همه با هم
جهاد کشاورزی
سازمان جهاد کشاورزی خوزستان
مدیریت هماهنگی ترویج کشاورزی

سرمازدگی و یخ زدگی در سیب زمینی و ضرورت مدیریت آن



نویسندگان

فاطمه مرادی پور، ناصر ظریفی نیا، محمد ابراهیم رنجبر

اعضای هیات علمی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی صفی آباد

زمستان
۱۴۰۵


بسم الله الرحمن الرحيم

سازمان جهاد کشاورزی خوزستان
مدیریت هماهنگی ترویج کشاورزی

سرمازدگی و یخ زدگی در سیب زمینی و ضرورت مدیریت آن

سرمازدگی و یخ زدگی در سیب زمینی و ضرورت مدیریت آن

نگارندگان:

فاطمه مرادی پور، ناصر ظریفی نیا، محمد ابراهیم رنجبر

اعضای هیأت علمی مرکز تحقیقات و آموزش، کشاورزی و منابع طبیعی صفی آباد

ویراستار فنی : محمد حسنی نسب-مدیرهماهنگی ترویج کشاورزی خوزستان

ویراستار ادبی : لیلا نظر پور

گرافیک و صفحه آرایی:کانون آگهی و تبلیغاتی رحیل

تهیه و تنظیم:مدیریت هماهنگی ترویج کشاورزی-سازمان جهادکشاورزی استان خوزستان

شمارگان:

سال انتشار: ۱۴۰۵

مخاطبین : کلیه کشاورزان، کارشناسان و مروجان مسئول پهنه، تسهیلگران بخش کشاورزی و سایر علاقمندان تهیه شده در مدیریت هماهنگی ترویج کشاورزی استان خوزستان

آدرس و تلفن: اهواز- بلوار گلستان - سازمان جهاد کشاورزی - مدیریت هماهنگی ترویج کشاورزی

تلفن: ۰۶۱۳۳۳۵۹۵۴۱

این نشریه با شماره در کمیته فنی رسانه های آموزشی و ترویجی مدیریت هماهنگی ترویج کشاورزی خوزستان به ثبت رسیده است

فهرست مندرجات

عنوان	صفحه
مقدمه	۱
تعریف سرمازدگی و یخ زدگی	۱
انواع سرمازدگی	۱
سرمازدگی در سیب زمینی	۳
اثر سرمازدگی بر ریشه های سیب زمینی	۶
اثر سرما زدگی بر غده های سیب زمینی	۸
راهکارهای مقابله با سرمازدگی در سیب زمینی	۱۱
راهکارهای فیزیولوژیک مقابله با سرمازدگی در سیب زمینی	۲۳

مقدمه

از مجموع کل اراضی کشاورزی جهان حدود دو سوم آن در معرض خطر سرما و یخبندان و یک سوم آن تقریباً به طور طبیعی از این خطر مصون است. همه ساله بخش هایی از استان های کشور متأثر از تنش های سرمازدگی زودرس پاییزه، یخبندان زمستانه و یا سرمازدگی دیررس بهاره می باشند و از این منظر خسارات زیادی به محصولات زراعی و باغی وارد می گردد. بالاترین ریسک سرمازدگی زمانی است که گیاه در حال فعالیت و رشد و نمو باشد.

با وجود تلاش های زیادی که برای کاهش خسارت های ناشی از سرمازدگی محصولات کشاورزی صورت گرفته است، هر ساله خسارت های زیادی به محصولات زراعی و باغی کشور وارد می شود .سرمازدگی در استان های مختلف، بین ۵۰ تا ۱۰۰ درصد محصولات زراعی و باغی را از چرخه تولید و اقتصاد کشاورزی خارج می کند. کاهش خسارت های ناشی از سرمازدگی به محصولات کشاورزی می تواند گام مهمی در تأمین غذای مورد نیاز و امنیت غذایی کشور باشد.

در سال‌های اخیر از راه‌های گوناگونی برای مقابله با سرمازدگی استفاده شده است. به طور کلی دو روش فعال و غیرفعال برای حفاظت از محصولات در برابر سرمازدگی وجود دارد. هر یک از این روش‌ها دارای مزیت‌ها و محدودیت های مخصوص به خود است. بنابراین، انتخاب هر یک از روشها، نیاز به شناخت درست آنها و در نظر گرفتن نوع و شرایط محصول و همچنین وضعیت آب و هوایی منطقه دارد.

تعریف سرمازدگی و یخزدگی

سرمازدگی عبارت است از تغییرات فیزیکی و فیزیولوژیکی که در اثر رو به رو شدن اندام های مختلف گیاه با دماهای پایین و بالاتر از نقطه انجماد (بین ۰ تا ۱۰ درجه سانتیگراد) رخ داده که با پیدایش علائمی همچون قهوه ای شدن و خشکیدگی همراه بوده و موجب بروز صدمات سلولی می گردد. یخ زدگی زمانی ایجاد می شود که دمای بافت های گیاه به کمتر از آستانه دمای بحرانی سرمازدگی کاهش می یابد .

