

یخبندان

درباره واژه یخبندان از دیدگاه‌های مختلف، تعابیر متفاوتی شده است. از دیدگاه هواشناسی، اصطلاح یخبندان موقعی به کار می‌رود که دمای حداقل شبانه‌روزی برابر صفر یا کمتر از آن باشد. در حالی که از نظر فنی، رویداد تشکیل کریستال‌های یخ روی سطوحی که درجه حرارت آنها زیر صفر درجه سانتی‌گراد قرار داشته و دمای لایه هوای بالای سطوح مزبور به نقطه شبنم رسیده باشد، یخبندان نامیده می‌شود. در محدوده کشاورزی، یخبندان به رویداد دمایی گفته می‌شود که سبب خسارت به بافت‌های گیاهی شود که در اغلب مواقع، این دمای بحرانی با دمای صفر درجه سانتی‌گراد هماهنگ نیست.

انواع یخبندان

شرایط یخبندان یا درجه حرارت پایین به دو طریق ممکن است بروز کند:

الف) یخبندان‌هایی که در اثر ورود توده هوا با درجه حرارت زیر صفر (نقطه انجماد آب)، به منطقه‌ای که قبلاً هوای گرم در آن وجود داشته بروز می‌کند (یخبندان فرارفتی)^۱.

ب) یخبندان‌هایی که در اثر هدررفت انرژی گرمایی به شکل تابش با طول موج بلند از سطح زمین به وجود می‌آیند (یخبندان تابشی)^۲.

۱. یخبندان فرارفتی

این نوع یخبندان بر اثر عبور یک جبهه سرد یا عبور توده هوای سرد با درجه حرارتی کمتر از درجه حرارت بحرانی برای محصول یا محصولات خاص از بالای منطقه موردنظر به وجود می‌آید. از نظر هواشناسی این نوع سرما همراه با بادهای شدید و آسمان ابری یا نیمه‌ابری است که پس از عبور سطح جبهه‌ای، هوای سرد به مدت یک تا چند روز در منطقه استقرار می‌یابد. این نوع یخبندان، منحصر به اوقات شب نبوده و در تمامی ایام سال و ساعات شبانه‌روز ممکن است اتفاق بیفتد؛ اما خوشبختانه انواع شدید آن عمدتاً در دوران خواب درختان یعنی زمستان بروز می‌کند، لذا درختان سردسیری تا حد زیادی در مقابل آن مقاومت می‌کنند.

بعد از یک یخبندان فرارفتی، می‌توان مشاهده نمود که خسارت آن منحصراً به برگ‌هایی که در معرض آسمان و یا حتی برگ‌هایی که زیر لایه برگ‌های سطحی هستند، محدود نمی‌شود و حتی علف‌های هرز زیر سایه گیاهان نیز صدمه می‌بینند؛ لذا حفاظت از گیاهان در برابر این نوع یخبندان بسیار مشکل بوده و حتی می‌توان گفت با امکانات فعلی و با توجه به درآمد ناشی از محصول و هزینه حفاظت گیاه در برابر یخبندان، غیرممکن است؛ اگرچه می‌توان با شناخت منطقه و به کارگیری ویژگی‌های محیطی در احداث باغ و انتخاب نوع و ارقام مناسب محصول، تا حد زیادی از خسارات ناشی از این نوع یخبندان جلوگیری کرد.

۲. یخبندان تابشی

یخبندان تابشی در شب‌های آرام و صاف که به علت عدم وجود ابر و پایین بودن فشار بخار آب، تابش زمین به فضا به سهولت صورت می‌گیرد، به وجود می‌آید.

در این نوع یخبندان سطح خاک و گیاه به علت تشعشع زیاد، بیش از شب‌های دیگر سرد شده و سپس آن‌ها نیز هوای مجاور خود را از طریق هدایت سرد می‌کنند؛ این عامل سرد شدن بیشتر هوا را به دنبال دارد. از آنجایی که این هوای سرد، سنگین‌تر از هوای فوقانی خود است، به صورت پوششی سنگین تا طلوع آفتاب بر روی مزرعه باقی می‌ماند؛ لذا در صورتی که کاهش دما به نقطه بحرانی برای گیاه برسد، تا زمان تغییر وضعیت هوا ممکن است بروز صدماتی را بسته به فصل باعث شود.

