حداکثر را افزایش می‌دهد. در برخی از گیاهان پلی آمین‌ها مثل دی آمین‌های قلیایی با زنجیره طویل در تقلیل شدت آسیب ناشی از سرما موثر بوده است. ترکیبات شیمیایی نظیر ۲-آمینو ۶-متیل بنزوئیک اسید (انگور)، نفتالین استیک اسید (پرتقال) و پلی اتیلن گلاکول نیز باعث القا ویژگی‌های تحمل به سرما در گیاهان می‌شوند. ویلسون در سال ۱۹۸۳ فرضیه زیر را ارائه نمود که در گیاهان حساس به سرما، مقاومت بیشتر به خشکی ممکن است توانایی مقاومت در برابر تنش سرما را نیز بهبود بخشد. دمای پایین نه تنها باعث کاهش جوانه‌زنی می‌شود بلکه به دنبال آن موجب کاهش میزان رشد گیاهچه‌ها و میزان تجمع ماده خشک در آن‌ها می‌شود (Berry and Raison, 1981).

یکی دیگر از مهم‌ترین مراحل رشد گیاه که در عمل از تنش سرما شدیداً تأثیر می‌پذیرد مرحله گلدهی است. بحث در مورد مقاومت به سرما در مرحله گلدهی تا حدود زیادی مربوط به مقدار رشد غیر-طبیعی گل و یا عدم تشکیل بذر و میوه در دماهای پایین است که مربوط به بحث سرما نمی‌باشد. در توت‌فرنگی عقیم بودن دانه‌گرده در درجه حرارت‌های پایین در دوره گلدهی، عامل اصلی ضعف بذرها و

میوه‌ها در درجه حرارت‌های سرد می‌باشد. اگر چه کاهش باروری دانه گرده در شرایط تنش بیشتر مربوط به مورفولوژی بساک و میزان پرولین دانه گرده است. کاهش مقدار دانه گرده تولید شده در شرایط تنش سرما نیز می‌تواند مقدار تشکیل میوه را کاهش دهد (Simon et al., 1976). علاوه بر عوامل فوق، عواملی چون طول روز، تابش آفتاب و زمانی از روز که درجه حرارت پایین اتفاق می‌افتد نیز روی مقدار تشکیل میوه در دمای پایین اثر دارد. دمای پایین می‌تواند به صورت بارزی باعث تغییر شکل گل یا اجزای گل شود که در نهایت باعث عقیم شدن گل از نظر فعالیت و نیز تشکیل میوه‌های بد شکل گردد که کیفیت و بازار پسندی مطلوبی ندارند. از مقایسه میوه‌های حاصل از گل‌های تحت تنش سرما با تخمک‌های لقاح یافته در شرایط معمولی مشاهده شده است که این گل‌ها دارای تعداد دانه بسیار کمتر و میوه‌های کوچکتر و بد شکل بودند. بدشکلی میوه‌ها می‌تواند نتیجه‌ای از تاثیر دماهای پایین بر رشد و نمو تخمدان باشد. تخمدان‌ها ممکن است سقط شده یا میوه‌های پارتنوکارپ تولید کنند که در این شرایط ممکن است سرنوشت تخمک‌ها تحت تاثیر تنظیم کننده های رشد قرار گیرد. لقاح و وجود دانه در میوه مقدار رشد میوه را افزایش می‌دهد. به هر حال رشد میوه نیز به نوبه خود تا آن حد که رشد و فعالیت گل اجازه دهد به ندرت در شرایط سرد متوقف می‌شود. از طرفی دماهای کمی پایین طی دوران رشد ممکن است حتی اندازه میوه را افزایش دهد و رنگ آن را تحت تاثیر قرار دهد. بنابراین اثرات تنش سرما در تولید میوه های تغییر شکل یافته، عموماً در رشد و فعالیت گل‌های تحت شرایط تنش متمرکز می‌شود و در این میان تخمک‌ها اهمیت بیشتری دارند. برخی از تفاوت‌های موجود بین گونه‌های مختلف از نظر تولید میوه‌های قابل عرضه به بازار در شرایط تنش سرما، براساس توانایی متنوع این گونه‌ها در تولید میوه پارتنوکارپ تعیین می‌شود.

۲-۳- مقاومت گیاهان در برابر تنش سرما

بسیاری از درختان میوه مناطق معتدله سردادوست، در حالت عادی قادر به ادامه زندگی در دماهای بحرانی هستند و به سرما مقاوم می‌باشند. از سوی دیگر، درختان مناطق گرمسیری و نیمه گرمسیری، سطوح متفاوتی از مقاومت را نشان می‌دهند و در این راستا تلاش‌هایی در جهت شناسایی

مقاومت آن‌ها در برابر تنش سرما صورت گرفته است. یکی از ساده‌ترین روش‌ها، در معرض قرار دادن گیاهان با دماهای پایین و بررسی آسیب ناشی از تنش سرما است. روش دیگر مشاهده جوانه زنی بذر در دماهای پایین است. شواهد اولیه نشان می‌دهد که گیاهانی که حساس به سرما هستند می‌توانند تحت شرایط باغ مقاوم شده و بدین ترتیب قادر به بقا در دماهای سرمازدگی شوند. سن فیزیولوژیکی در حساسیت گیاهان به آسیب سرما موثر می‌باشد. بنابراین تغییرات تکاملی تحت اثر دماهای پائین صورت می‌گیرد و ممکن است در اثر تغییر ایجاد شده در فاز دمایی گیاه مقاوم یا حساس شود. میوه انبه و موز اگر در دمای پایین ۱۳ درجه سانتی‌گراد به مدت ۵ روز نگهداری شوند اختلالاتی در طول فاز پیش از کلیماکتریک (اما نه در طول فاز کلیماکتریک) رخ می‌دهد (یداللهی و همکاران، ۱۳۹۱).

ارتباط رویدادهایی نظیر ژله‌ای شدن ساختارها، افزایش حجمی پروتوپلاست، بازیابی نظم ساختمان ارگانلی، توسعه شبکه آندوپلاسمی و افزایش در پروتئین‌های محلول با افزایش تدریجی مقاومت گیاهان به دماهای پایین به خوبی گزارش شده است. از آنجا که آسیب‌های ناشی از تنش سرما با تغییر حالت غشا در ارتباط هستند و از آن جا که حفظ حالت کریستال مایع غشا برای انجام فعالیت‌های آن ضروری است بنابراین عواملی که باعث شوند تغییر حالت غشا در درجه حرارت پایین تر اتفاق افتد می‌توانند به عنوان اجزای مهم مسئول مقاومت بخشیدن به گیاه شناخته شوند (Christiansen, 1968).

حفظ فعالیت غشا در دماهای پایین مستلزم اعمال متنوعی در فرآیندهای مختلف گیاه از قبیل فعالیت کلروپلاست، فعالیت سلولی، رابطه گیاه با آب و رشد می‌باشد. نتایج تحقیقات نشان می‌دهد که تغییر حالت غشا در یک آستانه دمایی خاص روی می‌دهد و این آستانه دمایی با دمای محل زندگی گیاه (زیستگاه) همبستگی دارد به طوری که گونه‌های متعلق به مناطق معتدله آستانه دمایی پایین‌تری از گونه‌های مناطق گرمسیری دارند. این مطلب بر نقش اصلی تغییر حالت غشا برای سازگاری گیاه در دماهای پایین دلالت دارد. به نظر می‌رسد که تفاوت‌های موجود بین افراد مختلف یک گونه حساس به سرما در زمینه مقاومت، می‌تواند توسط عوامل ثانویه‌ای غیر از تغییر حالت غشا کنترل شود که این عوامل نقش کمتری دارند. محققان بسیاری پیشنهاد داده‌اند که افزایش میزان لیپیدهای اشباع نشده غشا می‌-

تواند از طریق پایین آوردن دمای تغییر حالت غشا در مقاومت بخشیدن به گیاه موثر باشد. تطابق یابی در دماهای نزدیک به تنش سرما نیز حداقل تا قسمتی، وابسته به افزایش میزان چربی‌های اشباع نشده می‌باشد. این مقاومت با تغییر سریع نسبت اسیدهای چرب اشباع شده به اسیدهای چرب غیر اشباع همراه است و در تعدادی از موارد اسید لینولئیک نیز نقش دارد. به هر حال تغییر حالت غشا و یا غیر اشباع بودن لیپیدهای غشا در همه موارد مطالعه شده، با مقاومت به تنش سرما در ارتباط نبود (Christiansen, 1968). مثلاً چنین ارتباطی در مورد سیب مشاهده نشده است. عدم موفقیت در زمینه تعیین یک رابطه بین مقدار چربی‌های غیراشباع و مقاومت به تنش سرما می‌تواند عملاً ناشی از به کارگیری متغیرهای مختلف در آزمایش‌ها باشد. به عنوان مثال اینکه آیا گیاه مورد نظر قبل از قرار گرفتن در تنش سرما به اندازه کافی مقاوم شده است یا خیر و یا اینکه تغییر در میزان اشباع لیپیدها، تنها در بافت‌های جوان اتفاق می‌افتد و یا در بافت‌های بالغ هم اتفاق می‌افتد، تفاوت خواهد داشت (Yadav, 2010).

هر چند اسیدهای چرب غیراشباع از نظر خصوصیات فیزیکوشیمیایی غشا، معیار مناسبی جهت ارزیابی مقاومت به تنش سرما به نظر می‌رسد، اما بسیار پیچیده‌تر از آن است که بتوان از آن در کارهای مربوط به انتخاب استفاده کرد. در مقابل به نظر می‌رسد که در این موارد عمل غشا شاخص متغیرتری جهت سنجش مقاومت به سرما باشد. این کار در مورد غشای پلاسمایی و از روی اندازه‌گیری میزان نشت الکترولیت از آن تحت شرایط تنش، امکان پذیر است. مقدار نشت از بافت‌های تحت تنش سرما متناسب با طول مدت تنش سرما می‌باشد و اگر با انتقال گیاهان به شرایط گرم میزان نشت کاهش یابد، آسیب وارده ممکن است برگشت‌پذیر و قابل بهبود باشد. از طرفی مشاهده شده است که وقتی در شرایط رطوبت نسبی صددرصد تنش سرما اعمال می‌شود نشت بافت‌ها خیلی کم افزایش می‌یابد. این مطلب دال بر این نظریه است که تنش آب در اختلالات ناشی از تنش سرما نیز نقش دارد. مدارک کافی در دست است که نشان می‌دهد نشت الکترولیتی از بافت‌های تحت تنش سرما معیار معقولی برای مقاومت به تنش سرما است. بر اساس این نتایج، نشت بافت‌ها به عنوان یکی از اولین علائم اختلال غشا در تنش سرما معرفی

می‌شود. نشت الکترولیتی از بافت‌های تحت تنش سرما فقط در بعضی از گیاهان دیده می‌شود که یک صفت عمومی برای همه گونه‌های حساس به سرما نیست.

بری و رایسون (۱۹۸۱) نقش فتوسنتز در گیاهان سازگار به دماهای پایین را در سطح گسترده مورد بحث قرار دادند و بر گیاهان محلی و در ارتباط با توزیع اکولوژیکی آنها تاکید نمودند. بدون شک کلروپلاست و فرآیندهای فتوسنتزی جایگاه‌های اصلی آسیب‌های ناشی از تنش سرما هستند. در این زمینه مقاومت، به عنوان سازگار شدن گیاهان محلی و رشد آنها تحت شرایط سرد بیان می‌شود. منحنی واکنش دمایی فتوسنتز با هر یک از فرآیندهای فتوسنتزی به خوبی منعکس کننده تفاوت‌های زیاد سازگاری بین گونه‌ها در زمینه مقاومت به سرما می‌باشد. مقایسه‌هایی که روی ویژگی‌های فتوسنتزی گونه‌های تطابق یافته با سرما و گرما انجام شده‌اند نشان می‌دهند که گیاهان مربوط به گونه‌های سازش یافته به تنش سرما (دماهای پایین) در مقایسه با گیاهان بیابانی دارای سازش با دماهای بالا، دارای ظرفیت فتوسنتزی بالاتری می‌باشند. همچنین در گونه‌های وحشی سولانوم که متعلق به ارتفاعات بالاتر هستند در مقایسه با گونه‌های متعلق به ارتفاعات پایین‌تر، میزان مقاومت به سرما از نظر کاهش فلورسانس کلروفیل بیشتر هست. مقایسه هیبرید مختلف ذرت که از نواحی مختلفی منشأ گرفته بودند نشان داد که لاین‌های متعلق به مناطق سردتر از نظر چندین صفت فتوسنتزی مربوط به ساختار و فعالیت کلروپلاست، نسبت به سرما مقاومت بیشتری از لاین‌های نواحی گرم‌تر داشتند. این لاین‌ها از نظر فعالیت آنزیم‌های چرخه C₄ در پایین‌ترین درجه حرارت استفاده شده در آزمایش، دارای تنوع بیشتری هستند. بدون تردید مقاومت به تنش سرما در گیاهان از نظر فتوسنتز تا حد زیادی در ارتباط با آنزیم‌های خاصی می‌باشد که در فتوسنتز نقش دارند و خصوصاً آن دسته از آنزیم‌ها که با غشا سلولی اثر متقابل دارند. یکی از فرآیندهایی که بیشترین احتمال آسیب‌دیدگی از تنش سرما را دارد، فتوسیستم ۲ می‌باشد. میزان صفت فلورسانس کلروفیل نیز می‌تواند ملاکی مناسب جهت ارزیابی مقاومت فرآیندهای فتوسنتزی به سرما باشد. وقتی که دمای پایین مانع تولید کلروفیل در برگ‌های فعال از نظر رشد می‌شود، مقدار رنگدانه‌های موجود تحت شرایط تنش می‌تواند مقاومت به تنش سرما را نشان دهد. کاهش

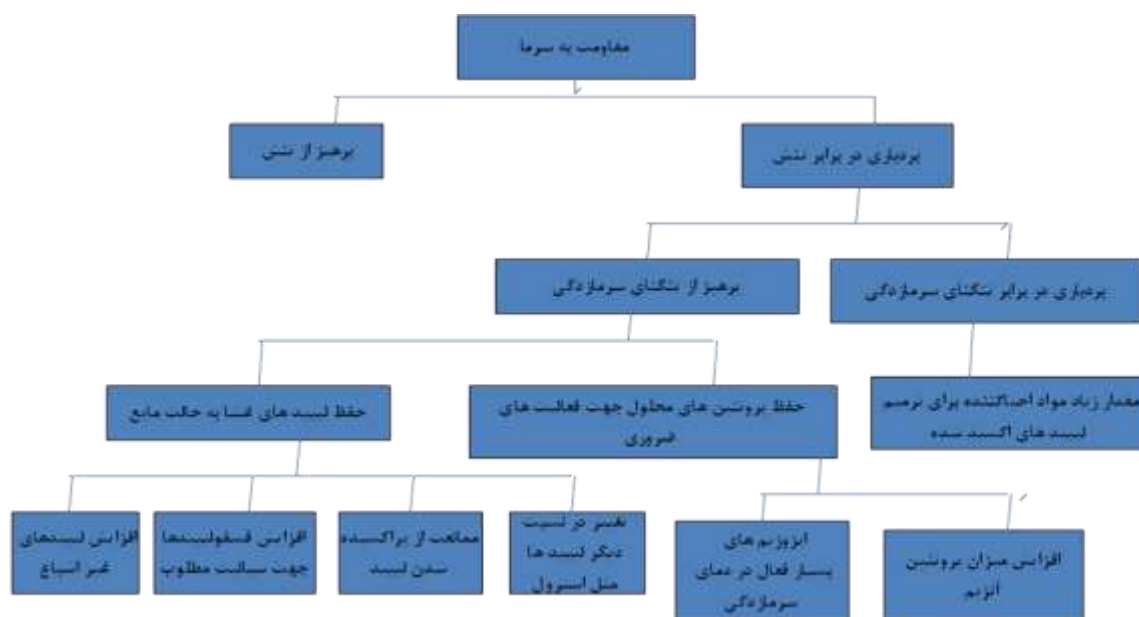
تولید کلروفیل تحت شرایط سرما در گیاهان جو و ذرت مشاهده شد. توانایی برگ‌ها در تجمع کلروفیل در سلول‌های خود در دماهای سرد بستگی به تعادل بین سنتز کلروفیل و اکسیداسیون نوری آن دارد. توقف تولید کلروفیل در شرایط تنش سرما به نوعی با محدودیت در تشکیل سیستم غشایی تیلاکوئیدها در پلاستیدهای در حال رشد مرتبط می‌باشد. از مکانیزم‌های مهم مقاومت گیاهان در سطح سلولی می‌توان به افزایش اسیدهای چرب غیراشباع و سنتز پروتئین‌های محلول اشاره کرد که در بخش زیر به تفصیل بیان خواهد شد.

- افزایش اسیدهای چرب غیراشباع

تحقیقات اولیه نشان می‌دهد که گیاهان مناطق گرم نسبت به گیاهان مناطق سردتر اسیدهای چرب اشباع بیشتری دارند. غشاهای با میزان اسید چرب غیراشباع پایین (۸٪-۱۱٪) آسیب‌پذیر هستند. میزان بالای اسیدهای چرب غیراشباع، غشاها را در برابر فشار با حفظ چربی‌های آن‌ها به حالت کریستالین مایع، مقاوم می‌کند. با وجود این برخی تحقیقات نشان داده است که ارتباط بین درجه غیراشباع بودن اسیدهای چرب و مقاومت سرمازدگی همیشه در گیاهان عالی قاطع نیست. برای مثال دمای تغییر فاز ارتباطی با حساسیت به سرمازدگی ۶ رقم میوه سیب نداشت. همچنین گیاهان مقاوم به سرما وجود دارند که هیچ تغییری در اسیدهای چرب غیراشباع در زمان مواجهه با دمای ۵ درجه سانتی‌گراد نشان نمی‌دهند. گیاه *Passiflora* نیز هیچ تغییری در میزان اسیدهای چرب غیراشباع در مواجهه با دمای سرمازدگی نشان نداد. بنابراین ویلسون (۱۹۷۴ a و b) اظهار داشت که تغییر فاز چربی‌ها دلیل اولیه آسیب سرمازدگی نمی‌باشد. سازگاری هیچ تأثیری روی ترکیب گلیکولیپیدها یا اسیدهای چرب کل نداشت. فقط تجزیه فسفولیپیدها که حدود ۲۵٪ از اسیدهای چرب کل برگ‌ها را تشکیل می‌دهد، درجه غیراشباعی ارتباط مستقیم با مقاومت سرمایی گونه‌ها دارد. در نتیجه وقتی در ۵ درجه سانتی‌گراد قرار می‌گیرند درصد اسید چرب لینولئیک به سرعت در گیاهان حساس به سرما کاهش می‌یابد اما در گونه‌های مقاوم هیچ تغییری رخ نمی‌دهد (Wilson, Badaea and Basu, 2009; Pike and Berry, 1980; Wilson, 1974 a,b).

- سنتز پروتئین های محلول

افزایش اسیدهای چرب غیراشباع غشا از مکانیزم های پایین آورنده دمای تغییر فاز است که می تواند مکانیزم مقاومت را فقط اگر آسیب سرما به سبب تغییر فاز چربی های غشا از کریستال مایع به حالت جامد (ژل) باشد، توضیح دهد. اگرچه این به نظر می آید که مکانیزم غالب آسیب باشد ولی فعالیت آنزیم های محلول (نه آنزیم های مرتبط با غشاها) نیز ممکن است دخیل باشد. نمونه هایی نیز در سازگاری به دماهای سرمازدگی با جایگزینی اشکال ناپایدار یک آنزیم (مثل گلوتامات دهیدروژناز) ریشه های ذرت و پراکسیداز برگ های ذرت مشاهده شده اند. زمستان سرد و بخصوص سرمازدگی، باعث یخ زدن آب در سلول های گیاهی می شود و به دیواره سلول صدمه می زند. گیاهان یخ زده به راحتی قابل تشخیص اند، رشد آنها دچار نقص شده و برگ هایشان پیچ خورده و سیاه می شود. گیاهان همیشه سبز قهوه ای می شوند. سرمازدگی زمانی بدتر می شود که گیاهان در معرض نور خورشید قرار بگیرند، زیرا یخ زدگی آنها به سرعت از بین می رود و بدین شکل دیواره سلول هایشان تخریب می شود. حتی گیاهان پرهاقت و گیاهان همیشه سبز نیز در معرض سرمای شدید که خاک یخ می زند آسیب می بینند. شکل ۱-۲ مسیرهای مقاومت گیاهان در برابر تنش سرما را نشان می دهد:



شکل ۱-۲- مکانیسم های احتمالی مقاومت گیاهان به تنش سرما

۲-۴- انواع تنش سرما در درختان میوه

۱-۴-۲- یخ زدگی زمستانه

عامل پراکندگی گونه های مختلف درختان میوه در روی کره زمین مقاومت یا حساسیت درختان به سرمای زمستانه می باشد. در مناطق سرد از ارقام مقاوم به سرما و از پایه های مقاوم به سرما استفاده می شود. در اثر سرمای بیش از حد زمستان، گونه های پوست نازک شکاف خورده و در اثر یخبندان شاخه ها سیاه می شوند. در گیاهان چوبی مقاوم، در اثر یک سری تغییراتی که حاصل می شود در اواخر تابستان و پاییز موجب مقاوم شدن آنها در برابر سرما می گردد. در طی مقاوم شدن درختان تغییرات زیادی در درختان صورت می پذیرد. اولین مرحله مقاوم شدن توسط روزهای کوتاه شروع می شود که منجر به توقف رشد می شود. دومین مرحله مقاوم شدن مستلزم دمای پایین می باشد که مواد محرک مقاومت ساخته می شود. تدابیر زراعی در مقاومت گونه های درختان میوه تاثیر بسزایی دارد. از جمله تجمع کربوهیدرات ها کافی در درختان میوه و اندامهای آن موجب افزایش مقاومت در برابر سرما می گردد. آبیاری بی رویه، دادن کود ازته بیش از حد، محصول زیاد، ریزش زود هنگام برگ ها، تولید محصول بیشتر، هرس زود هنگام موجب کاهش مقاومت درختان میوه می شود. پایه های درختان میوه نیز در میزان مقاومت آنها به سرمای زمستانه متفاوت می باشد. برای مثال پایه های سیب M19، M2، MM104 و MM11 مقاوم به سرما هستند. در گلابی هنگامی که روی پایه بذری پیوند شده و از میان پایه اولدهام استفاده می شود، مقاومت در برابر سرما افزایش می یابد. پایه محلب که برای گیلان به کار برده می شود مقاوم به سرما می باشد. پایه نارنج سه برگ مقاوم به سرما بوده و برای مرکبات به کار برده می شوند. پایه آلوی ماریانا نیز مقاوم به سرما بوده و برای آلو و هلو مورد استفاده قرار می گیرد (یداللهی و همکاران، ۱۳۹۱؛ Palonen and Buszard, 1997).

۲-۲-۴- سرمای زودرس پاییزه

هر چند سرمای زودرس پاییزه کمتر موجب محدودیت کشت درختان میوه سردسیر می شود، با این وجود به دلیل کاهش فصل رشد، سبب خسارت به درختان میوه می شود. به عبارت دیگر، هرچند تعداد وقوع سرمای بهاره فراوان تر و بدلیل سرعت عمل، توجه بیشتری را به خود معطوف می دارد، اما خسارت ناشی از سرمای زودرس پاییزه بسیار شدیدتر می باشد. این خسارت در گونه‌ها و ارقامی که دیر خزان می کنند، شدیدتر می باشد. همچنین درختان میوه نیمه گرمسیری به میزان زیادی از این نوع سرما آسیب می بینند. خسارت سنگین سرمای زودرس پاییزه در برخی سال‌ها به باغ‌های انار کشور گزارش شده است. علائم اولیه سرمازدگی پاییزه به صورت زردی، کم برگی و پژمردگی در بهار ظاهر می شود. پوست درخت در ناحیه طوقه از بین رفته، متورق شده و از تنه جدا می گردد. این نشانه‌ها اکثراً در سمت جنوب تنه دیده می شود. در صورتی که شدت سرمازدگی زیاد باشد و درخت موفق به ترمیم بافت آسیب دیده نگردد، در اواسط تابستان برگها ریزش نموده یا روی درخت سبز خشک یا زرد خشک شده و میوه بر روی شاخه های خشکیده باقی می ماند. ریشه این درختان سالم و پاجوش زیادی تولید می کند و در صورتی که مراقبتهای زراعی مناسب اعمال گیرد، این پاجوشها می توانند بعد از چند سال به مرحله تولید اقتصاد برسند (شاگری، ۱۳۸۴).

۳-۴-۲- سرمای دیررس بهاره

سرمای دیررس بهاره موجب آسیب دیدن جوانه های تازه بیدار شده درختان میوه می شوند و در صورت دیررس بودن بیشتر این نوع سرماها، حتی به میوه های تازه تشکیل شده نیز خسارت وارد می کند. جوانه های بارور در حال رکود به سرمای زمستانه مقاوم هستند اما مقاومت آنها هنگام بیدار شدن جوانه-ها کاهش می یابد. به طور کلی جوانه های گل در دمای ۲- و ۳- درجه سانتی گراد از بین می روند. میوه های تازه تشکیل شده نسبت به گل‌ها حساس تر هستند و در دمای ۰/۵- درجه سانتی گراد آسیب

می‌بینند. در اوایل بهار جبهه های سرد هوا در منطقه پرورش درختان میوه و در شب‌های بدون ابر موجب خسارت دیدن جوانه درختان میوه می‌گردد (یداللهی و همکاران، ۱۳۹۱).

به طور کلی می‌توان سرمازدگی و سرمای دیررس بهاره را یکی از مهم‌ترین عوامل تعیین کننده‌ی پراکندگی گونه‌های گیاهی بر روی کره زمین دانست. همانطور که گفته شد سالانه ده‌ها هزار میلیارد ریال خسارت در نتیجه سرمای دیررس بهاره به بخش باغبانی کشور وارد می‌شود می‌باشد (اسدی و کربلایی ۱۳۹۵). علاوه بر خسارت مستقیم سرمازدگی بر درختان میوه، خسارت‌های ثانویه این تنش از جمله تراوش مواد سلولی، گرسنگی سلول، اختلال فرایندهای حیاتی گیاه از جمله تنفس سلولی و تجزیه پروتئین‌ها و همچنین سنتز ترکیبات سمی نیز به‌نوبه‌ی خود بر شدت خسارت سرمازدگی افزوده و سبب شده تا این تنش به‌عنوان یکی از مشکلات مهم صنعت میوه‌کاری مطرح باشد. با توجه به افزایش خسارت سرمای دیررس بهاره در سال‌های اخیر به‌دلیل پدیده گرم شدن زمین، هر راهکاری که بتواند حتی به میزان کم، درختان میوه را در برابر سرما محافظت نماید، نقش موثری در بهبود تولید این محصولات خواهد داشت. راهکارهای متعددی از قبیل کاربرد پلازهای باغی و تنظیم کننده‌های رشد برای حفاظت باغ‌های از سرمازدگی وجود دارد؛ اما آنچه که در سال‌های اخیر مورد توجه کشورهای پیشرو در صنعت میوه‌کاری می‌باشد، استفاده از پتانسیل ژنتیکی برای حل این مشکل بزرگ است. چراکه یک روش پایدار و قابل اطمینان و کم هزینه می‌باشد. روش‌های ژنتیکی (استفاده از ارقام و پایه‌ها مقاوم) کارآمدترین روش در پیشگیری از خطرات سرمازدگی می‌باشند (ساریخانی خرمی و همکاران ۱۳۹۱؛ Ghasemi et al. 2012; Aygü and Şan, 2005; Rodrigo, 2000).

