سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی
موسسه تحقیقات علوم باغبانی

PRC
پژوهشکده پسته

تغییرات آب و هوایی، گرمایش جهانی و تأمین نیاز سرمایی درختان پسته: چالش‌ها و راهکارها

نگارندگان:

حجت‌هاشمی نسب، امان‌اله جوانشاه، بهمن پناهی، علی اسماعیل‌پور و مصطفی قاسمی

شماره نشریه ۱۰۲

۱۳۹۸

وزارت جهاد کشاورزی

سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی

مؤسسه تحقیقات علوم باغبانی

پژوهشکده پسته

تغییرات آب و هوایی، گرمایش جهانی و تأمین نیاز سرمایی درختان پسته: چالش‌ها و راهکارها

نگارندگان:

حجت‌هاشمی نسب، امان‌اله جوانشاه، بهمن پناهی، علی اسماعیل‌پور و مصطفی قاسمی

۱۳۹۸

تغییرات آب و هوایی، گرمایش جهانی و تأمین نیاز سرمایی درختان پسته: چالش‌ها و راهکارها

نگارندگان: حجت‌هاشمی نسب، امان‌اله جوانشاه، بهمن پناهی، علی اسماعیل‌پور و مصطفی قاسمی

ویراستاران علمی: علی تاج آبادی‌پور، مریم افروشه و حمید علی‌پور

ویراستار ادبی: احمد شاکر اردکانی

ناشر: موسسه تحقیقات علوم باغبانی، پژوهشکده پسته

شماره نشریه: ۱۰۲

شمارگان:

تاریخ انتشار: زمستان ۱۳۹۸

مسئولیت درستی مطالب با نگارندگان است.

این نشریه با شماره ۵۶۷۳۳ مورخ ۱۳۹۸/۱۰/۰۹ از مرکز فناوری اصلاعات و اطلاع رسانی کشاورزی به ثبت رسیده است.

نشانی: رفسنجان- میدان شهید حسینی- پژوهشکده پسته

شماره تلفن: ۰۳۴۳۴۳۲۵۲۰۱ دورنگار: ۰۳۴۳۴۲۲۵۲۰۸ نشانی سایت: www.pri.ir

فهرست نوشتار

عنوان **صفحه**

فصل اول: مقدمه‌ای بر تغییرات آب و هوایی و پیامدهای آن ۶

۱- ۱- مقدمه ۷

۱-۲- تغییرات آب و هوایی و آینده کشاورزی ۹

۱-۲-۱- گرمایش اقلیم ۹

۱-۲-۲- بارش‌ها ۱۸

فصل دوم: کلیات نیاز سرمایی ۲۵

۲-۱- مفهوم نیاز سرمایی ۲۵

۲-۲- سازوکارها و اهمیت نیاز سرمایی ۲۸

۲-۳- تاثیر نوسانات دمایی بر تأمین نیاز سرمایی در مدل‌های محاسباتی ۳۶

۲-۴- تاثیر نیاز سرمایی بر گونه‌های مختلف جنس پسته ۳۷

فصل سوم: راهکارهای تأمین نیاز سرمایی و کاهش پیامدهای آن ۳۹

۳-۱- تخمین دقیق میزان نیاز سرمایی تأمین شده ۳۹

۳-۲- انتخاب ارقام با نیاز سرمایی پایین ۴۰

۳-۳- القاء دوره رکود ۴۲

۳-۴- تغذیه و آبیاری مناسب ۴۳

۳-۵- مدیریت هرس ۴۴

۳-۶- مواد شیمیایی ۴۴

نتیجه‌گیری ۴۵

مهم‌ترین پیام نشریه ۴۶

منابع: ۴۷

فهرست اشکال

عنوان **صفحه**

شکل۱. تجمع گازهای گلخانه‌ای ۷
شکل۲. رشد درختان خرما در نقط مختلف شهرستان رفسنجان..... ۱۰
شکل۳. میانگین سالانه دمای هوای کرمان ۱۱
شکل۴. پیش‌بینی تغییر در میانگین دمای سطح کره زمین ۱۲
شکل۵. نقشه سازمان ملی علوم هوانوردی و فضا (ناسا) ۱۳
شکل۶. برخی خسارات گرمای هوا در زمان گل‌دهی ۱۵
شکل۷. طغیان پسیل معمولی پسته و ریزش زود هنگام ۱۶
شکل۸. برخی پیامدهای ریزش زود هنگام برگ‌ها ۱۷
شکل۹. مجموع بارش سالانه کرمان طی سال‌های ۱۸
شکل۱۰. پیش‌بینی تغییر در بارش‌ها..... ۱۹
شکل۱۱. برخی پیامدهای ناشی از نوسانات شبانه روزی ۲۰
شکل۱۲. ریزش برگ و میوه رقم اکبری در اثر بارندگی‌های متوالی ۲۲
شکل۱۳. خسارت حاصل از عارضه لکه پوست استخوانی ۲۳
شکل۱۴. افزایش بیماری‌های بلایت قارچی ۲۴
شکل۱۵. آغاز دوره رکود یا خواب اولیه ۲۷
شکل۱۶. قدرت جوانه‌زنی پایین دانه‌های گرده و رشد نامناسب لوله گرده ۲۹
شکل۱۷. عدم تکامل جوانه‌های گل و ارتباط آوندی ۳۰
شکل۱۸. کاهش غالبیت انتهایی و پیشی‌گرفتن رشد رویشی بر زایشی ۳۱
شکل۱۹. ضعف و نایکنواختی در گل‌دهی رقم کله‌قوچی در سطح باغ ۳۲
شکل۲۰. عدم تأمین نیاز سرمایی سبب اخلال در فرآیند گل‌انگیزی ۳۳
شکل۲۱. برخی اختلالات در فرآیند تمایز جوانه‌های زایشی و رویشی ۳۴
شکل۲۲. گسترش عارضه قرمزو، مواج و غیرطبیعی شدن برگ‌ها..... ۳۵
شکل۲۳. پیامدهای عدم تأمین نیاز سرمایی ۳۵
شکل۲۴. رویش مجدد برگ‌های جدید پس از خزان اولیه ۴۰
شکل۲۵. مقایسه گل‌دهی و تشکیل میوه ارقام نر و ماده ۱۳۹۶..... ۴۱
شکل۲۶. رشد رویشی مجدد درختان ۴۳

