

هرس زمستانه دیر هنگام تاک؛ راهبردی برای کاهش خسارت سرمای بهاره

طاهره پروانه^۱، مهدی محمدی مقدم^۲ و مصطفی قاسمی^{۳*}

چکیده

سرمای بهاره در سراسر دنیا تهدیدی جدی برای تولید انگور محسوب می‌شوند. جوانه‌های تازه رشد کرده در اوایل فصل بهار به دماهای پایین حساس هستند و از بین رفتن آنها موجب کاهش چشمگیر عملکرد و کیفیت محصول می‌گردد. هرس زمستانه دیر هنگام راهبردی امیدبخش و مبتنی بر فیزیولوژی برای کاهش خسارات ناشی از سرمای بهاره در تاکستان است که با به تأخیر انداختن عمده شکوفایی جوانه‌های پایینی شاخه امکان فرار از دوره‌های بحرانی سرما را فراهم می‌آورد. این روش از اصل تسلط انتهایی در رشد و نمو گیاهان بهره می‌برد به نحوی که تاخیر در هرس و نگهداری شاخه‌های بلند تا اوایل بهار، سبب شکوفایی زودتر جوانه‌های انتهایی شده و در نتیجه شکفتن جوانه‌های قاعده شاخه را تا حدودی به تأخیر می‌اندازد. با این حال، موفقیت در اجرای این روش مستلزم مدیریت دقیق تغذیه، آبیاری و کنترل بیماری‌ها است. اگرچه مطالعه و تطبیق اجرای هرس دیر هنگام با شرایط اقلیمی خاص هر منطقه و ارقام مختلف تاک می‌تواند به توسعه پروتکل‌های دقیق‌تر برای هر منطقه و رقم کمک کند، تلفیق آن با روشهای دیگر شناخته شده محافظت از سرما نیز اثرگذاری این روش را تقویت می‌کند. بررسی مطالعات روی ارقام مختلف انگور نشان داد که هرس دیر هنگام می‌تواند زمان شکوفه‌دهی را ۱۵ تا ۲۰ روز به تأخیر انداخته و در نتیجه خسارت سرمازدگی بهاره را تا حد قابل توجهی کاهش دهد. این نشریه به طور خاص به کاربرد هرس دیر هنگام تاک در جلوگیری از سرمازدگی بهاره و چالش‌های مدیریتی و تاثیرات آن بر عملکرد و کیفیت میوه می‌پردازد.

واژه‌های کلیدی: انگور، سرمازدگی بهاره، غالبیت انتهایی، مدیریت تغذیه، فیزیولوژی هرس، کیفیت میوه

مقدمه

محدودکننده کشت و پرورش انگور در مناطق سردسیر شناخته می‌شود. در سال ۲۰۰۷ یخبندان عید پاک، در سال ۲۰۱۰ یخبندان روز مادر، در سال ۲۰۱۲ یخبندان کشنده و در سال ۲۰۱۴ گرداب قطبی، خسارات سنگینی به تاکستان‌های شرق آمریکا وارد کردند. این رویدادها به طور متوسط سالانه ۲۵۰ میلیون دلار (تقریباً نیمی از کل ارزش بازار) برای کارگزاران بیمه محصولات کشاورزی، هزینه داشته است. در ایران نیز در سال‌های اخیر، تغییرات آب‌وهوایی و افزایش وقوع سرمای دیررس بهاره، خسارت‌های فراوانی به تاکستان‌ها وارد کرده است (محمودزاده و همکاران،

انگور (*Vitis vinifera* L.) از مهمترین محصولات باغبانی دنیا محسوب می‌شود که دارای ارزش اقتصادی و غذایی بالایی است (چایانی و همکاران، ۱۳۹۴). طبق آمارنامه سال ۱۴۰۳ محصولات باغبانی کشور محصول انگور از نظر سطح بارور دومین محصول بعد از پسته و از نظر سهم تولید سومین محصول بعد از سیب و پرتقال با تولید ۱۱/۷۳ درصد از کل محصولات باغبانی کشور قرار می‌گیرد. با این حال عوامل محدود کننده زیادی مانند انواع تنش‌های زیستی و غیرزیستی، تولید و پرورش این محصول را تحت تاثیر قرار می‌دهند. سرمازدگی بهاره یکی از اصلی‌ترین عوامل

^۱ استادیار پژوهش، بخش تحقیقات زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان سمنان (شاهرود)، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، شاهرود، ایران.

^۲ استادیار پژوهش، بخش تحقیقات زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان سمنان (شاهرود)، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، شاهرود، ایران.

^{۳*} استادیار پژوهش، بخش تحقیقات زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان قزوین، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، قزوین، ایران.

این حساسیت با پیشرفت به سمت مراحل بعدی رشد به طور تصاعدی به شرح زیر افزایش می‌یابد:

۱. **مرحله خواب زمستانه:** در این مرحله که پس از ریزش برگ آغاز می‌شود، جوانه‌ها به دلیل محتوای آب کم، غلظت بالای قندها و ترکیبات محافظتی (مانند پروتئین‌های ضد یخ)، بیشترین مقاومت را دارند. دمای بحرانی (LT_{50} دمایی که ۵۰٪ جوانه‌ها از بین می‌روند) برای بیشتر ارقام بین ۲۰ - تا ۳۰ - درجه سانتی‌گراد است. خسارت در این دماها عموماً به سبب از دست دادن شدید آب بافت و آسیب به غشای سلولی است (کریمی و همکاران، ۱۳۹۴).

۲. **مرحله تورم جوانه:** با افزایش دما در اواخر زمستان و آغاز جریان شیره نباتی، جوانه‌ها متورم شده و محتوای آب آن‌ها افزایش می‌یابد. مقاومت سرمایی به سرعت کاهش می‌یابد و دمای بحرانی به حدود ۷- تا ۵- درجه سانتی‌گراد می‌رسد. قرارگیری در این دماها سبب انجماد آب در فضای بین سلولی و ایجاد تنش اسمزی می‌گردد (Lee et al., 2023).