۲-۵- ارائه راهکار عملی برای پیش بینی تنش سرما

۱-۵-۲- استفاده از زنگ اخبار و نظارت بر شرایط آب و هوایی در شب‌های یخبندان

اگر چه پیش‌بینی روند تغییر دما در شب‌های یخبندان برای شناسایی تقریبی زمان و نحوه استفاده از روش‌های حفاظتی اهمیت زیادی دارد، اما می‌توان گفت که وجود یک برنامه کنترل و نظارت کارآمد،

اهمیت بیشتری دارد. ضروری‌ترین موارد لازم عبارت است از یک زنگ خطر که در هنگام شروع یک روش حفاظتی و قبل از آنکه آسیبی روی دهد، باغدار را آگاه نماید و یک شبکه از حسگرهای دمایی که در سراسر سطح باغ یا مزرعه توزیع شده‌اند. انواع مختلف زنگ خطر از منابع تجاری مختلف قابل دستیابی است. هزینه یک زنگ خطر بستگی به مشخصات و قابلیت‌های آن دارد. برخی از این زنگ‌ها، سیم‌ها و حسگرهایی دارند که می‌توان آنها را در بیرون از خانه و داخل یک محفظه استاندارد قرار داد و خود زنگ را در داخل خانه نصب کرد تا به وقت مقتضی باغدار را آگاه نماید. انواع دیگری از این سیستم‌های هوشمند می‌توانند از طریق تلفن یا امواج رادیویی و مادون قرمز، از راه دور با باغدار ارتباط برقرار کنند و یا زنگ خطر را به صدا در آورند. به طور کلی هر چقدر تجهیزات و قابلیت‌های این سیستم‌ها بیشتر باشد، هزینه آن نیز بالاتر خواهد بود. به طور معمول، درصد آسیب‌های ناشی از سرمازدگی را با توجه به وضعیت بافت گیاهی تعیین می‌کنند که به مدت نیم ساعت در معرض دمای بحرانی قرار گرفته است. اما دمای هوا در داخل محفظه استاندارد اندازه‌گیری می‌شود که در ارتفاع ۱/۵ متر نصب می‌شود. برخی از متخصصان پیشنهاد کرده‌اند که دماسنج‌ها در پایین‌ترین ارتفاع ممکن و در همان ناحیه‌ای نصب شوند که حفاظت انجام می‌شود. همچنین حسگرهای دمایی باید در جایی نصب شوند که مستقیماً تحت تاثیر سیستم حفاظتی (مثلاً در معرض تشعشع گرمایی حاصل از بخاری‌ها) قرار نگیرند. توصیه عمومی این است که در مورد گیاهان کوتاه و متراکم، دماسنج‌ها در ارتفاع پایین و در مورد گیاهان وجینی و بلند، در ارتفاع بالاتر نصب شوند. هدف از این کار این است دمایی که در محفظه استاندارد قرائت می‌شود، تا حد ممکن به دمایی نزدیک باشد که گیاه تحت حفاظت تجربه می‌کند (بی‌نام، ۱۳۸۷).

دمای یک برگ، جوانه یا میوه کوچک ممکن است در حقیقت پایین‌تر از دمایی باشد که در محفظه استاندارد قرائت می‌شود. همان‌طور که یک لایه مرزی روی سطح پوشش گیاهی در مزرعه وجود دارد، یک لایه مرزی کوچک‌تر نیز در اطراف سطوح کوچک مانند برگ و جوانه و میوه تشکیل می‌شود. سطوح در معرض هوا مانند برگ، گل، جوانه و غیره معمولاً به دلیل از دست دادن تابش‌های با طول موج بلند، در یک شب یخبندان دمای پایین‌تری از دمای هوا دارند. در نتیجه گرمای محسوس از طریق لایه مرزی از

هوا به سطوح سردتر انتشار پیدا می‌کند، اما انتشار این گرما به اندازه‌ای نیست که بتواند گرمای تشعشعی به هدر رفته را جبران نماید. بدین ترتیب کاهش مداوم ظرفیت گرمای محسوس بافت‌های گیاهی و هوای مجاور آنها، باعث می‌شود که دمای هوا کاهش یابد و وارونگی دمایی در مقیاس کوچک روی بافت‌های گیاهی شکل بگیرد. عمق این لایه مرزی کوچک و شیب گرمای محسوس در این وارونگی دمایی می‌تواند در تعیین سرعت انتقال گرمای محسوس به سطح مورد نظر مؤثر باشد. اهمیت این لایه‌های مرزی کوچک را می‌توان با تشبیه به آنچه که در یک محیط بسیار گرم در مورد پوست بدن شما اتفاق می‌افتد، بهتر درک نمود. مثلاً اگر شما در یک سونای خشک بایستید و حرکت نکنید، به سرعت داغ خواهید شد. زیرا دمای محیط اطراف بالاتر از دمای پوست شماست. در نتیجه گرمای محسوس از محیط اطراف و از طریق لایه مرزی کوچک اطراف پوست، به پوست شما منتقل می‌شود. اما اگر شروع به تحرک کنید (مثلاً حرکات نرمشی انجام دهید)، سریعاً احساس می‌کنید که خیلی داغ‌تر شده‌اید. این بدان دلیل است که تحرک شما موجب جابه‌جایی هوا از روی پوست و کاهش ضخامت لایه مرزی می‌شود و در نتیجه انتقال گرمای محسوس به سطح سردتر (یعنی به پوست شما) افزایش می‌یابد. وضعیت تعادل انرژی در سطح یک برگ، جوانه یا میوه نیز به همین صورت است. افزایش جابه‌جایی هوا (مثلاً سرعت بیشتر باد) باعث کاهش ضخامت لایه مرزی و افزایش انتقال گرمای محسوس می‌شود. در یک شب یخبندان معمولاً قسمت‌های مختلف گیاه از هوای اطراف خود سردترند، بنابراین وزش باد با سرعت بالاتر باعث می‌شود که دمای اندام‌های گیاهی به حدود دمای محیط اطراف برسد و اگر دمای محیط به اندازه کافی بالا باشد، آسیبی به بار نخواهد آمد و یا مقدار آن بسیار کم خواهد بود (بی‌نام، ۱۳۸۷).

اگر از دمای هوای (T_a) اندازه‌گیری شده در محفظه‌های هواشناسی به عنوان دمای بحرانی آسیب‌دیدگی (T_c) استفاده شود، ممکن است در عمل مشکلاتی ایجاد شود. دمای گیاه ممکن است بسته به میزان تشعشع خالص، چگونگی قرار گرفتن در معرض آسمان و زمین و شدت وزش باد، کاملاً با دمای هوای اطراف متفاوت باشد. دماهای بحرانی غالباً از طریق قرار دادن شاخه‌های بریده در اتاقک‌های سرما تعیین می‌شوند. در داخل این اتاقک‌ها دما به آرامی کاهش می‌یابد و به مدت ۳۰ دقیقه در حد پایین‌تر از

دماهای معینی نگه داشته می‌شود و سپس شاخه‌ها از نظر درصد آسیب وارد بر جوانه‌ها، شکوفه‌ها و میوه‌ها مورد ارزیابی قرار می‌گیرند. بنابراین هیچ راه حل ساده‌ای برای مقایسه واقعی بین مقادیر Tc به دست آمده از این گونه آزمایش‌ها و مقادیر واقعی که در یک شب یخبندان در طبیعت اتفاق می‌افتند، وجود ندارد. در عمل باید مقادیر Tc را تنها به عنوان یک راهنمای کلی دانست و به خاطر داشت که دمای قسمت‌های گیاه در شرایط طبیعی ممکن است پایین‌تر از دمایی باشد که در یک محفظه استاندارد هواشناسی اندازه‌گیری شده است.

آگاهی از رابطه بین دمای بافت‌های حساس گیاهی و دمای محفظه‌های استاندارد می‌تواند کمک مؤثری در جهت تصمیم‌گیری برای حفاظت در برابر یخبندان باشد. مثلاً این مطلب به خوبی درک شده است که برگ مرکبات در حدود دمای $5/8$ - درجه سانتی‌گراد یخ می‌زند. اما اندازه‌گیری دمای واقعی برگ‌ها کار نسبتاً دشواری است و در عمل کمتر انجام می‌گیرد. بنابراین بهتر است که دمای برگ با توجه به دمای محفظه یک استاندارد برآورد شود. علاوه بر مرکبات، در مورد اغلب میوه‌های هسته‌دار و میوه‌های دانه‌ریز هم رابطه واقعی بین دمای برگ در مرحله جوانه، شکوفه و میوه ریز، با دمای اندازه‌گیری شده در محفظه‌های هواشناسی شناخته نشده است. پدیده فراسردی اندام‌های گیاهی نیز عامل دیگری است که شناسایی دماهای بحرانی واقعی را مشکل‌تر می‌سازد. مثلاً تراکم باکتری‌های هسته یخ در مرکبات نسبتاً پایین است و همین عامل می‌تواند توجیهی برای این واقعیت باشد که دمای بحرانی اندازه‌گیری شده برای این گیاهان، همواره در حدود $5/8$ - درجه سانتی‌گراد تعیین می‌شود. شناسایی یک دمای بحرانی مشخص در بسیاری از گیاهان برگ‌ریز، حتی از مرکبات هم دشوارتر است. زیرا سطح قابلیت فراسردی در این گیاهان با غلظت باکتری‌های هسته یخ (INA) تغییر زیادی می‌کند (یداللهی و همکاران، ۱۳۹۱).

۲-۵-۲- نحوه شناسایی یخبندان به وسیله باغداران

تعیین نوع یخبندان هم برای برنامه ریز و هم برای کشاورز اهمیت به سزایی دارد زیرا در پاره ای از مواقع کاهش دما آنقدر سریع و ناگهانی اتفاق می‌افتد که با هیچ معیاری نمی‌توان این افت درجه حرارت

محیط را تعیین نمود. برای یک برنامه ریز لازم است که انواع یخبندان های یک منطقه را بشناسد تا در برنامه خود برای کشت محصول مورد نظر در آن منطقه مؤفق بوده و بتواند به موقع وسایل حفاظت از سرما و یخبندان های اتفاقی را پیش بینی و با قبول عوامل خطر مانند یخبندان های جبهه ای، اقدام به زراعت نماید. همان طوری که کشاورز باید با تشخیص نوع یخبندان در شب های سرد و خطر آن، بتواند روش های حفاظت از سرما را به کار گرفته و از آسیب آن جلوگیری کند. یخبندان جبهه ای را می توان به وسیله باد شدید سرد تشخیص داد، که در این حالت ممکن است آسمان ابری یا نیمه ابری باشد. به هر حال باد شدید باعث نزول سریع درجه حرارت محیط می شود. بعد از یک یخبندان جبهه ای معمولاً قسمت هایی از درختان آسیب می بینند ولی علف های هرز زیر درختان و برگ هایی که در داخل حجم درخت یا در یک ارتفاع مناسب از درخت قرار دارند مصون از آسیب می باشند. یخبندان تشعشی همانطوری که قبلاً نیز اشاره شد در مواقعی که آسمان صاف، بدون ابر و آرام است بیشتر اتفاق می افتد. در چنین شرایطی امکان دارد که بعضی مواقع نسیم های ملایم، ضعیف و کم دوام نیز وجود داشته باشد. از نظر یک دیده بان آموزش دیده، وضعیت روشنایی نسبی در شب و فقدان وزش و حرکت ملایم شاخ و برگ ها از خصوصیات یخبندان تشعشی است. یخبندان تشعشی معمولاً بعد از عبور جبهه به وقوع می پیوندد و باید آن را از یخبندان جبهه ای تفکیک نمود.

در یخبندان جبهه ای آسیب سرمازدگی موقعی اتفاق می افتد که جبهه در حال عبور است و درجه حرارت هوای جبهه ای ممکن است آنقدر سرد نباشد که خطر را ایجاد نماید. ولی هوای جبهه ای می تواند درجه حرارت گیاه و خاک را آنقدر سریع تقلیل دهد که تشعشع شبانه در شب بعد به حد نهایی رسیده و باعث یخبندان گردد. عبور جبهه ای سرد در روز ابری نیز خطرناک می باشد زیرا هوای ایجاد شده در روز از تابش انرژی آفتاب کاسته و مانع از گرم شدن خاک و گیاه می شود. این امر اگر با عبور جبهه ای سرد کننده در طول روز و تشعشع های منفی در شب های قبل یا بعد توأم شود خطر سرمازدگی و آسیب یخبندان تقریباً زیاد می باشد. در یخبندان های تشعشی تنها تنه درخت که مستقیماً در معرض قرار دارند آسیب می بینند و برگ ها و شاخه های داخلی درختان تا حدودی از تشعشع های

از دست رفته در امان هستند. البته در شرایط یخبندان تشعشی شدید ممکن است حتی قسمت‌هایی از تنه درختان که در معرض تشعشع نیستند نیز آسیب بینند.

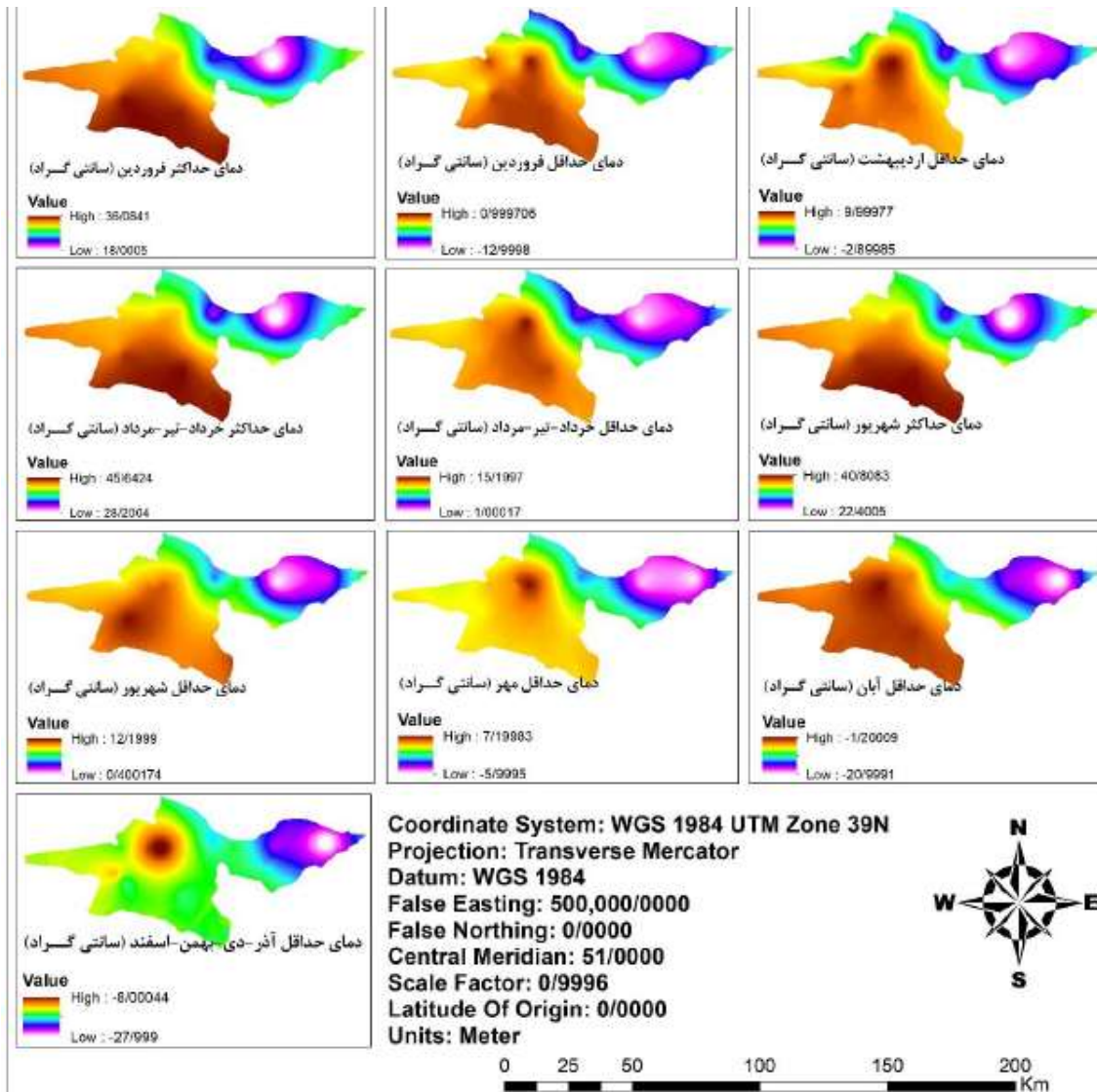
با وجود یخبندان های تشعشی و جبهه ای که به آن اشاره شد ممکن است یخبندان‌های مختلط نیز وجود داشته باشند که به گیاهان آسیب وارد می‌سازند. به این ترتیب که یخبندان‌های تشعشی حرارت خاک و گیاه را کاهش داده و یخبندان‌های جبهه‌ای حتی در شرایط آسمان ابری اثرات منفی و سرما‌زدگی شدید خود را داشته باشد (بی‌نام، ۱۳۸۷).

فصل سوم

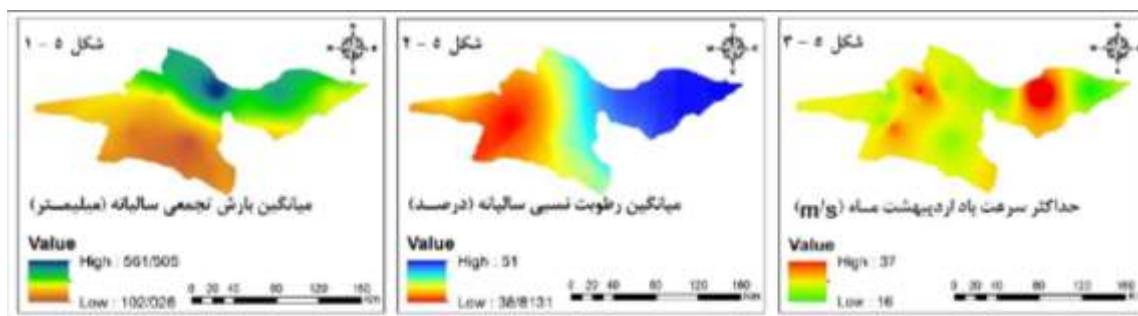
سیمای باغبانی استان تهران

۳-۱- استان تهران و سیمای باغبانی آن

استان تهران به مرکزیت شهر تهران، با وسعتی حدود ۱۲۹۸۱ کیلومترمربع بین ۳۴ تا ۳۶/۵ درجه عرض شمالی و ۵۰ تا ۵۳ درجه طول شرقی واقع شده است. براساس آمار سال ۱۳۹۶، جمعیت کل استان تهران ۱۳۲۶۶۹۲۸ نفر است. شکل ۳-۱ و ۳-۲ به ترتیب نقشه پهنه‌بندی حداکثر و حداقل دمای ماهیانه و نقشه پهنه‌بندی میانگین بارش تجمعی، میانگین رطوبت نسبی سالیانه و حداکثر سرعت باد در استان تهران در یک دوره ۱۰ ساله نشان می‌دهد. اقلیم استان تهران، نیمه خشک با متوسط بارندگی سالیانه حدود ۲۴۰ میلی‌متر است. بیشترین بارش سالیانه ۶۰۰ میلی‌متر، در کوهپایه‌های البرز و کمترین بارش سالیانه ۶۰ میلی‌متر، در محدوده دشت ورامین گزارش شده است. استان تهران از مناطق تابشی زیاد محسوب می‌شود که در فصول سرد سال خورشید مایل‌تر تابیده و طول روز کوتاه‌تر و در فصول گرم هم خورشید عمودی‌تر تابیده و طول روز بلندتر است.

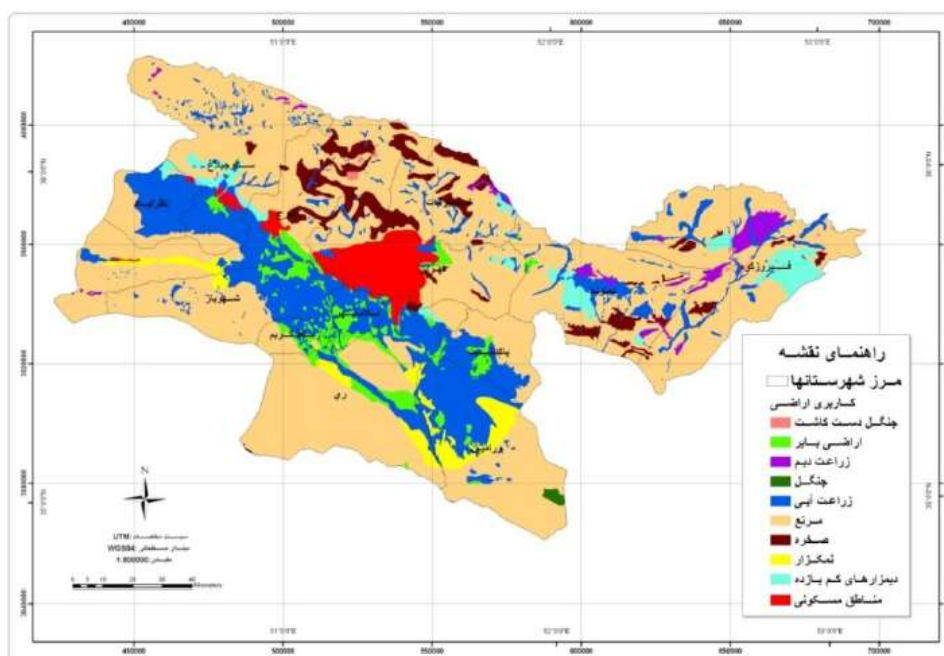


شکل ۳-۱- نقشه پهنه بندی حداکثر و حداقل دمای ماهیانه استان تهران در دوره آماری ۲۰۱۴-۲۰۰۴ با استفاده از روش درون یابی کریجینگ (سلیمانی و همکاران، ۱۳۹۷)



شکل ۳-۲- نقشه پهنه بندی میانگین بارش نسبی سالیانه و حداکثر سرعت باد اردیبهشت ماه در استان تهران در دوره آماری ۲۰۱۴-۲۰۰۴ (سلیمانی و همکاران، ۱۳۹۷)

بررسی سیمای کشاورزی استان تهران براساس آمار سال ۱۳۹۶ نشان می‌دهد که از مجموع مساحت استان تهران، ۱۷۹۲۶۵ هکتار به اراضی کشاورزی و ۱۰۵۳۱۰۶ هکتار به اراضی منابع طبیعی اختصاص دارد (شکل ۳-۳). از مجموع اراضی کشاورزی، ۱۳۵۶۸۵ هکتار به محصولات زراعی و ۴۳۵۸۰ هکتار به محصولات باغی اختصاص دارد که میزان تولید محصولات زراعی ۲۸۲۵۷۵۶ تن و میزان تولید محصولات باغی بالغ بر ۶۸۳۹۲۶ تن بوده است. جدول ۳-۱ سیمای کشاورزی استان تهران و شهرستان-های دماوند، شمیرانات و شهریار را به عنوان شهرستان‌های هدف در طرح حاضر نشان می‌دهد (احمدی و همکاران، ۱۳۹۷).



شکل ۳-۳- نقشه کاربری اراضی در استان تهران (فلاحتی و همکاران، ۱۳۹۱)

جدول ۳-۱- سیمای کشاورزی استان تهران و شهرستان‌های مورد مطالعه در طرح حاضر در سال ۱۳۹۶ (احمدی و همکاران، ۱۳۹۷)

شهرستان	شهرستان	شهرستان	کل استان	سطح زیر کشت و تولید	
شهریار	شمیرانات	دماوند	تهران		
۴۹۹۳	-	۲۷۹۰	۱۳۵۶۸۵	سطح زیر کشت (هکتار)	محصولات زراعی
۱۴۶۳۴۴	-	۴۹۰۶۸	۲۸۲۵۷۵۶	تولید (تن)	
۵۸۸۱/۳	۷۰۲۵	۸۱۵۶	۴۳۵۸۰	سطح زیر کشت (هکتار)	محصولات باغی
۱۲۴۱۲۶/۸	۱۱۶۹۹۴	۲۲۷۴۶۲	۶۸۳۹۲۶	تولید (تن)	

در حال حاضر، سطح زیر کشت و تولید سالیانه درختان میوه کشور به ترتیب در حدود ۲/۷ میلیون هکتار و ۱۹ میلیون تن است. ایران با تولید بیش از ۲ درصد از میوه دنیا، در جایگاه ۸ تا ۱۱ تولید میوه جهان قرار دارد و در برخی از محصولات از جمله پسته جزء کشورهای پیشرو در تولید و تجارت جهانی آن می‌باشد (FAO, 2017). بالغ بر ۱/۷۲ از باغ‌های کشور در استان تهران قرار دارد که نقش بسزایی در تامین بازار کلان شهر پایتخت را دارد. ۶/۳۲ درصد از محصولات باغبانی کشور در استان تهران تولید می‌شود (جدول ۳-۲).

جدول ۳-۲- سطح زیر کشت و میزان تولید محصولات باغبانی در ایران و استان تهران (احمدی و همکاران، ۱۳۹۷)

میزان تولید (تن)	سطح زیر کشت (هکتار)		
	سطح بارور	سطح غیربارور	
۱۹۳۷۸۴۶۲/۷	۲۲۹۶۳۶۹	۳۸۸۲۸۵/۱	ایران
۱۲۲۴۷۵۳/۸	۴۰۲۸۱/۹	۶۰۱۹	تهران

در بین درختان میوه، سیب، پسته، گیلاس، هلو و شلیل و زردآلو مهم‌ترین محصولات باغبانی استان تهران را تشکیل می‌دهند. البته در شهرستان‌های هدف در پژوهش حاضر (شهرستان دماوند، شمیرانات و شهریار)، سطح باغ پسته بسیار ناچیز و تقریباً قابل چشم پوشی می‌باشد (جدول ۳-۳).

جدول ۳-۳- سطح زیر کشت و میزان تولید محصولات باغبانی در استان تهران به تفکیک محصول در سال ۱۳۹۶ (احمدی و همکاران، ۱۳۹۷)

میزان تولید (تن)	سطح زیر کشت (هکتار)			نام محصول
	جمع	بارور	غیربارور	
288624.1	8848.93	8706.35	142.58	میوه های دانه دار سیب
11494	543.35	519.2	24.15	گل‌ابی
745.5	49.305	46.30	3	به
300863.6	9441.585	9271.85	169.73	جمع میوه های دانه دار
9846.68	903.2	880.53	22.67	آلبالو میوه های هسته دار
77611.78	5827.04	5673.44	153.6	گیلاس
33338.65	2120.19	2054.31	65.88	گوجه
17776	1218.79	1127.37	91.42	آلو
59046.5	2277.22	2200.26	76.96	هلو
1830	85.7	85.2	0.5	شفتالو
58900.6	2936.98	2874.85	62.13	زردآلوقیسی
23378	965.94	944.2	21.74	شلیل
3675.22	184.73	173.82	10.91	آلوقطره طلا
87.15	4.2	4.1	0.1	سایر میوه های هسته دار
285490.6	16523.99	16018.08	505.91	جمع میوه های هسته دار

61037.3	4302.77	4223.27	79.5	انگور	میوه های دانه ریز
1786.07	192.12	178.82	13.3	توت درختی	
7	0.2	0.2	0	توت فرنگی	
16.5	0.8	0.8	0	سایر میوه های دانه ریز	
62846.87	4495.89	4403.09	92.8	جمع میوه های دانه ریز	
7860.95	8014.4	4194.4	3820	پسته	میوه های خشک
356.51	248.19	183.87	64.32	بادام	
6314.25	2302.3	2198.61	103.69	گردو	
30	2	2	0	فندق	
0.2	0.14	0.1	0.04	سنجد	
14561.91	10567.03	6578.98	3988.05	جمع میوه های خشک	
0.25	5.1	0.1	5	زرشک	میوه های سردسیری
0.25	5.1	0.1	5	جمع میوه های سردسیری	
16023	944.1	821.6	122.5	انار	میوه های نیمه گرمسیری
407	51.5	44	7.5	انجیر	
2856.8	184.18	171.18	13	خرمالو	
747.8	1337.5	670	667.5	زیتون	
20034.6	2517.28	1706.78	810.5	جمع میوه های نیمه گرمسیری	
574366.6	2091.29	2091.29	0	خیار	محصولات گلخانه ای
376.8	2.2	2.2	0	گوجه فرنگی	
325	0.9	0.9	0	انواع فلفل	
4008.9	13.2	13.2	0	بادمجان	
241.7	7.3	7.3	0	سایر سبزیجات	
579319	2114.89	2114.89	0	جمع سبزی و صیفی	
1324.4	33.6	33.6	0	توت فرنگی	
300.2	6.8	6.8	0	گیاهان دارویی	
23	2.3	2.3	0	سایر	
1647.6	42.7	42.7	0	جمع سایر محصولات	
580966.6	2157.59	2157.59	0	جمع محصولات گلخانه ای	
0	0.005	0	0.005	ازگیل ژاپنی	سایر محصولات باغبانی
0.89246	152.1	118.9	33.2	زعفران	
317.7	211	114.2	96.8	گلستان (گل محمدی)	
0	298.1	20.4	277.7	غیرمثمر (درخت و درختچه ها)	
129	29	25	4	سایر محصولات مثمر	
448.7	138.96	138.96	0	گیاهان دارویی	
36105	38.82	37.22	1.6	قارچ دکمه ای	
37001.29	867.985	454.68	413.305	جمع سایر محصولات باغبانی	
1301766	46576.45	40591.16	5985.29	کل محصولات	

۲-۲- سیمای باغبانی شهرستان دماوند، شمیرانات و شهریار

بررسی سیمای باغبانی شهرستان دماوند نشان می‌دهد که درختان میوه دانه‌دار و به‌طور اختصاصی

سیب محصول غالب شهرستان است. به‌طوری که بیش از ۶۸ درصد از سطح زیر کشت باغ‌های

شهرستان به دانه‌دارها اختصاص داشته و بالغ بر ۸۴/۶ درصد از تولید باغبانی این شهرستان را سیب تشکیل می‌دهد. این در حالی است که گیلاس، هلو، شلیل و گردو به ترتیب ۵، ۱۰/۷، ۰/۳ و ۸/۵ درصد از باغ‌های شهرستان دماوند را به خود اختصاص داده‌اند (جدول ۳-۴).