فهرست جدول

عنوان **صفحه**

جدول ۱. ضریب تاثیر دماهای مختلف هوا در تأمین نیاز سرمایی در مدل‌های مختلف ۳۷

فصل اول: مقدمه‌ای بر تغییرات آب و هوایی و پیامدهای آن

۱- ۱- مقدمه

علی‌رغم برخی تردیدها، این یک واقعیت عمومی پذیرفته شده است که آب و هوا در حال تغییر می‌باشد. افزایش گازهای گلخانه‌ای حاصل از فعالیت انسان از جمله دی‌اکسیدکربن (CO_2)، متان (CH_4) و اکسیدنیتروژن (N_2O) منجربه افزایش دمای زمین و به دنبال آن تغییرات گسترده اقلیمی به ویژه در دهه‌های اخیر گردیده است (شکل ۱). به‌طوری که متوسط دمای هوا از سال ۱۸۸۰ تا ۲۰۱۲ به میزان ۰/۸۵ درجه سانتی‌گراد افزایش یافته و پیش‌بینی می‌شود تا پایان قرن حاضر متوسط دمای هوا بین ۳/۷-۱ درجه سانتی‌گراد نیز افزایش یابد (هارتمن و همکاران، ۲۰۱۳؛ گری و برادی، ۲۰۱۶). مجمع بین‌المللی تغییرات آب و هوایی(IPCC) در گزارشی ویژه که در ژوئن ۲۰۱۸ منتشر گردید به بررسی تاثیرات افزایش ۱/۵ درجهٔ دما نسبت به قبل از عصر انقلاب صنعتی پرداخته و آن را تهدیدی جدی برای توسعه پایدار دانست که مشکلات عدیده‌ای برای طبیعت و سیستم‌های بشری به همراه دارد. در این گزارش تصریح شده است که فعالیت‌های انسان تا سال ۲۰۱۷ سبب افزایش ۱ درجه‌ای دما شده است و پیش‌بینی می‌شود در هر دهه ۰/۲ درجه سانتی‌گراد نیز به آن افزوده شود. بنابراین تا رسیدن به افزایش ۱/۵ درجه‌ای دما به کمتر از سه دهه زمان نیاز داریم.

این گرمایش جهانی و تغییرات جوی ناشی از آن به عنوان یک چالش جدی زیست‌محیطی زندگی بشر را در سراسر جهان تهدید می‌کند. در بین بخش‌های مختلف اقتصادی، بخش کشاورزی به دلیل شرایط حاکم بر آن، بیش از دیگر بخش‌ها تحت این شرایط اقلیمی قرار گرفته است. بنابراین علاوه بر دولت‌ها، کشاورزان نیز نقشی محوری در پاسخ به این تغییرات اقلیمی و سازگاری با آن برعهده دارند. به‌طوریکه تطبیق سیستم‌های کشاورزی در سطح مزارع با شرایط فعلی بهترین شیوه انطباق بشر و پاسخ‌گویی به این تغییرات آب و هوایی قلمداد می‌شود. با این‌حال، بخش کشاورزی ایران، مشترک با سایر بخش‌ها، در مراحل اولیه این سازگاری قرار دارد. این درحالی‌است که تغییرات آب و هوایی یک موضوع پیچیده بوده و نیازمند پاسخ‌های پیچیده و طیف گسترده‌ای از استراتژی‌های انطباقی است (کریمی و همکاران، ۲۰۱۸).

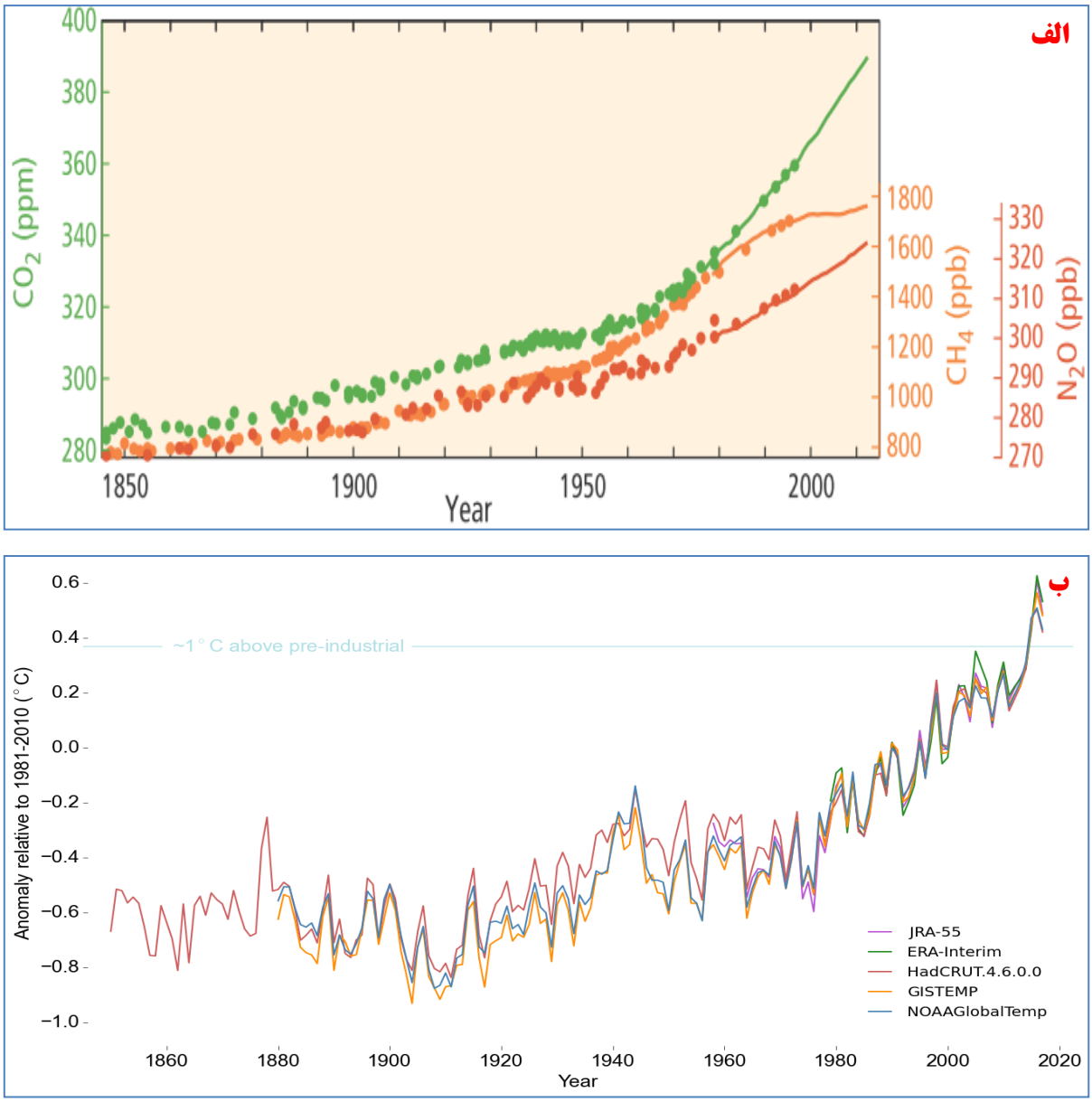
مجمع IPCC با مطالعهٔ بلند مدت روی تغییرات اقلیمی و گرمایش زمین در آخرین گزارش رسمی خود در سال ۲۰۱۴ به موارد زیر اشاره نموده است.