انواع سرمازدگی

سرمازدگی از نظر زمان رخ دادن به دو نوع سرمازدگی بهاره (فصل بهار) و سرمازدگی زمستانه (فصل زمستان) و از نظر عامل ایجاد سرمازدگی به دو نوع سرمازدگی جبهه‌ای و سرمازدگی تابشی تقسیم می شود. خسارت های سرما در فصل

بهار بسیار بیشتر از خسارت های سرمازدگی در زمستان است و بیشترین آسیب‌ها به جوانه ها، شکوفه ها و میوه های تازه رشد کرده وارد می شود.

طول مدت سرمای بهاره کوتاه بوده و از چند ساعت تا حداکثر سه روز بیشتر نمی باشد. سرمازدگی از نظر عامل ایجاد سرما، به دو نوع جبهه ای (انتقالی) و تابشی (تشعشعی) تقسیم می شود.





سرمازدگی جبهه‌ای:

سرمازدگی جبهه ای شامل ورود یک جبهه هوای سرد در مقیاس بزرگ، همراه با باد است. دمای هوا حتی در طول روز زیر صفر درجه سانتیگراد است. سرمازدگی جبهه ای در شرایطی اتفاق می افتد که هوا ابری بوده و وزش باد وجود داشته باشد. در این نوع سرمازدگی وارونگی دما وجود ندارد.





سرمازدگی تابشی:

سرمازدگی تابشی زمانی رخ می دهد که در طول روز با تابش خورشید، گیاهان و زمین گرم می‌شوند و در طول شب این انرژی را به صورت تابش امواج با طول موج بلند از دست می دهند. بنابراین، هوای مجاور سطح زمین سرد شده و با افزایش ارتفاع از سطح زمین، دمای هوا افزایش می یابد. سرمازدگی تابشی در شب هایی با آسمان صاف و بدون وزش باد یا وزش باد ملایم و در دمای هوای بیش از صفر درجه سانتیگراد در روز و در شرایط وجود وارونگی دمایی اتفاق می افتد.

برخی مواقع دو نوع سرمازدگی با هم رخ می دهند. به عنوان مثال در شرایطی که سرمازدگی تابشی صورت گرفته، یک جبهه هوای سرد از منطقه عبور می کند و سرمازدگی جبهه ای نیز اتفاق می افتد.

سرمازدگی در سیب زمینی:

سرمازدگی یکی از مهم‌ترین تنش‌های غیرزیستی در مناطق سردسیر و معتدل است که می‌تواند رشد، عملکرد و کیفیت محصول سیب‌زمینی را به‌شدت کاهش دهد. برگ‌ها به‌عنوان اصلی‌ترین اندام فتوسنتزی گیاه، بیشترین حساسیت را به دماهای پایین نشان می‌دهند و اولین بخش‌هایی هستند که علائم سرمازدگی در آن‌ها ظاهر می‌شود. بررسی اثرات سرما بر برگ‌ها برای درک سازوکارهای مقاومت و ارائه راهکارهای مدیریتی ضروری است.





۲. اثرات ساختاری سرمازدگی بر برگ‌ها

۲-۱ آب‌سوختگی (Water-soaking)

در دماهای زیر صفر، آب موجود در فضای بین‌سلولی یخ می‌زند و باعث خروج آب از سلول‌ها می‌شود. این فرآیند منجر به پلاسمولیز و تخریب غشا می‌گردد. برگ‌ها در این مرحله حالت شفاف، نرم و آب‌سوخته پیدا می‌کنند و پس از چند ساعت به رنگ قهوه‌ای یا سیاه درمی‌آیند.

۲-۲ نکروز (Necrosis)

پس از یخ‌زدگی اولیه، سلول‌های آسیب‌دیده می‌میرند و لکه‌های نکروتیک روی سطح برگ ظاهر می‌شود. این لکه‌ها معمولاً از لبه‌ها شروع شده و به سمت داخل گسترش می‌یابند. نکروز شدید می‌تواند منجر به ریزش برگ شود.

۲-۳ تخریب بافت‌های اپیدرمی و مزوفیل

سرما باعث تخریب کلروپلاست‌ها، پارگی دیواره سلولی و کاهش ضخامت بافت مزوفیل می‌شود. این تغییرات ساختاری، توانایی برگ در انجام فتوسنتز و تبادل گاز را کاهش می‌دهد.

۳. اثرات سرما بر فتوسنتز

سرما باعث کاهش کلروفیل و آسیب به فتوسیستم II می‌شود، این موضوع منجر به زردی برگ‌ها و کاهش ظرفیت جذب نور می‌گردد.

۴. تنش اکسیداتیو ناشی از سرما

سرما باعث افزایش تولید گونه‌های فعال اکسیژن ROS مانند سوپراکسید، پراکسید هیدروژن و رادیکال هیدروکسیل می‌شود. این مولکول‌ها غشاهای سلولی را تخریب می‌کنند، پروتئین‌ها را اکسید می‌کنند، به DNA آسیب می‌زنند و در نتیجه برگ‌ها دچار پیری زودرس و نکروز گسترده می‌شوند.