شهرستان شمیرانات، سهم کمتری نسبت به شهرستان دماوند از تولید محصولات باغبانی استان تهران دارا می‌باشد. به طوری که ۱۵/۱ درصد از باغ‌های استان تهران در این شهرستان واقع شده و با تولید ۱۱۷ هزار تن، ۹ درصد از محصولات باغبانی استان را تولید می‌کند. گیلاس محصول غالب این شهرستان بوده و بیش از ۸۰ درصد گیلاس استان تهران در این شهرستان تولید می‌شود. به طور کلی، ۱۸/۳، ۶۵/۱، ۰/۸، ۰/۳ و ۴/۳ درصد از باغ‌های این شهرستان به محصولات سیب، گیلاس، هلو، شلیل و گردو اختصاص دارد (جدول ۳-۵).

بررسی سیمای باغبانی شهرستان شهریار نشان می‌دهد که بیش از ۱۰ درصد از محصولات باغبانی استان در شهرستان شهریار تولید می‌شود و این شهرستان از مراکز اصلی تولید گوجه سبز، هلو و شلیل در استان تهران به شمار می‌رود. بیش از ۸۵ درصد از باغ‌های این شهرستان به میوه‌های هسته‌دار اختصاص دارد. سیب، گیلاس، هلو، شلیل و گردو به ترتیب ۳/۲، ۰/۳، ۱۳/۱، ۹/۴ و ۰/۴ درصد از باغ‌های شهرستان را به خود اختصاص داده‌اند. این در حالی است که سهم هلو و شلیل از میزان تولید محصولات باغبانی در این شهرستان بالغ بر ۲۸ درصد می‌باشد (جدول ۳-۶).

جدول ۳-۴- سطح زیر کشت و میزان تولید محصولات باغبانی در شهرستان دماوند به تفکیک محصول در سال ۱۳۹۶
(منبع: سازمان جهاد کشاورزی استان تهران)

عملکرد (تن)	میزان تولید (تن)	سطح زیر کشت (هکتار)			نام محصول
		جمع	بارور	غیبارور	
35	191450	5535	5470	65	میوه های دانه دار سیب
30	2550	86.36	85	1.36	گیلابی
14.99	154.5	10.305	10.30	0	به
34.88	194154.5	5631.665	5565.31	66.36	جمع میوه های دانه دار
10.99	1390	126.55	126.38	0.17	میوه های هسته دار آلبالو
10	4030	411.5	403	8.5	گیلاس
15.98	267	16.89	16.7	0.19	گوچه
16	336	41	21	20	آلو
25	21675	874.9	867	7.9	هلو
17.91	1890	105.64	105.5	0.14	زردآلوقیسی
20	400	21.1	20	1.1	شلیل
16	16	1	1	0	آلوقطره طلا
19.22	30004	1598.58	1560.58	38	جمع میوه های هسته دار
15	150	10	10	0	میوه های دانه ریز انگور
2	20	10	10	0	توت درختی
8.5	170	20	20	0	جمع میوه های دانه ریز
1.9	195.7	128	103	25	میوه های خشک بادام
2.5	1750	700	700	0	گردو
15	30	2	2	0	فندق
2	0.2	0.1	0.1	0	سنجد
2.45	1975.9	830.1	805.1	25	جمع میوه های خشک
2.5	0.25	5.1	0.1	5	میوه های سردسیری زرشک
2.5	0.25	5.1	0.1	5	جمع میوه های سردسیری
17	1105	65	65	0	میوه های نیمه گرمسیری انار
10	20	2	2	0	انجیر
16	24	1.5	1.5	0	خرمالو
16.77	1149	68.5	68.5	0	جمع میوه های نیمه گرمسیری
150	225	1.5	1.5	0	محصولات گلخانه ای خیار
150	45	0.3	0.3	0	گوچه فرنگی
40	12	0.3	0.3	0	سایر سبزیجات
134.28	282	2.1	2.1	0	جمع سبزی و صیفی
27.59	176.6	6.4	6.4	0	توت فرنگی
27.59	176.6	6.4	6.4	0	جمع سایر محصولات
53.95	458.6	8.5	8.5	0	جمع محصولات گلخانه ای
0.002	0.0125	5.7	5	0.7	سایر محصولات باغبانی زعفران
3	39	16	13	3	گلستان (گل محمدی)
4	8	2	2	0	سایر محصولات مثمر
1.31	21	16	16	0	گیاهان دارویی
993.33	1490	1.5	1.5	0	قارچ دکمه ای
41.55	1558.013	41.2	37.5	3.7	جمع سایر محصولات باغبانی
28.45	229470.3	8203.645	8065.585	138.06	کل محصولات

جدول ۳-۵- سطح زیر کشت و میزان تولید محصولات باغبانی در شهرستان شمیرانات به تفکیک محصول در سال ۱۳۹۶
(منبع: سازمان جهاد کشاورزی استان تهران)

عملکرد (تن)	میزان تولید (تن)	سطح زیر کشت (هکتار)			نام محصول
		جمع	بارور	غیربارور	
33.79	42950.67	1292.03	1271.05	20.98	میوه های دانه دار
14.92	585	40.99	39.2	1.79	سیب
33.22	43535.67	1333.02	1310.25	22.77	گلابی
11.03	5292.38	491.15	479.65	11.5	جمع میوه های دانه دار
14.17	63006.28	4574.04	4447.94	126.1	آلبالو
14.83	1049.35	71.02	70.73	0.29	گیلاس
9.95	830	86.44	83.42	3.02	گوجه
17.92	918	53.52	51.23	2.29	آلو
17.73	1098	63.36	61.92	1.44	هلو
16.41	340	21.55	20.71	0.84	زردآلوقیسی
8.73	32.22	3.9	3.69	0.21	شلیل
1.89	2.65	1.5	1.4	0.1	آلوقطره طلا
13.90	72568.88	5366.48	5220.69	145.79	سایر میوه های هسته دار
6.05	71.57	13.12	11.82	1.3	جمع میوه های هسته دار
6.05	71.57	13.12	11.82	1.3	توت درختی
2.22	10.81	5.19	4.87	0.32	جمع میوه های دانه ریز
2.69	807	306.71	299.22	7.49	بادام
2.69	817.81	311.9	304.09	7.81	گردو
0	0	1.5	0	1.5	جمع میوه های خشک
0	0	1	1	0	گلستان (گل محمدی)
0.76	1	1.3	1.3	0	غیرمثمر (درخت و درختچه ها)
0.43	1	3.8	2.3	1.5	گیاهان دارویی
17.08	116994.9	7028.32	6849.15	179.17	جمع سایر محصولات باغبانی
					کل محصولات

جدول ۳-۶- سطح زیر کشت و میزان تولید محصولات باغبانی در شهرستان شهریار به تفکیک محصول در سال ۱۳۹۶

(منبع: سازمان جهاد کشاورزی استان تهران)

عملکرد (تن)	میزان تولید (تن)	سطح زیر کشت (هکتار)			نام محصول
		جمع	بارور	غیربارور	
27	5076	188	188	0	میوه های دانه دار
25	1875	75	75	0	سیب
26.42	6951	263	263	0	گلابی
					جمع میوه های دانه دار
12	732	61	61	0	میوه های هسته دار
15	300	20	20	0	آلبالو
15	21435	1444	1429	15	گیلاس
15	6315	421.6	421	0.6	گوجه
30.00	23287	776.3	776.23	0.07	آلو
23.31	1240	53.2	53.2	0	هلو
22.80	35571	1585.53	1559.98	25.55	شفتالو
26.06	14519	557.09	557.09	0	زردآلوقیسی
22.21	2824	127.23	127.13	0.1	شلیل
31.29	84.5	2.7	2.7	0	آلوقطره طلا
21.23	106307.5	5048.65	5007.33	41.32	سایر میوه های هسته دار
20.36	9986	490.97	490.37	0.6	جمع میوه های هسته دار
15.74	787	50	50	0	میوه های دانه ریز
35	7	0.2	0.2	0	انگور
20.62	16.5	0.8	0.8	0	توت درختی
19.94	10796.5	541.97	541.37	0.6	توت فرنگی
1.11	1	0.9	0.9	0	سایر میوه های دانه ریز
0.68	16.75	24.39	24.39	0	جمع میوه های دانه ریز
0.70	17.75	25.29	25.29	0	میوه های خشک
20	20	1	1	0	پسته
24.63768	34	1.38	1.38	0	گردو
22.68908	54	2.38	2.38	0	جمع میوه های خشک
273.3955	3663.5	13.4	13.4	0	میوه های نیمه گرمسیری
41.5	24.9	0.6	0.6	0	انار
263.4571	3688.4	14	14	0	خرمالو
27.59375	88.3	3.2	3.2	0	جمع میوه های نیمه گرمسیری
34.13793	198	5.8	5.8	0	محصولات گلخانه ای
31.81111	286.3	9	9	0	خیار
172.813	3974.7	23	23	0	سایر سبزیجات
0.0066	0.1188	18	18	0	جمع سبزی و صیفی
3	7.5	2.5	2.5	0	توت فرنگی
34.13793	198	5.8	5.8	0	گیاهان دارویی
1012	5566	5.5	5.5	0	جمع سایر محصولات
181.4974	5771.619	31.8	31.8	0	جمع محصولات گلخانه ای
22.71279	133873.1	5936.09	5894.17	41.92	سایر محصولات باغبانی
					گلستان (گل محمدی)
					گیاهان دارویی
					قارچ دکمه ای
					جمع سایر محصولات باغبانی
					کل محصولات

فصل چهارم

مروری بر خسارت تنش سرما در استان تهران

۴-۱- خسارت سرمازدگی در استان تهران

یکی از اهداف اساسی طرح حاضر، بررسی پیشینه تنش سرمایی در استان تهران می‌باشد. خسارت سرما شامل سرمای دیررس بهاره، سرمای زودرس پاییزه و یخبندان زمستانه می‌باشد که هر ساله خسارت سنگینی به باغ‌های استان تهران وارد می‌کند (جدول ۴-۱). مطالعات میدانی مجری، همکاران و کارشناسان طرح حاضر نشان می‌دهد که در بین سه خسارت ناشی از تنش سرما در باغ‌های استان تهران، خسارت سرمای دیررس بهاره در اولویت می‌باشد (جدول ۴-۱). پس از سرمای دیررس بهاره، سرمای زودرس پاییزه و در نهایت یخبندان زمستانه بیشترین خسارت را به باغ‌های کشور و استان تهران می‌زند.

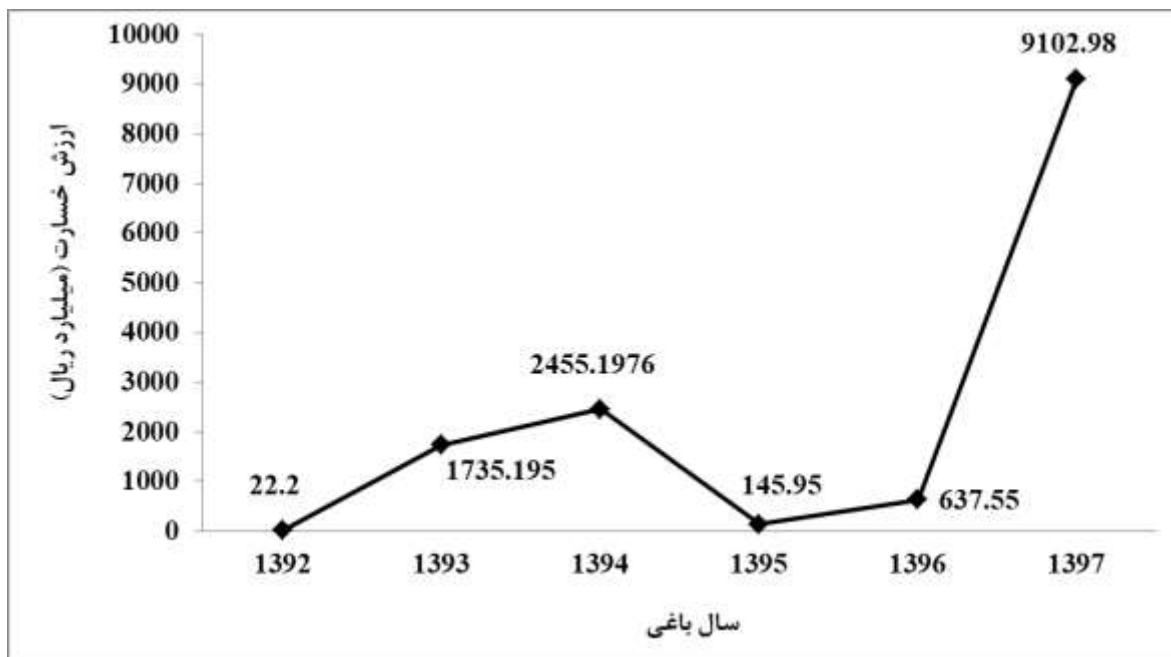
جدول ۴-۱- روند تغییرات میزان خسارت (میلیون ریال) انواع مخاطرات به بخش کشاورزی در استان تهران طی سال‌های ۱۳۹۶-۱۳۹۱ (منبع: سازمان حفظ نباتات کشور)

نوع خسارت	۹۱-۹۲	۹۲-۹۳	۹۳-۹۴	۹۴-۹۵	۹۵-۹۶
خشکسالی	۶۵۵۶۵	۱۵۱۳۵۰۹	۳۵۲۱۳۷۰	۱۰۳۷۷۶	۹۷/۸۵
سرمازدگی و یخبندان	۲۲۲۰۰	۱۷۳۵۱۹۵	۲۴۵۵۱۹۷/۶	۱۴۵۹۵۰	۶۳۷۵۵۰
سیل	۱۳۰۰۰	۲۰۵۰۰	۱۳۳۷۴۸	۱۳۵۶۸۳	۲۹۲۲۰
تگرگ و طوفان	۳۵۱۰۰	۱۳۴۳۷۹۲/۶	۷۱۴۰۰	۸۸۵۶۹۱/۵	۱۴۴۸۵۰/۵۴
ریزگرد	۰	۰	۰	۰	۰
جنگل‌ها و مراتع	۷۵	۸۴/۵	۱۶۵/۵	۸	۴
آتش‌سوزی					
مباغدار و دامداری‌ها	۲۷۵۰	۲۶۳۰	۱۰۰	۱۲۷۰	۰
آفات و امراض نباتی	۰	۶۰۶۴/۸	۱۶۵۰۱	۱۱۵۵	۰
امراض دام، طیور و آبزیان	۲۲۳۷	۰	۳۷۱۹۰۰	۵۰۰۰۰	۰
جمع کل	۱۴۰۹۲۷	۴۶۲۱۷۷۵/۹	۶۵۷۰۳۸۲/۱	۱۳۲۳۵۳۳/۵	۸۱۱۷۲۲/۳۹



شکل ۴-۱- انجام مطالعات میدانی توسط مجری، همکاران و کارشناسان طرح در راستای برآورد شدت خسارت سرمازدگی در سال ۱۳۹۸

سرمای دیررس بهاره در سال ۱۳۹۵ سبب کاهش ۴ درصدی محصول باغ‌های استان تهران شد که ارزش ریالی این خسارت، بالغ بر $21/3$ میلیارد ریال بوده است (اسدی و کربلایی، ۱۳۹۵). این در حالی است که در سال‌های اخیر، با توجه به تشدید پدیده تغییر اقلیم، میزان خسارت ناشی از سرمای دیررس بهاره به طور معنی‌داری افزایش یافته است. به طوری که میزان خسارت سرمای دیررس بهاره به باغ‌های استان تهران در سال‌های ۱۳۹۶ و ۱۳۹۷ به ترتیب $637/5$ و $910/3$ میلیارد ریال بوده است (شکل ۴-۱).



شکل ۴-۲- ارزش خسارت سرما (میلیارد ریال) به باغ های استان تهران طی سال های ۱۳۹۲-۱۳۹۷ (منبع: سازمان جهاد کشاورزی استان تهران)

براساس آمار ارائه شده توسط سازمان جهاد کشاورزی استان تهران، در سال ۱۳۹۷، بیشترین میزان خسارت سرمای دیررس بهاره مربوط به شهرستان های دماوند (۳۹۷۱۱۷۰ میلیون ریال)، فیروزکوه (۷۴۰۳۰۰ میلیون ریال) و شمیرانات (۳۵۸۹۳۰۰ میلیون ریال) بود که بیشترین میزان این خسارت به محصولات دانه دار و هسته دار وارد شده است (جدول ۴-۱ و ۴-۲). از اینرو، هر راهکاری که بتواند حتی به میزان کم، درختان میوه را در برابر خسارت سرما محافظت نماید، نقش موثری در بهبود تولید این محصولات خواهد داشت.

جدول ۴-۲- میزان خسارت سرما به باغ های استان تهران به تفکیک شهرستان در سال ۱۳۹۷ (منبع: سازمان جهاد کشاورزی استان تهران)

شهرستان	سطح خسارت دیده (هکتار)	سطح بیمه شده	جمع محصول خسارت دیده (تن)	ارزش خسارت (میلیون ریال)
تهران	۶۵۰	۰	۵۴۶۰	۱۱۴۵۶۷
دماوند	۷۰۵۷	۲۳۴۳	۲۱۲۲۹۸/۵	۳۹۷۱۱۷۰
شمیرانات	۶۴۵۶	۶۰	۱۱۱۹۷۰	۳۵۸۹۳۰۰
فیروزکوه	۲۴۵۰	۲۵۰	۳۹۱۰۳	۷۴۰۳۰۰
شهریار	۱۲۱۵	-	۴۵۶۰	۹۱۲۰۰
ملارد	۱۸۹۷	۴۲۹	۲۸۰۰۷	۸۱۱۰۳
ورامین	۳۰۰۰	-	۱۹۸۰	۵۰۱۰۳۰
اسلام شهر	۳۰۰	-	-	۲۲۰۰
ری	۰	۰	۰	۰
پیشوا	۲۵	-	۴۷۵	۷۴۰
رباط کریم	۵۰	-	۶۵۰	۶۵۰۰
پردیس	۳۱	۰	۲۳۷	۵۹۰۰
جمع کل	۲۳۱۳۱	۳۰۸۲	۴۰۴۷۴۰/۵	۹۱۰۲۹۸۰

- علامت (-) به منزله داده های ارائه نشده می باشد.

جدول ۴-۳- میزان خسارت سرما به باغ های استان تهران به تفکیک محصول در سال ۱۳۹۷ (منبع: سازمان جهاد کشاورزی استان تهران)

نوع محصول	سطح خسارت (هکتار)	میزان خسارت (تن)	ارزش خسارت (میلیون ریال)
دانه دار	۸۰۶۷	۲۷۲۸۵۹	۴۳۳۷۰۶۳
هسته دار	۸۸۹۵	۱۱۷۳۴۷	۳۲۱۵۶۴۶
انگور	۱۴۲۰	۶۴۰۴	۱۰۲۳۸۹
گردو	۱۷۲۷	۵۴۴۵/۵	۹۴۵۰۶۲
پسته	۳۰۰۰	۱۹۸۰	۵۰۰۰۰۰
خرمالو	۲۲	۷۰۵	۲۸۲۰
جمع	۲۳۱۳۱	۴۰۴۷۴۰/۵	۹۱۰۲۹۸۰

تطبیق داده های هواشناسی با خسارت سرمازدگی در سال ۱۳۹۷ در استان تهران نشان می دهد که

بخش عمده از خسارت سرمازدگی در این سال در استان تهران، مربوط به افت شدید دما و یخبندان و

بارش برف در تاریخ های ۲۷ و ۲۸ فروردین ۱۳۹۷ بوده است که همین یخبندان و برف خسارتی بالغ بر

۸۱۵ میلیارد تومان به باغ‌های استان تهران وارد نموده است که بیشترین میزان خسارت مربوط به شهرستان شمیرانات و محصول گردو و دانه‌دارها بوده است (جدول ۴-۴ و ۵-۴).

جدول ۴-۴- میزان خسارت برف و یخبندان بهار ۱۳۹۷ به باغات استان تهران به تفکیک شهرستان (منبع: سازمان جهاد کشاورزی استان تهران)

عامل و تاریخ وقوع خسارت	شهرستان	سطح خسارت دیده (هکتار)	درصد	سطح بیمه شده	جمع محصول خسارت دیده (تن)	ارزش خسارت (میلیارد تومان)
پردیس		۲۵	۵	۰	۲۳۷	۵/۰
برف و یخبندان (۲۷)	تهران	۵۵۰	۴۵	۰	۳۹۳۲	۵/۹
دمآوند		۷۰۳۷	۸۰	۲۳۴۳	۲۰۸۹۴۵	۳۴۰
و ۲۸ فروردین (۱۳۹۷)	شمیرانات	۵۷۵۳	۸۳	۶۰	۱۱۳۹۸۰	۳۵۸
فیروزکوه		۲۲۰۰	۸۵	۲۵۰	۶۶۹۴۹	۸۰
ملارد		۹۰۰	۲۵	۴۲۹	۲۸۰۰۸	۲۷
جمع کل		۱۶۴۶۵	۶۰	۳۰۸۲	۴۲۳۱۶۴	۸۱۵

جدول ۵-۴- میزان خسارت برف و یخبندان بهار ۱۳۹۷ به باغات استان تهران به تفکیک محصول (منبع: سازمان جهاد کشاورزی استان تهران)

عامل و تاریخ وقوع خسارت	شهرستان	سطح خسارت (هکتار)	ارزش خسارت (میلیارد تومان)
دانه دار		۷۴۱۶	۳۸۹۸۷۳۲
برف و یخبندان (۲۷ و ۲۸ فروردین ۱۳۹۷)	هسته دار	۶۷۱۳	۴/۳۳۶۸۰۴۹
	انگور	۱۶۱	۳/۳۸۳۶
	گردو	۲۱۳۲	۵/۸۷۶۵۶۲
	خرمالو	۴۳	۲۸۲۰
جمع کل		۱۶۴۶۵	۸۱۵

۴-۲- خسارت سرما در شهرستان دماوند، شمیرانات و شهریار

در بین سه شهرستان مورد مطالعه در استان تهران، شهرستان شهریار به دلیل موقعیت جغرافیایی و توپوگرافی کمتر دچار خسارت سرمای دیررس بهاره می‌شود (جداول ۴-۶، ۴-۷ و ۴-۸). میزان خسارت سرمای به درختان میوه در این شهرستان در سال ۱۳۹۷، بالغ بر ۹۱۲۰۰ میلیون تومان بوده است که این خسارت مربوط به باغ‌های انگور در این شهرستان می‌باشد (جدول ۴-۸).

بررسی میزان خسارت وارد به باغات شهرستان دماوند نشان می‌دهد که عمده این خسارت مربوط به سرمای دیررس بهاره بوده و در بین محصولات مختلف، بیشترین میزان خسارت مربوط به سیب و پس از آن گردو بوده است. به طوری که ۵۲۵۰ هکتار از باغات سیب این شهرستان و ۶۸۵ هکتار از باغ‌های گردو در فروردین ماه ۱۳۹۷ (۲۷ و ۲۸ فروردین) دچار آسیب سرمای دیررس بهاره شدند (جدول ۴-۶).

جدول ۴-۶- میزان خسارت سرما به باغ‌های شهرستان دماوند به تفکیک محصول در سال ۱۳۹۷
(منبع: سازمان جهاد کشاورزی استان تهران)

نوع محصول	مساحت خسارت (هکتار)	میزان خسارت (تن)	مبلغ ارزش خسارت (میلیون ریال)
گردو	۶۸۵	۱۷۱۲/۵	۳۱۵۰۰۰
هلو و شلیل	۵۵۳	۱۱۰۶۰	۱۴۳۳۱۰
آلو	۵۲	۱۰۴۰	۱۰۷۴۰
سیب	۵۲۵۰	۱۹۳۵۰۰	۳۳۷۵۰۰۰
گلابی	۵۰	۱۴۵۰	۳۰۰۰
آلبالو و گیلان	۴۶۷	۳۵۳۶	۱۲۴۱۲۰
جمع کل	۷۰۵۷	۲۱۲۲۹۸/۵	۳۹۷۱۱۷۰

بررسی میزان خسارت سرما در شهرستان شمیرانات در سال ۱۳۹۷ حاکی از آن است که ۴۶۶۰ هکتار از باغات گیلان این شهرستان در نتیجه تنش سرمازدگی دچار خسارت شده‌اند که میزان خسارت وارد شده بالغ بر ۲۵۰۰ میلیارد ریال بوده است. پس از گیلان، سرمازدگی در سال ۱۳۹۷ بیشترین میزان خسارت به محصولات سیب، آلبالو و گردو در این شهرستان وارد نموده است (جدول ۴-۷). این در حالی است که در شهرستان شهریار عمده خسارت وارد شده در نتیجه افت شدید دما مربوط به تاکستان-های این شهرستان بوده است (جدول ۴-۸).

جدول ۴-۷- میزان خسارت سرما به باغ‌های شهرستان شمیرانات به تفکیک محصول در سال ۱۳۹۷
(منبع: سازمان جهاد کشاورزی استان تهران)

نوع محصول	مساحت خسارت (هکتار)	میزان خسارت (تن)	مبلغ ارزش خسارت (میلیون ریال)
گیلان	۴۶۶۰	۶۲۵۰۰	۲۵۰۰۰۰۰
گردو	۱۱۸	۶۵۰	۲۵۲۰۰۰
آلبالو	۵۴۶	۵۴۰۰	۱۶۰۰۰۰
سیب	۱۰۲۲	۴۲۰۰۰	۶۴۰۰۰۰

۲۱۳۰۰	۹۲۰	۵۰	زردآلو
۱۶۰۰۰	۵۰۰	۶۰	هلو
۳۵۸۹۳۰۰	۱۱۱۹۷۰	۶۴۵۶	جمع کل

جدول ۴-۸- میزان خسارت سرما به باغ های شهرستان دماوند به تفکیک محصول در سال ۱۳۹۷
(منبع: سازمان جهاد کشاورزی استان تهران)

مبلغ ارزش خسارت (میلیون ریال)	میزان خسارت (تن)	مساحت خسارت (هکتار)	نوع محصول
۹۱۲۰۰	۴۵۶۰	۱۲۱۵	انگور
۹۱۲۰۰	۴۵۶۰	۱۲۱۵	جمع کل

فصل پنجم

راهکارهای کاهش مخاطرات سرمازدگی در باغ های استان تهران

راهکارهای متفاوتی برای کاهش خطرات سرما و یخ زدگی وجود دارد که یا بر مبنای پیشگیری از سرما و یا بر مبنای محافظت درخت در برابر سرما و یخ زدگی پایه ریزی شده‌اند. بطور کلی این دو مقوله را به صورت روش های غیرفعال و روش های فعال مقابله با سرما تعریف می‌کنند. در زیر موارد مختلف که برای کنترل خسارت سرما در دنیا مورد استفاده قرار می‌گیرد و امکان استفاده از آنها در باغ های استان تهران وجود دارد، اشاره شده است. براساس بررسی منابع و تجارب تحقیقاتی مجری و همکاران طرح، برخی از این روش‌ها از توجیه اقتصادی بالاتری برخوردار بوده و با توجه به شرایط کشور جز راهکارهای مدیریتی اثرگذار به‌شمار می‌روند که به صورت ویژه بر آنها تاکید شده است.

۵-۱- روش های غیر فعال مقابله با سرما

روش های غیر فعال در کاهش خسارت سرما و یخ زدگی بر مبنای پیشگیری از سرما می‌باشند. به عبارت دیگر این روش‌ها عمدتاً به زمان احداث باغ مرتبط هستند. روش‌های غیرفعال، کارآمدترین و موثرترین راه برای کاهش خطرات سرمازدگی و یخ‌بندان می‌باشند. آمایش منطقه برای عدم وجود سرمازدگی و یخ‌زدگی محصول مورد نظر جهت کشت، استفاده از ارقام دیرگل و مقاوم و همچنین استفاده از پایه‌های مقاوم به سرما از روش‌های غیر فعال در مقابله با سرما و یخ‌زدگی می‌باشد.