۳. **مرحله شکفتن جوانه:** در این مرحله که فلس‌های جوانه از هم جدا شده و نوک برگ‌های اولیه نمایان می‌شوند، بافت‌های مرستمی بسیار حساس و پرآب هستند. دمای بحرانی بین ۴- تا ۲- درجه سانتی‌گراد است. آسیب معمولاً به صورت نکروز و سیاه‌شدن بافت‌های نوک جوانه و جوانه‌های گل اولیه ظاهر می‌شود (کریمی و همکاران، ۱۳۹۴).

۴. **مرحله ظهور برگ‌های کوچک و تشکیل خوشه:** این مرحله که اوج آسیب‌پذیری است، شامل مراحل فنولوژیک "دو برگ کوچک"، "چهار برگ کوچک" و "ظاهر شدن خوشه گل" می‌باشد. در

۱۳۸۷). با این حال، افزایش میانگین دمای جهانی نیز منجر به نوسانات دمایی بیشتر و افزایش فراوانی رویدادهای حدی از جمله سرمای دیررس بهاره شده است. روند گرمایش در واقع مفید بوده و باعث طولانی‌تر شدن و گرم‌تر شدن فصل رشد شده است، اما خطر سرمازدگی را کاهش نداده است و حتی شکفتن جوانه‌ها به طور متوسط در چندین گونه و مکان زودتر نیز اتفاق افتاده است (Schultze et al., 2016). هر یک درجه سانتی‌گراد افزایش دما، زمان شکوفایی جوانه‌ها را تقریباً هفت تا ده روز جلو انداخته و احتمال آسیب سرمازدگی را به شدت افزایش داده است (Webb et al. 2012).

شدت و میزان خسارت ناشی از سرمازدگی دیررس به عوامل مختلفی از جمله ارتفاع، مقدار و جهت شیب، فاصله تاک از زمین، وجود بادشکن یا موانع فیزیکی، نزدیکی و اندازه آبراه‌ها و نوع مدیریت کف باغ بستگی دارد. این واقعیت که رویداد سرمازدگی ممکن است زمانی رخ دهد که تاک در مرحله فنولوژی پیشرفته‌تری باشد، خطر آسیب را افزایش می‌دهد. جوانه‌های بارور انگور، به ویژه جوانه‌های نخست، به دلیل شکوفایی زودتر در بهار، بسیار به سرمای دیررس بهاره حساس هستند و در صورت مواجهه با دماهای پایین، خسارت قابل توجهی به محصول وارد می‌آید (چایانی و همکاران، ۱۳۹۴). به طور معمول، در مناطق گرم با میانگین دمای فصل رشد (فروردین تا شهریور) از ۱۷ تا ۲۴ درجه سانتی‌گراد، هرگونه رویداد سرمازدگی که در اردیبهشت ماه رخ دهد، رشد رویشی را در پنج تا شش برگ توسعه یافته درمی‌یابد، مرحله‌ای فنولوژیکی که در آن تاک بسیار مستعد آسیب سرمازدگی است. حساسیت جوانه‌های انگور به سرمای بهاره به شدت به مرحله رشد و نمو (مرحله فنولوژیک) وابسته است.

- کاهش تدریجی محتوای آب آزاد: در مرحله خواب، آب به صورت آب پیوسته و در ارتباط با مولکول‌های پروتئین و کربوهیدرات وجود دارد که نقطه انجماد را پایین می‌آورد. با بیدار شدن جوانه، این آب به فرم آزاد و مستعد انجماد تبدیل می‌شود (کریمی و همکاران، ۱۳۹۴).

تغییر در ترکیبات اسمولیت: غلظت فندهایی مانند فروکتوز، گلوکز و ساکارز و همچنین اسیدهای آمینه مانند پرولین در طول خواب افزایش می‌یابد و به عنوان ضدیخ طبیعی عمل می‌کنند. با شروع رشد، این ترکیبات متابولیزه شده و غلظت آنها کاهش می‌یابد و مقاومت سرمایی کم می‌شود (Lee et al., 2023).

- تنظیم هورمونی: افزایش نسبت جیبرلین به آبسازیک اسید (GA/ABA) که محرک شکست خواب و رشد است، همزمان با کاهش بیان ژن‌های پروتئین‌های مقاوم به سرما همراه است (کریمی و همکاران، ۱۳۹۴).

۲. مکانیسم تشکیل یخ و گسترش آسیب:

- هسته‌سازی یخ^۱ معمولاً در فضای بین سلولی (آپوپلاست) شروع می‌شود. باکتری‌های هسته‌ساز یخ مانند *Pseudomonas syringae* روی سطح جوانه می‌توانند این فرآیند را در دمای بالاتری (مثلاً ۲- درجه) آغاز کنند (Striegler, 1988).

- پدیده مهاجرت یخ^۲: کریستال‌های یخ از طریق آپوپلاست و سیستم آوندی به سرعت در کل جوانه گسترش می‌یابند (Striegler, 1988).

- خروج آب از سلول^۳ با تشکیل یخ در آپوپلاست، پتانسیل آب خارج سلول کاهش یافته و آب بر اساس گرادیان پتانسیل آب از درون سلول

این مرحله، جوانه‌های گل به طور کامل تکامل یافته و مستقیماً در معرض محیط قرار دارند. دمای بحرانی در این مرحله بسیار بالا و بین ۱- تا ۰/۵- درجه سانتی‌گراد است. حتی یخ‌زدگی مختصر در این دماها می‌تواند سبب انجماد سریع آب در بافت‌های نرم، پارگی دیواره سلولی و مرگ سلول‌های تشکیل‌دهنده گل‌ها شود که به معنای نابودی کامل پتانسیل محصول سال است (Lee et al., 2023).