¹ Advection Frost (Hard Frost)

² Radiative Frost

از نظر دیدبانی، روشنایی نسبی در طی شب و حرکت ملایم شاخ و برگ گیاهان از خصوصیات یخبندان تابشی می‌باشد. در این شرایط چون حرکت هوا کم است، انتقال حرارت از قسمت‌های بدن که در معرض هوا هستند، به کندی انجام گرفته و در نتیجه انسان سرما را کمتر احساس می‌کند و به همین دلیل کشاورزان اغلب در تشخیص این نوع یخبندان دچار اشتباه می‌شوند. تحت این شرایط، تنها اندام‌هایی از گیاه که مستقیماً در معرض آسمان قرار دارند خسارت می‌بینند و برگ‌ها و شاخه‌های داخلی که از اتلاف شدید تشعشع خالص در امان هستند، صدمه زیادی نمی‌بینند؛ اگرچه در یخبندان‌های شدید حتی این اندام‌ها نیز خسارت خواهند دید. طی یخبندان تابشی، پدیده وارونگی^۳ حادث می‌شود که در این شرایط، درجه حرارت هوا با ارتفاع افزایش می‌یابد و به سطحی می‌رسد که ارتفاع یا سقف اینورژن نامیده می‌شود که هرچه تابش انرژی به فضا بیشتر باشد، مدت زمان وارونگی بعد از غروب آفتاب بیشتر خواهد بود.

فیزیولوژی یخبندان

دمای پایین یکی از مهمترین عوامل محدودکننده رشد و توسعه گیاهان است. درجه حرارت عامل بسیار مهمی در تعیین پراکنش طبیعی گیاهان، زمان کاشت و موفقیت آنها در دوره برداشت به حساب می‌آید. دما، به عنوان شاخصی از شدت گرما یکی از عناصر اساسی شناخت هواست که نسبت به سایر عوامل اقلیمی، نقش تعیین‌کننده‌تری را ایفا می‌کند.

گیاهان فقط در محدوده دمایی معینی قادر به ادامه حیات می‌باشند و درجه حرارت محیط طبیعی یا مصنوعی گیاهان در حال جوانه‌زنی یا سبز شدن، نه تنها بقا آنها را کنترل می‌کند، بلکه در رشد و نمو و تولید مثل اغلب آنها نیز نقش اساسی دارد.

گونه‌های مختلف گیاهان در رابطه با تحمل درجه حرارت‌های آستانه‌ای به صورت گسترده‌ای متفاوت می‌باشند و حتی در یک گونه مشخص نیز این تفاوت با میزان کمتر مشاهده می‌شود. به طور کلی، فعالیت‌های زیستی در دماهای پایین‌تر از نقطه انجماد آب با تغییر ماهیت پروتئین‌ها محدود می‌شود. در طبیعت، جوامع گیاهی که در درجه حرارت‌های سرد غیرعادی یا دوره‌های سرد طولانی مدت زندگی می‌کنند، بایستی قادر به سازگاری با یک پیچیدگی در شرایط محیطی‌شان باشند.

تنش ناشی از درجه حرارت‌های پایین بر روی گیاهان به دو نوع تقسیم می‌شود: صدمه ناشی از یخ زدن گیاه و صدمه ناشی از سرمازدگی که در ذیل به صورت کاملتری ارائه می‌شود.

الف - تنش ناشی از یخ زدن^۴

تنش یخ‌زدگی در شرایطی پیش می‌آید که درجه حرارت به پایین‌تر از نقطه انجماد آب برسد. بنابراین بروز این صدمات عمدتاً در مورد مناطق معتدله مطرح بوده و وقوع آن در مناطق گرمسیری غیرمحتمل و یا نادر می‌باشد.

گیاهان انواع مختلفی از صدمات ناشی از یخ زدن را متحمل می‌شوند که می‌تواند در اثر یخبندان‌های بی‌موقع در بهار و پاییز و یا در وسط زمستان باشد. این خسارات به صورت‌های مختلفی در گیاهان بروز می‌کند که از عمده‌ترین علائم آن می‌توان موارد زیر را نام برد:

- ۱- آفتاب سوختگی زمستانه، ۲- شکافته شدن تنه درختان، ۳- مرگ انتهای شاخه‌ها
- ۴- ریزش جوانه‌های گل قبل از باز شدن، ۵- سیاه شدن اندام‌های گل‌های باز شده و ریزش آنها
- ۶- ریزش میوه‌ها، ۷- سیاه شدن آوندهای چوبی.