۱-۱-۵- مکان احداث باغ

همان طور که پیش از این اشاره شد، هر راهکاری که بتواند باعث کاهش اثرات بد سرما بر درختان میوه گردد به طور موثری می‌تواند در بهبود کیفیت و کمیت محصولات کشاورزی گام بردارد. به منظور محافظت درختان میوه در مقابل خطرات سرمازدگی بهاره و زمستانه راهکارهای مختلفی در مراحل مختلف رشد و نمو گیاه گزارش شده است ولی آنچه که مسلم است بهترین راهکار در کاهش خطر سرمازدگی در زمان احداث باغ می‌باشد. انتخاب مکان مناسب که در آن احتمال وقوع سرمازدگی و یخ‌بندان درختان میوه کم یا صفر باشد، بهترین راهکار برای حفاظت درخت در برابر سرما و یخ‌زدگی می‌باشد. امروزه در بسیاری از کشورهای پیشرو در صنعت باغبانی با به‌کارگیری فرآیند سلسله مراتب تحلیلی (AHP¹) و داده‌های حاصل از GIS²، باغ‌های درختان میوه بویژه درختان زودگل نظیر بادام و زردآلو، را در مکان‌هایی احداث می‌کنند که احتمال خطر سرمازدگی در آن‌ها صفر یا پائین باشد (خواجه-الدین و پورمنافی، ۱۳۸۱).

از نظر مکان احداث باغ عوامل زیادی برای جلوگیری از بروز خطر سرمای بهاره حائز اهمیت می‌باشند. برخلاف آنچه که تصور می‌شود، همواره نزدیک بودن به خط استوا یا بالعکس دور بودن از خط استوا نشانگر کم یا زیاد بودن خطر سرمازدگی نمی‌باشد. علاوه بر دوری و نزدیکی به استوا، عوامل متعدد دیگری از قبیل ارتفاع از سطح دریا، وجود موانع طبیعی از قبیل رشته کوه‌ها و جنگل‌ها و مجاورت با دریا و دریاچه‌ها در میزان بروز سرمازدگی نقش موثری دارند. تحقیقات صورت گرفته روی درختان میوه نشان می‌دهد که در نیمکره شمالی، گل‌های درختانی که در عرض‌های پائین‌تر می‌باشند، نسبت به درختانی که در عرض‌های بالاتر هستند، چندین روز زودتر باز می‌شوند. علت این پدیده را می‌توان به زودتر گرم شدن زمین در مناطق جنوبی نسبت داد. شاید از لحاظ زمانی این چند روز دیرتر باز شدن گل‌ها در عرض‌های جغرافیایی بالاتر، مدت زمان بسیار کوتاهی باشد، اما همین چند روز می‌تواند در جلوگیری از سرمازدگی بهاره شدید، به میزان زیادی نقش داشته باشد. زمان وقوع سرما و همچنین زمان باز شدن گل‌ها در یک

¹ Analytic Hierarchy Process

² Geographic Information System

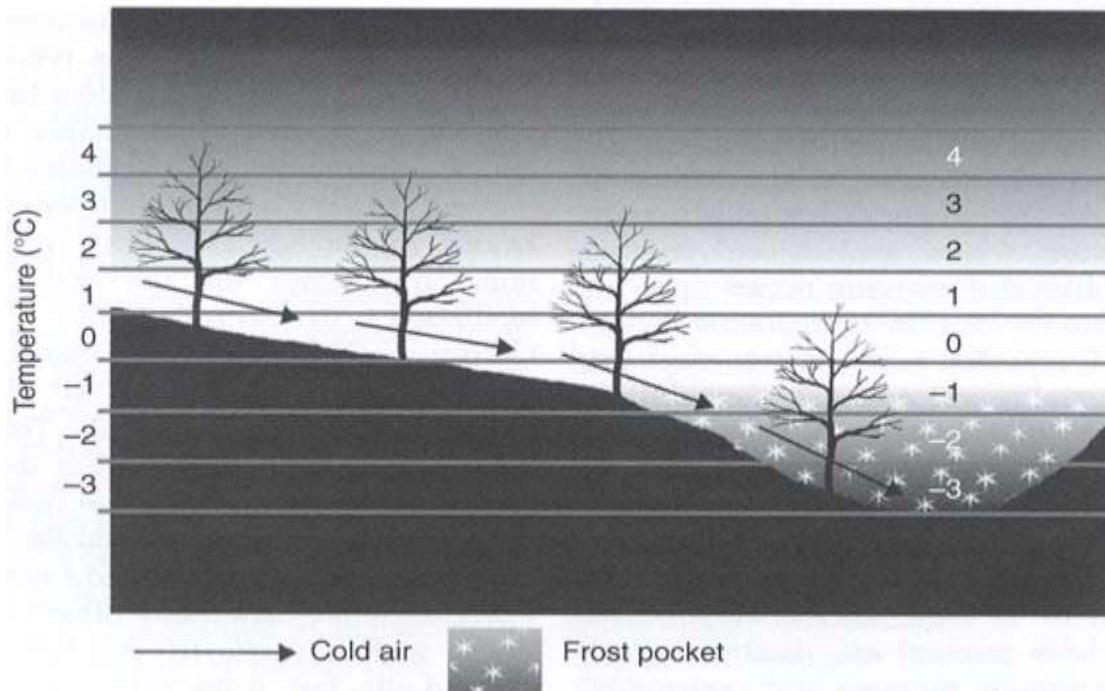
منطقه از سالی به سال دیگر متفاوت می‌باشد. این تغییرات در زمان باز شدن گل‌ها به میزان زیادی تابع میکروکلیمای منطقه است. نظیر این اختلاف در گلدهی در ظهور حشرات نیز مشاهده شده است. بدین معنا که هر چه رشد فیزیولوژیکی درخت در اثر عوامل جوی عقب می‌افتد به همان نسبت ظهور آفات نیز تاخیر دارد. توجه به این مسئله، از نظر انتخاب زمان مناسب سمپاشی و مبارزه و تطبیق آن با شرایط رشد و نمو درخت، از اهمیت بیشتری برخوردار است (یداللهی و همکاران، ۱۳۹۱).

وضعیت آب و هوایی و طول فصل رشد در یک منطقه تعیین کننده نوع شیب برای احداث باغ می‌باشد. شیب‌های شمالی دیرتر از شیب‌های جنوبی گرم می‌شوند. این دیرتر گرم شدن شیب‌های شمالی سبب تاخیر در باز شدن گل‌های درختان میوه می‌شود. از آنجایی که گل در حالت بسته و غنچه مقاومت بالاتری به سرما دارد لذا احتمال بروز سرمازدگی بهاره در شیب‌های رو به شمال کمتر از شیب‌های رو به جنوب می‌باشد که این پدیده می‌تواند عامل مثبتی در زمان احداث باغ برای حفاظت درخت در برابر سرمای بهاره باشد. در شیب‌های جنوبی طول فصل رشد طولانی‌تر از شیب‌های شمالی است که علت این امر را می‌توان به زودتر گرم شدن شیب‌های جنوبی در بهار و به دنبال آن زودتر باز شدن گل‌ها نسبت داد. با توجه به اینکه در این نوع شیب‌ها، گل‌ها در بهار زودتر از موعد باز می‌شوند، لذا احداث باغ‌های میوه در مناطقی که احتمال وقوع سرمای دیررس بهاره وجود دارد سبب افزایش خطر سرمازدگی بهاره می‌شود. از شیب‌های جنوبی بیشتر برای پیش‌رس کردن محصول و عرضه زودتر از موعد آن به بازار استفاده می‌شود. همچنین در مناطقی که سرمازدگی زود هنگام زمستانه وجود دارد، بهترین شیب برای احداث باغ‌های میوه، شیب‌های جنوبی می‌باشند. چرا که در این شیب‌ها گرمای حاصل از تابش خورشید تا حدودی جلوی سرمای زودرس پاییزه را می‌گیرد و درختان فرصت بیشتری برای سازگاری با سرما دارند (Westwood, 1993).

احداث درختان میوه در شیب‌های شرقی برای مناطقی که بیماری آتشک شایع باشد، مناسب می‌باشد. به لحاظ اینکه در بهار تشکیل شبنم صورت می‌گیرد و رطوبت شبنم روی گیاه به محض طلوع خورشید تبخیر می‌شود، جلوی گسترش بیماری را می‌گیرد. ولی کمترین میزان بهره‌مندی از تابش آفتاب

پس از شیب‌های شمالی، برای شیب‌های شرقی می‌باشد. احداث باغ‌های میوه در شیب‌های غربی کمتر صورت می‌گیرد، چرا که احتمال سرمازدگی بهاره در این شیب‌ها زیاد می‌باشد. از طرف دیگر در مناطقی که در فصل بهار شب‌نم روی گیاهان ایجاد می‌شود و احتمال وقوع آتشک و دیگر بیماری‌های باکتریایی بالا است، نباید از شیب‌های غربی استفاده کرد (Snyder and Melo-Abreu, 2005; Kang et al., 2014).

به طور کلی به ازاء هر ۱۵۰ متر افزایش ارتفاع از سطح دریا، دمای هوا یک درجه سانتی‌گراد کاهش پیدا می‌کند (Gradwell and Rainford, 2006). بنابراین درختانی که در ارتفاعات بالایی از سطح دریا قرار دارند، بیشتر در معرض دماهای پائین قرار دارند. اما این بدان معنا نیست که در یک اختلاف ارتفاع کم، مثلاً در یک سطح شیب‌دار، هر چه محل باغ به قسمت پائین شیب نزدیک باشد، احتمال خطر سرمای بهار کمتر می‌باشد. در طول روز با تابش نور خورشید، زمین و متعاقباً هوای مجاور آن شروع به گرم شدن می‌نماید، به گونه‌ای که در نیمه روز (ساعت ۱۴) دمای هوا به حداکثر خود می‌رسد و بعد از آن شروع به کاهش می‌کند. اما تا زمان غروب خورشید، دمای خاک در حال افزایش می‌باشد. با غروب خورشید خاک گرمای خود را به صورت تشعشع به هوای مجاور می‌دهد. هوای گرم مجاور سطح زمین به دلیل سبک بودن به ارتفاع بالاتر صعود کرده و هوای سرد فوقانی جایگزین آن می‌گردد. لذا در یک سطح شیب‌دار، این جریان رو به پائین هوای سرد و جریان رو به بالای هوای گرم منجر به کاهش دمای هوای نزدیک پائین شیب و افزایش احتمال وقوع سرمازدگی می‌گردد که از این پدیده به عنوان یخ‌زدگی تشعشی یاد می‌شود. بنابراین بهترین محل احداث باغ، در یک سطح شیب‌دار در فاصله معینی بالاتر از کف دره می‌باشد (شکل ۵-۱).



شکل ۵-۱- تغییرات دما به ازای تغییرات ارتفاع در یک سطح شیب‌دار

نکته مهم دیگری در رابطه با یخ‌زدگی های تشعشی این است که سردترین هوا در نزدیکترین فاصله به سطح زمین قرار می‌گیرد. بنابراین دمای سطح زمین یا هوای مجاور آن ممکن است ۵ تا ۱۰ درجه سانتی‌گراد سردتر از دمای ثبت شده در ارتفاع ۱/۵ متری باشد. این تفاوت دمایی را باید برای گیاهان حساس به دمای پائین مد نظر قرار داد. با توجه به اینکه بسیاری از باغ‌های جدید احداث شده کشور هنوز به صورت غرقابی آبیاری می‌گردند و همچنین مشکل بودن احداث باغ در ارتفاعات، دشواری عملیات زراعی و عدم دسترسی آسان به باغ به دلیل دشواری احداث جاده‌ها، باغدار تمایل به احداث باغ در مناطقی با ارتفاع کم‌تر، یعنی نزدیک به کف دره و در مکانی مسطح دارد. این امر احتمال آسیب‌های یخ‌زدگی و سرمازدگی درختان موجود در باغ را افزایش می‌دهد. بنابراین توصیه می‌شود تحت چنین شرایطی صدمات احتمالی حاصل از یخ‌زدگی و سرمازدگی درختان احداث شده در اراضی مسطح را با هزینه‌های اضافی حاصل از احداث باغ در سطح شیب‌دار و در ارتفاع بالاتر از کف دره را با هم مقایسه کرد و در صورت مقرون به صرفه بودن، اقدام به احداث باغ در منطقه نمود (یداللهی و همکاران، ۱۳۹۱).

برخی محل‌های احداث باغ در مجاورت موانع طبیعی می‌باشند. وجود موانعی مانند رشته کوه‌ها، جنگل‌ها و حتی برخی موانع مصنوعی از قبیل ساختمان‌های بلند در مجاورت باغ به مانند یک سد برای ورود هوا به داخل باغ عمل می‌کند. نقش این موانع در بروز یا عدم بروز یخ‌بندان به میزان زیادی بستگی به موقعیت و فاصله باغ نسبت به این موانع دارد. اگر باغ احداث شده، روبروی باد غالب منطقه و نزدیک این موانع باشد، این موانع می‌توانند زهکشی هوا را در باغ مختل کنند و در نتیجه تجمع هوای سرد در پشت موانع و در سمت باغ احتمال وقوع سرمازدگی و یخ‌بندان را شدیداً افزایش می‌دهد، ولی اگر موانع در فاصله مناسبی از باغ و در مقابل باد باشند، نه تنها از سرمازدگی جلوگیری می‌نماید، بلکه به عنوان یک بادشکن^۱ نیز عمل می‌کنند. پیشنهاد می‌شود که حداقل فاصله محل احداث باغ از موانع طبیعی و مصنوعی، ۲۵ متر باشد که این فاصله به میزان زیادی بستگی به ارتفاع موانع، ارتفاع درخت و سرعت باد غالب منطقه بستگی دارد. در نهایت باید در زمان احداث باغ به زهکشی هوا در باغ توجه زیادی شود و از احداث باغ در محل‌هایی خودداری گردد که احتمال تجمع هوای سرد وجود دارد (بی‌نام، ۱۳۸۷).

۲-۱-۵- روش‌های ژنتیکی

می‌توان گفت که بعد از انتخاب مکان باغ، روش‌های ژنتیکی کارآمدترین روش در پیشگیری از خطرات سرمازدگی و یخ‌بندان می‌باشند. خوشبختانه بدلیل شرایط متنوع اقلیمی و بومی بودن برخی درختان میوه، کشور ایران به عنوان یک منبع غنی ژرم‌پلاستی در دنیا مطرح می‌باشد، به گونه‌ای که امروزه اکثر اصلاح‌کنندگان بزرگ درختان میوه که در مراکز تحقیقاتی مهم اصلاح درختان میوه دنیا مشغول انجام پروژه‌های اصلاحی و معرفی ارقام جدید هستند به ژرم‌پلاست غنی موجود در ایران و مخصوصاً ژرم‌پلاست موجود در باغ‌های سنتی، با دقت فراوان می‌نگرند و آرزوی دیرینه آن‌ها در اختیار داشتن ژرم‌پلاست درختان میوه ایران به منظور قرار دادن آن‌ها در برنامه اصلاحی می‌باشد. از آنجائی که اکثر درختان میوه موجود در باغ‌های سنتی از طریق بذر در گذشته تکثیر شده‌اند، لذا تنوع ژنتیکی

^۱ Windbreak

فراوانی در این توده عظیم درختان میوه به چشم می‌خورد. مسلماً در این توده عظیم بسیاری از ارقام درختان میوه موجود می‌باشند که به سرما مقاوم‌اند یا ظهور گل آن‌ها از ارقام معمول، دیرتر می‌باشد. تاخیر در باز شدن گل در بهار، این امکان را برای درخت فراهم می‌کند که کمتر در معرض سرمای بهاره باشد. در انتخاب ارقام دیرگل باید توجه داشت که صفت دیرگلی تحت تاثیر شرایط اقلیمی و محیطی است و بایستی ارقام دیرگل از بین توده‌ها و ارقام محلی هر منطقه انتخاب شوند یا حتی‌الامکان ارقامی که از بیرون از منطقه به عنوان رقم دیر گل وارد می‌شوند، صفت دیرگلی آن‌ها ابتدا در شرایط اقلیمی منطقه آزمایش شود و سپس به ترویج و معرفی آن‌ها اقدام گردد (Rodrigo, 2000).

همچنین در مبحث کاربرد ارقام مناسب در زمان کاشت، باید توجه داشت که ارقام زودرس نسبت به ارقام دیررس یا درختانی که قبل از سرما محصول زیادی داده‌اند، بهتر می‌توانند در مقابل دماهای پایین زنده بمانند. که علت این امر را می‌توان به میزان تجمع کربوهیدرات در درخت نسبت داد. در ارقام زودرس، پس از برداشت میوه، کربوهیدرات ساخته شده در برگ‌ها صرف افزایش مقاومت درخت به سرمای زمستانه می‌شود. بعلاوه چنین ارقامی زودتر از ارقام دیررس به خواب رفته و با توجه به اینکه مقاومت گیاهان در شرایط خواب بیشتر می‌باشد، لذا ارقام زودرس به سرما و یخ بندان مقاوم‌تر از ارقام دیررس می‌باشند (میرمحمدی میبیدی و ترکش اصفهانی، ۱۳۹۰).

در بحث روش‌های ژنتیکی به منظور حفاظت درختان میوه در برابر سرما، می‌توان اقدام به شناسایی پایه‌های مقاوم به سرما و پیوند ارقام تجاری روی این پایه‌ها نمود. پایه‌های مقاوم به سرما معمولاً رشد ساقه آهسته‌تری دارند و باعث بخواب رفتن یا توقف رشد می‌شوند که در نهایت منجر به دیر گلدی می‌گردند. ارقام گیلان مهلب یکی از نمونه‌های خوب پایه‌هایی می‌باشد که سبب تاخیر در گلدی پیوندک می‌شود. تأثیر پایه بر پیوندک از نظر افزایش مقاومت در مقابل دماهای پایین در آخر زمستان، ممکن است به صورت آغاز دیر وقت فعالیت رویشی گیاه در بهار پدیدار شود. در پدیده‌ی مقاومت درخت نسبت به سرمای زمستان عواملی مانند میزان چوبی شدن شاخه‌ها و ذخایر کربوهیدرات‌ها نقش اساسی دارند. با وجود این شرایط محیطی، طول دوره‌ی استراحت گیاهی، بافت خاک، فواصل

آبیاری، نوع کود، انبوهی تاج درخت، هرس و غیره در ذخیره کردن کربوهیدرات‌ها و در نتیجه ایجاد مقاومت در برابر سرما نقش مستقیم دارند. بدون تردید، نوع پایه توأم با عوامل یاد شده، در این امر به مراتب موثرتر است. بررسی‌ها نشان داده اند که مقاومت گیلان پیوند شده روی آلبالو نسبت به سرما به مراتب بیشتر از گیلان پیوند شده روی گیلان‌های بذری است. آنچه که در استفاده از پایه‌های مقاوم به سرما باید بدان توجه کرد، مبحث سازگاری پایه و پیوندک و خصوصیات دیگر پایه می‌باشد. چراکه ممکن است، پایه ای علیرغم مقاومت به سرما، به برخی بیماری‌ها حساس باشد یا اینکه با پیوندک ناسازگار باشد.

ارزیابی میدانی مجری و همکارن طرح نشان می‌دهد که بخشی از باغ‌های استان تهران که دچار خسارت سرمازدگی می‌شوند، باغ‌های سنتی است که در آن‌ها ژنوتیپ‌ها و درختان بومی زودگل و زودرس کشت شده‌اند. همین امر سبب شده تا این درختان با وقوع اولین سرمای دیررس بهاره، دچار خسارت شدید سرمای دیررس بهاره شوند. این در حالی است که انتخاب ارقام دیرگل و دیربرگ در کنار انتخاب محل مناسب برای احداث باغ به راحتی می‌تواند، خسارت سرمازدگی را در استان تهران به حداقل میزان ممکن کاهش دهد. در این راستا لازم است تا دو استراتژی مدیریتی باید اتخاذ گردد که **استراتژی اول در احداث باغ‌های جدید است که باید در محل مناسب، گونه مناسب و رقم دیرگل و دیربرگ مناسب انتخاب گردد.** به عنوان مثال استفاده از یک رقم دیربرگ گردو مانند ارقام "چندلر"، "فرنور" و "پرشیا" نه تنها سبب افزایش مستقیم عملکرد می‌شود، بلکه به دلیل تاخیر زیاد در تاریخ برگ‌دهی، از بسیاری از خسارت‌های سرمای دیررس بهاره در امان می‌باشد. **استراتژی دوم در این راستا، نوسازی و اصلاح باغ‌های موجود با استفاده از سرشاخه کاری با ارقام متحمل به سرمای دیررس بهاره می‌باشد.** در طی بازدیدهای میدانی صورت گرفته در این طرح، توصیه لازم به باغداران در شهرستان‌های مورد مطالعه، جهت انجام سرشاخه کاری ژنوتیپ‌های زودبرگ که متحمل به سرمای دیررس بهاره می‌باشند با ارقام تجاری و دیربرگه شد (شکل ۵-۲).



شکل ۵-۲- سرشاخه کاری درختان گردو با استفاده از ارقام دیربرگ چندلر در شهرستان‌های دماوند و فیروزکوه به عنوان یک راهکار مناسب در جهت کاهش خسارت سرمازدگی

۵-۲- روش‌های فعال

همان‌طور که در بالا بدان اشاره شد، کارآمدترین و موثرترین راه برای کاهش خطرات سرمازدگی و یخ‌بندان، انتخاب مکان مناسب بر مبنای داده‌های حاصل از GIS^۱ می‌باشد. با این وجود بسیاری از باغ‌های احداث شده‌ی کشور در مناطق مستعد سرمازدگی و یخ‌زدگی می‌باشند. از طرف دیگر بسیاری از مکان‌های مناسب جهت کشت درختان میوه، در مناطقی واقع شده‌اند که در صورت احداث باغ در آن مکان‌ها، احتمال سرمازدگی و یخ‌بندان وجود دارد. با این تفاسیر گاه نیاز به محافظت درخت در برابر سرمازدگی و یخ‌زدگی می‌باشد که از آن تحت عنوان روش‌های فعال یاد می‌شود.

^۱ Geographic Information System

۱-۲-۵- روش های فیزیکی مقابله با سرما و یخ زدگی

روش های فیزیکی علی رغم بازده کمتر نسبت به پیشگیری، اما از روش های موثر در کنترل سرمازدگی و یخ زدگی هستند که بر پایه جلوگیری از هدر رفتن یا جایگزینی گرمای تشعشی از دست رفته، می باشند. حفاظت از گیاه در برابر یخ زدگی های انتقالی غالباً دشوارتر از حفاظت در برابر یخ زدگی تشعشی می باشد. در نتیجه اغلب سیستم ها و روش های حفاظتی تنها در شرایط یخ زدگی تشعشی کارآیی دارند. بالا بودن نقطه شبنم احتمالاً قدرتمندترین و مؤثرترین مکانیزم ممکن برای کاهش آسیب های ناشی از یخ زدگی است. چرا که در این موقعیت به عنوان یک «پمپ گرمایی»، مقدار گرمای هدر رفته از طریق تشعشع را با گرمای نهان تراکم جبران می نماید. به طور کلی هر روش حفاظتی که قادر به افزایش ظرفیت بخار آب هوا باشد، از بازدهی بسیار بالایی برخوردار است، اما انجام این کار بسیار مشکل است. اساس کلیه روش های حفاظت فیزیکی بر پایه جلوگیری از هدر رفتن یا جایگزینی گرمای تشعشی از دست رفته است. انتخاب نهایی یک سیستم حفاظتی بستگی به گیاه، موقعیت مکانی، نوع خاک، میزان مواجهه با هوای سرد و سلايق و تجارب شخصی دارد. ضمن آنکه ملاحظات اقتصادی را باید به عنوان یک عامل مهم همواره مدنظر قرار داد. اگر امکانات اقتصادی اجازه می داد، امکان حفاظت از هر گیاهی در برابر هر نوع سرما و یخ زدگی وجود داشت. اصولاً انتخاب یک سیستم حفاظت از یخ بندان، یک تصمیم گیری اقتصادی است. پوشاندن کامل یک محوطه و گرم کردن مستقیم یک گیاه، آن گونه که در شرایط گلخانه انجام می گیرد، بهترین و در عین حال پرهزینه ترین سیستم حفاظت از سرماست، اما اجزا این سیستم در سطوح وسیع و برای بسیاری از باغ ها، تاکستان ها و باغدار و زمین های تولید میوه و سبزیجات عملاً امکان پذیر نیست، مگر آنکه ساخت و نصب چنین تجهیزاتی، مزایا و درآمدهای جنبی دیگری نیز به همراه داشته باشد. باغدار باید هنگام تصمیم گیری در مورد اینکه یک سیستم حفاظتی را چگونه، کجا و در چه زمانی بکار گیرد، نکات متعددی از جمله ارزش گیاه، هزینه ها و عملیات مدیریتی مزرعه را مد نظر قرار دهد (بی نام، ۱۳۸۷). عمده روش هایی که به عنوان روش های فیزیکی در حفاظت درختان میوه از سرمازدگی و یخ بندان مطرح می باشند عبارتند از:

- بخاری^۱

گرم کردن به منظور حفاظت در برابر سرما برای قرن ها مورد استفاده قرار می گرفت. باغداران برای محافظت درختان از یخ بندان، ضایعات گیاهی و تایرهای کهنه را می سوزانند. در حال حاضر نیز استفاده از بخاری ها، متداول ترین روش به منظور حفاظت در برابر سرما می باشد و بیشتر برای مبارزه با یخ بندان نوع تابشی که تنها در طول شب اتفاق می افتد و تداوم شبانه روزی ندارد، بکار می رود. اساس کار بخاری ها تامین حرارت از دست رفته باغ در طول شب های سرد می باشد. تشعشع حرارتی از دست رفته در طول شب های سرد ۰/۱۸-۰/۰۹ کالری در سانتی متر مربع در دقیقه می باشد. چون راندمان گرم کردن پائین است بایستی ۰/۳ تا ۰/۵ کالری در هر سانتی متر مربع در دقیقه تامین شود تا علی رغم تشعشع های خالص حرارتی از دست رفته، دمای باغ ثابت بماند. حرارت از بخاری به درخت از طریق کنوکسیون یا هوای گرم شده منتقل می شود. تشعشع حرارتی بوسیله اندام های گیاهی جذب می شوند که مستقیماً در معرض میدان عمل بخاری ها قرار دارند. تاثیر تشعشع حرارتی به نسبت معکوس مربع فاصله کم می شود. لذا بهتر است که تعداد زیادی بخاری با شعله کم بسوزد تا اینکه از تعداد کمی بخاری با شعله قوی استفاده گردد (شکل ۵-۳).

^۱ Polar



شکل ۵-۳- کاربرد بخاری باغی با لوله برگردان

به کار بردن بخاری به عوامل متعددی وابسته است که در درجه‌ی اول هزینه مطرح می‌باشد. زیرا مقدار سوختی که در طول مدت دوام سرما باید مصرف شود اغلب به رقم‌های بالایی می‌رسد که استفاده از آن را از نظر اقتصادی غیرقابل توجیه می‌کند. همچنین کاربرد بخاری‌ها در مناطقی که دارای بادهای شدید هستند امکان‌پذیر نمی‌باشد. هر چند یک وزش باد ملایم در افزایش کارایی بخاری‌ها موثر است (باعث مخلوط شدن هوای گرم با هوای سرد می‌شود) اما مناطقی که بادهای شدید دارد، نیاز به استفاده از بخاری‌های زیاد و سوخت زیادی می‌باشد که این عامل استفاده آنرا غیر اقتصادی می‌کند.

مقدار بخاری‌های مورد نیاز به منظور تهیه گرمای لازم از طریق فرمول زیر بدست می‌آید:

حرارت مورد نیاز به کالری در هکتار در ساعت = تعداد بخاری در هکتار (بازده کالری به لیتر سوخت) × مقدار سوخت مصرفی (لیتر در ساعت)

بیشتر بخاری‌ها طوری طراحی شده‌اند که با نفت کار می‌کنند و می‌توانند به صورت واحدهای مستقل یا توسط شبکه‌ای از لوله‌ها در بین محصول به هم وصل شوند (شکل ۳-۳). مزیت بخاری‌های متصل به هم این است که می‌توان میزان سوخت را برای همه کنترل کرد و در ضمن خاموش کردن آن‌ها توسط پمپ مرکزی انجام می‌شود. سیستم لوله‌ای می‌تواند برای گاز طبیعی نیز طراحی شود. در جدول ۳-۱ لیست و خصوصیات عملکردی تعدادی از بخاری‌های باغی بیان شده است. پروپان، نفت و گاز

طبیعی به عنوان سوخت در بخاری‌ها استفاده می‌شوند. بخاری‌ها از طریق سه مکانیسم امکان محافظت در برابر سرما را فراهم می‌کنند. گازهای داغ خارج شده از بالای دودکش در منطقه محصول باعث ایجاد جابه‌جایی و مخلوط شدن هوای سرد با گرم می‌شود، منبع هوای گرم بالا در ناحیه وارونگی آن را به دام می‌اندازد. حدود ۷۵ درصد انرژی بخاری بدین شکل آزاد می‌شود. ۲۵ درصد باقیمانده به صورت تشعشع از فلز بدنه بخاری آزاد می‌شود این حرارت تحت تأثیر باد قرار نمی‌گیرد و تنها به اجسامی می‌رسد که توسط جسم دیگری محصور نشده باشند، بنابراین بخاری‌ها می‌توانند تحت شرایط یخ‌زدگی ناشی از باد تا حدودی ایجاد محافظت کنند. مقدار بسیار کمی هم از گرما به خاک منتقل می‌شود.