۵. تغییرات متابولیکی برگ‌ها در اثر سرما

۵-۱ تجمع قندهای محلول

برای مقابله با سرما، برگ‌ها میزان ساکاروز، رافینوز و سوربیتول را افزایش می‌دهند. این قندها نقش ضدیخ طبیعی دارند و نقطه انجماد سلول را کاهش می‌دهند.

۵-۲ افزایش اسمولیت‌ها

ترکیباتی مانند پرولین، بتائین و پلی‌آمین‌ها در برگ‌ها تجمع می‌یابند. این ترکیبات از پروتئین‌ها و غشاها محافظت کرده و فشار اسمزی سلول را تنظیم می‌کنند.

۶. اختلال در تبادل گاز

سرما باعث بسته‌شدن روزنه‌ها و کاهش هدایت روزنه‌ای می‌شود. این موضوع جذب CO_2 را کاهش می‌دهد، تعرق را محدود می‌کند، فتوسنتز را مختل می‌سازد و در نتیجه، برگ‌ها توانایی تولید انرژی و مواد فتوسنتزی را از دست می‌دهند.

۷. تغییرات هورمونی

۷-۱ افزایش ABA: که باعث بسته‌شدن روزنه‌ها و توقف رشد برگ‌ها می‌شود.

۷-۲ کاهش سیتوکینین:کاهش سیتوکینین باعث پیری زودرس برگ‌ها می‌شود.

۷-۳ افزایش اتیلن: افزایش اتیلن منجر به زردی و ریزش برگ‌ها می‌گردد.

۸. مرگ برگ (Leaf Death)

در دماهای کمتر از –۲ تا –۳ درجه سانتی‌گراد، برگ‌ها به‌طور کامل سیاه شده و بافت آن‌ها فرو می‌ریزد. در این حالت، گیاه توان فتوسنتز را از دست می‌دهد و مجبور می‌شود از جوانه‌های زیرزمینی رشد مجدد را آغاز کند.

اثر سرمازدگی بر ریشه‌های سیب‌زمینی

ریشه‌های سیب‌زمینی معمولاً در خاک از نوسانات دمایی محافظت می‌شوند، اما سرمازدگی خاک یا کاهش شدید دمای محیط می‌تواند اثرات جدی و گاهی غیرقابل‌جبران بر سیستم ریشه‌ای وارد کند. این اثرات هم ساختاری هستند، هم فیزیولوژیک، هم متابولیکی و هم عملکردی.



۱. آسیب‌های ساختاری ریشه در اثر سرما

۱-۱ یخزدگی آب در فضای بین‌سلولی:وقتی دمای خاک به زیر صفر برسد، آب موجود در فضای بین‌سلولی یخ می‌زند، سلول‌ها آب از دست می‌دهند، غشاها پاره می‌شوند و در نتیجه ریشه‌ها نرم، آب‌سوخته و بی‌جان می‌شوند و نهایتا رنگ آن‌ها از سفید و کرم به قهوه‌ای تیره تغییر می‌کند. این آسیب معمولاً برگشت‌پذیر نیست.

۱-۲ نکروز ریشه: در اثر یخزدگی شدید، سلول‌های ریشه می‌میرند، بافت‌ها قهوه‌ای یا سیاه می‌شوند، ریشه‌های مویین (که مهم‌ترین بخش جذب هستند) از بین می‌روند. این نکروز باعث کاهش شدید توان جذب آب و عناصر می‌شود.

۱-۳ تخریب بافت‌های آوندی: سرما باعث پارگی آوند چوبی، تخریب آوند آبکش شده و با ایجاد حباب‌های هوا (embolism)در آوندها انتقال آب و مواد غذایی به بخش‌های مختلف گیاه مختل می‌شود. گیاه حتی پس از رفع سرما هم نمی‌تواند به‌خوبی آب جذب کند.

۱-۴ کاهش جذب عناصر غذایی: سرما فعالیت ریشه را کند می‌کند و جذب عناصر فسفر، پتاسیم، کلسیم، منیزیم و نیتروژن و عناصر میکرو را کاهش می‌دهد.

۱-۵ کاهش تنفس ریشه: ریشه‌ها برای جذب آب و عناصر نیاز به ATP دارند. سرما فعالیت میتوکندری را کاهش می‌دهد، تولید ATP را کم می‌کند و در نتیجه ریشه‌ها بی‌حال و کم‌فعالیت می‌شوند و جذب مواد غذایی تقریباً متوقف می‌شود.

۲- اثرات متابولیکی سرما بر ریشه: تجمع قندهای محلول مانند ساکاروز، گلوکز و فروکتوز افزایش می‌یابد که این قندها نقش ضد یخ دارند اما اگر سرما شدید باشد کافی نیستند

۲-۱ افزایش اسمولیت‌ها

ریشه‌ها پرولین، بتائین و پلی‌آمین‌ها را افزایش می‌دهند تا فشار اسمزی تنظیم شود، پروتئین‌ها پایدار بمانند و غشاها محافظت شوند

اما در سرمازدگی شدید، سرعت تخریب سلولی بیشتر از توان تولید این ترکیبات است.