- گرمایش جهانی سیستم‌های آب و هوایی امری بدیهی بوده و در آن ابهامی وجود ندارد.
- روزها و شب‌های سرد و یخبندان کمتر شده است.
- روزها و شب‌های گرم و سوزان بیشتر شده است.
- تغییرات اخیر دما سیستم‌های فیزیکی و بیولوژیکی را تحت تاثیر قرار داده است.

---

۵ Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)

- بیشترین تغییرات در سیستم‌های فیزیکی و بیولوژیکی مرتبط با پاسخ به گرمایش اقلیم بوده است.



شکل ۱. الف) تجمع گازهای گلخانه‌ای دی‌اکسیدکربن (CO_2، رنگ سبز)، متان (CH_4، رنگ نارنجی) و اکسیدنیتروژن (N_2O، رنگ قهوه‌ای) در جهان طی سال‌های ۱۸۵۰ تا ۲۰۱۰ بر مبنای گزارش مجمع بین‌المللی تغییرات آب و هوایی (IPCC، ۲۰۱۴)، ب) تغییرات و ناهنجاری‌های دمایی جهان طی سال‌های ۱۸۵۰ تا ۲۰۱۷ بر مبنای اطلاعات آژانس‌های مختلف هواشناسی بین‌المللی (برگرفته از وب سایت سازمان هواشناسی جهانی، نوامبر ۲۰۱۷)

این تغییرات اقلیمی مسبب ایجاد مشکلات عدیده‌ای از جمله عدم تأمین نیاز سرمایی، عدم ریزش نزولات آسمانی در طول پاییز و زمستان و نوسانات شدید دمایی حاصل از آن، نوسانات دوره‌ای دما در زمان تورم جوانه‌های گل، افزایش و کاهش ناگهانی دما در زمان گرده‌افشانی و تلقیح گل‌ها و افزایش روزهای گرم و

سوزان تابستانی در بسیاری از مناطق پسته‌خیز کشور و در نهایت کاهش قابل توجه‌ای در کمیت و کیفیت محصول این طلای سبز ایران گردیده است. سرعت این تغییرات جوی طی یک دهه اخیر به طور ملموسی افزایش یافته به‌طوری که حجم زیادی از باغ‌های پسته کشور از این ناملایمات جوی خسارت دیده‌اند. آنچه که مسلم است کشاورزان قادر به تغییر یا کنترل شرایط اقلیمی در سطح وسیعی نیستند اما مدیریت مناسب و همسو با این دگرگونی‌های طبیعی قطعاً در کاهش عارضه‌های پیش‌رو مفید واقع خواهد شد. سازگاری با این تغییرات اقلیمی و کاهش اثرات سوء آنها نیازمند به‌کارگیری مجموعه‌ای از استراتژی‌های انطباقی است که آشنایی با برخی از آنها از اهداف نشریه پیش‌رو می‌باشد.

۲-۱- تغییرات آب و هوایی و آینده کشاورزی

۱-۲-۱- گرمایش اقلیم

هرچند که اثبات وقوع پدیده تغییر اقلیم در سطح بین‌المللی به سهولت امکان پذیر نبوده و مورد توافق همگان نمی‌باشد؛ اما کشاورزان ایرانی به‌ویژه پسته‌کاران استان کرمان واژه "تغییر اقلیم" و "گرمایش جهانی" را به معنای واقعی کلمه در دهه‌های اخیر درک کرده‌اند. پاییز و زمستان گرم و کم بارش به‌همراه نوسانات دوره‌ای پی‌درپی، بهار مرطوب و ابری به‌همراه بارندگی‌های غیرمتعارف، تابستان‌های گرم و سوزان به‌همراه اختلافات دمایی شدید شبانه‌روزی، تغییرات در شدت طوفان‌ها و گرد و غبارها، سال‌های دیررس و یا زودرس غیرمعمول برای گل‌دهی و برداشت محصول که همگی نشان از تغییرات جدی اقلیم می‌دهد تبدیل به یک واقعیت آشنا و انکارناپذیر برای پسته‌کاران کرمانی و استان‌های همجوار گردیده است.

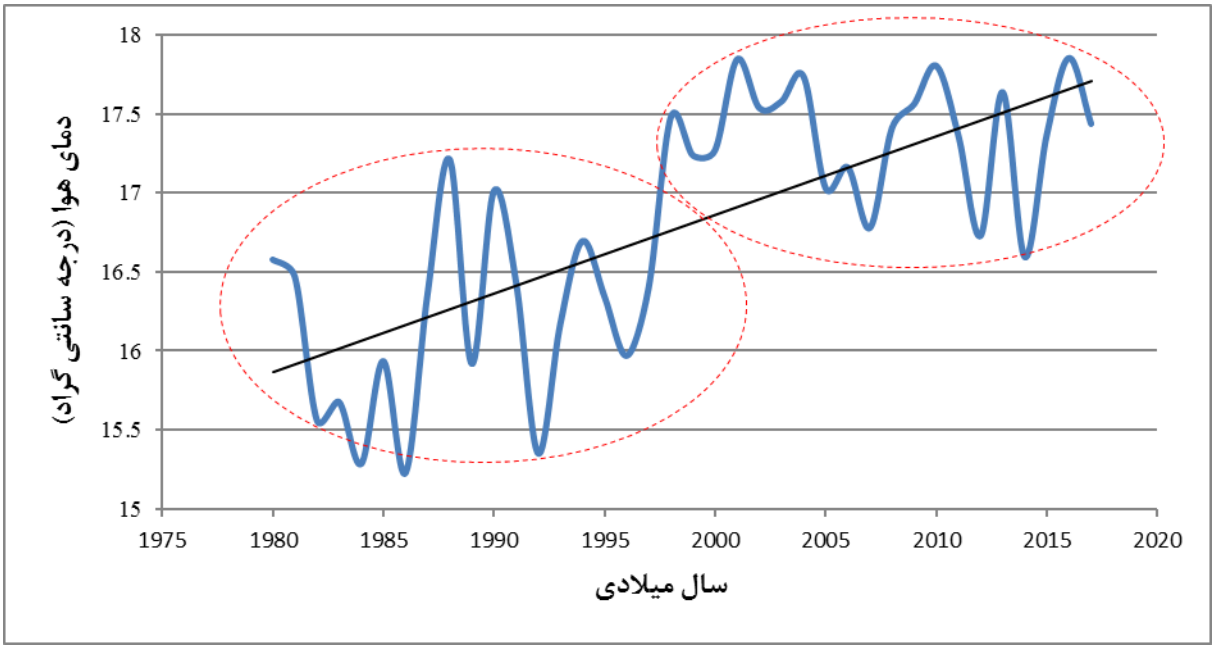
به تازگی باغ‌ها، فضاهای سبز و حیاط بسیاری از خانه‌های مردم رفسنجان و انار میزبان میهمانی جدید به نام خرما گردیده است. این محصول گرمسیری در سال‌های پیش از این به دلیل سرمای هوا در پاییز و زمستان قادر به تکمیل چرخه طبیعی زندگی خود نبوده اما به لطف گرمای هوای سال‌های اخیر این فرآیند بدون خللی تکمیل گردیده و شاهد به بار نشستن این مهمان ناخواسته در گوشه و کنار شهر و روستاهای رفسنجان و انار شده‌ایم (شکل ۲).