چنانچه دما به طور غیرمترقبه ثابت بماند یا آهسته‌تر از آنچه پیش‌بینی شده کاهش یابد، بخاری‌ها امکان به تأخیر انداختن حفاظت را فراهم می‌کنند. هزینه‌های اولیه نصب بخاری کمتر از سیستم‌های دیگر است. اگر چه سوخت گران‌تری که دارد هزینه‌های بهره‌برداری را افزایش می‌دهد. اگر میزان سوختن بخاری کافی نباشد خطر اضافی برای محصول وجود ندارد و هر قدر حرارت ایجاد شود مفید خواهد بود.

متأسفانه ۷۵ تا ۸۵ درصد گرما حاصل از بخاری ممکن است از طریق تشعشع آسمان، یا نیروهای شناور جابجا کننده بالای گیاهان^۱ و جریان بادی کاتاباتیک (یک مشکل بزرگ برای سیستم‌های حفاظت در برابر سرما به جز سیستم آبپاشی روی شاخ و برگ) که هوای گرم را به خارج از باغ جابجا می‌کند از دست برود. هر عملی که این اتلاف گرمایی مهم را کاهش دهد موثر بودن روش را افزایش خواهد داد. اگر اکثر گرمای آزاد شده از احتراق را می‌توانستیم در باغ نگهداری کنیم، گرمای حاصل از سوخت فسیلی برای حفاظت در برابر سرما خیلی مؤثر و اقتصادی می‌بود. اگر میزان ماده سوختی زیاد باشد موجب اتلاف گرما و فرسودگی زود هنگام بخاری‌ها می‌گردد. بخاری‌های نفتی به طور اساسی یک دوم تا سه چهارم یک گالن در ساعت را می‌سوزانند. امروزه کاربرد سیستم‌های پروپان به جای سیستم‌های نفت روز به روز در حال افزایش می‌باشد. سیستم‌های پروپان اساساً نیاز به تمیز کردن کمتری دارند، ولی بخاری‌های نفتی باید بعد از هر ۲۰ تا ۳۰ ساعت کار، تمیز شوند (بداللهی و همکاران، ۱۳۹۱).

^۱ Stack effect

در هر بخاری به خاطر مسائل ایمنی باید راه ورود آب باران مسدود شود و در انتهای فصل سرما نفت از بخاری‌ها حذف شود، چرا که نفت روی آب شناور می‌شود و سوزاندن سوخت می‌تواند باعث به جوش آمدن آب و بروز یکسری مشکلات ایمنی شود. فرار بخار می‌تواند باعث خاموش شدن بخاری شود، میزان سوزاندن را کاهش دهد و گاه گاهی موجب به نفس نفس افتادن دود کش شود یا باعث شود که دود کش بگیرد.

جدول ۵-۱- فهرست تعدادی از بخاری‌های باغی و ویژگی آن‌ها

نوع سوخت	طول زمان سوختن (ساعت)	آلودگی هوا	تعداد توصیه شده برای هر هکتار	گرمای تولید شده در ساعت در هر واحد کیلو کالری	درصد گرمای تشعشی	نوع بخاری
ذغال نفتی بلوک‌های سوختی	۵	کم	۵۰۰-۲۵۰	۲۱۵۰-۲۰۱۵	مقداری	تری هیت
شمع مومی	۱۰-۸	کم	۵۰۰-۸۶	۲۵۰۰۰-۶۳۰۰	۵	شمع مومی
گاز پروپان	دائم	کم	۱۷۰-۸۶	۲۵۰۰۰	۵	گاز پروپان
نفت	۱۰-۸	کمی	۵۰۰-۱۲۵	۳۵۰۰۰-۸۸۰۰ بسته به اندازه	۱۵-۵	بخاری در باز
بسته های تایر کهنه فرآیند شده	۴ ساعت برای هر بسته تایر	کمی	۸۵	۲۵۰۰۰	۵۸-۲۴	بخاری مولد دود
نفت	۱۸-۸	کم	۱۳۵-۵۰	۵۳۰۰۰۰-۱۲۶۰۰ بسته به سرعت و اندازه	۳۲-۲۳	بخاری با دودکش برگردان
گاز طبیعی	دائم	کم	۱۲۵-۸۵	۲۵۰۰۰	۵۵-۴۵	بخاری در پوش دار

- کاربرد ماشین‌های بادبزن (مولد باد)

هوای گرم که در اثر تشعشع امواج از سطح خاک و درختان متصاعد می‌شود به طبقات بالای جو آن محل منتقل شده و در ارتفاعی مشخص جمع می‌شود. لذا هوای چند متر بالاتر 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 آن را تا حدودی تعدیل و از آسیب احتمالی جلوگیری کرد. در آزمایشی با سقف هوای گرم که ۱۰ درجه گرم‌تر از سطح زمین بوده، توانسته اند با کار گذاشتن بادبزن‌های بزرگ برقی درجه حرارت بستر باغ‌های مرکبات را حدود ۲/۵ الی ۳ درجه بالا ببرند. ماشین‌های بادبزن تنها برای مبارزه با یخ بندان ناشی از نوع تشعشی به کار می‌رود. استفاده از ماشین‌های مولد باد در سال‌های ۳۰-۱۹۲۰ در امریکا

متداول شد. هرچند این روش، روش قابل اطمینانی نبود اما چون هزینه آن تنها ۲۰٪ هزینه استفاده از بخاری بود، استفاده از آن متداول شد (شکل ۴-۵).



شکل ۴-۵- کاربرد ماشین‌های بادبزن (مولد باد) در باغ‌های میوه جهت محافظت درختان در برابر سرما

اولین استفاده از ماشین‌های بادی در دهه ۱۹۲۰ در کالیفرنیا گزارش شد. ماشین‌های بادی اغلب پنکه نامیده می‌شوند. ماشین‌های بادی، پروانه‌های بزرگ روی برج‌ها هستند (شکل ۳-۵) که مقادیر زیاد از هوای گرم را از وارونگی دمایی بالای باغ به پایین می‌کشند. از نظر مردم پسندی به دلیل ذخایر انرژی در مقایسه با تعدادی از روش‌های دیگر به مقدار زیاد افزایش یافته‌اند و می‌توانند در همه فصول استفاده شوند. ماشین‌های بادی با مخلوط کردن هوا در پایین‌ترین قسمت‌های اتمسفر برای استفاده کردن از مقادیر زیاد گرمای ذخیره شده در هوا، حفاظت در برابر سرما را فراهم می‌کنند. مقدار حفاظت یا افزایش دما در باغ به عوامل متعددی مربوط می‌شود. به عنوان قانونی کلی، حداکثر مقداری که دمای هوا می‌تواند افزایش یابد حدود ۵۰٪ تفاوت دمایی (شدت وارونگی دمایی) بین سطوح ۶ و ۶۰ فوتی (۱/۸ تا ۱۸ متری) است. این ماشین‌ها اگر شدت وارونگی دمایی کوچک باشد (کمتر یا مساوی ۱۶ درجه سانتی‌گراد) خیلی مؤثر نخواهند بود.

به طور معمول ماشین‌های بادبزن یک پنکه عمودی ثابت می‌باشند که انرژی آن از موتورهای گازوئیلی یا پروپان مایع تأمین می‌شود. این پنکه‌ها در ۲۴۰۰ دور در دقیقه حدود ۱۳۰ اسب بخار قدرت تولید می‌کنند. دو تیغه (۵/۸ متر) در حدود ۵۹۰ دور در دقیقه به گردش درمی‌آیند و ۸۰۰ هزار تا یک میلیون فوت مکعب در دقیقه (۴۰۰-۴۷۵ متر مکعب در ثانیه) جریان توده‌ای هوا تولید می‌کنند.

یک قانون کلی این است که در حدود ۱۵-۱۲ اسب بخار انرژی برای هر ۴۰۰۰ مترمربع نیاز است برای اینکه حفاظت در برابر سرما صورت گیرد. یک ماشین بزرگ و ساده (۱۶۰-۱۰۰ اسب بخار انرژی) می‌تواند تا ۴/۵ هکتار یا یک مسافت شعاعی حدود ۱۲۰ متری را تحت شرایط آرام حفاظت کند. معمولاً در باغ‌ها و تاکستان‌ها ارتفاع سر حدود ۱۱-۱۰ متر در نظر گرفته می‌شود. ارتفاعات پایین‌تر برای تیغه اساساً برای محصولات کوتاه‌تر مفید نیست، چون هوای گرم‌تر در وارونگی دمایی هنوز نیاز به مخلوط شدن با هوای سرد سطحی دارد. هلیکوپترها یک نوع گران (و گاهی خطرناک) از ماشین‌های بادی هستند که تحت شرایط سرمای تشعشی می‌توانند مورد استفاده قرار گیرند. آن‌ها می‌توانند خود را با ارتفاع یک وارونگی دمایی تنظیم کنند و سرمای باغ را جابجا کنند و از این لحاظ خیلی مؤثر باشند. مقدار ناحیه حفاظت شده توسط آن‌ها به ضربتی (جریان رو به پایین) که توسط هلیکوپتر تولید می‌شود، مربوط می‌شود. اساساً هر چه هلیکوپتر سنگین‌تر باشد توانایی حفاظتش بهتر خواهد بود. هلیکوپترها باید از جهت رو به باد باغ، کار کنند که عبورهای کندی را (۵-۱۰ مایل در ساعت) ایجاد می‌کنند. تکنیکی که با هلیکوپترها استفاده می‌شود، داشتن چراغ‌های کنترل کننده حرارتی در نواحی مشکل‌دار است که قبل از وقوع دمای سرد روشن می‌شوند. سپس هلیکوپتر اطراف قطعه‌ای به پرواز درمی‌آید که چراغ‌ها خاموش شده‌اند. همچنین باید دو ارتباط رادیویی بین هلیکوپتر و زمین وجود داشته باشد. واکنش سریع دماسنج در هلیکوپتر به خلبان کمک می‌کند که ارتفاع پروازش را برای بهترین اثر گرمایشی تنظیم کند.

کاربرد این ماشین‌های مولد باد همراه با دیگر روش‌ها از قبیل بخاری، آبیاری بارانی زیر شاخ و برگی و آبیاری سطحی در حفاظت درختان میوه موثرتر می‌باشد. به عنوان مثال کاربرد یک ماشین مولد باد همراه با ۸/۵ عدد بخاری در ۱۰۰ متر مربع باغ، نسبت به استفاده تنهایی از یک ماشین مولد باد یا ۱۷

عدد بخاری موثرتر می‌باشد. در کاربرد توام این ماشین‌ها باید دقت کرد که آن‌ها را با آبیاری بارانی بالای شاخ و برگی هرگز استفاده نکرد (بی‌نام، ۱۳۸۷).

- آبیاری بارانی

گرمایی که از آب آزاد می‌شود کارایی بیشتری نسبت به گرمای حاصل از سایر منابع دارد، زیرا در دماهای پایین آزاد می‌شود و حالت شناوری کمتری دارد و به علاوه می‌توان از آن به صورت انتخابی برای گرم کردن سردترین قسمت های گیاه استفاده کرد. **آبیاری روش کارآمد و اقتصادی برای محافظت در برابر سرما و یخبندان است.** گرمای از دست رفته، از محصول به محیط از طریق گرمای آزاد شده از تغییر شکل آب به یخ جایگزین می‌شود. زمانی که یک گرم آب یخ می‌زند، ۸۰ کالری انرژی آزاد می‌شود. مادامی که یخ در حال تشکیل است، این گرمای نهان، گرمای مورد نظر را تولید خواهد کرد. آبیاری به منظور حفاظت در برابر یخ بندان اغلب توسط آبیاری بارانی انجام می‌شود. علی‌رغم اینکه این روش جدید آبیاری برای حفاظت از یخ بندان هنوز گسترش خیلی زیادی نیافته است، اما هزینه‌های بهره برداری آن کمتر از روش قبل می‌باشد. چرا که آب از نفت و گاز ارزان‌تر است. همچنین از این روش می‌توان هم برای آبیاری درختان در طول سال و هم برای حفاظت درختان در برابر یخ بندان استفاده کرد. بعلاوه در این روش بدلیل کنترل سیستم توسط یک پمپ مرکزی، مدیریت آن راحت‌تر می‌باشد. در کاربرد این سیستم از دو روش عمده استفاده می‌شود که به قرار ذیل می‌باشند:

آبیاری بارانی بالای شاخ و برگی سیستمی است که بالاترین سطح حفاظت را با هزینه ای مناسب فراهم می‌کند (شکل ۵-۵). با وجود این، اگر سیستم در نیمه شب از کار بیفتد خطر آسیب می‌تواند بالا باشد. این سیستم تنها روشی است که برای میزان حفاظتش به شدت وارونگی اتکا نمی‌کند و حتی ممکن است مقداری حفاظت در شرایط سرمای ناشی از انتقال حرارت توسط جریان های افقی هوا با طراحی صحیح فراهم کند. تعداد زیادی از این سیستم‌ها ممکن است سه هدف داشته باشند: آبیاری، حفاظت در

برابر سرما و خنک شدن تبخیری برای رنگ و کاهش آفتاب سوختگی (روی سیب‌ها). مقدار حفاظت توسط آبیاری بارانی بالای شاخ و برگی فقط مربوط به مقدار آب به کار برده شده است.



شکل ۵-۵- کاربرد آبیاری بارانی بالای شاخ و برگی به منظور مقابله با سرما

کاربرد آب برای تاج درخت باید یکنواختی خیلی بیشتری نسبت به آن چه که برای آبیاری مورد نیاز است داشته باشد به طوری که هیچ سطحی کمتر از مقدار طراحی شده دریافت نکند. معمولاً یک ضریب یکنواختی تعیین می شود که کمتر از ۸۰ درصد نباشد. سیستم ها برای حفاظت در برابر سرما باید از ابتدا برای این منظور مهندسی و طراحی شوند. خطوط اصلی، پمپ‌ها و موتورها (۳ تا ۵ اسب بخار قدرت در هر ایکر^۱) باید به اندازه‌ای درآورده شوند که تمام باغ یا قطعه بتواند همزمان آبیاری شود. پمپ مجزای کوچک‌تری اغلب برای اهداف آبیاری قرار داده می‌شود و قطعه با دستگاه‌های کوچک‌تر آبیاری می‌شود. سرهای آبیاری باید حداقل یک بار در دقیقه به گردش در بیایند و نباید اجازه داد که تشکیل یخ گردش آن‌ها و کاربرد آب را متوقف کند. وقتی آب یخ می‌زند گرما آزاد می‌کند (گرمای نهان ذوب) که دمای مخلوط آب و یخ را در حدود نیم تا صفر درجه سانتی گراد (۳۱ تا ۳۲ درجه فارنهایت) نگه می‌دارد و اگر این مخلوط نگهداری نشود، دمای بافت‌های گیاهی پوشیده از یخ ممکن است به دمای حباب

^۱ BHP/ac

رطوبتی^۱ سقوط کند و صدمه شدیدی را برای درخت و جوانه‌ها به وجود آورد. جدول ۵-۲ دماهای پیشنهاد شده آغازی برای آبیاری بارانی بالای شاخ و برگ به منظور حفاظت در برابر سرما بر اساس دماهای حباب رطوبتی را نشان می‌دهد که به منظور کم کردن پتانسیل صدمه جوانه از افت دمای تبخیری و همچنین برای نگه داشتن بافت‌های گیاهی بالای حدود ۳۰ درجه فارنهایت لازم می‌باشد. آب به کار برده شده با یخ زدن 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 اما مداوم از یخ چکیده شود. همچنین یخ باید نسبتاً شفاف و تمیز باشد (شکل ۶-۵).



شکل ۵-۶- تشکیل یخ روی اندام‌های گیاه در نتیجه کاربرد آبیاری بارانی بالای شاخ و برگ

ممکن است افت دمایی تبخیری یا افت دائمی در دمای محیط باغ از طریق خنک شدن تبخیری قطره چکان‌های آبپاش وجود داشته باشد. زمانی که سیستم برای اولین بار روشن می‌شود. استفاده از آب گرم، اگر در دسترس باشد، می‌تواند با فراهم کردن بیشتر گرما برای تبخیر، افت دمایی را کم کند. زمان برگشت^۲ و مقدار این افت به دمای حباب رطوبتی مربوط است.

^۱ Wet bulb temperature

^۲ recovery

آبیاری بارانی بالای درخت علاوه بر مزایا دارای برخی معایب نیز می‌باشد. برخی از ارقام درختی بویژه در مراحل ابتدایی کاشت، ممکن است قادر به تحمل بار یخ تشکیل شده روی شاخ و برگ نباشند و لذا نمی‌توان این سیستم را برای آن‌ها به کار برد. این سیستم به مقادیر زیادی آب، خطوط لوله‌ای زیاد و پمپ‌های بزرگ نیاز دارد. گرمایی که طی تبخیر در صفر درجه سانتی‌گراد جذب می‌شود در حدود ۷/۵ برابر مقدار گرمایی است که در یخ زدن آزاد می‌شود و حداقل ۷/۵ برابر مقدار آبی که باید یخ بزند، تبخیر می‌شود. لذا آب بیشتری باید یخ بزند تا گرمای لازم برای گرم کردن باغ را فراهم کند و تلفات گرمایی را برای خاک و گیاهان جبران کند. تبخیر در همه زمان‌ها از آب مایع و یخ زده اتفاق می‌افتد. اگر سیستم به هر دلیلی در طول شب از کار بیفتد، فوراً به یک سیستم سرمایشی خیلی خوب تبدیل می‌شود و در این حالت صدمه می‌تواند خیلی بیشتر از نبود این سیستم رخ دهد (یداللهی و همکاران، ۱۳۹۱؛ Zamora-Re et al., 2016).

جدول ۵-۲- دماهای پیشنهاد شده آغازی برای آبیاری بارانی بالای شاخ و برگی

دمای آغازی (°C)	دمای حباب رطوبتی (°C)
۱	بیشتر یا مساوی ۳/۳-
۱/۶	۳/۸- تا ۴/۴-
۲/۲	۵/۵- تا ۵-
۲/۷	۶/۱- تا ۶/۶-
۳/۳	۸/۳- تا ۷/۲-
۳/۸	۸/۸- تا ۹/۴-

آبیاری بارانی زیر شاخ و برگ^۱ روشی کارآمد برای حفاظت درخت در برابر یخ‌بندان و سرما می‌باشد (شکل ۵-۷). تحقیقات نشان داده است که موفقیت سیستم های آبیاری بارانی زیر شاخ و برگ (که می‌تواند با ماشین‌های بادی یا بدون آن‌ها استفاده شود) توسط عوامل متفاوتی تحت تأثیر قرار می‌گیرد، که به ترتیب اهمیت شامل ارتفاع و شدت وارونگی دمایی، مقدار آب به کار برده شده و دمای آن، حجم هوای جریان یافته به داخل باغ که می‌تواند در حدود نیمی از گرما را حذف کند، آزاد شدن گرمای نهان حاصل از یخ زدن آب به کار برده شده و تغییرات مداوم گرمای تشعشعی از خاک می‌باشد. سایر عوامل

¹ Microsprinkler

شامل ارتفاع، نوع محصول پوششی و اندازه قطره چکان‌های آب است. سهم نسبی هر یک از عوامل با توجه به مکان و شرایط اقلیمی موجود در زمان، متفاوت خواهد بود. مقدار حفاظت توسط سیستم‌های آبیاری زیر شاخ و برگ به هر دو عامل مقدار و دمای آب به کار برده شده مربوط می‌شود که بسته به شدت وارونگی دمایی تغییر می‌کند. انتقال گرما به جوانه‌های سرمازده توسط تشعشع، همرفت و هر میعانی صورت می‌گیرد که روی سردترین بافت‌های گیاهی اتفاق می‌افتد. گرمای تشعشعی و گرمای میعان (نهان) اثر کمی روی دما سنج دارند که ممکن است به درستی سطوح مؤثر حفاظت را منعکس نکند (Zamora-Re et al., 2016).



شکل ۵-۷- کاربرد آبیاری بارانی زیر شاخ و برگ به منظور مقابله با سرما

سطح حفاظت به مقدار آب به کار برده شده، وسعت باغ و سطح یخ زده مربوط است. قسمتی از گرما، از یخ زدن و خنک شدن آب، توسط تراوش کردن آب به زمین حمل می‌شود، قسمتی برای گرم کردن هوا و قسمتی برای تبخیر (که اندکی رطوبت را افزایش می‌دهد) مورد استفاده قرار می‌گیرد. برآورد شده است حداقل ۷۵ درصد گرما توسط سیستم‌های زیر شاخ و برگ قرار دادی از دست می‌رود و اگر

کاربرد آب کافی نباشد اتلاف گرما می‌تواند به ۱۰۰ درصد برسد. مه افشان‌ها^۱ و ریز آبپاش‌ها^۲ به منظور حفاظت در برابر سرما به صورت زیر شاخ و برگ‌ها باید به خوبی کار کنند. قطره چکان‌های کوچک^۳ و مه افشان‌ها فقدان کاربرد آب کافی در سیستم‌های زیر شاخ و برگ‌ها را جبران نمی‌کنند.

سهم آب یخ زده در گرم کردن هوا به منظور حفاظت در برابر سرما در سیستم آبیاری بارانی پائین شاخ و برگ‌ها (میکرواسپرنکلر) کم است، به طوری که بیشتر گرمای حاصل از یخ زدن آب توسط آبی که بعداً به کار برده می‌شود، 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 وقتی از میان هوا حرکت می‌کنند فراهم می‌شود، منطقی‌ترین بهبود در تکنولوژی، گرم کردن آب (با عبور دادن آن از میان بخاری‌های نفتی، استفاده از آب زیرزمینی گرم یا توسط گرم کردن استخرها با انرژی خورشیدی) قبل از توزیع در باغ است، مخصوصاً وقتی ذخایر آب محدود هستند.

در اغلب سیستم‌ها، سرهای آب پاش کوچک (۳/۳۲ تا ۵/۶۴ اینچ) با زاویه پاشش پائین (کمتر یا مساوی ۷ درجه) را در فشار ۴۰ تا ۵۰ پی اس آی^۴ استفاده می‌کنند. دامنه کاربرد از ۰/۰۸ تا ۰/۱۲ اینچ در هر ساعت یا کمی بیشتر از نصف نیاز در سیستم‌های روی شاخ و برگ‌ها است. آبپاش‌ها معمولاً در اطراف ۳۲ درجه فاصله‌ها، یا زودتر اگر نقطه شبنم پایین باشد، به منظور بالا بردن رطوبت به اندازه ممکن و جلوگیری از یخ زدن سر آبپاش‌ها و پایه آبپاش‌ها روشن می‌شوند.

سیستم‌های زیر شاخ و برگ‌ها از نظر اقتصادی‌تر بودن و عدم تولید آلودگی، نسبت به سیستم‌های گرمایشی نفتی مزیت دارند. همچنین در این سیستم خطرات شکستگی شاخه‌های فرعی، مشکلات بیماری و نیازهای آبی کمتری نسبت به سیستم‌های بالای شاخ و برگ‌ها وجود دارد. چرا که در این نوع سیستم آب در تماس با جوانه‌ها نمی‌باشد. افت‌های دمایی تبخیری (که در سیستم‌های روی شاخ و برگ‌ها دیده می‌شود)، وقتی آبپاش‌های زیر شاخ و برگ‌ها اولین بار روشن می‌شوند مشاهده نشده است. این امر

¹ Misters

² Micro-sprinklers

³ droplet

⁴ psi

ظاهراً از این واقعیت منشأ می‌گیرد که گرمای جذب شده در فرآیند خنک شدن تبخیری قطره چکان‌ها، بیشتر از آب (نه اتمسفر) تأمین می‌شود. این سیستم را می‌توان به طور همزمان با ماشین‌های بادی و یا بخاری‌ها استفاده کرد چون با هم خیلی سازگار هستند. به طوری که گرمای فراهم شده از وارونگی‌ها به علاوه هر نوع گرما و رطوبتی که از آبیاری تولید می‌شود و بالای تاج درخت می‌رود، گرفته می‌شود و دوباره در باغ به گردش در می‌آید. سیستم آبیاری بارانی در زیر تاج درخت از کارایی بالایی برخوردار هستند و امکان کاربرد همزمان این سیستم با پنکه‌های بادی برای کنترل سرمازدگی وجود دارد. در کاربرد همزمان این دو سیستم، ابتدا باید آبیاری بارانی فعال شود و با یک وقفه کوتاه، پنکه‌های بادی روشن شوند (یداللهی و همکاران، ۱۳۹۱).

– استفاده از دود

در گذشته و در حال حاضر در برخی از مناطق کشور، باغداران به منظور حفاظت باغ در برابر یخ بندان اقدام به سوزاندن تاپرهای کهنه و ضایعات چوب حاصل از هرس می‌نمایند. با اهمیتی که تشعشع در بروز سرمای محلی دارد، ایجاد دود در باغ یا مزرعه برای کاهش تشعشع به نظر می‌رسد تا حدی موثر باشد. هر چند در بین باغداران قدیم این تصور وجود دارد که کاربرد دود به طور کامل باعث حفظ باغ از خطر سرمازدگی می‌شود اما باید توجه داشت که اثر دود در کاهش تشعشع آنقدر زیاد نیست که بتواند به طور کامل مانع از بروز سرما در منطقه دود زده شود. به عبارت دیگر هر چند حضور لایه ای ضخیم از دود در بالای درختان، میزان تشعشع آن‌ها و خاک را تا حدودی پائین می‌آورد ولی در مقایسه با ابر که دارای مقادیر بالایی بخار آب می‌باشد تاثیر ناچیزی در جلوگیری از تشعشع امواج از سطح گیاه و خاک دارد. همچنین ذرات دود آنقدر کوچک‌اند که نمی‌توانند از اتلاف تشعشعات با طول موج بلند جلوگیری کنند. در حقیقت دود نه تنها اثری روی تشعشع خارج شونده ندارد، بلکه در واقع موجب تأخیر در گرم شدن در زمان صبح نیز می‌شود. چرا که اندازه ذرات دود دقیقاً برای ممانعت از ورود تشعشعات طول موج کوتاه خورشیدی مناسب است. علاوه بر موارد فوق در کاربرد دود به منظور مقابله با سرمازدگی مشکل عمده

دیگری وجود دارد که مربوط به آلودگی محیط زیست می‌باشد. تا جایی که یک سوال مهم مطرح می‌شود: آیا واقعاً حفاظت باغ از طریق استفاده از دود به بهای آلودگی محیط زیست کاری صحیح است؟

- استفاده از پوشش

کاربرد پوشش‌ها یکی دیگر از راهکارهای کارآمد در حفاظت فیزیکی درختان میوه در برابر سرمازدگی می‌باشد. همان طور که از نام آن مشخص است، پوشش عبارت از ماده یا گیاهی که برای پوشاندن خاک در بین ردیف‌ها و لابه‌لای درختان و یا اندام‌های گیاه استفاده می‌شود. بعلاوه در برخی مناطق مانند جنوب کشور، درختچه‌ها را توسط پوششی از شاخ و برگ درختان نخل خرما می‌پوشانند و در بعضی مناطق دیگر تنه درختچه‌های حساس و جوان را با خاک متراکم می‌پوشانند و بعد از برطرف شدن سرما در اولین فرصت خاک‌ها را کنار می‌زنند و بدین طریق گیاهان را در مقابل خطرات سرما محافظت می‌کنند. کشاورزان در مورد گیاهان یکساله در شب‌های سرد که احتمال یخ‌بندان زیاد است، از کلاهک‌های مخروطی شکل پلاستیکی استفاده می‌کنند، چرا که خطر یخ‌بندان نوع تشعشی فقط در هنگام شب می‌باشد و در طول روز برای برخورداری از نور آفتاب و انجام عمل کربن‌گیری کلاهک را برمی‌دارند.

نوع پوشش در حفظ باغ در مقابل سرمازدگی بسیار موثر است و کاربرد پوششی مناسب در باغ به میزان زیادی به نوع محصول، هزینه مواد و هزینه نیروی انسانی بستگی دارد. از پوشش خاک به دلایل مختلفی از قبیل جلوگیری از فرسایش، تعدیل رطوبت خاک، جلوگیری از رشد علف‌های هرز و غیره استفاده می‌شود. پوشش‌های خاک انواع مختلفی دارند که در ذیل به برخی از آن‌ها اشاره شده است.