³ Inversion

⁴ Freezing stress

مهمترین مراحل زندگی گیاهان، جوانه‌زنی، گلدهی و مرحله تولید میوه است که در این زمان‌های بحرانی حتی یخبندان‌های جزئی می‌تواند بیشترین خسارت را ایجاد کند. در اثر یخبندان‌های دیررس بهاره در این دوره‌ها، عملکرد محصول به شدت کاهش می‌یابد و در مواردی که شدت و مدت یخبندان بیشتر باشد، حتی ممکنست خود گیاه نیز از بین برود.

وقتی که دمای خاک یا هوا به زیر نقطه یخ‌زدگی آب برسد، تشکیل یخ در بافت‌های گیاهان نخست در جاهایی که پتانسیل اسمزی منفی کمتری دارند رخ می‌دهد. یخ به طور معمول نخست در مجاری بزرگ آوندهای چوبی برگ‌ها و ساقه‌ها، در حفره‌های زیرروزنه‌ای و فضاهای میان‌یاخته‌ای شکل می‌گیرد و به مجردی که یخ شکل گرفت، در سرتاسر آوندها و داخل فضاهای برون‌یاخته‌ای سایر بافت‌ها گسترش می‌یابد؛ بنابراین کریستال‌های یخ با مصرف بخار آب و لایه سطحی آب مایع دیواره یاخته‌ای، بزرگ می‌شوند. وقتی یخ رشد کرد، مواد حل شده و گازهای محلول در آن به خارج نشت کرده و در مایع باقی‌مانده جمع می‌شوند و تشکیل یخ تا زمانی که پتانسیل شیمیایی آب یخ‌زده، در تعادل با یخ است، ادامه می‌یابد. از آنجایی که تشکیل یخ باعث می‌شود که محلول برون‌یاخته‌ای غلظت بیشتری پیدا کند، یک گرادیان پتانسیل آب بین محلول‌های برون‌یاخته‌ای و درون‌یاخته‌ای ایجاد می‌شود که تحت این شرایط، آب تا وقتی که پتانسیل آن به حالت تعادل برسد، از یاخته خارج می‌شود و بنابراین سیتوپلاسم خشک خواهد شد.

در فرآیند یخ‌زدگی، پیامدهای فیزیولوژیکی زیر آشکار می‌شوند:

۱- جریان بزرگی از آب در حین یخ‌زدن و ذوب شدن بایستی از پلاسمای عبور کند.

۲- کریستال‌های یخ در فضای برون‌یاخته‌ای منبسط می‌شوند و در نتیجه، بافت متورم شده و ارتباطات درون‌یاخته‌ای شکسته خواهند شد.

۳- سیتوپلاسم خشک شدن را تجربه می‌کند و یاخته‌ها ممکنست از بین بروند.

برخی از گیاهان قادر به تحمل دماهای یخبندان هستند. این گیاهان اگر در یکی از مراحل دوره رشدشان تحت عامل محیطی تنش‌زا (سرما) قرار بگیرند، نسبت به آن عامل مقاوم شده که این فرایند، تحت عنوان مقاوم شدن^۵ شناخته می‌شود و در این حالت، گیاه به طور مصنوعی وادار به ساخت موادی می‌شود که می‌تواند جلوی صدمه سرما را بگیرد.

ب- تنش ناشی از سرمازدگی^۶

آسیب ناشی از سرمازدگی، پدیده‌ای است که در اغلب اوقات در مورد محصولات گرمسیری و یا با برداشت قبل از موعد و انبارداری محصول درختان میوه و سبزیجات در ارتباط می‌باشد. این مشکل به حالت طبیعی وجود داشته و تولید محصولات را نیز تا حدی محدود می‌کند.

درجه حرارت‌های کم ولی بالای نقطه انجماد، باعث بروز صدماتی در برخی از درختان میوه گرمسیری و نیمه‌گرمسیری و به مقدار کمتر در بافت‌های گونه‌های گیاهی نواحی معتدله می‌شوند.