1- Climate change

2- Global warming

شکل ۲. رشد درختان خرما در نقاط مختلف شهرستان رفسنجان که به دلیل گرمایش هوای سال‌های اخیر به ویژه در زمستان قادر به تکمیل چرخه طبیعی زندگی خود شده و در برخی موارد به مرحله باردهی نیز رسیده‌اند. تصاویر الف و ب مربوط به شهرستان رفسنجان و تصاویر ج و د مربوط به روستای حسن آباد زندی از توابع شهر کشکوئیه رفسنجان می‌باشد.

میانگین سالانه دمای کرمان طی سال‌های ۱۹۸۰ تا ۲۰۱۷ بر مبنای داده‌های اقلیمی سازمان هواشناسی کشور در شکل ۳ آورده شده است. نمودار به خوبی نشان می‌دهد که دمای هوا طی دو دهه اخیر نسبت به دهه‌های پیش از آن افزایش قابل توجه‌ای یافته است. آمار بلند مدت دمای جهان نیز نشان داده است که تعداد ساعات سرد در ۲۴ سال گذشته به‌طور قابل ملاحظه‌ای کاهش یافته و بر عملکرد درختان میوه در بسیاری از نقاط دنیا تاثیر منفی گذاشته است (رامیرز و کالاراکال، ۲۰۱۵).

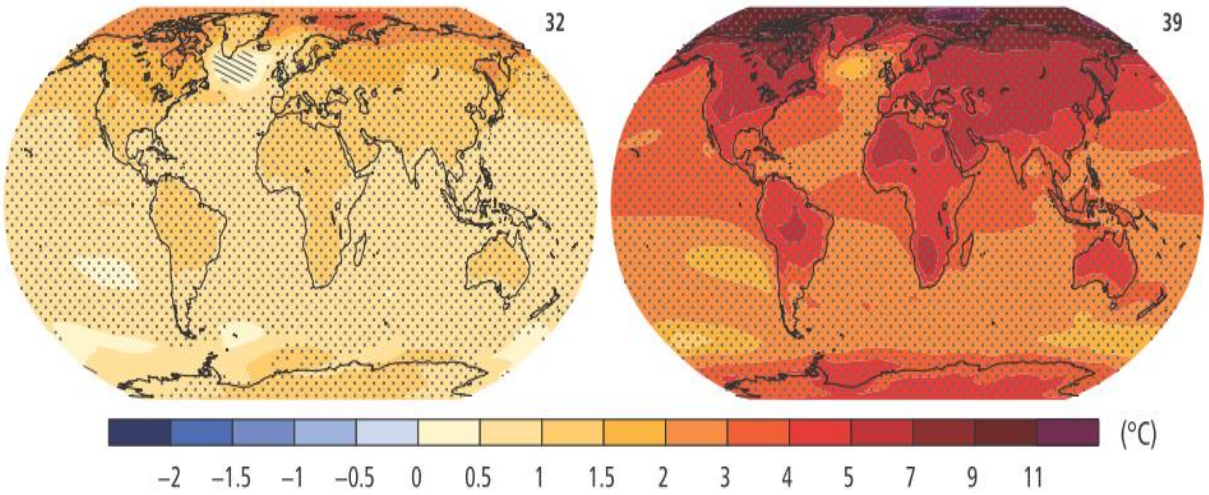


شکل ۳. میانگین سالانهٔ دمای هوای کرمان طی سال‌های ۱۹۸۰ تا ۲۰۱۷ بر مبنای داده‌های اقلیمی سازمان هواشناسی کشور.

نتایج تحقیقاتی متعدد در سراسر دنیا حاکی از آن است که گرمایش زمین مراحل فنولوژی گیاهان را تحت تاثیر قراد داده و سبب تأخیر در شروع فصل پاییز و خزان و تعجیل در آغاز فصل بهار و رویش مجدد گیاهان گردیده است. این تغییرات فنولوژیکی می‌توانند تبعات شناخته شده و ناشناخته متعددی به همراه داشته باشد. میلر و پریمک (۲۰۰۸) با مطالعه روی گیاهان علفی و چوبی جنگل‌های شمال شرق آمریکا نشان دادند که به ازای ۱ درجه سانتی‌گراد افزایش دما به میزان تقریبی ۳ تا ۸ روز در مراحل فنولوژی گیاهان تغییر ایجاد می‌شود. مطالعهٔ فوجیسا و اوکوباياشی (۲۰۱۰) روی فنولوژی درختان سیب طی ۳۰ سال اخیر نیز تایید نمود که گرمایش زمین سبب افزایش ۶/۳ روزه طول دوره رشد و کاهش دوره خزان و رکود در ژاپن گردیده است. لوهله و لبلانک (۱۹۹۶) اظهار داشتند که زمستان گرم به همراه بهار زودهنگام اثرات نامطلوبی روی تأمین نیاز سرمایی، فنولوژی، گل‌دهی و جوانه‌زنی برخی گونه‌های جنگلی داشته و سبب افزایش مرگ‌ومیر و حذف آن‌ها گردیده است. آنها همچنین نشان دادند که این تغییرات محیطی بر توزیع و پراکندگی آفات و بیماری‌ها تأثیر قابل توجهی داشته است.