۲-۲ افزایش ROS و تنش اکسیداتیو

سرما باعث افزایش تولید سوپراکسید، پراکسید هیدروژن و رادیکال هیدروکسیل می‌شود که این ROS ها غشاها را تخریب می‌کنند،

پروتئین‌ها را اکسید می‌کنند ،DNA را آسیب می‌زنند و در نتیجه مرگ سلولی و نکروز ریشه را به دنبال دارند.

۳. اثرات سرما بر رشد و توسعه ریشه

۳-۱ کاهش رشد ریشه‌های مویین

ریشه‌های مویین مهم‌ترین بخش جذب هستند، که سرما باعث توقف رشد آن‌ها و مرگ سریع آن‌ها می شود. این یعنی کاهش شدید جذب آب ، کاهش جذب عناصر و کاهش رشد کل گیاه

۳-۲ کاهش طول و حجم ریشه

سرما تقسیم سلولی را کاهش می‌دهد ، کشش سلولی را متوقف می‌کند و در نتیجه ریشه‌ها کوتاه‌تر و کم‌حجم‌تر می‌شوند

۳-۳ کاهش تولید ریشه‌های جانبی

کاهش تولید ریشه‌های جانبی باعث کاهش سطح جذب و کاهش توان گیاه برای تأمین نیازهای غذایی می‌شود

۴. اثرات سرما بر غده‌سازی از طریق ریشه

ریشه‌ها نقش غیرمستقیم اما حیاتی در غده‌سازی دارند.

وقتی ریشه آسیب ببیند انتقال مواد فتوسنتزی به استولون‌ها کاهش می‌یابد و در نتیجه:

- غده‌ها کوچک‌تر می‌شوند - تعداد غده‌ها کاهش می‌یابد - کیفیت غده‌ها پایین می‌آید

اثر سرمازدگی بر غده‌های سیب‌زمینی

غده‌های سیب‌زمینی به دلیل داشتن بافت پارانشیمی نرم، درصد بالای آب، و فعالیت متابولیکی بالا به‌شدت نسبت به سرما حساس‌اند. سرمازدگی می‌تواند در مراحل مختلف از رشد در خاک تا انبارداری باعث آسیب‌های جدی شود.



۱-آسیب‌های ساختاری غده در اثر سرما

۱-۱ قهوه‌ای شدن داخلی (Internal Browning)

این یکی از شایع‌ترین علائم سرمازدگی است. علت آن یخ‌زدگی آب در سلول‌های پارانشیمی ، پارگی غشا و اکسیداسیون ترکیبات فنولی است که در نتیجه باعث ایجاد لکه‌های قهوه‌ای یا خاکستری در مرکز یا اطراف غده شده و کاهش کیفیت خوراکی و فرآوری سیب زمینی را به دنبال دارد. این آسیب غیرقابل برگشت است.

۱-۲ آب‌سوختگی و نرم‌شدن بافت غده

در اثر یخ‌زدگی بافت غده نرم، شل و آب‌سوخته می‌شود، غده حالت پخته‌شده پیدا می‌کند و پس از چند روز بوی نامطبوع ایجاد می‌شود .این حالت معمولاً به پوسیدگی ثانویه منجر می‌شود.

۱-۳ ترک‌خوردگی پوست غده

سرما باعث انقباض سریع بافت‌ها می‌شود، در نتیجه ترک‌های سطحی یا عمیق روی سطح میوه ایجاد شده که این باعث افزایش نفوذپذیری به عوامل بیماری‌زا و کاهش بازارپسندی می‌شود.

۲-اثر سرما بر ترکیب شیمیایی غده

۲-۱ شیرین شدن غده‌ها (Cold-Induced Sweetening)

این مهم‌ترین اثر سرما بر غده است.مکانیسم به این صورت است که سرما باعث فعال شدن آنزیم‌های آمیلاز و اینورتاز می‌شود و نشاسته به قند تبدیل می‌شود. و در نتیجه افزایش گلوکز و فروکتوز و کاهش نشاسته و ایجاد طعم شیرین و تیره شدن چیپس و فرنچ‌فرای را به دنبال خواهد داشت. این پدیده برای صنایع غذایی بسیار نامطلوب است.

۲-۲ افزایش اسیدهای آلی

سرما باعث افزایش اسید سیتریک و اسید مالیک می‌شود. که این تغییرات باعث طعم ترش و کاهش کیفیت پخت می‌شوند

۲-۳ کاهش ویتامین C: ویتامین C به‌عنوان آنتی‌اکسیدان مصرف می‌شود و در سرما کاهش می‌یابد.

۳- اثر سرما بر متابولیسم غده

۳-۱ کاهش تنفس: سرما فعالیت میتوکندری را کاهش می‌دهد و در نتیجه کاهش تولید ATP و کاهش توانایی غده برای ترمیم آسیب‌ها را به دنبال خواهد داشت.

۳-۲ افزایش تنش اکسیداتیو: سرما باعث افزایش ROS مانند سوپراکسید ، پراکسید هیدروژن و رادیکال هیدروکسیل می‌شود که این ROS باعث تخریب غشا سلولی، اکسید شدن پروتئین‌ها و نکروزه شدن بافت‌ها می‌شوند.