۵. مرحله گل‌دهی و تشکیل میوه اولیه: اگرچه حساسیت پس از تکمیل گل‌دهی اندکی کاهش می‌یابد، اما دمای زیر صفر درجه در این مرحله نیز می‌تواند به بساک‌ها، مادگی و میوه‌های تازه تشکیل شده آسیب جدی وارد کند و منجر به بدشکلی خوشه و کاهش شدید تشکیل میوه شود (Lee et al., 2023).

مکانیسم خسارت عمدتاً فیزیکی-اسمزی است: تشکیل کریستال‌های یخ در فضای بین سلولی (آپوپلاست) باعث خروج آب از درون سلول و غلظت بالا و سمیت‌آور الکترولیت‌ها در سیتوپلاسم می‌شود. اگر انجماد سریع باشد، کریستال‌های یخ می‌توانند مستقیماً دیواره سلولی را پاره کنند (کریمی و همکاران، ۱۳۹۴). بنابراین، مدت زمان قرارگیری در دمای زیر صفر به اندازه خود دمای حداقل در میزان خسارت تعیین‌کننده است. از منظر فیزیولوژی گیاهی، مکانیسم‌های پیچیده‌تری در آسیب سرم‌زدگی به جوانه‌های در حال بیدار شدن انگور وجود دارد:

۱. تغییرات بیوشیمیایی و محتوای سلولی در طول بیدار شدن جوانه:

³ Dehydration Stress

¹ Ice Nucleation

² Ice Propagation

- آوندهای اولیه^۳ نیز ممکن است با تشکیل حباب‌های هوا (حباب‌زایی) پس از ذوب یخ آسیب ببینند و انتقال آب مختل شود (Lee et al., 2023).

(سیتوپلاسم) به بیرون کشیده می‌شود. این امر باعث فشار اسمزی، غلیظ شدن سیتوپلاسم و اختلال در عملکرد آنزیم‌ها، فشردگی مکانیکی و فروپاشی دیواره سلولی^۱ می‌شود.

۳. آسیب در سطح سلولی و زیرسلولی:

تفاوت زمان جوانه‌زنی و مقاومت به سرما در ارقام:

تفاوت‌های ژنتیکی و تنوع بین ارقام انگور نقش مهمی در زمان جوانه‌زنی و مقاومت آن‌ها به سرما دارد. مطالعات نشان داده‌اند که ارقام مختلف انگور واکنش‌های فنولوژیکی متفاوتی از خود نشان می‌دهند و در ارقام مقاوم (برخی کلون‌ها و گونه‌های انگور، مانند گونه ریباریا (*Vitis riparia*) در مقایسه با ارقام گونه وینفرا، جوانه‌ها می‌توانند دماهای پایین‌تری را تحمل کنند و قدرت بازیابی بیشتری نسبت به آسیب‌های ناشی از تنش سرما دارند که می‌توان از این ویژگی برای سازگاری با تغییرات اقلیمی بهره برد.

- تغییر در سیالیت غشا^۲: دمای پایین باعث تبدیل فاز غشا از حالت کریستال مایع به جامد می‌شود. این امر به پروتئین‌های غشایی آسیب زده و نفوذپذیری غشا را به طور برگشت‌ناپذیری افزایش می‌دهد (نشت یون‌ها).

- تولید گونه‌های فعال اکسیژن (ROS): استرس سرمایی منجر به تولید رادیکال‌های آزاد مخرب مانند سوپراکسید و پراکسید هیدروژن در کلروپلاست و میتوکندری می‌شود که باعث پراکسیداسیون لیپیدها و تخریب بیشتر غشاها می‌گردد (کریمی و همکاران، ۱۳۹۴).

۴. واکنش بافت‌های مختلف جوانه:

- ارقام دیرگل (مانند برخی ارقام بومی اروپایی) اغلب دوره خواب عمیق‌تر و افزایش تدریجی‌تر محتوای آب دارند.

- مریستم‌های اولیه در نوک جوانه که مسئول تولید برگ و گل هستند، حساس‌ترین بافت‌ها می‌باشند زیرا سلول‌هایشان کوچک، با دیواره نازک و متابولیسم بالا است.

- تفاوت در ساختار مورفولوژیکی فلس‌های جوانه (ضخامت و تراکم کرک) می‌تواند سرعت انتقال حرارت و شروع هسته‌سازی یخ را تحت تأثیر قرار دهد.

- بافت‌های ذخیره‌ای و سلول‌های پارانشیمی قدیمی‌تر ممکن است زنده بمانند، اما مرگ مریستم به معنای توقف رشد آن شاخه است.

مقایسه مقاومت به سرمای بهاره در برخی ارقام مو

شواهد و داده‌های علمی	استراتژی اصلی مقاومت بهاره	رقم
پس از دریافت سرمای بهاره ۲- تا ۳- درجه (به مدت ۲ ساعت)، جوانه‌زنی کرد و تولید میوه داشت.	تحمل بافت سبز	L'Acadie (هیبرید)