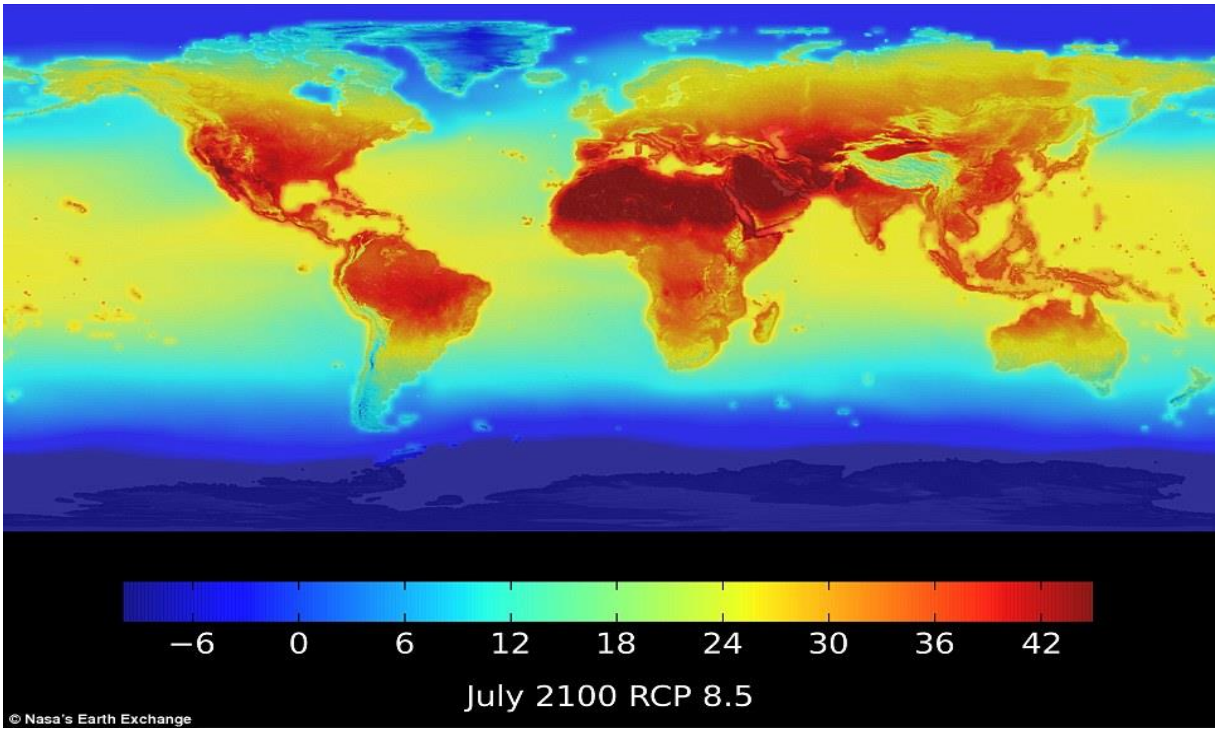
پیش‌بینی‌های مجمع بین‌المللی تغییرات آب و هوایی (۲۰۱۴) بر مبنای نظریه‌های مختلف حاکی از آن است که در صورت افزایش گازهای گلخانه‌ای با روند کنونی بسیاری از مناطق جهان با گرمایش بی‌سابقه‌ای روبرو خواهند بود. کشورمان ایران نیز به دلیل واقع شدن روی کمربند بیابانی دنیا همانند بسیاری از کشورهای منطقه خاورمیانه در روند افزایشی دما قرار داشته و در سال‌های پیش‌رو نیز بر شدت این گرمایش افزوده خواهد شد (شکل ۴).

در همین راستا سازمان ملی هوانوردی و فضایی آمریکا[۱](ناسا، ۲۰۱۵) بر مبنای ۲۱ مدل مختلف آب و هوایی چگونگی تغییر الگوهای دما و بارندگی در سراسر جهان را تا سال ۲۱۰۰ پیش‌بینی نموده است (شکل ۵). ناسا گزارش نمود که به دلیل افزایش غلظت گازهای گلخانه‌ای در جو زمین، بسیاری از مناطق جهان با افزایش دما و کاهش بارش‌ها روبرو خواهند بود. در این گزارش نسبت به خطراتی مانند خشکسالی شدید، سیل، موج‌های گرما و کاهش بهره‌وری کشاورزی هشدار داده شده است. مطابق پیش‌بینی ناسا (شکل ۵) منطقه خاورمیانه و کشور ایران در روند افزایش شدید دما و کاهش بارش‌ها قرار دارد.



شکل ۴. پیش‌بینی تغییر در میانگین دمای سطح کره زمین در سال‌های پیش‌روی ۲۱۰۰-۲۰۸۱ نسبت به سال‌های ۲۰۰۵-۱۹۸۶ بر اساس مدل‌های مختلف بین المللی. تصویر سمت چپ و راست به‌ترتیب بر مبنای نظریه RCP2.6 و RCP8.5 می‌باشند. نظریه RCP2.6 مبتنی بر افزایش کمتر از ۲ درجه سانتی‌گرادی دما نسبت به پیش از انقلاب صنعتی و نظریه RCP8.5 مبتنی بر افزایش شدید گازهای گلخانه‌ای طی سال‌های پیش‌روی است.

۱ National Aeronautics and Space Administration (NASA)



شکل ۵. نقشه سازمان ملی هوانوردی و فضایی آمریکا (ناسا) از پیش‌بینی چگونگی تغییر الگوهای دما و بارندگی در سراسر جهان به دلیل افزایش غلظت گازهای گلخانه‌ای در جو زمین تا سال ۲۱۰۰؛ مطابق نقشه منطقه خاورمیانه و کشور ایران در روند افزایش شدید دما و کاهش بارش‌ها قرار دارد.

تخمین زده می‌شود که اگر تمرکز گازهای گلخانه‌ای به ویژه CO_2 با همین روند کنونی ادامه یابد، متوسط دمای کشور در دهه‌های پیش‌روی ۴/۵–۱/۵ درجه سانتی‌گراد افزایش یابد (امیری و اسلامیان، ۲۰۱۰؛ کریمی و همکاران، ۲۰۱۸) و در افق زمانی سال‌های ۲۰۳۱ تا ۲۰۵۰ به میزان ۲۵ تا ۴۰ درصد از انباشتن سرما در فصل زمستان کاسته شود و تأمین نیاز سرمایی درختان خزان‌دار با مشکل جدی روبرو گردد (سبزی پرور و نوروز ولاشدی، ۱۳۹۵).