۴-اثر سرما بر کیفیت فرآوری غده

۴-۱ تیره شدن چیپس و فرنچ‌فری: به دلیل افزایش قندهای احیاکننده، واکنش میلارد در هنگام سرخ‌کردن تشدید می‌شود که در نتیجه تیره شدن چیپس ، ایجاد طعم تلخ و نهایتا غیرقابل‌قبول برای صنایع غذایی می‌شود.

۲-۴ کاهش استحکام بافت: سرما باعث تخریب دیواره سلولی می‌شود و در نتیجه باعث نرم شدن بافت، له شدگی و نهایتا کاهش کیفیت پخت می‌شود.

۵- اثر سرما بر انبارداری غده

۵-۱ افزایش حساسیت به بیماری‌ها: غده‌های سرمازده بیشتر در معرض بیماری‌های قارچی فوزاریوم و بیماری‌های باکتریایی و پوسیدگی خشک قرار دارند.

۵-۲ جوانه‌زنی نامنظم: سرما خواب غده را تغییر می‌دهد و جوانه‌زنی را نامنظم می‌کند که در نتیجه رشد غیر یکنواخت در مزرعه خواهیم داشت.

۶- اثر سرما بر عملکرد نهایی مزرعه

سرمازدگی غده باعث: کاهش تعداد غده‌های سالم ، کاهش اندازه غده‌ها ، کاهش وزن خشک ، کاهش کیفیت بازارپسندی و افزایش ضایعات انباری می‌شود.

در مجموع، سرمازدگی غده می‌تواند ۳۰ تا ۷۰ درصد عملکرد را کاهش دهد (بسته به شدت سرما).

راهکارهای مقابله با سرمازدگی در سیب زمینی

راهکارهای زراعی

راهکارهای زراعی اولین و مهم‌ترین خط دفاعی در برابر سرمازدگی هستند، چون قبل از وقوع سرما می‌توانند از آسیب جلوگیری کنند. این راهکارها معمولاً کم‌هزینه، عملی و بسیار مؤثرند.

۱- انتخاب تاریخ کاشت مناسب (Critical Planting Date Selection)

این مهم‌ترین و مؤثرترین راهکار است.



تاریخ‌ها و محل‌های مناسب کشت سیب‌زمینی براساس نوع عرضه

مهم ترین استان های تولید کننده	نوع عرضه	تاریخ مناسب کشت	تاریخ مناسب برداشت
منطقه جیرفت و کهنوج (بیش از ۹۰٪) ، خوزستان، فارس، بوشهر و هرمزگان	طرح استمرار (عرضه زمستانه)	نیمه شهریور الی اواخر مهر	بهمن الی نیمه اول فروردین
جیرفت و کهنوج، خوزستان، گلستان، فارس، کرمانشاه، هرمزگان، بوشهر و سیستان و بلوچستان	بهاره	نیمه آذر الی اواخر دی	نیمه فروردین الی اواخر خرداد
همـــدان، اصفهـان، آذربایجان شرقی، خراسان شمالی، فارس و زنجان	تابستانه	اواخر آذر الی اواخر اسفند	اواخر خرداد الی اواسط شهریور
اردبیل، همدان، اصفهان، فارس، کردستان، آذربایجان شرقی، زنجان، چهارمحال و بختیاری، خراسان رضوی ، مرکزی، لرستان، سمنان، تهران و آذربایجان غربی	پاییزه	فروردین، اردیبهشت و خرداد	نیمه شهریور الی اواسط آبان

✓ چرا تاریخ کاشت مهم است؟

- سیب‌زمینی در مراحل اولیه رشد (جوانه‌زنی و ۴–۶ برگی) بیشترین حساسیت را به سرما دارد.

- کاشت زود هنگام و دیر هنگام باعث می‌شود که گیاه در معرض سرما قرار گیرد.

✓ چگونه تاریخ کاشت را تعیین کنیم؟

- بررسی میانگین حداقل دمای ۱۰–۱۵ سال گذشته - استفاده از تقویم‌های حرارتی (Growing Degree Days) - توجه به ارتفاع از سطح دریا - توجه به نوع رقم (ارقام زودرس حساس‌ترند)

✓ نتیجه:

- کاهش احتمال قرار گرفتن گیاه در دماهای زیر صفر - افزایش یکنواختی رشد - افزایش عملکرد نهایی

۲- خاک‌دادن پای بوته

خاک‌دادن یکی از مؤثرترین روش‌ها برای محافظت از غده‌ها در برابر سرماست.





✓ **مزایای خاک دادن:**

– افزایش عمق قرارگیری غده‌ها – افزایش دمای خاک در اطراف غده – کاهش نوسانات دمایی – جلوگیری از یخ‌زدگی سطحی

✓ **نکته مهم:**

خاک دادن باید قبل از سرما انجام شود، نه بعد از آن.

۳- آبیاری قبل از وقوع سرما (Pre-Frost Irrigation)

این روش در دنیا بسیار رایج است و اثر فوق‌العاده‌ای دارد.