³ Protoxylem

¹ Plasmolysis

² Membrane Fluidity

شواهد و داده‌های علمی	استراتژی اصلی مقاومت بهاره	رقم
علیرغم پیشرفت فنولوژیکی، فعالیت فتوسینتیم II را در مراحل پیشرفته حفظ می‌کند، که نشان از یک مکانیسم تحمل به سرما در بافت سبز دارد.	تحمل فیزیولوژیک نسبی	Chardonnay
مشابه شاردونه، پایداری فتوسینتیم II در مراحل ابتدایی رشد برگ مشاهده شده است.	تحمل فیزیولوژیک نسبی	Gewürztraminer
به دلیل دیرتر بیدار شدن در بهار، در یک رویداد سرمازدگی دیررس بهاره، به طور معنی‌داری خسارت کمتری دید. این رقم به عنوان "دیرگل" در مقابل ارقام زودگل برتری دارد.	استراتژی فرار	Vignoles (هبرید فرانسوی - آمریکایی)
محلول‌پاشی با سولفات کلسیم و روی در رقم سلطانی (Sultana) در مراحل تورم تا ظهور برگ، با افزایش قندها و هورمون آبسازیک اسید (ABA) و کاهش جیبرلین، مقاومت به سرما را افزایش داد.	افزایش مقاومت یافتی	سلطانی
خروج زودهنگام خاک از روی بوته‌ها (قبل از نیمه فروردین) در رقم بیدانه سفید، باعث باز شدن زودهنگام جوانه‌ها و افزایش آسیب سرمازدگی بهاره شد. پس از وقوع سرما، هرس کوتاه (۴ جوانه) در اواخر فروردین با حفظ باروری، عملکرد بهتری داشت.	فرار از سرما	بیدانه سفید

استفاده از روغن سویا با ایجاد پوششی روی جوانه‌ها، تبادلات گازی را محدود کرده و با افزایش غلظت دی‌اکسید کربن درون جوانه، فرآیند تنفس را کند و دوره رکود را طولانی‌تر می‌کند. پژوهش‌ها نشان داده که محلول‌پاشی روغن سویا در غلظت‌های ۵ و ۱۰ درصد می‌تواند شکوفایی جوانه‌ها را به ترتیب ۷ و ۱۲ روز به تأخیر اندازد (چایانی و همکاران، ۱۳۹۴).

- استفاده از تنظیم‌کننده‌های رشد مانند پاکلوبوترازول و نفتالین استیک اسید (NAA):
کاربرد پاکلوبوترازول با غلظت ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر همراه با هرس دیرهنگام می‌تواند تا ۱۳ روز جوانه‌زنی را به تأخیر اندازد (محمودزاده و همکاران، ۱۳۸۷). همچنین استفاده از NAA با غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر همراه با روغن سویا ۱۰ درصد توانسته است تا ۱۲ روز شکوفایی جوانه‌ها را به تأخیر اندازد

- تفاوت در پروتئین‌های ضد یخ^۱ یا (AFP) که با جلوگیری از رشد کریستال‌های یخ عمل می‌کنند. بنابراین آسیب سرمازدگی بهاره صرفاً یک "یخ زدگی" ساده نیست، بلکه یک شکست تدریجی در سیستم دفاعی فیزیولوژیک و بیوشیمیایی گیاه است که با خروج از خواب آغاز می‌شود. این امر توضیح می‌دهد که چرا تنها ۱-۲ درجه سانتی‌گراد اختلاف دما در مرحله ظهور برگ می‌تواند تفاوت بین خسارت جزئی و فاجعه بار را ایجاد کند، از این رو یافتن راهکارهای عملی و کم‌هزینه برای به تأخیر انداختن بیدار شدن جوانه‌ها و کاهش خسارت ناشی از سرما، همواره مورد توجه پژوهشگران و باغداران بوده است.

روش‌های متداول به تأخیر انداختن بیدار شدن جوانه‌ها

- کاربرد ترکیبات شیمیایی و روغنی:

¹ Antifreeze Proteins

(چایانی و همکاران، ۱۳۹۴). از دیدگاه فیزیولوژیکی، این روش‌ها از طریق تغییر در متابولیسم درونی جوانه‌ها عمل می‌کنند. پژوهش‌ها نشان داده که استفاده از روغن سویا در غلظت ۵ درصد موجب افزایش محتوای پرولین و کاهش مالون‌دی‌آلدئید شده که بیانگر نقش این ترکیبات در حفاظت از غشاهای سلولی در برابر تنش سرمایی است. همچنین گزارش شده است که افزایش کربوهیدرات‌های محلول در جوانه‌های تیمار شده با روغن سویا می‌تواند در افزایش تحمل به سرما مؤثر باشد (رسولی و همکاران، ۱۳۹۶).

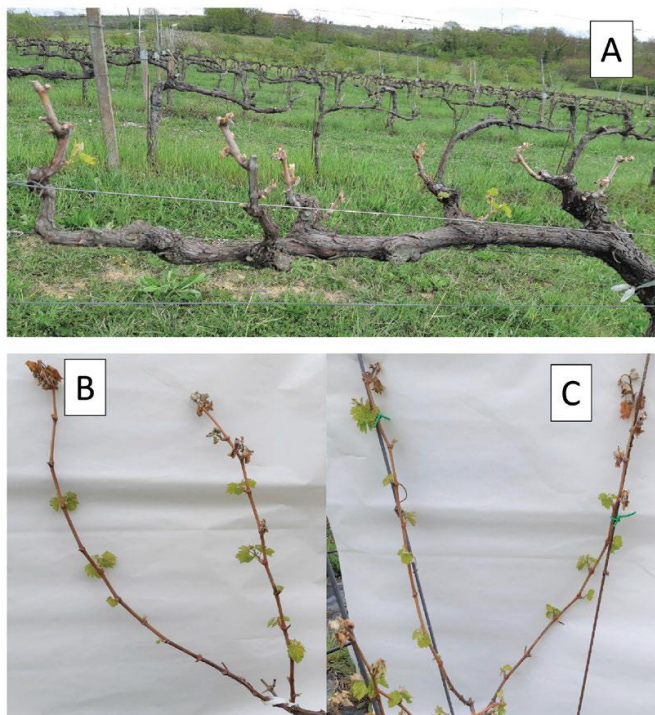
- هرس دیرهنگام:

هرس خشک یا هرس زمستانه به عنوان یکی از عملیات اصلی مدیریت باغ‌های انگور، نقش تعیین‌کننده‌ای در تعیین زمان شکوفه‌دهی درختان انگور دارد. در این میان، هرس زمستانه دیرهنگام یا دو مرحله‌ای به عنوان یک راهکار مدیریتی کم‌هزینه، سازگار با محیط زیست و مؤثر، توجه متخصصان علوم باغبانی و محققان فیزیولوژی درختان میوه را به خود جلب کرده است. این تکنیک مبتنی بر اصول فیزیولوژیک درخت و به ویژه پدیده تسلط انتهایی طراحی شده است. مطالعات متعدد نشان می‌دهد که هرس دیرهنگام می‌تواند با به تعویق انداختن عمده زمان شکوفه‌دهی، پنجره زمانی بحرانی را جابجا کرده و امکان فرار از دوره‌های یخبندان بهاره را فراهم آورد. پژوهش‌های انجام شده در مناطق مختلف انگورکاری جهان از جمله اروپا، آمریکا و استرالیا، اثربخشی این روش را در کاهش خسارات ناشی از سرمای بهاره تأیید کرده‌اند (Pallioti et al., 2017). تاریخچه

استفاده از هرس دیرهنگام به دهه ۱۹۷۰ میلادی بازمی‌گردد، اما در سال‌های اخیر با توجه به تغییرات اقلیمی، اهمیت این روش بیشتر مورد توجه قرار گرفته است. مطالعه جامع انجام شده توسط پونی و همکاران (Poni et al., 2022) بر روی ارقام مختلف انگور نشان داد که هرس دیرهنگام می‌تواند زمان شکوفه‌دهی را ۱۵ تا ۲۰ روز به تأخیر اندازد. در ایران مطالعات انجام شده توسط محمودزاده و همکاران (۱۳۸۷) در منطقه قزوین نشان داد که هرس دیرهنگام به همراه کاربرد پاکلوبوترازول می‌تواند زمان شکوفه‌دهی رقم بیدانه سفید را حدوداً ۱۳ روز به تأخیر اندازد.

مکانیسم تسلط انتهایی نقش کلیدی در اثرگذاری هرس دیرهنگام دارد. جوانه‌های انتهایی با تولید هورمون اکسین از رشد جوانه‌های جانبی جلوگیری می‌کنند هنگامی که هرس به تأخیر می‌افتد، جوانه‌های انتهایی شروع به تولید مقادیر زیادی اکسین می‌کنند که این هورمون از نوک به سمت قاعده شاخه حرکت کرده و از رشد جوانه‌های پایینی جلوگیری می‌کند. همزمان، غلظت سیتوکینین در جوانه‌های پایینی کاهش یافته و این موضوع موجب تأخیر در شکوفایی آن‌ها می‌شود. همچنین جوانه‌های انتهایی فعال به عنوان سینک قوی برای جذب کربوهیدرات‌ها، مواد معدنی و آب عمل می‌کنند. این امر موجب می‌شود جوانه‌های پایینی از دسترسی به منابع کافی محروم شده و رشد آن‌ها به تأخیر افتد (Keller, 2020). مطالعه مولیتور^۱ و همکاران (۲۰۱۴) نیز تأیید کرد که این روش می‌تواند با ایجاد تأخیر در شکوفایی جوانه‌های پایینی، دوره بحرانی سرمازدگی را پشت سر بگذارد.

¹ Molitor



تصویر ۱: (A) یک کوردون (رقم سانجیووزه) که تقریباً ۱۰۰ درصد جوانه‌ها در اثر سرمازدگی دیررس بهاره در سال ۲۰۲۱ از بین رفته‌اند (B) و (C) دو نمای متفاوت از رشد شاخه دو هفته پس از وقوع سرمازدگی. قابل توجه است که شاخه‌های انتهایی که قبلاً رشد کرده بودند، از بین رفته‌اند، در حالی که جوانه‌های واقع در پایین‌تر بافت سبز سالم نشان می‌دهند یا هنوز در حالت رکود هستند.

و از دست رفتن مقداری از شیره گیاهی و حتی تاخیر در شروع رشد رویشی درخت را به همراه داشته باشد. این تأخیر در رشد رویشی، ممکن است باعث به تعویق افتادن کل چرخه فنولوژیکی گیاه، از جمله فرآیند رسیدن میوه شود. در نتیجه، در مناطقی با فصل رشد کوتاه، ممکن است میوه‌ها به بلوغ کامل نرسند. تأخیر در جوانه‌زنی می‌تواند بر کیفیت و کمیت محصول نیز تأثیر بگذارد. مطالعات نشان داده‌اند که این امر ممکن است منجر به کاهش تجمع قند، افزایش اسیدیته قابل تیتر و کاهش pH میوه در زمان برداشت شود. همچنین، تأخیر بیش از حد در هرس، که یکی از روش‌های به تعویق انداختن جوانه‌زنی است، می‌تواند باعث کاهش عملکرد محصول شود. برای مثال، در رقم 'شاردونی'، تأخیر در هرس بیش از یک هفته می‌تواند تا ۵۸ درصد کاهش عملکرد را به دنبال داشته

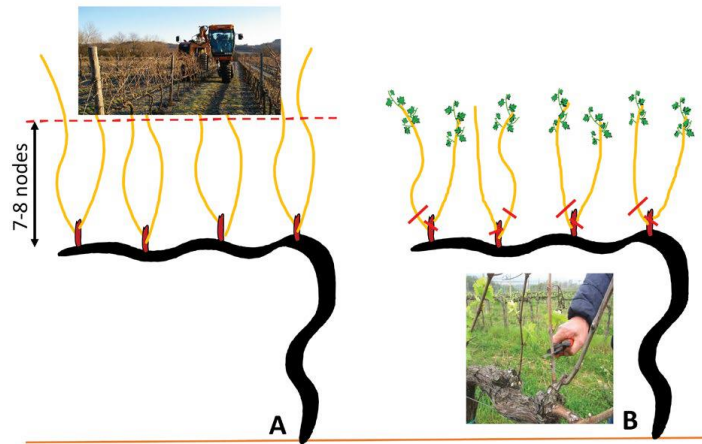
این روش معمولاً یک فرآیند دو مرحله‌ای است:

۱. پیش‌هرس (فصل خواب): تقریباً درخت را شکل داده و بخش عمده چوب فصل گذشته را حذف کنید، اما شاخه‌ها را بلند نگه دارید و تعداد جوانه‌های بیشتری (تا دوبرابر) نسبت به تعداد نهایی مورد نظر نگه دارید.
۲. هرس نهایی (پس از شکوفایی جوانه): پس از آن که جوانه‌های انتهایی روی شاخه‌های نگه‌داشته شده به وضوح شروع به تورم و رشد کرداند، برش‌های نهایی دقیق را تا تعداد جوانه هدف اجرا کنید. این زمان‌بندی برای دستیابی به تأخیر مورد نظر بسیار مهم است.

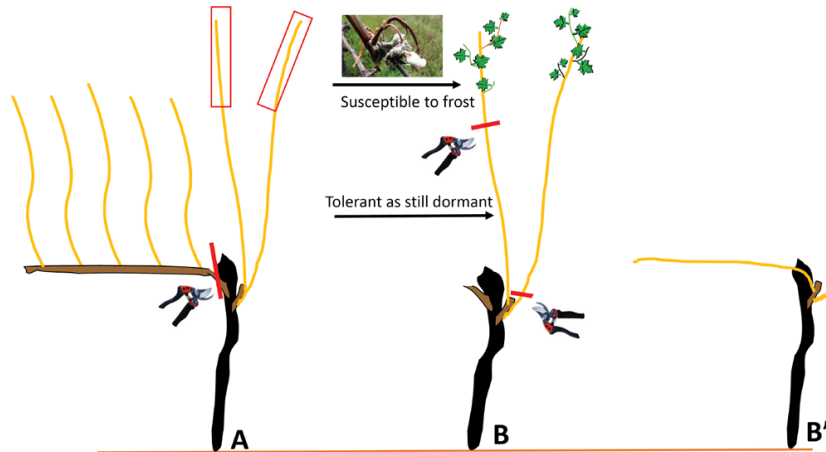
اگرچه تأخیر در جوانه‌زنی یک راهکار مؤثر برای محافظت از تاک‌ها در برابر سرمای بهاره است، اما می‌تواند پیامدهای منفی نیز مانند جاری شدن اشک مو

نشان داده‌اند که تیمارهای تأخیردهنده جوانه‌زنی، تأثیر منفی معناداری بر عملکرد، وزن حبه، میزان مواد جامد محلول (TSS) و اسیدیته کل (TA) نداشته‌اند، اما درصد جوانه‌های آسیب‌دیده از سرما را به طور قابل توجهی کاهش داده‌اند (Qrunfleh, 2013).

باشد (Brighenti *et al.*, 2017). این کاهش عملکرد ممکن است به دلیل مصرف بیش از حد ذخایر کربوهیدرات برای رشد اولیه شاخه‌هایی باشد که بعداً هرس شده و حذف می‌شوند، که این امر منجر به کمبود منابع در مرحله گلدهی می‌شود. برخی تحقیقات



تصویر ۲: دو مرحله هرس توصیه‌شده برای هرس دیرهنگام زمستانه در سیستم کوردون. (A) پیش‌هرس مکانیزه در هر زمانی طی دوره خواب انجام می‌شود تا شاخه‌هایی با تعداد گره‌های بیشتر از تعداد هدف باقی بمانند. (B) در مرحله بهینه‌ی رشد دو تا سه برگ بازشده در بخش انتهایی شاخه‌های پیش‌هرس شده، کوتاه‌سازی دستی تا طول مطلوب شاخه اجرا می‌شود.



تصویر ۳: مراحل هرس توصیه‌شده برای هرس دیرهنگام زمستانه در یک سیستم هرس بلند. (A) : دور اول هرس دستی که طی دوره خواب انجام می‌شود تا شاخه بارده سال قبل حذف گردد و حداقل دو شاخه بلند انتخاب شوند، به طوری که در موقعیتی تقریباً عمودی نگه داشته شوند. (B و B') : در فصل رشد در بخش انتهایی شاخه‌های نگه‌داشته‌شده، زمانی که دو تا سه برگ بازشده کوتاه‌سازی دستی تا طول شاخه مطلوب، همراه با تعیین موقعیت و گره‌زنی بر روی سیم نگهدارنده افقی اجرا می‌شود. کادرهای قرمز، شاخه‌های انتخابی با طول اضافی را نشان می‌دهند، که باید حفظ شوند.