در مقوله سرمازدگی، از دو پارامتر دما و تداوم زمانی آن بحث می‌شود؛ به طوری که سرمازدگی شامل دو بخش فیزیکی و تغییرات فیزیولوژیکی می‌باشد که تغییرات فیزیولوژیکی می‌تواند به صورت ابتدایی یا پیشرفته باشد. در تغییرات ابتدایی، اختلالاتی در گیاه ایجاد می‌شود که قابل برگشت است و تغییرات پیشرفته که در ادامه تغییرات ابتدایی ایجاد می‌شوند و در این حالت گیاه به عنوان حساس به سرمازدگی شناخته می‌شود. در اثر سرما، پدیده‌های دی‌سولفید بین مولکول‌های پروتئین غیرفعال شده و عملاً این

⁵ Hardening

⁶ Chilling stress

تغییرات به وجود آمده در ساختمان و عمل غشا، نشت مواد و یون‌ها را به خارج موجب می‌شوند که به دنبال آن فعالیت حیاتی سلول مختل شده و خساراتی ایجاد می‌شوند.

کنترل یخبندان

محافظت گیاهان از اثرات دماهای پایین و زیان‌آور در کشاورزی دارای اهمیت قابل ملاحظه‌ای می‌باشد. تجربه و دانش بشری تاکنون این واقعیت را به اثبات رسانیده که با تدابیر و پیشگیری‌هایی می‌توان اثرات زیان‌بار یخبندان را در ارتباط با محصولات کشاورزی به میزان قابل ملاحظه‌ای کاهش داد. بر این اساس روش‌های کوتاه مدت^۷ و بلندمدت^۸ معرفی می‌شود.

الف- روش‌های کوتاه مدت

در این روش، راه‌های مبارزه با یخبندان که بلافاصله قبل از یخبندان یا در زمان یخبندان به کار گرفته می‌شود، مورد بحث قرار می‌گیرند.

الف-۱ استفاده از بخاری‌های باغی

استفاده از بخاری‌های باغی در شرایط مقابله با یخبندان‌های تابشی بسیار مؤثر می‌باشد. سوختن مواد نفتی در دیگچه‌های حرارتی باعث ایجاد کنوکسیون محلی هوا می‌شود که مخلوط شدن لایه‌های بالایی و پایینی هوا را به دنبال دارد و در نتیجه آن هوای گرم‌تری در محدوده گیاه وجود خواهد داشت.

به کار بردن بخاری‌های باغی مستلزم صرف هزینه نسبتاً زیاد می‌باشد؛ ضمن این که امکان آلوده‌سازی هوا و محیط را نیز خواهد داشت، لذا قبل از استفاده از آن بایستی تمامی جوانب به دقت مورد ارزیابی قرار گیرند.

الف-۲ پوشانیدن گیاه

هنگامی که گیاهان در معرض تهدید یخبندان قرار می‌گیرند، در صورتی که به قدر کافی کوچک باشند امکان محافظتشان از طریق پوشاندن آن‌ها با بعضی مواد وجود دارد. این پوشش‌ها که معمولاً شب کلاه گرم نامیده می‌شوند، هر روز غروب بر روی گیاهان کشیده شده و صبح زود برداشته می‌شوند. محافظت از این طریق در هنگامی که یخبندان طولانی و شدید نباشد، معمولاً مؤثر است. در این بخش بایستی دقت کنیم که شب کلاه‌های گرم از موادی ساخته شوند که قابلیت انتشار آنها در نوار طول موج‌های مادون قرمز حرارتی و همچنین قابلیت هدایت حرارتی آنها نیز کم باشد.

امروزه به منظور پوشش گیاهان از فوم استفاده می‌کنند که در مقابل شرایط یخبندان تابشی بسیار خوب عمل می‌کند؛ ضمن این که اراضی زیر پوشش فوم از پس مانده‌های حاصلخیز ناشی از پروتیین موجود در آن، بهره‌مند می‌شوند.