همچنین پیش‌بینی می‌شود که متوسط میزان نیاز سرمایی تأمین شده زمستان بین سال‌های ۱۹۵۰ تا ۲۱۰۰ به ازای هر دهه ۴۰ ساعت در جهان کاهش یابد. یافته‌ها نشان می‌دهد که میزان تجمع ساعات سرد زمستان در درختان میوه و آجیل ایالت کالیفرنیا که عمدهٔ پسته آمریکا را نیز تولید می‌کند تا پایان قرن ۲۱ به ازای هر دهه ۵۰ تا ۲۶۰ ساعت کاهش خواهد یافت و اثرات زیان‌باری بر اقتصاد باغ‌های میوه و آجیل این ایالت برجای خواهد گذاشت (بالدچی و وانگ، ۲۰۰۸). مطالعه‌ای دیگر روی میزان تجمع نیاز سرمایی در کشور عربستان نشان داد که بین سال‌های ۱۹۸۳ تا ۲۰۰۸ به طور متوسط ۹/۵–۱/۳ ساعت سرد در هر سال کاهش یافته است. ارزیابی‌های انجام شده در یک ناحیه از کشور عمان نیز تایید نمود که در سال‌های اخیر به‌طور متوسط ۱۷/۴ ساعت دمای سرد قابل تجمع در هرسال کاهش یافته است (لودلینگ و همکاران، ۲۰۰۹).

کریستنسن و همکاران (۲۰۰۷) و ریچاردسون و همکاران (۲۰۱۳) بیان داشتند که فنولوژی و مراحل رشدی گیاه به شدت تحت تاثیر تغییرات آب و هوایی قرار گرفته و به آن حساسیت زیادی نشان می‌دهد. آنها پیش‌بینی نمودند که این پاسخ‌ها در مناطق خشک و نیمه‌خشک به دلیل تغییر در بارش‌ها شدیدتر خواهد بود. بنابراین عدم مدیریت صحیح و ناهمسو با شرایط جدید بدون در نظر گرفتن ملاحظات اقلیمی می‌تواند منجربه صدمات جدی و کاهش ارزش اقتصادی باغ‌های کشور در آینده نزدیک گردد.

شکل ۶ برخی از پیامدهای افزایش دما در طول فصل رشد درختان پسته را نشان می‌دهد. در سال‌های اخیر این افزایش دما به‌ویژه در زمان گرده‌افشانی و تلقیح سبب خسارت قابل توجه‌ای به باغداران گردیده است. همچنین افزایش تعداد روزهای گرم تابستان طی مراحل تکامل مغز و رسیدگی میوه سبب اختلال در روند پر شدن مغز و سوختگی میوه و به دنبال آن افزایش میوه‌های نیم‌مغز و پوک گردیده است. افزایش تعرق و برهم خوردن تعادل هورمون‌های اکسین و اتیلن در برگ و شاخه سبب زردی و ریزش زودهنگام برگ‌ها و اخلال در فرآیند فتوسنتز، جذب و متابولیسم عناصر غذایی و تشدید خسارت گرما نیز شده است. علاوه بر آن گرمای هوا طی مراحل گل‌انگیزی مانع از تمایز جوانه‌های زایشی شده و سبب کاهش کمی عملکرد در سال آینده می‌گردد.

یکی دیگر از پیامدهای این گرمایش به‌ویژه در فصول پاییز و زمستان، افزایش میزان تنفس جوانه‌های گل و به دنبال آن کاهش ذخیره کربوهیدراتی آنها می‌باشد. این پدیده سبب ضعف و ریزش جوانه‌های گل در انتهای زمستان می‌گردد. کاهش رطوبت نسبی هوا به‌همراه کاهش روزهای ابری و مه آلود در طول دوره خواب درختان با افزایش میزان تشعشعات دریافتی نور خورشید سبب گرمتر شدن سطح گیاه و به ویژه جوانه‌های گل (به دلیل رنگ تیره‌تر) شده و بر شدت این مشکل می‌افزاید.

وضعیت آفات و بیماری‌ها نیز یکی دیگر از موضوعات نگران کننده افزایش دما است. در همین راستا هیرسکی و همکاران (۲۰۱۲) بیان داشتند که تغییرات آب و هوایی اخیر سبب گسترش برخی آفات و بیماری‌ها در مناطق معتدل اروپا گردیده است و این آفات در برخی نواحی جغرافیایی که در گذشته میزبان آنها محسوب نمی‌شدند نیز گسترش یافته است. بررسی‌های جارامیلو و همکاران (۲۰۱۱) حاکی از آن بود که گرمایش اقلیم سبب افزایش خسارت و گسترش مناطق آلوده به سوسک قهوه (*Hypothenemus hampei*) که مهم‌ترین آفت این محصول به حساب می‌آید، در شرق آفریقا گردیده است. یافته‌ها نشان داد که گرمایش اخیر سبب توسعه سریع‌تر و افزایش تعداد نسل این آفت در یک فصل زراعی شده است.

شکل۶. برخی خسارات گرمای هوا در زمان گل‌دهی و مراحل مختلف رشد و تکامل میوه و مغز شامل: الف) خسارت به گل و میوه، ب) زردی و ریزش برگ‌ها، ج) گل‌انگیزی نامناسب و د) سوختگی میوه؛ طغیان جمعیت پسیل بر شدت برخی خسارات مذکور (تصاویر ب و د) افزوده است.

تغییر اقلیم بر گسترش آفات در مناطق پسته‌خیز کشور نیز بی‌تاثیر نبوده است. طغیان پسیل معمولی پسته که مهم‌ترین و کلیدی‌ترین آفت این طلای سبز در شرایط ایران محسوب می‌شود طی سالیان اخیر می‌تواند از دیگر پیامدهای این تغییرات جوی ناشی از گرمایش زمین باشد (شکل ۷). زیرا بارش برف و باران به همراه شخم و یخ آب‌های زمستانه می‌توانند تا بیش از ۹۰ درصد جمعیت زمستان‌گذران این آفت را کاهش داده و مانع از طغیان آن در سال باغی پیش‌رو گردند. همچنین کاهش طول دورهٔ فصول سرد سال نیز می‌تواند در افزایش تعداد نسل‌های این آفت موثر واقع شده و فرصت زمانی مناسبی جهت ورود به فرم زمستان‌گذران (دیاپوز) در اختیار آفت قرار دهد. پسیل با تغذیه از شیره گیاهی علاوه بر اخلال در فرآیند فتوسنتز سبب خروج حجم زیادی از

مواد غذایی به‌ویژه کربوهیدرات‌ها و پروتئین‌ها می‌گردد (مهرنژاد،۱۳۸۱). تجمع این مواد غذایی به ویژه نشاسته در فرآیند خواب و بیداری گیاه نقش مهمی بازی کرده و بر روند رفع نیاز سرمایی تاثیرگذار است.