جبران منابع هدر رفته و کاهش قدرت رشد ناشی از

هرس دیرهنگام

منابع ذخیره‌ای درخت صرف رشد انتهایی شده، ذخایر کربوهیدرات و مواد مغذی را تخلیه می‌کند و به طور بالقوه منجر به رشد شاخه‌های ضعیف‌تر از جوانه‌های پایینی می‌شود. مدیریت تغذیه مناسب برای جبران کاهش ذخایر کربوهیدراتی ضروری است. کلر (۲۰۲۰) گزارش داد که هرس دیرهنگام می‌تواند نسبت کربن به نیتروژن را تغییر دهد. پونی و همکاران (۲۰۱۸) توصیه می‌کنند که مصرف نیتروژن به صورت تقسیم‌شده و با تأکید بر مرحله پس از هرس نهایی باشد. پژوهش کلر (۲۰۲۰) نشان داد که مصرف متعادل پتاسیم و بور می‌تواند به بهبود کیفیت محصول و افزایش ذخایر کربوهیدراتی کمک کند. برنامه تغذیه نیتروژنی در سیستم هرس دیرهنگام باید به دقت طراحی شود. تحقیقات نشان داده است که مصرف نیتروژن به صورت محلول‌پاشی برگ‌ها در مراحل میوه‌دهی می‌تواند محتوای نیتروژن آب انگور را تا ۳۰ درصد و اسیدهای آمینه را تا ۱۰۰ درصد افزایش دهد (Schreiber et al., 2002). همچنین، مصرف عناصر ریز مغذی به ویژه بور، روی و آهن در این سیستم از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. پتاسیم نقش مهمی در تنظیم فشار اسمزی و بهبود مقاومت به سرما دارد. توصیه می‌شود که مصرف پتاسیم در دو مرحله قبل از شکوفه‌دهی و طی دوره رسیدن میوه انجام شود. تنک دقیق شاخه‌ها و مدیریت تراکم تاج برای جلوگیری از سایه‌اندازی بیش از حد ضروری است. توصیه می‌شود که تراکم شاخه‌ها در حد ۱۵-۲۰ شاخه در متر مربع حفظ شود. همچنین، انجام عملیات تنک شاخه به موقع و حذف شاخه‌های ضعیف و بیمار ضروری است. از جنبه فیزیولوژیک، هرس دیرهنگام می‌تواند بر تعادل آبی درخت نیز تأثیر بگذارد. آبیاری

سبک بلافاصله پس از هرس نهایی می‌تواند به استقرار بهتر شاخه‌های جدید کمک کند. درختان تحت هرس دیرهنگام در مراحل اولیه رشد به آبیاری سبک اما متناوب نیاز دارند. با پیشرفت فصل رشد، نیاز آبی افزایش یافته و برنامه آبیاری باید بر اساس نیاز واقعی درخت تنظیم شود.

نتیجه‌گیری و توصیه ترویجی

۱. هرس زمستانه را در دو مرحله اجرا کنید. در مرحله نخست یا پیش‌هرس (هرس خشک)، تنها شاخه‌های اضافی، شکسته و بیمار را حذف کنید، اما سرشاخه‌های بلند و جوانه‌های انتهایی شاخه‌های بارده را موقتاً روی بوته نگه دارید. نگه‌داشتن سرشاخه‌ها باعث می‌شود شیره گیاه به سمت بالای شاخه هدایت شود و جوانه‌های پایینی که قرار است میوه بدهند، مدت بیشتری در خواب بمانند.
۲. زمان اجرای پیش‌هرس را بر اساس اقلیم منطقه تنظیم کنید. در مناطق بسیار سرد، پیش‌هرس را تا اواخر زمستان (اواسط اسفند) به تأخیر بیندازید. در مناطق معتدل، پیش‌هرس را در اوایل بهمن انجام دهید.
۳. زمانی که خطر سرمای شدید برطرف شد و جوانه‌های انتهایی متورم شدند، مرحله دوم هرس را انجام دهید و سرشاخه‌های باقی‌مانده را قطع کنید. این تأخیر، زمان شکوفه‌دهی جوانه‌های برده را به طور محسوس به تأخیر می‌اندازد.
۴. حداقل ۴۸ ساعت قبل از سرمای پیش‌بینی شده، هرس نهایی را انجام ندهید. زیرا زخم‌های تازه حساسیت جوانه‌ها به سرما را افزایش می‌دهند.
۵. هرس نهایی را بر اساس پیش‌بینی هواشناسی و مرحله رشدی رقم انگور خود تعیین کنید. به یاد

سرمای بهاره در انگور رقم "فخری". به زراعی کشاورزی. ۱۷(۲)۳۵۷-۳۷۱.

۲. رسولی، م.، روستایی، پ.، و بابایی، ا. ۱۳۹۶. ارزیابی اثر روغن سویا بر برخی شاخص های فیزیولوژیکی مرتبط با تحمل به سرما در انگور رقم "بیدانه سفید". پژوهش های میوه کاری، ۲(۲)، ۸۲-۹۵.

۳. کریمی، ر.، ارشادی، ا. و کرمی، ف. ۱۳۹۴. غربالگری تحمل به سرمای ۲۲ رقم تاک در استان کردستان. به نژادی گیاهان زراعی و باغی. ۳(۲) ۱۷۷-۱۸۹.

۴. محمودزاده، ح.، رسولی، و. ا. و دولتی بانه، ح. ۱۳۸۷. اثر زمان هرس و مصرف پاکلوبوترازول بر تأخیر رشد جوانه های انگور رقم سفید بیدانه به منظور کاهش خسارت سرمازدگی بهاره. پژوهش و سازندگی. ۲۱(۳)، ۱۳۸-۱۴۳.

5. Brighenti, A. F., Allebrandt, R., Cipriani, R., Malinovski, L. I., de Bem, B. P., Feldberg, N. P., & Silva, A. L. 2017. Using delayed winter pruning to prevent spring frost damage in 'Chardonnay' cultivar. *Acta Horticulturae*, (1157), 389-392.
6. Keller, M. 2020. *The Science of Grapevines* (3rd ed.). London: Academic Press, Elsevier. pp:554.
7. Lee, D.Y., Park, Y.S., & Yun, S.K. 2023. Spring Shoot Damage and Cold Hardiness of Grape in Different Varieties and Phenological Stages. *Korean Journal of Agricultural and Forest Meteorology*, 25(3), 172-181.
8. Molitor D, Caffarra A, Sinigoj P, Pertot I, Hoffmann L and Junk J. 2014. Late frost damage risk for viticulture under future climate conditions: A case study for the Luxembourgish winegrowing region. *Aust J Grape Wine Res* 20:160-168.
9. Palliotti A, Frioni T, Tombesi S, Sabbatini P, Cruz-Castillo JG, Lanari V, Silvestroni O, Gatti M and Poni S. 2017. Double-pruning grapevines as a management tool to delay berry ripening and control yield. *Am. J Enol Vitic* 68:412-421.
10. Poni, S., Gatti, M., Palliotti, A., Dai, Z., Duchêne, E., Truong, T.-T., Ferrara, G., Matarrese, A. M. S., Gallotta, A., Bellincontro, A., Mencarelli, F., & Tombesi, S. 2018. Grapevine quality: A multiple choice issue. *Scientia Horticulturae*, 234, 445-462.