✓ چرا آبیاری از سرما جلوگیری می‌کند؟

- آب ظرفیت گرمایی بالایی دارد - خاک مرطوب گرما را بهتر نگه می‌دارد - تبخیر سطحی در شب باعث آزاد شدن گرما می‌شود.

✓ بهترین زمان آبیاری:

- ۱۲ تا ۲۴ ساعت قبل از وقوع سرما - آبیاری سبک و یکنواخت

✓ نتیجه:

- افزایش دمای خاک ۲ تا ۴ درجه - جلوگیری از یخ‌زدگی ریشه و غده

۴- استفاده از مالچ (Mulching)

مالچ‌ها یکی از بهترین عایق‌های حرارتی هستند.





✓ **انواع مالچ:**

- مالچ پلاستیکی سیاه - مالچ شفاف - مالچ کاه و کلش - مالچ نانوفایبر

✓ **اثرات مالچ:**

- کاهش تبادل حرارتی خاک و هوا - افزایش دمای خاک ۱ تا ۳ درجه - کاهش یخزدگی سطحی - کاهش تبخیر و حفظ رطوبت

✓ **بهترین نوع مالچ برای سرما:**

مالچ پلاستیکی سیاه بیشترین جذب گرما را دارد.

۵- استفاده از پوشش‌های محافظ (Row Covers)

این روش در مزارع بذری و مناطق سردسیر بسیار مؤثر است.





✓ انواع پوشش:

- اسپان‌باند ((Non-woven

- پلی‌اتیلن سبک

- نانوفایبر

- تونل‌های کوچک پلاستیکی

✓ مزایا:

- افزایش دمای اطراف گیاه ۲ تا ۵ درجه - جلوگیری از یخ‌زدگی برگ‌ها - کاهش سرعت باد - حفظ رطوبت

✓ نکته:

پوشش باید قبل از وقوع سرما نصب شود.

۶- مدیریت بقایای گیاهی (Residue Management)

یقایای گیاهی روی خاک مثل یک عایق عمل می‌کنند.





✓ مزایا:

- کاهش نوسانات دمایی

- افزایش دمای خاک

- کاهش یخزدگی سطحی

✓ بهترین بقایا:

- کاه و کلش

- بقایای ذرت

- بقایای گندم

۷- انتخاب رقم مناسب ((Cultivar Selection

ارقام مختلف تحمل متفاوتی به سرما دارند.

✓ ارقام مقاوم‌تر:

- ارقام دیررس

- ارقام با پوست ضخیم‌تر

- ارقام با رشد رویشی قوی

۸-کاشت عمیق‌تر (Deep Planting)

کاشت عمیق‌تر باعث می‌شود:

- غده‌ها در عمق گرم‌تر قرار بگیرند

- ریشه‌ها کمتر در معرض یخ‌زدگی باشند

✓ عمق مناسب:

- ۱۰ تا ۱۵ سانتی‌متر (در مناطق سردسیر)

- ۸ تا ۱۰ سانتی‌متر (در مناطق معتدل)





۹- مدیریت بادشکن‌ها (Windbreaks)

باد سرد یکی از عوامل تشدیدکننده سرماست.

✓ استفاده از بادشکن:

- درختان

- حصارهای توری

- بادشکن‌های مصنوعی

✓ اثر:

- کاهش سرعت باد

- کاهش اتلاف گرما

- افزایش دمای محیط ۱ تا ۲ درجه

۱۰- استفاده از سیستم‌های گرمایشی مزرعه

در مزارع بزرگ کمتر رایج است، اما در مزارع بذری استفاده می‌شود.



✓ روش‌ها:

- بخاری‌های مزرعه‌ای

- مشعل‌های گازی

- سیستم‌های گرمایش با فن

✓ اثر:

- افزایش دمای محیط ۳ تا ۷ درجه





۱۱- مدیریت تراکم بوته (Plant Density Management)

تراکم مناسب باعث:

- افزایش پوشش گیاهی

- کاهش اتلاف گرما از سطح خاک

- افزایش دمای میکروکلیما

✓ تراکم زیاد:

- خطر بیماری را افزایش می‌دهد

- اما در برابر سرما مفید است

۱۲- مدیریت تغذیه‌ای قبل از سرما

تغذیه مناسب باعث افزایش مقاومت گیاه می‌شود.



✓ عناصر کلیدی:

- پتاسیم : باعث تنظیم اسمزی

- کلسیم :باعث پایداری غشا

- فسفر : باعث افزایش رشد ریشه

- سیلیسیم باعث کاهش تنش

- اسیدهای آمینه : باعث کاهش تنش

راهکارهای فیزیولوژیک مقابله با سرمازدگی در سیب‌زمینی

راهکارهای فیزیولوژیک به مجموعه اقداماتی گفته می‌شود که توان درونی گیاه را برای تحمل سرما افزایش می‌دهند. این راهکارها معمولاً شامل مواد غذایی، تنظیم‌کننده‌های رشد، ترکیبات آنتی‌اکسیدانی، اسمولیت‌ها و محرک‌های دفاعی هستند.

این روش‌ها برخلاف راهکارهای زراعی، مستقیماً روی سلول‌ها، غشاها، آنزیم‌ها و ژن‌ها اثر می‌گذارند.