مطالعات مهرنژاد (۱۳۸۱) نشان داد که پسیل معمولی پسته جهت تغییر از فرم تابستانه به زمستانه نیازمند دو شرایط محیطی شامل روز کوتاهی و حرارت پایین (۲۰ درجه سانتی‌گراد و پایین‌تر از آن) می‌باشد. این تغییر فرم جهت افزایش توان حشره و عبور از سرما و یخبندان زمستان ضروری است. در صورتی که تنها یکی از این دو شرایط محیطی فراهم باشد (برای مثال طول روز کوتاه اما درجه حرارت بالا و یا بالعکس)، افراد حاصل از رشد پوره‌های آفت به حشرات کاملی (فرم بینابینی) تبدیل می‌شوند که جثه‌های بزرگی داشته و دارای قدرت تخم‌گذاری فراوان هستند. بنابراین پاییزهای گرم‌تر سال‌های اخیر با مهیا ساختن این شرایط می‌تواند سبب افزایش قدرت تخم‌گذاری پسیل در بهار و یکی‌دیگر از دلایل طغیان جمعیت آن در ابتدای برخی سال‌ها باشد.

شکل۷. طغیان پسیل معمولی پسته و ریزش زودهنگام برگ‌ها طی سال‌های اخیر که مسبب خسارت‌های قابل توجه‌ای از جمله کاهش عملکرد و ریزش جوانه‌های گل گردیده است. خروج حجم زیادی از مواد غذایی در اثر تغذیه این آفت می‌تواند بر روند خواب و بیداری گیاه نیز تاثیر منفی گذارد.

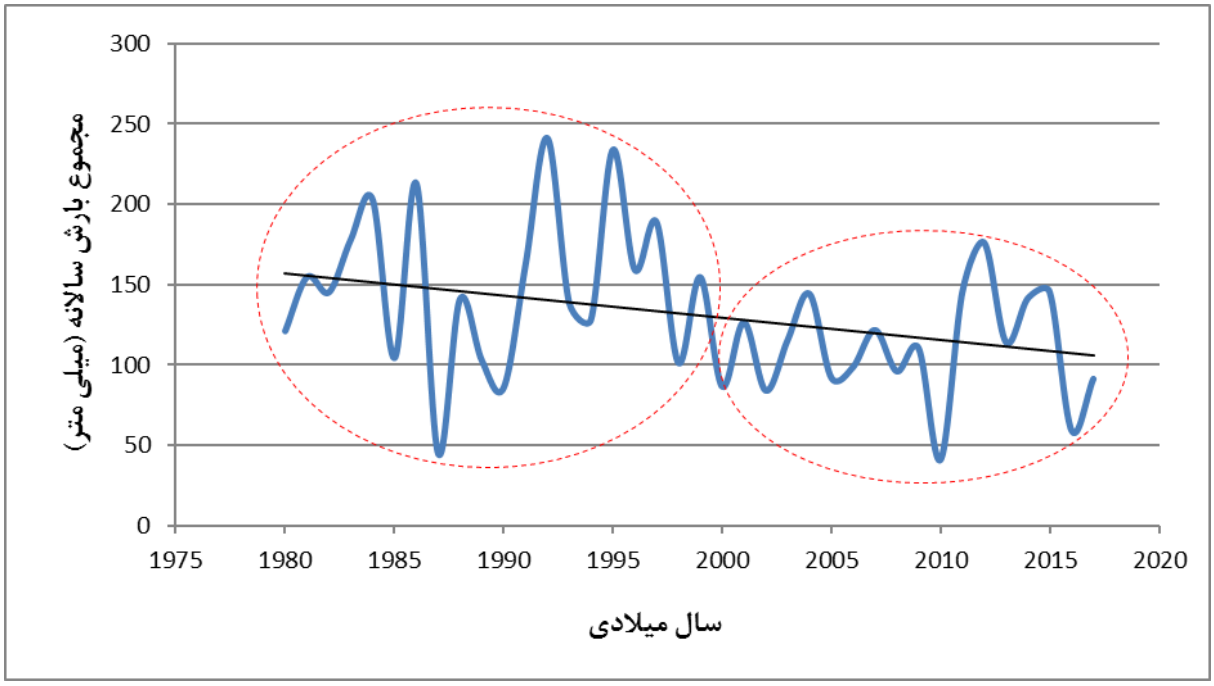
علاوه بر موارد ذکر شده، خشکیدگی شاخه‌ها و تنه‌های درختان یکی دیگر از نتایج تغییر اقلیم در باغ‌های پسته می‌باشد. عدم تأمین نیاز سرمایی به دلیل زمستان‌های گرم‌تر و تعرق شدید ناشی از گرمای هوای تابستان، سبب سستی و ریزش برگ‌ها طی سالیان اخیر گردیده است. تغذیه جمعیت بالای پوره‌های پسیل نیز با خروج شیره پرورده و اخلال در فرآیند فتوسنتز سبب تشدید این ریزش‌ها شده است (شکل ۷). ریزش زودهنگام برگ‌ها طی دوره پرشدن مغز سبب تحمیل و تشدید روند انتقال مواد ذخیره‌ای از ریشه و شاخه به میوه به‌ویژه در سال‌های آور (پر محصول) و به دنبال آن ضعف درخت و افزایش خشکیدگی‌های اخیر گردیده است. علاوه بر آن کاهش این مواد ذخیره سبب حساس نمودن درختان به سرمای زمستانه و تأخیر در فرآیند شکوفایی و بیداری آنها در بهار سال آینده گشته و عارضه را دوچندان نموده و با کاهش حجم تاج درخت و اخلال در فرآیند گل‌انگیزی و گل‌آوری موجب کاهش ارزش اقتصادی باغ و افزایش سال‌های نیاور و کم محصول به ویژه در ارقام فندقی و کله‌قوچی گردیده است.

شکل ۸. برخی پیامدهای ریزش زودهنگام برگ‌ها در تابستان و اخلال در فرآیند فتوسنتز به‌ویژه در سال‌های آور (پر محصول) شامل: الف) شکوفایی و بیداری دیر هنگام در بهار، ب) سوختگی میوه‌ها، ج) گسترش بیماری‌های قارچی عامل سرخشکیدگی و د) خشکیدگی شاخه‌ها و تنه‌ها

این ضعف عمومی درختان باعث گسترش بسیاری از آفات و بیماری‌های قارچی از جمله بیماری پسیلومایسز[1] و سیتوسپورا[2] نیز گردیده و سلسله‌ای پیچیده از مشکلات را گرد هم آورده است (شکل ۸). مدیریت مناسب به ویژه در زمینه تغذیه، آبیاری و کنترل آفات، رمز موفقیت در گذر از این پدیده می‌باشد. کمبود دو عنصر پتاسیم و فسفر در برخی باغ‌های آسیب دیده مشهود است.