الف: پوشش کاه و کلش

در این سیستم، فاصله بین ردیف‌ها را توسط یک لایه ۲۰-۱۵ سانتی متری از کاه و کلش و گاه‌ها خاک‌اره می‌پوشانند. به علت این که سطح خاک در این روش پوشیده شده است و میزان تبخیر رطوبت از سطح خاک به حداقل خود می‌رسد، لذا نوسانات رطوبت خاک زیر درخت حداقل خواهد بود و رطوبت خاک بیشتر در خاک باقی می‌ماند. به علاوه در این سیستم نوسانات حرارتی و رشد علف هرز نیز به میزان

زیادی کاهش می‌یابد. این سیستم نیز به طور کارآمدی می‌تواند از فرسایش خاک جلوگیری کند و منجر به افزایش نفوذ آب به داخل خاک گردد. آنچه که باید در کاربرد این سیستم بدان توجه کرد این است که با توجه به خشک بودن کاه و کلش احتمال آتش سوزی آن بالا است و همچنین می‌تواند محلی مناسب برای رشد آفات و حیوانات جونده باشد. پوشش‌های کاه و کلش که امروزه به طور وسیعی در باغ‌های توت فرنگی استفاده می‌شود، به عنوان یک پوشش زمستانه جهت گرم نگه داشتن خاک بسیار مفید است. در کاربرد پوشش‌های کاه و کلش باید توجه داشت که کاربرد آن‌ها در زمانی که بوته‌ها در مرحله گلدهی می‌باشند موجب تشدید بروز سرمای محلی می‌شود.

ب: پوشش‌های پلی اتیلنی

در این روش فاصله بین ردیف‌ها را به کمک پلی‌اتیلن‌های شفاف یا کدر می‌پوشانند که این پلی اتیلن‌ها در حفظ رطوبت خاک و افزایش کارایی مصرف آب^۱ نقش بسزایی دارند. رشد علف‌های هرز در زیر این پوشش تا حدود زیادی غیر ممکن می‌شود. این سیستم در جلوگیری از بیماری‌های قارچی میوه، در گیاهانی که میوه‌ها با سطح خاک تماس دارند (مانند توت فرنگی) بسیار مفید می‌باشد و عمل برداشت را تسهیل می‌نماید. کاربرد پوشش‌های پلی‌اتیلنی منجر به محبوس شدن هوا و نهایتاً گرم شدن بیش از اندازه آن در روزهای گرم و آفتابی می‌گردد، لذا احتمال آسیب به بافت‌های گیاه وجود دارد. پلاستیک‌های شفاف که کاربرد آنها روز به روز در حال افزایش است، در انتقال گرما به داخل خاک در طول روز موثر هستند و لذا منجر به افزایش حرارت خاک می‌گردند. چنین پوششی در حفظ درختان در مقابل سرمازدگی موثر و مفید می‌باشد. پلاستیک‌های تیره به دلیل نگه داشتن حرارت و جلوگیری از انتقال آن به هوای مجاور به اندازه پلاستیک‌های شفاف در حفظ درختان در مقابل سرمازدگی و یخ زدگی کارآمد نیستند.

^۱ Water use efficiency



ج

ب

الف

شکل ۵-۸- کاربرد فوم (الف)، فایبرگلاس (ب) و پلی اورتان (ج) به منظور پوشاندن تنه درختان مرکبات در برابر سرما

پوشش‌هایی که به منظور پوشاندن اندام‌های گیاه استفاده می‌شود از مرگ بافت (مخصوصاً بافت اندام‌های زایشی) در زمستان جلوگیری می‌کند. تنه درختانی از قبیل انگور و همچنین سایر درختان میوه در مراحل اولیه کاشت در مناطق سردسیر به آسیب یخ بندان زمستانه بسیار حساس می‌باشند. از این رو می‌توان با خاک دادن تنه درختچه‌های جوان و زیر خاک بردن شاخه‌های انگور، آن‌ها را از سرما محافظت کرد. ریختن خاک روی شاخه باید قبل از سرمازدگی و تا حد امکان دیرتر صورت گیرد. همچنین برداشت خاک از روی شاخه‌ها در اولین فرصت بعد از رفع سرمازدگی می‌بایست صورت بگیرد. چرا که وجود شاخه‌ها و تنه درخت در زیر خاک، علاوه بر اینکه منجر به ریشه دادن می‌شود، احتمال ابتلا به بیماری‌های قارچی را به شدت افزایش می‌دهد. امروزه در کشورهای پیشرفته پوشش‌هایی از جنس فایبرگلاس^۱، پلی اورتان^۲ و فوم^۳ برای محافظت تنه و شاخه‌های درختان جوان در برابر سرمازدگی به میزان زیادی استفاده می‌شود. به علاوه این پوشش‌ها در محافظت تنه درخت، در برابر جوندگان و همچنین آسیب آفتاب سوختگی موثر می‌باشند (شکل ۵-۸) در مورد درختان یکساله یا نهال‌های جوان توصیه می‌شود کل نهال را با استفاده از لوله‌های فومی که برای ایزوله کردن لوله‌های آب گرم می‌باشد پوشاند.

- کاربرد بادشکن‌ها

¹ Fiber-glass wrap

² Polyurethane wrap

³ Foam wrap

بادشکن‌ها^۱ که تحت عنوان کمربندهای حفاظتی و پرچین هم شناخته می‌شوند، موانعی هستند که از درختان تشکیل شده و به منظور تغییر جهت وزش باد با اهدافی از جمله کاهش فرسایش خاک به وسیله باد، افزایش عملکرد، مقابله با آسیب سرما، حفاظت تأسیسات و ساختمان‌ها و یا تلفیقی از این اهداف ایجاد می‌شوند. بادشکن‌ها معمولاً به صورت عمود بر جهت وزش باد (اگر هدف کاهش سرعت وزش باشد) و یا با یک زوایه‌ای نسبت به باد (اگر هدف تغییر جهت وزش باد باشد) ایجاد می‌شوند.

بادشکن‌ها را اصولاً برای مقابله با سرمای دیررس بهاره بکار می‌گیرند. کاربرد بادشکن‌ها هم می‌تواند مفید و هم مضر باشد. از یک طرف وجود بادشکن در اطراف باغ، با جلوگیری از نفوذ هوای گرم مناطق مجاور و جلوگیری از خروج هوای سرد و متراکم در سطح باغ، می‌تواند مضر محسوب شود. ولی از طرف دیگر اگر در باغ از بخاری‌های ضد سرما استفاده شود، بودن بادشکن‌ها اثر آن‌ها را بیشتر خواهد کرد. زیرا از جریان هوای سرد مناطق مجاور به باغ تا حدی جلوگیری کرده و هوای گرم را در باغ نگه می‌دارد (شکل ۵-۹). در کاربرد بادشکن‌ها باید به این نکته توجه داشت در سمتی از باغ احداث شوند که منجر به تجمع هوای سرد در باغ نگردند. تحت چنین شرایطی نه تنها درختان را محافظت نمی‌کنند، بلکه شدت سرمازدگی را افزایش می‌دهند. از جمله کارهای دیگری که باید در هنگام استفاده از بادشکن‌ها رعایت کرد این است که فاصله درختان بادشکن خیلی کم و متراکم نباشد تا جریان باد ملایم در داخل باغ صورت پذیرد و از تجمع سرما در باغ جلوگیری شود.

^۱ Windbreak



شکل ۵-۹- کشت بادشکن‌ها در اطراف باغ به منظور جلوگیری از ورود باد و سرما به باغ.

- سفید کردن شاخه‌ها

معمولا سطوح سفید، در شب‌های صاف و بی ابر بدون باد، کمتر از سطوح سیاه و تیره، حرارت خود را در اثر تشعشع از دست می‌دهند. در نتیجه جوانه‌های شاخه‌هایی که با ماده سفیدی در این موقع از سال پوشیده شده باشند، در پایان شبی سرد و صاف، کمتر در معرض خطر سرمازدگی قرار خواهند گرفت. علت این امر را می‌توان چنین بیان نمود که سطوح سفید حرارت بیشتری از هوای مجاور دارند و از شاخه‌هایی که سفید نشده‌اند، گرم‌ترند. از طرف دیگر در طول روز شاخه‌های سفید نشده که رنگ تیره طبیعی دارند، نسبت به شاخه‌های سفید شده، حرارت بیشتری را جذب می‌کنند، در نتیجه اوایل شب گرم‌تر از شاخه‌های سفید شده می‌باشند. با توجه به این دو پدیده فیزیکی، تصور می‌رود تاریخ باز شدن شکوفه، در درختانی که سفید شده‌اند چند روزی دیرتر باشد. این چند روز دیرتر باز شدن گل امکان حفاظت درختان در مقابل سرمای دیررس بهاره را تا حدودی فراهم می‌کند.

۲-۲-۵- عملیات به باغی

آنچه که مسلم است هر چه درختی مقاوم تر باشد، مقاومت آن در برابر سرما و یخ زدگی بیشتر است. علت این پدیده را می‌توان این گونه بیان کرد که در درختان مقاوم میزان فتوسنتز و متعاقباً انرژی حاصل از آن بیشتر است به طوری که با افزایش انرژی، میزان مقاومت درخت افزایش می‌یابد. هر عاملی که بتواند درخت را قبل از وقوع سرما قوی تر نماید به طور معنی‌داری می‌تواند در افزایش مقاومت درخت به سرما و یخ زدگی موثر باشد.

- کنترل علف‌های هرز

علف‌های هرز موجود در یک باغ به عنوان رقیبی برای آب و مواد غذایی با درخت مطرح هستند. لذا این رقابت موجب ضعیف‌تر شدن درخت نسبت به حالتی می‌شود که علف‌های هرز وجود ندارد و لذا احتمال وقوع سرما را افزایش می‌دهد. البته باید توجه داشت، گاه از علف‌های بومی یک منطقه می‌توان به عنوان پوششی سبز استفاده کرد. بدین منظور باید این علف‌ها به طور دائم کوتاه (سرزنی) شوند. از طرف دیگر تا حد ممکن از رشد علف‌های هرز در زمان گلدهی حتی به عنوان یک پوشش سبز جلوگیری شود، چرا که احتمال وقوع سرمازدگی را افزایش می‌دهد.

- کوددهی

زمان کوددهی عامل مهمی در تعیین سرمازدگی و یخ زدگی می‌باشد. همان طور که بیان شده هر چه درختی مقاوم تر باشد، مقاومت آن در برابر سرما و یخ زدگی بیشتر خواهد بود. لذا کاربرد صحیح کود می‌تواند در حفاظت درخت نقش موثری داشته باشد. کاربرد کود نیتروژن بعد از توقف رشد شاخه‌ها، فعالیت فتوسنتزی برگ‌ها را طولانی‌تر کرده و مواد قابل ذخیره درخت را افزایش می‌دهد. همچنین این کود باعث افزایش مقاومت به سرما می‌شود. آنچه که در مصرف کود به ویژه کودهای نیتروژنه باید توجه کرد این است که استفاده از کود نیتروژنه در زمانی که درخت در آستانه‌ی خواب رفتن می‌باشد (در اواخر

تابستان)، می‌تواند رشد مجدد را در گیاه تحریک کرده تا گیاه قبل از یخ بندان فرصت کافی برای سازگاری را نداشته باشد و در نتیجه احتمال سرمازدگی افزایش می‌یابد. استفاده از اسیدهای آمینه پس از سرمازدگی هم در بهبود و ترمیم بافتهای خسارت دیده موثر است.

- هرس و تنک

هرس به عنوان عامل مهم زراعی در حفظ تعادل بین اندام های رویشی و زایشی موثر می‌باشد. همچنین به طور موثری در حذف قسمت آسیب دیده و مسن، افزایش عملکرد و بهبود کیفیت محصول نقش دارد. در هنگام هرس باید به زمان و میزان هرس توجه فراوانی شود، چرا که می‌تواند در وقوع برخی ناهنجاری‌ها، کاهش کیفیت و کمیت محصول و همچنین سرمازدگی دخیل باشد. اعمال هرس نباید قبل از شروع خواب درخت باشد تا منجر به تحریک مجدد رشد گیاه نشود. از اعمال هرس سنگین در ماه مرداد و شهریور باید خودداری کرد چرا که رشد جدید گیاه را تحریک می‌کند و گیاه فرصت سخت شدن قبل از تنش سرما را نخواهد داشت. در مناطقی که احتمال سرمازدگی وجود دارد، هرس را باید تا بعد از رفع تهدید به آسیب ناشی از دماهای پایین به تعویق انداخت. این مهم در خصوص شهرستان دماوند استان تهران بسیار صادق است. در این شهرستان و با توجه به احتمال وقوع سرما در اواخر فصل زمستان و از طرف دیگر دیر باز شدن گل‌ها و برگ‌ها در بهار تا حد ممکن باید هرس را به تعویق انداخت. درختان میوه در ۴-۶ هفته اول یخ زدگی شدید زمستانه، نباید هرس شدید شوند. پس از وقوع یخبندان می‌توان هرس را سبک انجام داد.

- آبیاری

مطالعات میدانی مجری و همکاران طرح نشان می‌دهد که یکی از دلایل خشک شدن برخی از درختان در استان بویژه در شهرستان دماوند و فیروزکوه، خسارت شدید سرمای پاییزه و یخبندان زمستانه است (شکل ۵-۱۰). این پدیده که در بسیاری موارد بدون هیچ علائمی در سال بعد منجر به

خشک شدن کامل درخت می‌گیرد با مدیریت صحیح به میزان قابل توجهی قابل کنترل است. برای جلوگیری از سرمازدگی درختان در پاییز و زمستان حتما باید فواصل آبیاری را از اوایل شهریور به بعد با فواصل بیشتر انجام داد و میزان آب را کم کرد. به عنوان مثال اگر تا اول شهریور هر هفته آب می‌دهیم در دور بعدی ۸ روز و در دور بعدی ۱۰ روز و در دور آخر بعد از ۱۴ روز آب بدهیم. آبیاری را نباید در اواخر شهریور قطع کرد چون خشک شدن باغ به پلاسمولیز بافتها و حساس شدن آنها در برابر سرمازدگی کمک می‌کند. در ضمن قطع کردن ناگهانی آب در اواخر شهریور سبب می‌شود پس از اولین بارندگی پاییزه دوباره گیاه فعال شود.



شکل ۵-۱۰- خسارت سرمای پاییزه و یخبندان زمستانه به ژنوتیپ‌های حساس گردو در شهرستان دماوند، استان تهران

در نواحی دارای بارندگی کم، آبیاری در اواخر تابستان و اواخر پاییز به توقف رشد درخت کمک می‌کند. در نزدیکی زمان ریزش برگ‌ها، زمانی که دوره رکود گیاه فرا می‌رسد، درخت برای مرطوب نگه داشتن ریشه‌ی خود در طول زمستان نیازمند آبیاری است. این آبیاری پایانی میزان کاهش دمای خاک به زیر نقطه انجماد را کندتر کرده و به جلوگیری از آسیب یخ‌زدگی ریشه‌ها کمک می‌کند. همچنین این

مورد در اطمینان به رشد مطلوب بهاره کمک می‌کند. از طرفی آبیاری زیاد دیروقت پاییزه (با حجم زیاد آب) تا اندازه‌ای با مقاومت اندام‌های هوایی تناقض دارد زیرا شواهد نشان می‌دهد جوانه‌های گل در صورت کمتر بودن رطوبت خاک در طول زمستان خیلی مقاوم‌ترند. در زمستان‌های خشک به ویژه قبل از یخ-زدگی شدید باید آبیاری انجام داد. این کار به ویژه در مورد گیاهان همیشه سبز از اهمیت زیادی برخوردار است که آب را از شاخ و برگ خود و طی روزهای آفتابی و روشن از دست می‌دهند.

نکته بسیار مهم: حتماً آمار هواشناسی منطقه خود را از سایتهای هواشناسی ملی یا بین‌المللی (نظیر <https://www.accuweather.com/>) بگیرید و چند روز قبل از آمدن سرمای شدید (زیر ۲- درجه در بهار، زیر ۵- درجه در پاییز و زیر ۱۵- درجه در زمستان) باغ‌ها را به روش غرقابی یا شیاری آبیاری کنید. تجربه نشان داده است که باغ‌هایی که در زمان بروز سرما آبیاری می‌شوند از سرما مصون می‌مانند.

- زهکشی خاک

زهکشی خاک یکی از عوامل مهم در افزایش مقاومت به سرما است. خاک بسیار مرطوب یا آب‌گرفتگی‌هایی روی سطح خاک می‌توانند مقاومت به سرما را کاهش دهند. این مطلب به ویژه در مورد گیاهان مدیترانه‌ای که به اقلیم‌های خشک سازگاری دارند صادق است. برای رفع این مشکل، زهکشی کافی را از طریق اضافه کردن مالچ از پوست درختان و یا کاشتن گیاه در بسترهای بلند می‌توان تامین کرد.

- غرقاب کردن

حفاظت بوسیله غرقاب کردن از قدیمی‌ترین روش‌های حفاظت در مقابل سرما است که در آن کلیه قسمت‌های باغ غرقاب می‌شود (شکل ۵-۱۲). آبی که برای غرقاب کردن مصرف می‌شود، دمایی بالاتر از سطح سرد زمین باغ دارد. لذا با کاهش زیاد دمای زمین هوای تحت وارونگی کمی گرم‌تر می‌شود

و بازده تشعشع سطحی در حد بالاتری باقی می‌ماند. اگر از آب چاه به جای منابع آب سطحی برای غرقاب کردن استفاده شود، حفاظت در مقابل سرما موثرتر خواهد بود. قبل از بکار بردن این روش باید اطمینان حاصل کرد که آب کافی در دسترس باشد؛ چرا که در روز بعد از غرقاب کردن، تبخیر با شدت بیشتری (به دلیل آب بیشتر) صورت می‌گیرد. این عمل تبخیر نیاز به حرارت زیادی دارد و لذا مقدار کمتری از حرارت خورشید به داخل خاک نفوذ می‌کند. حال اگر آب برای غرقاب کردن مجدد در شب‌های بعد موجود نباشد، خطر سرمازدگی نه تنها کاهش نمی‌یابد بلکه شدیدتر از حالت عادی نیز خواهد بود. در کاربرد روش غرقاب کردن باید به این نکته توجه داشت که غرقاب و آبیاری شدید در هنگام گلدھی موجب ریزش گل‌ها می‌شود. لذا تعیین زمان دقیق غرقاب کردن بسیار حائز اهمیت است.

۳-۲-۵- روش های شیمیایی مقابله با سرما و یخ زدگی

دستیابی به ترکیباتی که بتوان در باغ از آن‌ها برای حفاظت گیاهان در برابر تنش سرما استفاده کرد، برای اکثر محققان و تولیدکنندگان مواد شیمیایی به عنوان رویایی دست نیافتنی مطرح بوده است. در این رابطه تلاش‌های زیادی در مورد کنترل دوره رکود و استراحت گیاهان در برابر تنش سرما بوسیله مواد شیمیایی خاصی انجام گرفت و مواد تنظیم کننده رشد گیاهی نیز مورد آزمایش قرار گرفت. سوربیتول و پلی اتیلن گلیکول^۱ از جمله ترکیباتی‌اند که مدت‌ها به عنوان مواد محافظتی در برابر تنش سرما استفاده می‌شدند. مشکل عمده این ترکیبات این بود که در غلظت‌های فعال خود، باعث سمیت گیاه می‌شدند و همچنین تاثیر چندانی بر کنترل تشکیل هسته یخ نداشتند.

اخیرا برخی ترکیبات اکریلیک به بازار عرضه شده است که با پوشاندن سطح برگ با لایه‌ای نازک، می‌توانند گیاه را در برابر یخ بندان محافظت کنند. پلی‌مرهای اکریلیک، زمان تشکیل هسته یخ را در برگ‌ها تحت تاثیر قرار می‌دهند. ترکیبات اکریلیک گهگاهی منجر به آسیب به گیاهانی می‌شود که این ترکیبات روی آن‌ها استفاده می‌شود. امروزه کاربرد فیلم نازکی از ذرات هیدروفوبیک (آب گریز) به عنوان

^۱ Poly Ethylene Glico, PEG

روشی موثر در حفاظت از برخی گونه‌های حساس به سرما پیشنهاد می‌شود. نحوه حفاظت این ذرات از طریق جلوگیری از تشکیل هسته یخ در برگ‌ها می‌باشد که این کار از طریق به تاخیر انداختن نفوذ یخ از قطره ای یخ زده روی سطح برگ انجام می‌شود. بررسی‌های انجام گرفته روی ترکیبات هیدروفوبیک نشان داد که این ترکیبات قادرند نفوذ یخ را به طور میانگین تا ۲ ساعت به تاخیر بیندازند که این مدت زمان، کافی است تا قسمت‌های عمده‌ای از گیاه بتواند از طریق سوپر کولینگ^۱ از یخ زدگی اجتناب کنند و آسیبی به آن‌ها وارد نشود.

همان طور که بیان شد در تشکیل هسته یخ باکتری‌های موسوم به باکتری‌های مولد هسته یخ^۲ نقش موثری دارند. باکتری‌کش‌های تجاری شامل قارچ کش‌های مسی، آنتی بیوتیک‌هایی مانند استرپتومايسين، اکسی تتراسیکلین و باکتری کش‌های آلی هستند. کنترل معنی‌داری از یخ زدگی در بکارگیری باکتری کش‌ها در چندین محصول مختلف از قبیل گلابی و بادام بدست آمده است. به طوری که ۱۰۰ تا ۱۰۰۰ بار کاهش جمعیت اپی فیت باکتری‌های INA مشاهده شده است. اگرچه هنوز پژوهش‌های چندانی در مورد استفاده از باکتری‌کش‌ها از جمله میزان و نوع باکتری کش و تعداد سم پاشی صورت نگرفته است. لیکن ظاهراً استفاده از باکتری‌کش‌ها برای کنترل یخ زدگی قبل از افزایش طبیعی جمعیت باکتری (مثلاً در زمان خفته بودن جوانه) موثر می‌باشد.

تحقیقات صورت گرفته توسط صحراگرد در سال ۱۳۷۷-۱۳۷۸ گواه این مطلب بود که کاربرد مخلوط بور دو در کاهش جمعیت باکتری‌های مولد هسته یخ در بادام نقش موثری دارد (جدول ۵-۳). استفاده از مخلوط بور دو سه بار در پاییز، یک بار در زمستان و دوبار در بهار (قبل از ریزش گل‌ها) منجر به کاهش معنی‌دار جمعیت اپی‌فیت باکتری *Pseudomonas syringa* روی درختان بادام شد و باعث مهار یخ زدگی و شانکر باکتریایی شد. ایشان بیان کردند که دو بار سم پاشی با استفاده از مخلوط بور دو قبل از باز شدن کامل گل اثر معنی‌داری در کاهش جمعیت باکتری‌های مولد هسته‌ی یخ و کنترل سرمازدگی دارد. مطالعات اخیر نشان داده است که سه بار سم‌پاشی با هیدروکسید مس و مخلوط

¹ Supercooling

² Ice Nucleation Activity, INA

استرپتومایسین و اکسی تتراسیکلین روی بادام در فاصله یک هفته تا زمان باز شدن گل جمعیت باکتری- های مولد هسته‌ی یخ را ۱۰-۱۰۰۰ برابر و تعداد هسته‌های فعال یخ ۱۰-۱۰۰ برابر در مقایسه با درختان سم‌پاشی نشده کاهش می‌دهد. مشکل عمده در استفاده از باکتری‌کش‌ها مخصوصاً استرپتومایسین کاهش تدریجی اثر باکتری‌کشی آن‌ها و ایجاد مقاومت توسط باکتری در مقابل این ترکیبات می‌باشد (صحراگرد و همکاران، ۱۳۷۹).

جدول ۵-۳- اثر کاربرد مخلوط بور دو در کاهش جمعیت باکتری های مولد هسته یخ در بادام

شاهد			سم پاشی شده			
درصد جوانه	تعداد میوه	تعداد جوانه گل	درصد جوانه	تعداد میوه در خرداد ماه	تعداد جوانه گل	رقم بادام
محافظة شده	در خرداد ماه	در خرداد ماه	محافظة شده	در خرداد ماه	در خرداد ماه	
۳۶	۱۷	۴۷	۶۵	۲۸	۴۳	مامائی
۳۳	۳۲	۹۷	۷۷	۸۱	۱۰۴	مامائی
۳۴	۴۷	۱۳۸	۵۶	۶۳	۱۱۱	مامائی
۳۱	۴۴	۱۴۳	۸۴	۱۱۳	۱۳۴	مامائی
۲۴	۳۶	۱۴۸	۸۵	۱۰۴	۱۲۲	مامائی
۲۲	۵۵	۲۴۲	۷۸	۱۶۵	۲۱	سفید
۴۳	۳۹	۹۰	۶۲	۱۰۲	۱۶۳	سفید
۳۸	۱۱۴	۲۹۶	۸۴	۲۳۵	۲۷۷	سفید
۱۵	۱۷	۱۱۴	۵۳	۵۰	۹۴	سفید

تحقیقات صورت گرفته نشان داده است که روغن‌ها و مواد امولسیفایر می‌توانند به طور قابل توجهی گلدهی را درختان میوه مختلف به تاخیر بیندازند. از طرف دیگر ظهور زود هنگام گل در بهار می‌تواند احتمال صدمه ناشی از سرمای دیررس بهاره را افزایش دهد. لذا کاربرد ترکیباتی که گلدهی را در درختان میوه به تاخیر می‌اندازند، نقش بسزایی در محافظت درختان در برابر سرمای دیررس بهاره دارند. صدیقی و همکاران (۱۳۸۶) گزارش کردند که کاربرد روغن ولک، گلدهی را در زردآلوی لاسجردی، شاهرودی و نوری یک روز به تاخیر می‌اندازد. این تاخیر گلدهی توسط کاربرد مواد روغنی و امولسیفایر می‌تواند در کاهش خطرات ناشی از سرمازدگی بهاره موثر باشد.

امروزه تمایل به کاربرد تنظیم کننده‌های رشد به منظور تاخیر انداختن گلدهی روز به روز در حال افزایش است. به دلیل دگرگرفته افشان بودن درختان خزان‌دار، تاخیر در گلدهی برخی ارقام زودگل می‌تواند باعث بهبود همزمانی گلدهی، تشکیل میوه و به نوبه خود افزایش محصول نهایی گردد. بعلاوه این

تاخیر گلدهی می‌تواند نقش موثری در حفاظت درخت در برابر سرمازدگی دیررس بهاره داشته باشد. تعداد کمی از ترکیبات استفاده شده برای تاخیر در گلدهی تاکنون مورد پذیرش قرار گرفته‌اند. تیمارهای موثر جهت این عمل معمولاً بسیار وابسته به زمان و میزان اعمال دارند و اکثر آن‌ها باید در زمان ابتدای ریزش برگ‌ها در اوایل پاییز و اواخر تابستان بکار برده شوند. البته نشان داده شده بعضی دیگر از تیمارها برای موثر بودن باید در بهار استفاده گردند. گزارش شده است که کاربرد ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر اتفن در اوایل ریزش برگ در پائیز در دو سال پی‌درپی به ترتیب ۳ و ۷ روز گلدهی زردآلو رقم شاهرودی را به تاخیر می‌اندازد. هرچند کاربرد ۳۰۰ میلی‌گرم بر لیتر اتفن باعث افزایش تاخیر در گلدهی به ۸ تا ۱۰ روز می‌شود، اما منجر به ایجاد برگ‌های غیرعادی و افزایش ابتلا به گموز می‌شود (Ganji Moghdam and Mokhtarian, 2006). همچنین گزارش شده است که کاربرد اتفن در پاییز باعث تاخیر گلدهی هلو رقم بابی‌گلد به میزان ۶ الی ۸ روز می‌شود (Coneva, and Cline, 2006). هر چند کاربرد اتیلن سبب تاخیر در گلدهی می‌شود اما باید دقت کرد غلظت‌های بالای آن می‌تواند باعث زردبرگی و ریزش برگ، مرگ قسمت انتهایی گیاه و گوموز در درختان میوه شود (Liu and Sherif, 2019).

نتایج تحقیقات اندرسون و سیلی در سال ۱۹۹۳ گواه این امر بود که کاربرد پاییزه اتفن در مقادیر ۰، ۵۰، ۱۰۰، ۲۰۰ و ۴۰۰ قسمت در میلیون^۱ در زمان ریزش برگ‌ها منجر به تاخیر گلدهی در هلو به میزان ۶ و ۸ روز شد و به علاوه اندازه میوه‌ها بین ۸۳ تا ۱۵۰٪ افزایش داشت. همچنین کاربرد اتفن میزان تشکیل میوه را به میزان قابل توجهی کاهش می‌دهد که نیاز به تنک میوه‌چه^۲ را می‌کاهد. نتیجه قابل توجهی که از این تحقیق به دست آمد عدم تاخیر در رسیدن میوه علی‌رغم تاخیر در گلدهی درخت بود (Anderson and Seeley, 1993). همچنین با کاربرد اتیلن در اواخر فصل می‌توان خواب را در درختان میوه القا کرد و بدین طریق احتمال سرمازدگی زودرس در اوایل پاییز را کاهش داد. گزارش شده است که درختان آلوی تیمار شده با ۲۵۰ میلی‌گرم در لیتر اتفن، ۵ تا ۷ روز زودتر از درختان تیمار نشده برگ خود را از دست دادند و برای خواب آماده شدند (Murdock and Ferguson, 1990).