الف-۳ آب‌پاشی و غرقاب کردن

روش استفاده از غرقاب کردن در کشاورزی ایران، از یک سابقه تاریخی و بسیار قدیمی برخوردار است و اساس آن افزایش هدایت گرمای خاک و آزادسازی حرارت نهانی آب در زمان یخ زدن می‌باشد. در این روش به محض افت دما و نه تنها در زمان یخ‌زدگی، گیاهان آب‌پاشی می‌شوند و به تدریج که آب در اندام‌های گیاهی یخ می‌زند، گرمای نهان ذوب آزاد می‌شود. مادامی که یخ زدن ادامه می‌یابد، دمای گیاه در حدود صفر درجه سانتی‌گراد باقی می‌ماند و در نتیجه به نقطه بحرانی برودت نخواهد رسید. آب‌پاشی بایستی تا زمان مناسبی بعد از طلوع خورشید و یا تا افزایش دما به اندازه‌ای که قادر به ذوب تمام یخ باشد، ادامه یابد و اگر آب‌پاشی بی‌موقع قطع شود، گرما از اندام گیاهی برای ذوب یخ به خارج منتقل می‌گردد و در این صورت خطر یخبندان

⁷ Active

⁸ Passive

افزایش می‌یابد. در مورد آب‌پاشی گیاهان بلند و درختان نیز بایستی دقت کافی مبذول گردد؛ چرا که ممکن است وزن یخ ایجاد شده زیاد و باعث شکستگی‌های جدی شود.

الف-۴ ماشین‌های باد

احتمال دارد که در طول فصل یخبندان و در شب‌هایی که سرمای تابشی وجود دارد، دمای هوا در برخی نقاط بالای گیاه بالاتر از نقطه یخزدگی باشد که در این صورت می‌توان یخبندان را به وسیله اختلاط هوای گرم بالا و هوای سردتر پایین از بین برد.

ب- روش‌های بلندمدت

در این بخش، روش‌هایی ارائه می‌شود که بایستی خیلی زودتر از زمان یخبندان انجام گیرد؛ بنابراین آنها مقابله مستقیم با یخبندان نمی‌باشند، بلکه راه‌هایی جهت اجتناب و دوری از یخبندان هستند. این روش‌ها عبارتند از:

ب-۱ انتخاب محل مناسب

اگر امکان انتخاب محل وجود داشته باشد، بهترین روش برای محافظت از خطر یخبندان یا کاهش احتمال آن، انتخاب محلی است که خطر کمتر وجود دارد و اجتناب از محلی است که احتمال زیاد وجود دارد.

از آنجایی که هوای سرد به سمت اراضی پست جریان می‌یابد، بایستی دقت شود محل‌های کشت به قسمی انتخاب گردد که هوا در آن به خوبی جریان داشته باشد. همچنین اراضی که در مجاورت سطوح آبی بزرگ قرار دارند، به دلیل ظرفیت گرمایی زیاد آب و نقش آن در تعدیل آب و هوای مجاور، می‌توانند به عنوان محل مناسبی برای کشت انتخاب گردند.

ب-۲ انتخاب فصل مناسب

انتخاب فصل کشت نیز از مواردی است که نقش مهمی را در پیشگیری از وقوع یخبندان و یا کاهش احتمال وقوع آن ایفا می‌کند، به قسمی که بایستی با کمک مطالعات اقلیم‌شناسی، تاریخ وقوع یخبندان‌های پاییزه و بهاره و به تبع آن دوره یخبندان را در هر منطقه تعیین کرد و با توجه به آن محصولات ویژه را در زمان مناسب کاشت.

ب-۳ انتخاب ارقام مناسب

ارقام مختلف یک گونه از نظر تحمل در مقابل یخبندان به طور قابل ملاحظه‌ای با هم تفاوت دارند؛ لذا در این مورد بایستی گونه‌ها و ارقامی انتخاب شوند که در فاصله زمانی با احتمال بسیار کم یخبندان رشد کرده و برداشت گردند و همچنین دارای مقاومت بالایی در برابر یخزدگی باشند.

ب-۴ عملیات به‌زراعی

این عملیات شامل مدیریت خاک، مدیریت گیاه و استفاده از روش‌های تنظیم رشد می‌باشد؛ به گونه‌ای که برای حداکثر استفاده از محافظت در برابر یخبندان، خاک مزرعه بایستی مرطوب، عاری از علف هرز، صاف و شخم نخورده باشد. همچنین در بخش مدیریت گیاه، بایستی با کنترل آفات و بیماری‌ها به سلامت گیاه کمک کرد تا با این عمل، مقاومت آنها نسبت به سرما و یخبندان افزایش یابد. در رابطه با استفاده از روش‌های تنظیم رشد، هدف به تأخیر انداختن زمان گلدهی و دیگر مراحل حساس در بهار است تا موجب به حداقل رساندن خطر یخبندان شود.