داشته باشید که نگه داشتن سرشاخه ها برای مدت بیش از حد، به کاهش اندازه حبه و تأخیر در رسیدن محصول منجر خواهد شد.

۶. تغذیه باغ را متعادل نگه دارید. از مصرف بیش از حد نیتروژن در ابتدای فصل خودداری کنید و تعادل عناصر غذایی به ویژه پتاسیم و بور را در برنامه کودی خود قرار دهید تا گیاه تحریک به رشد زودهنگام نشود.

۷. آبیاری را مدیریت کنید. در مراحل اولیه رشد، آبیاری را به صورت سبک و متناوب انجام دهید و از آبیاری سنگین که ممکن است بیدار شدن زودهنگام جوانه ها را تسریع کند، پرهیزید.

۸. تراکم تاج را کنترل کنید. پس از هرس نهایی، شاخه های اضافی را تنک کنید تا نور و تهویه کافی درون بوته برقرار شود و خطر بیماری های قارچی کاهش یابد.

۹. این روش را با سایر راهکارها تلفیق کنید. هرس دیرهنگام را به تنهایی کافی نیست؛ آن را همراه با بادشکن ها، استفاده از ترکیبات شیمیایی و روغنی ضد سرما و در صورت دسترسی، سیستم های گرمایشی به کار بگیرید تا اثربخشی آن به حداکثر برسد.

۱۰. زمان دقیق اجرای هر مرحله را متناسب با رقم انگور، شرایط اقلیمی منطقه و تجربه شخصی خود تنظیم نمایید، چرا که پاسخ ارقام مختلف به این روش ممکن است متفاوت باشد.

منابع

۱. چایانی، ش.، ارشادی، ا. و ساری خانی، ح. ۱۳۹۴. اثر روغن سویا و نفتالین استیک اسید در به تأخیر انداختن زمان باز شدن جوانه ها و کاهش خسارت

14. Schultze SR, Sabbatini P and Luo L. 2016. Interannual effects of early season growing degree day accumulation and frost in the cool climate viticulture of Michigan. *Ann Assoc Am Geogr* 106:975-989.
15. Striegler, R. K. 1988. Freeze Damage of Pinot noir (*Vitis vinifera* L.) as Affected by Bud Development, INA Bacteria, and a Bacterial Inhibitor. M.S. Thesis, Oregon State University.
16. Webb LB, Whetton PH, Bhend J, Darbyshire R, Briggs PR and Barlow EWR. 2012. Earlier wine-grape ripening driven by climatic warming and drying and management practices. *Nat Clim Change* 2:259-264.
11. Poni, S., Sabbatini, P., & Palliotti, A. 2022. Facing spring frost damage in grapevine: Recent developments and the role of delayed winter pruning - A review. *American Journal of Enology and Viticulture*, 73(4), 211-226.
12. Qrunfleh, I. M. 2013. Delaying bud break in 'Edelweiss' grapevines to avoid spring frost injury by NAA and vegetable oil applications. *Advances in Horticultural Science*, 27(1/2), 18-24.
13. Schreiber, A. T., Merkt, N., Blaich, R., & Fox, R. 2002. Distribution of foliar applied labelled nitrogen in grapevines (*Vitis vinifera* L., cv. Riesling). *Acta Horticulturae*, (594), 1-8.

Late winter pruning of grapevines: A strategy to reduce spring frost damage

Parvaneh Tahereh¹, Mehdi Mohammadi Moghadam² & Mostafa Ghasemi^{3*}

Abstract

Spring frosts represent a severe threat to grape production worldwide. Newly developed buds in the early spring season are highly sensitive to low temperatures, and their loss leads to a significant reduction in both yield and fruit quality. Late winter pruning is a promising, physiology-based strategy to mitigate spring frost damage in vineyards by intentionally delaying the budburst of basal buds, this method allows the plant to escape critical frost periods. The technique leverages the principle of apical dominance; delaying pruning and maintaining long canes until early spring causes the terminal buds to burst first, thereby postponing the development of the basal buds. However, the successful implementation of this method requires precise management of nutrition, irrigation, and disease control. While studying and adapting late pruning to specific local climates and different grapevine cultivars can help develop more accurate protocols, integrating it with other established frost protection methods further enhances its effectiveness. Studies on various grapevine cultivars indicate that late pruning can delay budburst by 15 to 20 days, thereby significantly mitigating spring frost damage. This publication specifically addresses the application of late pruning in vineyards as a strategy to prevent spring frost injury, while examining the associated management challenges and its impacts on yield and fruit quality.

Keywords: Grapevine, Spring frost, Apical dominance, Nutrient management, Pruning physiology, Fruit quality

¹ Assistant Professor, Horticulture Crops Research Department, Agriculture and Natural Resources Research Center of Semnan Province (Shahrood), AREEO, Shahrood, Iran.

² Assistant Professor, Horticulture Crops Research Department, Agriculture and Natural Resources Research Center of Semnan Province (Shahrood), AREEO, Shahrood, Iran.

^{3*} Assistant Professor, Horticulture Crops Research Department, Agriculture and Natural Resources Research Center of Semnan Province Qazvin, AREEO, Qazvin, Iran.