¹ ppm

² Fruitlet thinning

جیبرلین به عنوان هورمون رشد مطرح است. اثر جیبرلین بیش از سایر تنظیم کننده‌های رشد در تاخیر گلدهی مورد بررسی قرار گرفته است. هرچند جیبرلین ها گلدهی را در بعضی گونه‌های روزبلند از طریق جایگزینی طول روز یا سرما افزایش می‌دهند. اما در درختان میوه (روز بی تفاوت) به علت خاصیت افزایش رشد رویشی، می‌تواند گلدهی را به تاخیر بیاندازد (Bernier, 1988). این تاخیر در گلدهی در نتیجه کاربرد جیبرلین در صورتی که اثرات سوء نداشته باشد، می‌تواند در محافظت درخت در برابر سرمای دیررس بهاره موثر باشد. اثر بازدارندگی جیبرلین روی توسعه جوانه‌های گل در میوه های جوان روی درختان میوه و اثر آن روی خاصیت تناوب باردهی توسط مونسلیس و گلداشمیت در سال ۱۹۸۳ بررسی شد. استریگلر و لارسون (Striegler and Larson, 1992) گزارش کردند، غلظت بالای جیبرلین (۲۰۰۰ میلی گرم بر لیتر) روی انگورهای رقم کنکور^۱، بلافاصله قبل از سرمای زمستانه، تورم جوانه‌ها را به تاخیر انداخت. بریان و همکاران در سال ۱۹۵۹ گزارش دادند که جیبرلین به میزان ۵۰ میلی گرم در لیتر باعث تاخیر گلدهی در گیلاس در حدود ۳ هفته می‌شود که این تاخیر گلدهی در جلوگیری از سرمازدگی بهاره بسیار مفید است.

طبق بررسی های سوتویک و یاگر در سال ۱۹۹۲ تیمار جیبرلین ۵۰ و ۱۰۰ میلی گرم در لیتر در اوایل آگوست و جولای گلدهی را در زردآلوی پترسن^۲ به تاخیر انداخت. افزایش تولید محصول و میوه با تیمار ۱۰ و ۱۰۰ میلی گرم در لیتر بدست آمد. ایشان پیشنهاد کردند در صورتی که میزان جیبرلین داخلی در تعادل باشد، می‌توان میزان جیبرلین خارجی را در افزایش یا کاهش میزان تاخیر گلدهی و پاسخ گل‌ها تنظیم نمود (Sowthwick and Yeager, 1992).

بازدارنده‌های رشد می‌توانند بسته به گونه گیاهی و زمان و غلظت اعمال نقش مشابهی داشته باشند. به عنوان مثال هر چند پاکلوبوترازول گلدهی را در برخی میوه‌ها از قبیل هلو و زردآلو پیش می‌اندازد (Arzani et al., 2000; Arzani and Roosta, 2004; Arzani et al., 2009)، مشاهده شده است

¹ Concord
² Patterson

که کاربرد خاکی پاکلوبوترازول در غلظت ۰/۷۵ و ۱/۲۵ گرم برای هر درخت باعث تاخیر گلدهی در بادام رقم مامایی می‌شود و همچنین درصد نهایی تشکیل میوه را افزایش می‌دهد (یداللهی و ارزانی، ۱۳۸۱).

در سال‌های اخیر برخی ترکیبات ضدیخ در کنترل تنش سرما در درختان میوه معرفی شده است که به طور موثر در کنترل این تنش مورد استفاده قرار می‌گیرد. پیرخضری (۱۳۸۹) اثر ضدیخ گیاهی جدید تولید داخل (پستافرت) در مقایسه با ترکیبات مشابه خارجی موجود در بازار در کنترل تنش سرما در آلو و گوجه مورد بررسی قرار داد. در این آزمایش ضد یخ پستافرت در کنار دو ضد یخ تیوفر و کراپ اید در کنار شاهد با محلول پاشی آب در دو آزمایش مستقل در قالب طرح کاملا تصادفی با غلظت سه و پنج در هزار در دو مرحله تورم جوانه و بالونی سفید روی ارقام و ژنوتیپ های آلو و گوجه انجام گردید. ایشان گزارش کردند که ضدیخ پستافرت با ۹۱/۳ درصد گل سالم و ۸۵/۸ درصد مادگی سالم و کراپ اید با ۷۵/۶ درصد گل سالم و ۶۳/۸ درصد مادگی سالم نسبت به سایر تیمارها برتری داشته اما با هم تفاوت معنی داری نداشتند. در آزمایش دوم نیز پستافرت با حدود ۸۹/۵۶ درصد جوانه گل سالم و همچنین ۹۲/۴۵ درصد مادگی سالم در بین گل های سالم ن سبت به ضدیخ تیوفر و همچنین شاهد برتری داشته و تفاوت معنی داری با آن ها داشت (پیرخضری، ۱۳۸۹).

فصل ششم

بررسی تناسب اراضی استان تهران برای کشت درختان گردو، سیب، گیلاس، هلو و شلیل

همانطور که در فصل قبل اشاره شد، بهترین راهکار برای مقابله با تنش سرما، در گام اول انتخاب محل مناسب کاشت و در گام بعد انتخاب رقم مناسب منطقه می‌باشد. به عبارت دیگر، یکی از راهکارهای مهم افزایش عملکرد و تولید درختان میوه، احداث باغ‌های جدید و تجاری در زمین‌های مستعد کشت آن‌ها می‌باشد. بررسی میدانی مجری و همکاران طرح نشان می‌دهد که در برخی باغ‌های سطح استان نوع محصول یا رقم انتخابی تناسبی با منطقه کشت شده ندارد و همین عامل نه تنها سبب کاهش بهره‌وری این باغات شده است، بلکه سبب خسارت‌های سنگین ناشی از تنش سرمازدگی شده است. عوامل زیادی مانند عوامل اقلیمی، اداپتیکی و توپوگرافی یک منطقه به همراه ویژگی‌های فیزیولوژی گیاه، در رسیدن به بیشینه تولید و عملکرد بهینه محصول‌ها دخالت دارند. در این راستا، تعیین منطقه‌ای که برای هر محصول دارای شرایط بهینه از نظر اقلیم، خاک و توپوگرافی باشد، از اهمیت بالایی برخوردار است. در این راستا استفاده از مشاوران خبره و حرفه‌ای بسیار مفید خواهد بود.

۶-۱- جمع‌آوری داده‌ها و مراحل انجام کار

در همین راستا و به منظور تعیین مناطق مستعد در استان تهران برای تولید میوه‌های مناطق معتدله با تاکید بر گردو، سیب، گیلاس، هلو و شلیل، عوامل محدود کننده در تولید این محصولات با بهره‌گیری از نظر متخصصان و بررسی منابع تعیین شد. این عوامل به سه دسته عوامل اقلیمی، اداپتیکی و

توپوگرافی تقسیم شدند. عوامل اقلیمی شامل کمینه دما در زمستان، کمینه دما در بهار، دمای محیط در فصل رشد، نیاز سرمایی، رطوبت نسبی محیط در تابستان، رطوبت نسبی محیط در زمان گرده‌افشانی و سرعت باد در زمان گرده‌افشانی؛ عوامل اداپتیکی شامل هدایت الکتریکی (EC) خاک، هدایت الکتریکی آب‌های سطحی و زیرزمینی و عوامل توپوگرافی شامل عرض جغرافیایی، ارتفاع محل از سطح دریا و شیب محل بود. تمامی این عوامل در سطح استان تهران جمع‌آوری شده و نقشه‌های پهنه‌بندی مربوط به هر یک از این عوامل تهیه و در نهایت بر اساس جدول پدوکلیمایی، این نقشه‌ها در محیط GIS با یکدیگر ترکیب شده و نقشه پهنه‌بندی کلی برای کشت درختان میوه مناطق معتدله در استان تهران تعیین شد. بر پایه بررسی منابع علمی مختلف و بهره‌مندی از نظرات متخصصان در زمینه تولید و پرورش درختان میوه معتدله، جدول پدوکلیمایی کلی (جدول ۶-۱) برای محصولات گردو، سیب، گیلان، هلو و شلیل تعیین شد. دامنه عوامل مورد نظر به گونه‌ای در نظر گرفته شد که برای ۵ محصول مورد مطالعه قابل تعمیم باشد. بدین معنی که تلاش شد شاخص‌هایی انتخاب شوند که نخست جزو عامل‌های اصلی تعیین‌کننده انتخاب محل کاشت محصولات مورد نظر باشند، دیگر این که امکان کمی‌سازی مقادیر آن‌ها وجود داشته باشند.

جدول ۶-۱- طبقه‌بندی نیازهای پدوکلیمایی برای درختان میوه مورد مطالعه (گردو، سیب، گیلان، هلو و شلیل) برای تعیین اراضی مستعد کشت گردو در ایران

شاخص پدوکلیمایی	مطلوب	مناسب	نسبتاً مناسب	نامناسب
ارتفاع از سطح دریا (m)	۰-۱۰۰۰	۱۰۰۰-۲۰۰۰	۲۰۰۰-۳۰۰۰	>۳۰۰۰ و <۰
دمای محیط در طول فصل رشد (°C)	۳۰-۲۰	۱۸-۲۰	۱۵-۱۸	<۱۵
حداکثر دما در طول دوره آماری (°C)	< ۳۰	۳۵-۳۰	۳۸-۳۵	>۳۸
حداقل دما در زمستان در طول دوره آماری (°C)	> -۵	-۱۵, -۵	-۲۰, -۱۵	< -۲۰
نیاز سرمایی (0-7°C)	۱۰۰۰<	۱۰۰۰-۷۰۰	۷۰۰-۴۰۰	<۴۰۰
هدایت الکتریکی (EC) خاک (dS.m ⁻¹)	<۱/۵	۱/۲-۵/۵	۲/۴-۵	>۴
هدایت الکتریکی (EC) آب‌های زیرزمینی (dS.m ⁻¹)	<۱/۵	۱/۲-۵/۵	۲/۴-۵	>۴
هدایت الکتریکی (EC) آب‌های سطحی (dS.m ⁻¹)	<۱/۵	۱/۲-۵/۵	۲/۴-۵	>۴
رطوبت نسبی هوا در فصل رشد (%)	۴۵-۶۵	۴۵-۳۰	۳۰-۲۰	>۶۵ و <۲۰
شیب زمین (%)	۵-۰	۵-۱۵	۱۵-۳۰	>۳۰

مقادیر هر شاخص پدوکلیمایی در چهار گروه مطلوب، مناسب، نسبتاً مناسب و نامناسب کلاس

بندی شد. شرایط پدوکلیمایی مطلوب به معنای شرایط ایده‌آل برای کاشت یک محصول در نظر گرفته

شد. شرایط مناسب به معنی نزدیکی شرایط محل با شرایط مطلوب برای کاشت آن محصول تعریف شد و شرایط نسبتاً مناسب، شرایطی بود که در آن امکان کاشت محصول با وجود برخی محدودیت‌ها وجود دارد. شرایط نامناسب نیز به شرایطی اطلاق شد که امکان کاشت محصول در آن شرایط از توجیه فنی و اقتصادی برخوردار نبوده و به هیچ عنوان کاشت آن محصول در آن محل توصیه نمی‌گردد.

داده‌های اقلیمی مورد استفاده در این طرح از آمار دراز مدت تمام ایستگاه‌های سینوپتیک واقع در استان تهران و شهرهای مجاور استان تهران در طول کل دوره آماری ایستگاه‌ها از بدو تاسیس استفاده شد (شکل ۶-۱). علت استفاده از داده‌های ایستگاه سینوپتیک شهرهای اطراف استان تهران، بدلیل امکان انجام درون‌یابی بود. داده‌های اقلیمی به‌دست آمده از ایستگاه‌های سینوپتیک با استفاده از درون‌یابی به روش کریگینگ (Kriging) در قالب لایه ارائه شد.



شکل ۶-۱- موقعیت مکانی ۲۵ ایستگاه سینوپتیک (نقاط قرمز رنگ) مورد استفاده در پروژه حاضر؛ علاوه بر ایستگاه‌های سینوپتیک استان تهران، از داده‌های شهرهای اطراف استان تهران برای امکان انجام درون‌یابی استفاده شد.

در این طرح برای محاسبه نیاز سرمایی، ابتدا داده‌های روزانه تمام ایستگاه‌های مورد مطالعه جمع‌آوری شدند. با توجه به این که این نیاز گیاهان باید پیش از شروع فصل رشد برطرف گردد، بنابراین داده‌های فصل زمستان (سه‌ماهه دی، بهمن و اسفند) جدا شده و میانگین بلند مدت برای هر روز (در جمع ۹۰ روز) برای هر دو عامل دمای بیشینه و کمینه محاسبه شد. جهت تبدیل داده‌های روزانه به داده‌های ساعتی از روش پیشنهاد شده (Monteith and Unsworth (2013) استفاده شد. برای انجام این کار نیاز به داده‌های دمای ساعتی است. با توجه به این که ایستگاه‌های سینوپتیک، داده‌های دما را

به صورت بیشینه و کمینه روزانه ارائه می کنند؛ بنابراین از روش های مختلفی جهت تبدیل داده های روزانه به داده های ساعتی استفاده شد که در نهایت روش (Monteith and Unsworth, 2013) که نتیجه مطلوب و مورد انتظار را داشت، در محاسبه ها استفاده شد که به شرح زیر است:

$$\text{Hourly temperature} = (T_{\min} + T_{\max})/2 + ((T_{\max} - T_{\min})/2) \sin(\text{radian}(H - 15) + 210)$$

T_{\max} = Daily maximum temperature

T_{\min} = daily minimum temperature

H = hour of day, indexed from 0 – 23

بعد از این که داده های روزانه دما در هر یک از ایستگاه ها در کل طول دوره آماری، به داده های

ساعتی تبدیل شد، از این داده ها جهت محاسبه پتانسیل نیاز سرمایی براساس مدل یوتا استفاده شد.

جهت تهیه نقشه ارتفاع از سطح دریا و شیب زمین، از ماهواره ASTER استفاده شد. تصاویر

سنجنده ASTER یکی از سیستم های سنجنده قادر به اخذ و برداشت تصاویر سه بعدی (استریو) در

امتداد یک مدار مشخص می باشد. تصاویر دریافتی از این باندها در نهایت منتج به تولید مدل رقومی

زمین می شود. در این پژوهش، از نقشه DEM با دقت مکانی ۱۵۰ متر (معادل ۵ ثانیه) استفاده شده

است. مدل رقومی ارتفاعی یا همان DEM، در اکثر آنالیزهای مکانی GIS استفاده می شود و با استفاده از

آن می توان نقشه شیب و جهت شیب تهیه نمود و آنالیزهای مختلفی را به صورت سه بعدی انجام داد.

داده های ادافیکی مورد استفاده در پژوهش حاضر براساس بانک اطلاعاتی مدیریت منابع آب ایران تهیه و

با استفاده از روش درون یابی، نقشه مورد نظر برای عوامل هدایت الکتریکی (EC) خاک، هدایت الکتریکی

آب های سطحی و زیرزمینی به دست آمد.

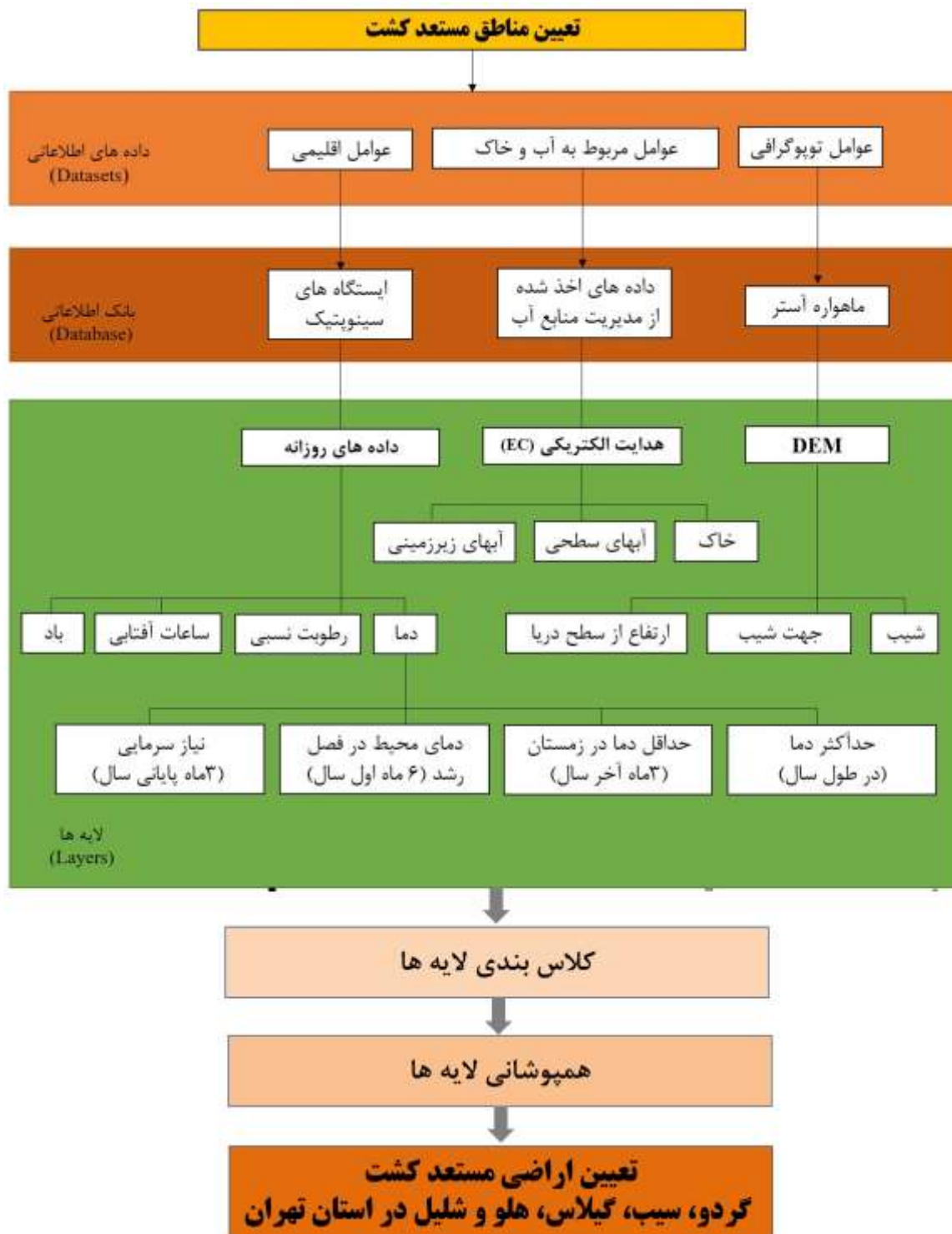
در این طرح، روند تهیه نقشه های پهنه بندی مناطق مستعد کشت درختان میوه مورد مطالعه با

استفاده از نرم افزار GIS براساس مدل مفهومی ارائه شده در شکل ۶-۲ انجام گرفت و برای هر شاخص

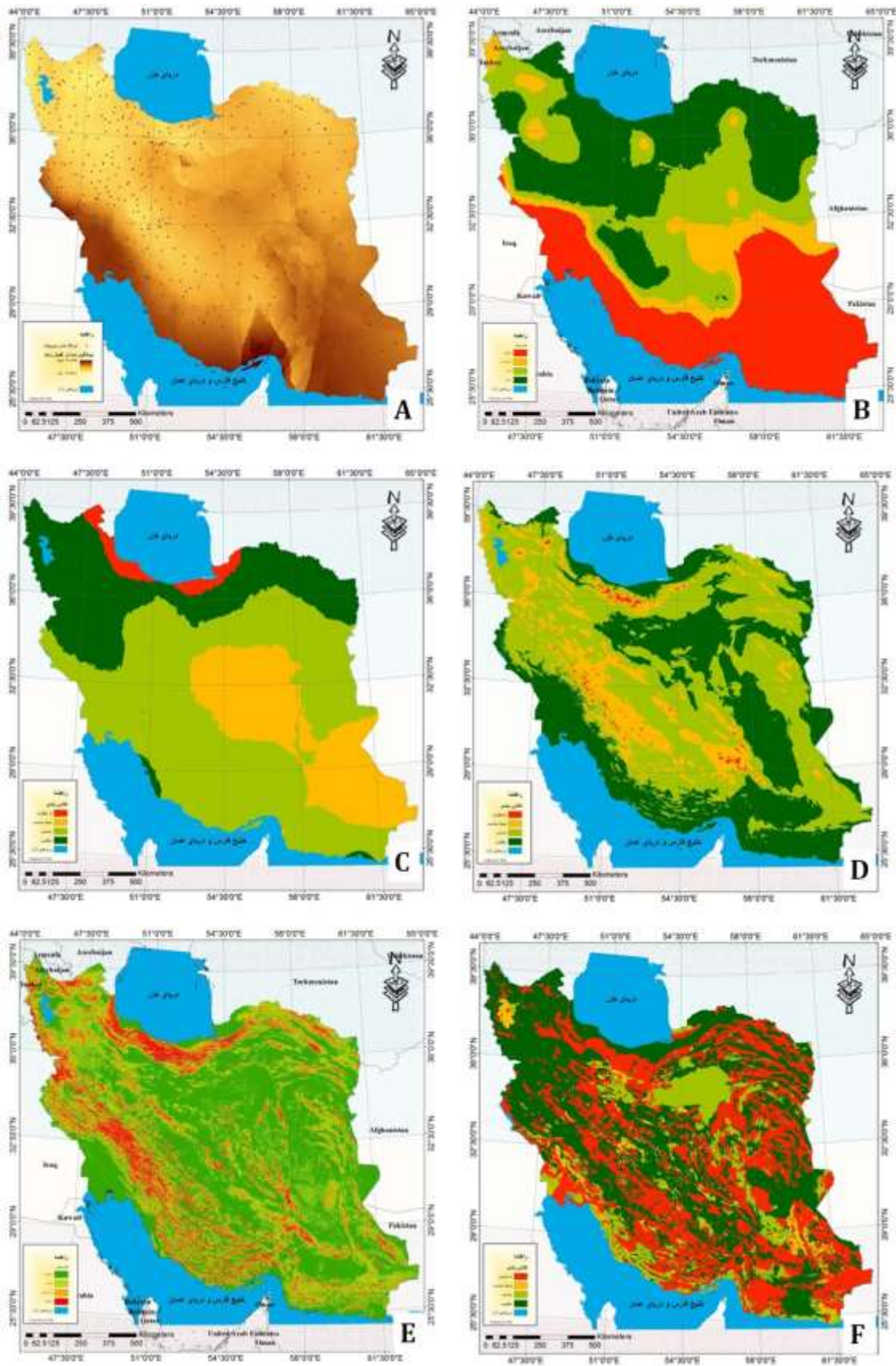
پدوکلیمایی یک نقشه براساس ۴ کلاس مطلوب، مناسب، نسبتاً مناسب و نامناسب تهیه شد (شکل ۶-۳).

به منظور تلفیق لایه ها و تعیین مناطق مستعد کشت از مدل اپراتور ضرب فازی (Fuzzy Algebraic

Product) استفاده شد (محمودی، ۱۳۸۶؛ Vahdati et al., 2019).



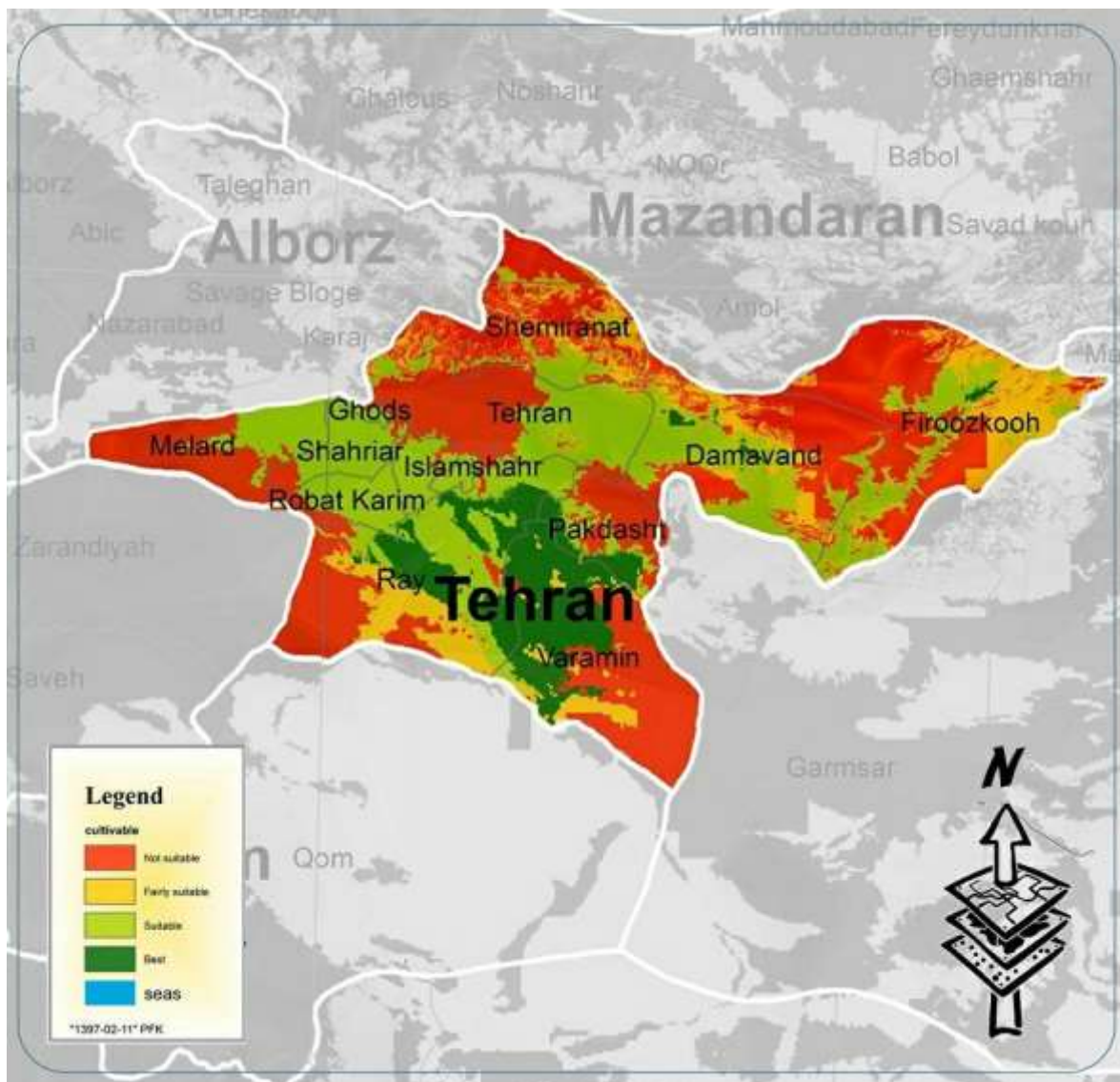
شکل ۶-۲- مدل مفهومی مورد استفاده جهت تهیه نقشه های پهنه بندی مناطق مستعد کشت گردو، سیب، گیلاس، هلو و شلیل در استان تهران با استفاده از نرم افزار GIS



شکل ۶-۳- نقشه‌های پهنه بندی مورد استفاده در طرح حاضر برای دما (A)، نیاز سرمایی (B)، رطوبت نسبی (C)، ارتفاع از سطح دریا (D)، شیب زمین (E) و هدایت الکتریکی (F)

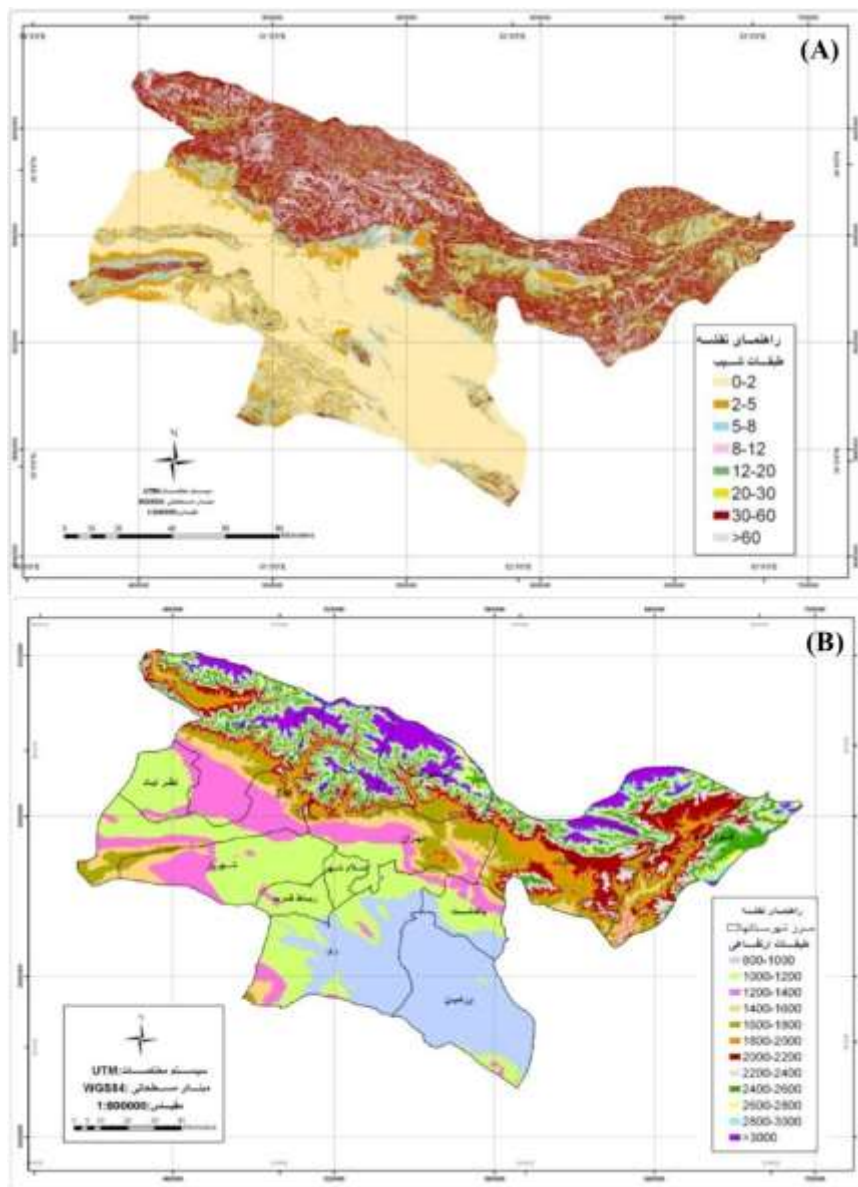
۲-۶- پهنه بندی اراضی استان تهران برای کشت درختان گردو، سیب، گیلاس، هلو و شلیل

همان‌طور که در بخش قبل اشاره شد با تلفیق لایه‌های بالا، نقشه نهایی پهنه‌بندی مناطق مستعد کشت درختان گردو، سیب، گیلاس، هلو و شلیل در استان تهران به‌دست آمد (شکل ۴-۶) این نقشه از سلول‌هایی به ابعاد ۱۵۰ متر تشکیل شده است و هر سلول مساحتی معادل ۲/۲ هکتار را پوشش می‌دهد. در این شکل، نواحی سبز پرنگ و سبز کمرنگ که عمدتاً در مثلث مرکزی استان واقع شده است، مناطق مطلوب و مناسب برای توسعه درختان میوه مورد مطالعه می‌باشند. در حالی که نوار شمالی استان و بخش‌هایی از مناطق جنوب و جنوب غربی استان تهران که با رنگ قرمز مشخص شده است، برای توسعه باغ‌های گردو، سیب، گیلاس، هلو و شلیل خیلی توصیه نمی‌شوند.