۱- تقویت سیستم آنتی‌اکسیدانی گیاه

سرما باعث تولید ROS (گونه‌های فعال اکسیژن) می‌شود. برای مقابله با این ROS، باید سیستم آنتی‌اکسیدانی گیاه تقویت شود.

✓ عناصر و ترکیبات مؤثر:

- روی (Zn): باعث کاهش نشت الکترولیت و افزایش پایداری غشا می‌شود.

- منگنز (Mn): فعال‌کننده آنزیم‌های مرتبط با فتوسیستم II است و باعث کاهش آسیب فتوسنتزی می‌شود.

- اسید سالیسیلیک : کاهش ROS و تحریک مسیرهای دفاعی می‌شود

-پراکسید هیدروژن (H_2O_2) در دوز کم نقش سیگنال دفاعی دارد و باعث فعال شدن ژن‌های دفاعی می‌شود و نهایتا افزایش تحمل به یخزدگی در گیاه می‌شود.

۲- افزایش پایداری غشاهای سلولی

غشاها اولین بخشی هستند که در سرما آسیب می‌بینند.برای افزایش پایداری غشا:

✓ عناصر کلیدی:

-کلسیم(Ca) : باعث تثبیت فسفولیپیدهای غشا ، کاهش نشت الکترولیت و افزایش مقاومت سلول به یخزدگی می‌شود.

- سیلیسیم(Si): باعث افزایش ضخامت دیواره سلولی ، کاهش نفوذپذیری غشا و کاهش آسیب اکسیداتیو می‌شود.

- بور (B) : باعث تقویت پیوندهای غشایی و افزایش یکپارچگی دیواره سلولی می‌شود.

۳-تنظیم اسمزی و تجمع اسمولیت‌ها

در سرما، سلول‌ها آب از دست می‌دهند، برای جلوگیری از این پدیده، گیاه باید اسمولیت تولید کند که این اسمولیت‌ها شامل پرولین (تثبیت پروتئین‌ها، محافظت از غشا و کاهش نقطه انجماد سلول)، گلیسین بتائین(افزایش مقاومت به یخزدگی و تثبیت ساختار آنزیم‌ها) و قندهای محلول(ساکاروز، رافینوز و سوربیتول) که این قندها نقش ضدیخ طبیعی دارند.

✓ چگونه این اسمولیت‌ها را افزایش دهیم؟

- محلول‌پاشی اسید آمینه‌ها - استفاده از کودهای آلی مانند هیومیک اسید - استفاده از تنظیم‌کننده‌های رشد مثل ABA

۴- تنظیم هورمونی برای افزایش تحمل سرما

هورمون‌ها نقش کلیدی در پاسخ گیاه به سرما دارند.

✓ هورمون‌های مهم:

- اسید آبسزیک (ABA): مهم‌ترین هورمون در مقاومت به سرما است که باعث بسته‌شدن روزنه‌ها و افزایش تولید پروتئین‌های ضدیخ می‌شود.

- اسید سالیسیلیک (SA): افزایش فعالیت آنتی‌اکسیدانی و کاهش آسیب فتوسیستم II می‌شود

- جیبرلین‌ها GA: در برخی شرایط باعث کاهش حساسیت به سرما می‌شوند اما مصرف زیاد آن‌ها مقاومت را کاهش می‌دهد

- اتیلن: - افزایش آن باعث پیری و زردی برگ‌ها می‌شود بنابراین باید از افزایش بیش از حد آن جلوگیری کرد

۵- افزایش فتوسنتز و حفظ سلامت کلروپلاست‌ها

برای محافظت از فتوسنتز:

✓ راهکارها:

- محلول‌پاشی منیزیم :(Mg): افزایش کلروفیل و افزایش کارایی فتوسیستم II می‌شود

- استفاده از کودهای آهن: باعث افزایش سنتز کلروفیل و کاهش کلروز ناشی از سرما می‌شود.

- استفاده از اسیدهای آمینه: باعث افزایش سنتز پروتئین‌های کلروپلاستی می‌شوند.

راهکارهای مدیریتی قبل از وقوع سرما

۱-پایش مداوام پیش بینی‌های هواشناسی

۲- آماده سازی تجهیزات مقابله با سرما

راهکارهای مدیریتی در هنگام وقوع سرما

۱- آبیاری سبک در شب سرما

آبیاری باعث:

- آزاد شدن گرما هنگام یخزدن آب - افزایش دمای خاک - جلوگیری از یخزدگی ریشه و غده

نکته:آبیاری باید سبک و یکنواخت باشد.

۲- استفاده از بخاری‌های مزرعه‌ای

در مزارع بذری یا کوچک:

- بخاری‌های نفتی - بخاری‌های گازی - مشعل‌های حرارتی

این روش می‌تواند دما را ۳ تا ۷ درجه افزایش دهد.

۳-استفاده از بادشکن‌های موقت

باد سرد عامل تشدیدکننده سرماست. - نصب بادشکن‌های پارچه‌ای - استفاده از حصارهای موقت

این روش دمای محیط را ۱ تا ۲ درجه افزایش می‌دهد.

۴- پوشاندن بوته‌ها با پوشش‌های سبک

راهکارهای مدیریتی پس از وقوع سرما (Post-Frost Management)

این مرحله تعیین می‌کند که گیاه چقدر می‌تواند بهبود پیدا کند و عملکرد نهایی چقدر آسیب می‌بیند.

۱- ارزیابی دقیق میزان خسارت

- بررسی برگ‌ها برای نکروز، بررسی ساقه‌ها برای سیاه‌شدگی، بررسی ریشه‌ها برای آب‌سوختگی، بررسی غده‌ها برای قهوه‌ای شدن .این ارزیابی تعیین می‌کند که چه اقداماتی لازم است.

۲- حذف بخش‌های کاملاً نکروزه

بخش‌های کاملاً مرده،منبع بیماری هستندو مانع رشد مجدد می‌شوند حذف آن‌ها باعث تحریک رشد جوانه‌های سالم می‌شود.

۳- جلوگیری از آبیاری سنگین

بعد از سرما؛ ریشه‌ها ضعیف هستند و آبیاری زیاد باعث پوسیدگی می‌شود بنابراین آبیاری باید ملایم و کنترل‌شده باشد.

۴-تغذیه ملایم برای تحریک رشد مجدد

- اسیدهای آمینه

- هیومیک اسید

- کودهای کامل ملایم

- محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی

این مواد باعث تحریک رشد برگ‌ها و ساقه‌های جدید می‌شوند.

۵- استفاده از محرک‌های زیستی

- جلبک دریایی

- فولویک اسید

- بتائین

- پلی‌آمین‌ها

این ترکیبات باعث افزایش مقاومت گیاه و بهبود سریع‌تر می‌شوند.

۶- مدیریت بیماری‌های ثانویه

سرمازدگی باعث افزایش حساسیت گیاه به بیماری‌ها می‌شود.

بیماری‌های رایج پس از سرما:

- فوزاریوم

- باکتری نرم

- پوسیدگی خشک

بنابراین استفاده از قارچ‌کش‌ها و باکتری‌کش‌های مناسب ضروری است.

راهکارهای مدیریتی در انبار (Postharvest Management)

غده‌های سرمازده در انبار بسیار آسیب‌پذیرند.

۱- تنظیم دمای انبار

-دمای ۴ تا ۷ درجه برای مصرف تازه

-دمای ۸ تا ۱۲ درجه برای فرآوری

-دمای کمتر از ۴ درجه باعث شیرین شدن غده‌ها

۲-جلوگیری از نوسانات دمایی

نوسانات باعث: تعریق غده، پوسیدگی و رشد قارچ‌ها می‌شود.

منابع

- امامی، ح. (۱۳۹۲). فیزیولوژی گیاهان زراعی. انتشارات جهاد دانشگاهی.

- حسینی، ف. (۱۴۰۰). اثر سرمازدگی بر غده‌های سیب زمینی در شرایط انبار. پایان‌نامه ارشد، دانشگاه ارومیه.

- حسینی، م. (۱۳۹۵). فیزیولوژی تنش‌های محیطی در گیاهان. انتشارات دانشگاه تهران.

- خدابخشی، م. (۱۳۹۸). تنش‌های غیرزیستی در گیاهان زراعی. انتشارات دانشگاه شیراز.

- زارع، س. و همکاران (۱۳۹۶). بررسی اثر سرما بر ویژگی‌های فیزیولوژیک سیب‌زمینی. مجله علوم باغبانی ایران.

- کریمی، ع. (۱۳۹۰). اصول تولید سیب‌زمینی. انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد.

- کاظمی، ن. و همکاران (۱۳۹۸). بررسی پاسخ‌های آنتی‌اکسیدانی سیب زمینی به سرما. مجله پژوهش‌های فیزیولوژی گیاهی.

- محمدی، ر. (۱۳۹۷). اثر تنش سرمایی بر رشد و عملکرد سیب‌زمینی. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت مدرس.

- Burton, W. G. (1989). The Potato: Physiology and Storage. CAB International.
- Chen, T. H., & Murata, N. (2011). Glycine betaine protects plants against abiotic stress. Plant Physiology.
- Havaux, M. (2014). Cold Stress in Plants. Springer.
- Knowles, N. R. (2005). Postharvest physiology of potato tubers. Horticultural Reviews.
- Kumar, D., & Ezekiel, R. (2006). Low temperature storage and sweetening in potatoes. Journal of Food Science and Technology.
- Li, X., et al. (2020). Role of CBF genes in cold tolerance of potato. Plant Molecular Biology.
- Miura, K., & Furumoto, T. (2013). Cold signaling and cold response in plants. International Journal of Molecular Sciences.
- Salisbury, F. & Ross, C. (1992). Plant Physiology. Wadsworth Publishing.
- Stockinger, E. J., et al. (1997). CBF genes and cold tolerance. PNAS.
- Storey, M. (2007). The Potato Crop: Science, Technology and Applications. Wiley-Blackwell.



مدیریت دانش در راستای نظام نوین ترویج