شکل ۴-۶- پهنه بندی استان تهران برای کشت درختان میوه معتدله با تاکید بر گردو، سیب، گیلاس، هلو و شلیل

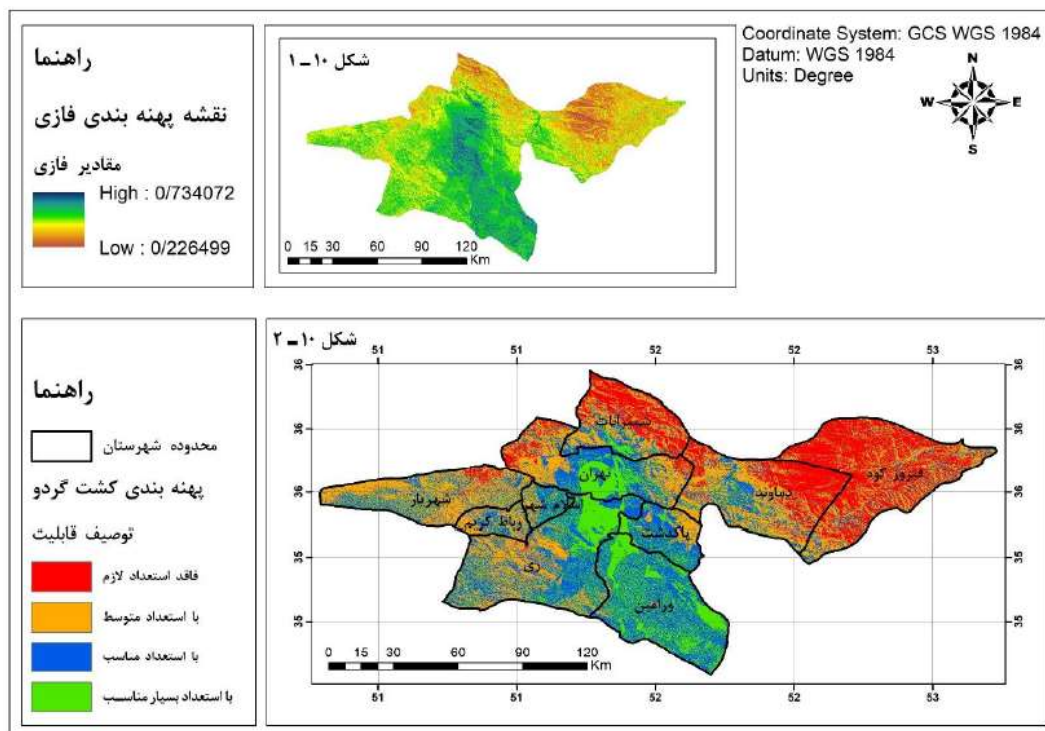
بررسی عوامل مختلف اقلیمی، ادا فیک و توپوگرافی نشان می‌دهد که شیب زمین، ارتفاع از سطح دریا، سرمای دیررس بهاره، دمای بالای تابستان و هدایت الکتریکی آب و خاک مهم‌ترین عوامل محدود کننده تولید درختان میوه مورد مطالعه در بخش‌های مختلف استان تهران می‌باشد. همانطور که شکل ۶-۴ نشان می‌دهد استان تهران به صورت کلی یک استان بسیار مستعد و مناسب برای توسعه میوه‌های مناطق معتدله بویژه گردو، سیب، گیلاس، هلو و شلیل می‌باشد. در بین شهرستان‌های مختلف استان، شهریار، قدس، بهارستان، بخش‌های مرکزی استان و بخش‌های شرقی تهران و غربی دماوند و نقاط کم ارتفاع فیروزکوه و شمیرانات برای توسعه باغ‌های سیب، گردو، گیلاس، هلو و شلیل مناسب هستند. نوار شمالی استان بویژه در شمال شهرستان‌های شمیرانات، دماوند و فیروزکوه به دلیل ارتفاع بالا و شیب زیاد (رشته کوه‌های البرز) مناسب برای توسعه باغ نمی‌باشند (شکل ۶-۵). همچنین نواحی جنوبی استان در شهرستان ورامین و نواحی جنوب غربی در شهرستان‌های شهر ری و اسلامشهر بدلیل هدایت الکتریکی بالای خاک و آب و دمای بالای تابستان مناسب برای توسعه درختان میوه مورد مطالعه نیستند. به علاوه عدم تامین نیاز سرمایی از دیگر عوامل محدود کننده تولید گردو، گیلاس و سیب در شهرستان ورامین است که با توجه به پدیده تغییر اقلیم و کاهش ساعت سرما در آینده اثر محدود کننده این عامل بیشتر خواهد بود (شکل ۶-۳ ب). سرمای دیررس بهاره از عوامل اصلی کاهش تولید در مناطق دماوند، فیروزکوه، شمیرانات و شهریار بوده و در این مناطق می‌باید نسبت به کشت ارقام دیربرگده و دیرگل درختان میوه و همچنین استفاده از راهکارهای اشاره شده در فصل قبل برای کاهش خسارت سرمای دیررس بهاره استفاده کرد.



شکل ۶-۵- پهنه بندی استان تهران از نظر شیب زمین (A) و ارتفاع از سطح دریا (B) (فلاحتی و همکاران، ۱۳۹۱)

تاکنون در قالب چند مطالعه و بر پایه برخی عوامل اقلیمی، اداپکی و توپوگرافی استان تهران برای تولید گردو پهنه بندی شده است، اما تاکنون مطالعه‌ای جامع با تمام پارامترهای تاثیرگذار در تعیین محل احداث باغ برای پنج محصول مورد مطالعه در این طرح صورت نگرفته است. نتایج بدست آمده از طرح حاضر به خوبی تایید کننده نتایج حاصل از مطالعات سلیمانی و همکاران (۱۳۹۷) و فلاحتی و همکاران (۱۳۹۱) می‌باشد. در گزارش سلیمانی و همکاران (۱۳۹۷) مناطق جنوبی استان واقع در شهرستان ورامین برای توسعه درختان گردو در گروه مناطق بسیار مناسب تا مناسب واقع شده است (شکل ۶-۶)

که علت این امر عدم لحاظ داده‌های مربوط هدایت الکتریکی خاک و آب می‌باشد. به طوری که در طرح حاضر و با توجه به در نظر گرفتن هدایت الکتریکی خاک، آب‌های زیرزمینی و سطحی، این مناطق از مناطق نسبتاً مناسب تا کاملاً نامناسب برای توسعه باغ‌های درختان میوه به‌شمار می‌روند.



شکل ۶-۶- نقشه پهنه‌بندی اراضی مستعد کشت گردو در استان تهران (سلیمانی و همکاران، ۱۳۹۷)

پهنه‌بندی مناطق مستعد کشت، پیش‌نیاز تولید پایدار محصولات کشاورزی است. بسیاری از عوامل توپوگرافی، اقلیمی و اداپیکی از قبیل ارتفاع، شیب، خاک، دما و رطوبت نسبی بر رشد و نمو و تولید محصولات کشاورزی اثر مستقیم دارند. هدف اصلی از پهنه‌بندی اراضی نیز پیش‌بینی ظرفیت ذاتی یک منطقه برای تولید محصولات مورد نظر برای یک مدت طولانی می‌باشد. با توجه به اینکه، احداث باغ‌های درختان میوه نیازمند صرف هزینه اولیه و وقت بیشتری نسبت به محصولات زراعی بوده و در مقابل تولید و سودآوری آن‌ها برای سال‌های طولانی‌تری است، لازم است تا قبل از احداث باغ، حتماً منطقه مورد نظر مورد بررسی قرار گرفته و جنبه‌های مختلف اقلیمی، اداپیکی و جغرافیایی آن در نظر گرفته شود. طرح حاضر نیز با همین هدف و به‌منظور تعیین یک الگوی اولیه از مناطق مستعد کشت گردو، سیب، گیلاس، هلو و شلیل در استان تهران انجام گرفت و می‌تواند یک راهنمای خوب برای انتخاب مناطق مناسب برای

احداث باغ‌های تجاری در این استان باشد. البته، احداث نهایی باغ نیازمند انجام بررسی‌های میدانی و کارشناسی دقیق می‌باشد؛ چرا که در بسیاری مواقع ممکن است یک منطقه به‌دلیل میکروکلیمای خاص دارای محدودیت‌ها یا مزیت‌هایی برای توسعه باغ‌ها باشد. از طرف دیگر، پارامترهای تعیین کننده دیگری از قبیل عمق و میزان ماده آلی خاک و میزان آب در دسترس جهت انتخاب محل احداث باغ وجود دارد که به‌دلیل نبود اطلاعات جامع و کافی در خصوص آن‌ها، نقشه حاضر بدون در نظر گرفتن این پارامترها بدست آمده است. به‌عبارت‌دیگر، این نقشه به‌عنوان اولین مطالعه برای تعیین مناطق مستعد کشت گردو، سیب، گیلاس هلو و شلیل در استان تهران، تنها ارائه‌دهنده کلی مناطق مستعد کشت این محصولات در استان است و مسلماً احداث باغ در مناطق مشخص، مستلزم بررسی‌های میدانی و بهره‌گیری از مشاوران خبره ملی و بین‌المللی در زمینه هر یک از این محصولات می‌باشد. چرا که گاهی اوقات در صورت وجود یک عامل محدود کنند شاید بتوان با تغییر رقم و پایه بر آن مشکل غالب شد.

با توجه به وجود تنوع ژنتیکی بالا، دانش و فرهنگ کافی، سودآوری و ارزآوری بالای تولید درختان میوه در کشور، به منظور احداث باغ‌های مدرن و تجاری در مناطق مستعد کشت آن‌ها که در این طرح مشخص شده است، توصیه می‌شود حتماً از نظرات متخصصین این امر و ارزیابی میدانی مناطق مورد نظر، قبل از احداث باغ‌های جدید و تجاری استفاده شود.

منابع

- احمدی، ک.، عبادزاده، ح.ر.، حاتمی، ف.، حسن پور، ر. و عبدشاه، ه. ۱۳۹۷. آمارنامه کشاورزی سال ۱۳۹۶، جلد سوم: محصولات باغبانی. معاونت برنامه ریزی و اقتصادی. مرکز فناوری اطلاعات و ارتباطات، وزارت جهاد کشاورزی: ۲۴۱ ص.
- اسدی، ا. و کربلایی، س. ۱۳۹۵. گزارش خسارت سرمای دیررس بهاره بر محصولات کشاورزی کشور در سال ۱۳۹۵. مدیریت مبارزه با آفات عمومی و همگانی، گروه پیشگیری و کاهش خسارت عوامل غیرزنده محیطی. سازمان حفظ نباتات وزارت جهاد کشاورزی: ۱۷ ص.
- آئینی، م.، خداکرمیان، غ.ر.، میرزایی، ح.، و اسماعیل زاده، س.ع. ۱۳۹۳، تنش های زیستی و غیرزیستی در گیاهان، همایش ملی تغییرات اقلیم و مهندسی توسعه پایدار کشاورزی و منابع طبیعی. ۵ تیرماه ۱۳۹۳، مرکز آموزش جهاد کشاورزی استان همدان، ایران.
- بی.نام. ۱۳۸۷. گزارش نهایی سنتز ملی مطالعات کاهش ضایعات ناشی از سرمازدگی محصولات کشاورزی کشور. کارگروه تخصصی دفع آفات، امراض نباتی و سرمازدگی. سازمان حفظ نباتات کشور: ۸۴ ص.
- پیرخضری، محی الدین، ۱۳۹۸، بررسی اثر ترکیبات ضد یخ گیاهی در جلوگیری از سرمازدگی بهاره درختان آلو و گوجه (*Prunus spp*)، یازدهمین کنگره علوم باغبانی ایران، ارومیه، دانشگاه ارومیه.
- ترکش اصفهانی، س. و میرمحمدی میبدی، س. ع. م. ۱۳۸۳. مدیریت تنش های سرما و یخ زدگی گیاهان زراعی و باغی، انتشارات جهاد دانشگاهی واحد صنعتی اصفهان.

خالدی، ش. ۱۳۸۲. بررسی پدیده یخبندان و اثرات آن در باغداری شهرستان مرند. نشریه علوم جغرافیایی، ۲ (۲): ۲۹-۵۰.

خواجه‌الدین، س.ج. و پورمنافی، س. ۱۳۸۱. تعیین مناطق قابل کشت بادام بدون خطر سرمازدگی با استفاده از فناوری GIS. سومین همایش ضایعات ناشی از سرمازدگی محصولات زراعی و باغی کشور. ۱۹-۲۰ اسفندماه ۱۳۸۱، کرج.

ساریخانی خرمی، س.، ارزانی، ک. و روزبان، م.ر. ۱۳۹۱. شناسایی و گزینش دوازده ژنوتیپ برتر و امیدبخش گردو در استان فارس، ایران. مجله به‌نژادی نهال و بذر؛ ۲۸ (۲): ۲۷۷-۲۹۶.

سلیمانی، م.، حمزه، س. و پای، . ۱۳۹۷. پتانسیل یابی اراضی مستعد کشت گردو در استان تهران با روش Fuzzy AHP. نشریه حفاظت منابع آب و خاک؛ ۸ (۱): ۴۹-۷۱.

شاکری، منصور، ۱۳۸۴، بررسی اثرات سرمای زودرس پاییزه روی درختان انار. همایش علمی کاربردی راههای مقابله با سرمازدگی. سازمان جهادکشاورزی استان یزد، ایران.

شکاری، ا. ۱۳۹۱. تاثیر سرمازدگی بر محصول مرکبات؛ مطالعه موردی: دشت داراب. پایان نامه کارشناسی ارشد رشته جغرافیا. دانشگاه سیستان و بلوچستان: ۹۵ ص.

صحراگرد جونقانی، ن.، تقوسی، س.م. و بنی‌هاشمی، ض. ۱۳۷۹. تغییرات فصلی جمعیت باکتریهای مولد هسته یخ روی بادام در مهارلو حاشیه زاینده رود (شهرکرد) در سال زراعی ۷۶-۱۳۷۵. فصلنامه بیماری‌های گیاهی، ۳۶ (۲): ۹-۱۵.

صدیقی، ع. غ.، داوری نژاد.، م.، عزیزی و ج.، آروین. ۱۳۸۶. بررسی امکان ایجاد تاخیر در گلدهی سه رقم زردآلو با استفاده از برخی مواد شیمیایی. پنجمین کنگره علوم باغبانی، ص ۲۲۰.

فلاحتی، ف.، علیجانی، ب.، قهرودی تالی، م. و براتی، م.ج. ۱۳۹۱. مکان‌یابی اراضی مستعد توسعه‌ی باغ‌های میوه با تاکید بر عناصر و عوامل اقلیمی-کشاورزی با رویکرد GIS & RS (مطالعه موردی: گردو-استان تهران). مجله جغرافیا و پایداری محیط؛ ۵۴: ۵۲-۶۵.

قاسمی، ا.ع. ۱۳۸۴. اصول مدیریت باغداری در جلوگیری از خسارت سرمازدگی درختان میوه، همایش علمی کاربردی راههای مقابله با سرمازدگی. سازمان جهادکشاورزی استان یزد، ایران.

قاسمی تراب، ا. ۱۳۸۱. سرمازدگی گیاهان (خطر یخبندان، پیش بینی و حفاظت)، نشر آیندگان. محمودی، م. ۱۳۸۶. معرفی و بررسی مزایا و معایب مدل های تلفیق (مدل منطقی بولین، مدل های شاخص همپوشانی نقشه، مدل های منطق فازی) در GIS. مجموعه مقالات اولین همایش GIS شهری، دانشگاه شمال، ۴-۵ شهریورماه ۱۳۸۶، آمل، مازندران.

میرمحمدی میبیدی، س. ع. م. و ترکش اصفهانی، س. ۱۳۸۴. جنبه های فیزیولوژی و بهنژادی تنش های سرما و یخ زدگی گیاهان زراعی، انتشارات گلبن اصفهان: ۳۳۶ ص.

میرمحمدی میبیدی، س. ع. م. و ترکش اصفهانی، س. ۱۳۹۰. حفاظت گیاهان در برابر سرما و یخ زدگی: مبانی، راهکارها و اقتصاد. انتشارات جهاد دانشگاهی واحد صنعتی اصفهان: ۴۵۲ ص.

وحدتی، ک.، مساح بوانی، ع.ر.، خوشخوی، م.، فکور، پ. و ساریخانی خرمی، س. ۱۳۹۷. پهنه بندی مناطق مستعد کشت گردو در ایران با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS). مجله علوم و فنون باغبانی ایران؛ ۱۹ (۴): ۴۱۸-۴۰۳.

یداللهی، ع.، برزگر، ک.، ساریخانی خرمی، س.، اسدی، ا. و فتوحی، آ.ر. ۱۳۹۱. سرمازدگی درختان میوه و مدیریت آن در باغ های. انتشارات میثاق فرزنانگان (به سفارش وزارت جهاد کشاورزی): ۲۳۸ ص.

Anderson, J.L. and Seeley, S.D. 1993. Bloom delay in deciduous fruits. *Hor. Re.* 15: 97-144.

Arzani, K. and Roosta, H.R. 2004. Effects of Paclobutrazol on Vegetative and Reproductive Growth and Leaf Mineral Content of Mature Apricot (*Prunus armeniaca* L.) Trees. *J. Agric. Sci. Technol.* (6): 43-55.

Arzani, K., Bahadori, F. and Piri, S. 2009. Paclobutrazol reduces Vegetative Growth and Enhances Flowering and fruiting of mature 'J.H. Hale' and 'Red Skin' Peach Trees. *Hort. Environ. Biotechnol.* 50(2): 84-93.

- Arzani, K., Wood, D.E.S. and Lawes, G.S. 2000. Influence of first season application of paclobutrazol, root-pruning and regulated deficit irrigation on second season flowering and fruiting of mature sundrop apricot trees. *Acta Hort.* 516: 75 - 82.
- Aygün, A., & Şan, B. 2005. The late spring frost hardiness of some apple varieties at various stages of flower buds. *Tarım bilimleri dergisi*, 11(3), 283-285.
- Badea, C., and Basu, S. K. 2009. The effect of low temperature on metabolism of membrane lipids in plants and associated gene expression. *Plant Omics*, 2(2), 78.
- Baker, N.R., Farage, P.K., Stirling, C. and Long, S.P. 1994. Photoinhibition of crop photosynthesis at low temperatures. In NR Baker, JR Bowyer, eds, *Photoinhibition of Photosynthesis from Molecular Mechanisms to the Field*. Bios Sci. Oxford, UK, pp 349-363.
- Bernier, G. 1988. The control of floral evocation and morphogenesis. *Annu. Rev. Plant physiol.* 39: 175-219.
- Berry J.A. and Raison J.K. 1981. Responses of macrophytes to temperature. In: Lange O.L., Nobel P.S., Osmond C.B. and Ziegler H. (eds), *Physiological Plant Ecology I. Responses to the Physical Environment*. Springer-Verlag, New York, pp. 277–337.
- Christiansen, M.N. 1968. Induction and prevention of chilling injury to radiucle tips of imbibing cotton seed. *Plant Physiol.* 43: 743-749.
- Coneva, E. and Cline, J.A. 2006. Ethrel Delays Blossoming, Reduces Fruit Set, and Increases Fruit Size of ‘Baby Gold 5’ Peaches. Ontario Fruit and Vegetable Conference, Brock University, Ontario (Poster).
- FAO. 2017. FAOSTAT production crops. FAOSTAT website. Retrieved from <http://faostat.fao.org/site/567/default.aspx#ancor>.
- Ganji Moghdam, E. and Mokhtarian, A. 2006. Delaying apricot (cv shahroudi) flower induction by growth regulators applicaion. *Journal Appl. Sci.* 6 (2): 266-269.
- Ghasemi, M., Arzani, K. and Hassani, D. 2012. Evaluation and identification of walnut (*Juglans regia* L.) genotypes in Markazi province of Iran. *Crop Breeding Journal*; 2(2): 119-124.
- Gradwell, D., and Rainford, D. 2006. *Ernsting's Aviation Medicine*, 4 editions. CRC Press: 864 pp.
- Kang, S. K., Ahn, K. H., Choi, S. T., Do, K. R., and Cho, K. S. 2014. Effect of Planting Site and Direction of Fruiting on Fruit Frost Damage in Persimmon (*Diospyros*

- kaki 'Fuyu') Fruits from Environment-friendly Orchard. Korean Journal of Organic Agriculture, 22(4), 789-799.
- Kubien D.S., von Caemmerer S., Furbank R.T., Sage R.F. 2003. C4 photosynthesis at low temperature. A study using transgenic plants with reduced amounts of rubisco, Plant Physiol. 132, 1577–1585.
- Larcher, W. 2004. Physiological Plant Ecology. Ecophysiology and Stress Physiology of Functional Groups, 4th edn. Springer- Verlag, Berlin, Germany.
- Larcher, W. and A. Winter. 1981. Frost susceptibility of palms: Experimental data and their interpretation. Principes. 25: 143-52.
- Levitt, J. 1980. Responses of Plants to environmental stresses, Volume I, 2nd Edition, Academic press, 497 pages.
- Liu, J., and Sherif, S. M. 2019. Combating spring frost with ethylene. Frontiers in Plant Science, 10.
- Liu, X., Zhou, Y., Xiao, J., and Bao, F. 2018. Effects of chilling on the structure, function and development of chloroplasts. Frontiers in Plant Science, 9: 1715.
- Miedema, P., Post, J. and Groot, P.J. 1987. The effects of low temperature on seedling growth of maize genotypes. Agricultural Research Reports 926 Pudoc Wageningen.
- Monselise, S.P. and Goldschmidt, E.E. 1982. Alternate bearing in fruit trees. Hort. Rev. 4: 128-173.
- Monteith, J. and Unsworth, M., 2013. Principles of environmental physics: plants, animals, and the atmosphere. Academic Press.
- Murdock, B.A., and N.H, Ferguson. 1990. Effects of fall ethephon and gibberellic acid application on bloom delay, flowering and fruiting of plum. Hort. Sci. 25: 1110.
- Palonen, P., and Buszard, D. 1997. Current state of cold hardiness research on fruit crops. Canadian Journal of Plant Science, 77(3), 399-420.
- Pike, C. S., and Berry, J. A. 1980. Membrane phospholipid phase separations in plants adapted to or acclimated to different thermal regimes. Plant Physiology, 66(2), 238-241.
- Rikin, A., Atsmon, D., Gitler, C. 1979. Chilling injury in cotton (*Gossypium hirsutum* L.): prevention by abscisic acid. Plant Cell Physiol. 20: 1537-1546.

- Rikin, A., Gitler, C. and Atsmon, D. 1981. Chilling injury in cotton (*Gossypium hirsutum* L.): light requirement for the reduction of injury and for the protective effect of abscisic acid. *Plant Cell Physiol.* 22: 453-460.
- Rodrigo, J. 2000. Spring frosts in deciduous fruit trees-morphological damage and flower hardiness. *Scientia Horticulturae*, 85(3), 155-173.
- Shewfelt, R. L. 1992. Response of plant membranes to chilling and freezing. In *Plant membranes* (pp. 192-219). Springer, Dordrecht.
- Simon, E.W., Minchin, A., McMenamin, M.M. and Smith, J.M. 1976. The low temperature limit for seed germination. *New Phytol.* 77: 301-311.
- Snyder, R. L., and Melo-Abreu, J. D. 2005. Frost protection: fundamentals, practice and economics. Volume 1. Frost protection: fundamentals, practice and economics, 1, 1-240.
- Sowthwick, S.M. and Yeager, T.J. 1992. Flowering and fruiting in 'Patterson' apricot (*Prunus armeniaca*) in response to post-harvest application of gibberellic acid. *Proc. West. Plant Growth Reg. Soc.* 4: 63-71.
- Striegler, R.K., and L.V. Larson. 1992. Delay of bud burst of grapevines by plant growth regulator application. *Proc. West. Plant Growth Reg. Soc.* 4:135-139.
- USDA. 2017. *Agricultural Statistics Annual*. United States Department of Agriculture. National Agricultural Statistics Service. United States America.
- Vahdati, K., Bavani, A.R.M., Khosh-Khui, M., Fakour, P. and Sarikhani, S. 2019. Applying the AOGCM-AR5 models to the assessments of land suitability for walnut cultivation in response to climate change: A case study of Iran. *PLOS One*, 14(6): e0218725.
- Wilson, J. M., and Crawford, R. M. M. 1974a. The acclimatization of plants to chilling temperatures in relation to the fatty-acid composition of leaf polar lipids. *New Phytol.* 73: 805-820
- Wilson, J. M., and Crawford, R. M. M. 1974b. Leaf fatty-acid content in relation to hardening and chilling injury. *J. Exp. Bot.* 25: 121-131.
- Wilson, J.M. 1983. Interaction of chilling and water stress, p. 133-147. In C.D. Raper, Jr. and P.J. Kramer (eds.). *Crop reactions to water and temperature stress in humid, temperature climates*. Grandview Press, Boulder, Colo.
- Yadav, S. K. 2010. Cold stress tolerance mechanisms in plants. A review. *Agronomy for sustainable development*, 30(3), 515-527.

- Zamora-Re, M. I., Dukes, M. D., Stanley, C. D., and Werner, H. 2016. Sprinkler Irrigation Pressure and Spacing Effect for Cold Protection of Strawberries. *Journal of irrigation and Drainage Engineering*, 142(1), 04015034.
- Zhilei, Z., Jiankang, C., Weibo J., Yuhong, G. and Yumei, Z. 2008. Maturity-related chilling tolerance in mango fruit and the antioxidant capacity involved. *Wiley Interscience*: 7 November.