۲-۲-۱- بارش‌ها

شکل ۹ مجموع بارش‌های سالانه کرمان طی سال‌های ۱۹۸۰ تا ۲۰۱۷ بر مبنای داده‌های اقلیمی سازمان هواشناسی کشور را نشان می‌دهد. همانطور که در نمودار آورده شده است روند بارش‌های سالانه در استان کاهشی بوده است. علاوه بر این شکل نزولات جوی، زمان وقوع و شدت بارش‌ها نیز طی سالیان اخیر به طور قابل ملاحظه‌ای تغییر کرده است.



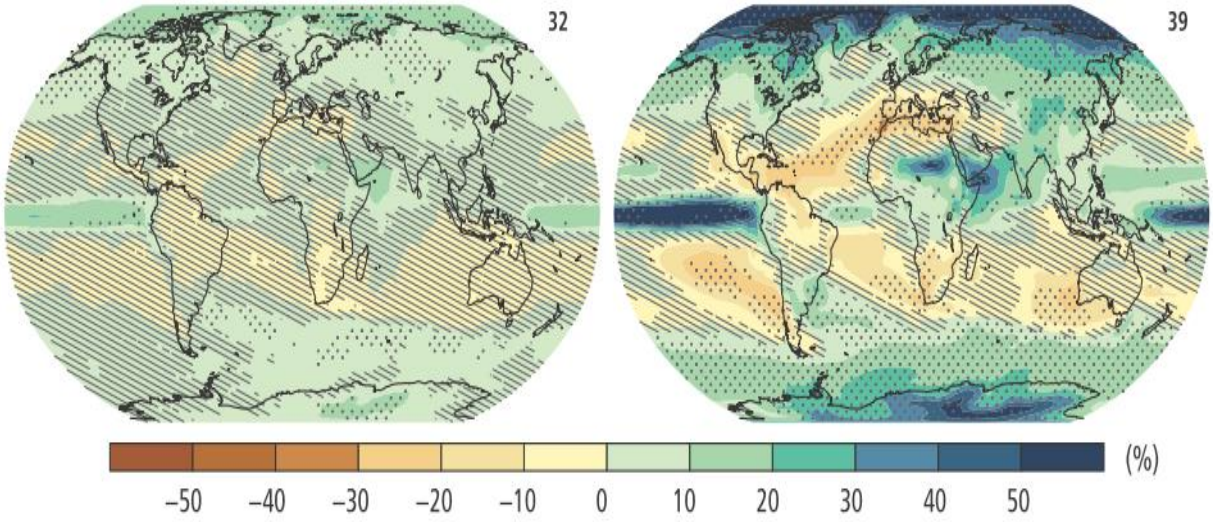
شکل ۹. مجموع بارش سالانه کرمان طی سال‌های ۱۹۸۰ تا ۲۰۱۷ بر مبنای داده‌های اقلیمی سازمان هوا شناسی کشور.

نتایج حاصل از برخی مدل‌های پیش‌بینی تغییر اقلیم نشان می‌دهد که اگر گرمایش زمین با همین روند ادامه پیدا نماید، دمای هوای کشور در ۲۵ سال پیش‌رو ۲ درجه سانتی‌گراد افزایش یافته و میزان بارش‌ها با کاهش ۲۰ درصدی مواجه می‌گردد (علیزاده ۱۳۸۷). مجمع بین‌المللی تغییرات آب و هوایی (۲۰۱۴) نیز پیش‌بینی نموده است که در صورت افزایش گازهای گلخانه‌ای طی سال‌های آینده، علاوه بر گرمایش جهانی، میزان بارش‌ها نیز

[1] *Paecilomyces*

[2] *Cytospora*

دچار تغییرات قابل توجه‌ای در نقاط مختلف دنیا گردد. پیش‌بینی می‌شود که تا پایان قرن ۲۱ میلادی میزان بارش‌ها در منطقه خاورمیانه با کاهش ۱۰ تا ۳۰ درصدی روبرو گردد (شکل ۱۰). علاوه بر کاهش کمی و کیفی منابع آبی، یکی از مهم‌ترین پیامدهای کاهش بارش‌ها در پاییز و زمستان کاهش میزان رطوبت نسبی هوا و به دنبال آن افزایش نوسانات شبانه روزی و دوره‌ای دما می‌باشد. این نوسانات دمایی بر میزان تجمع نیاز سرمایی تاثیرات منفی گذاشته و مشکلات عدیده‌ای را به دنبال دارد که در ادامه شرح داده خواهد شد. علاوه بر آن ساور (۱۹۸۵) و کمپوی و همکاران (۲۰۱۰) نشان دادند که سایه و مه‌آلود بودن هوا در طول پاییز و زمستان به دلیل کاهش شدت نور و انرژی تابشی حاصل از آن سبب بهبود برطرف شدن نیاز سرمایی و تسریع در شکستن خواب جوانه‌ها و گل‌دهی می‌گردد. گراب و کراپارو (۲۰۱۱) نیز گزارش نمودند که دما و بارندگی تاثیر هم‌افزایی روی شروع گل‌دهی در سیب و گلابی داشته‌اند.



شکل ۱۰. پیش‌بینی تغییر در بارش‌ها در سال‌های پیش‌روی ۲۱۰۰-۲۰۸۱ نسبت به سال‌های ۲۰۰۵-۱۹۸۶ براساس مدل‌های مختلف بین‌المللی. تصویر سمت چپ و راست به‌ترتیب بر مبنای نظریه RCP2.6 و RCP8.5 می‌باشد. نظریه RCP2.6 مبتنی بر افزایش کمتر از ۲ درجه سانتی‌گرادی دما نسبت به پیش از انقلاب صنعتی و نظریه RCP8.5 مبتنی بر افزایش شدید گازهای گلخانه‌ای طی سال‌های پیش‌روی است.

نوسانات دوره‌ای و شبانه‌روزی دما در کنار اثرات مخرب بر تأمین نیاز سرمایی سبب ایجاد مشکلات متعددی از جمله ترک‌خوردن پوست و تنه درخت، ترکیدگی میوه، بدشکلی و داسی شدن میوه، سقط جنین، افزایش محصول درجه ۳ و نامرغوب، گرمازدگی و سرمازدگی‌های به ویژه از نوع تشعشعی گل و میوه در اوایل بهار می‌گردد (شکل ۱۱).

شکل ۱۱. برخی پیامدهای ناشی از نوسانات شبانه روزی و دوره‌ای دما شامل: الف) بدشکلی و داسی شدن میوه، ب) ترکیدگی میوه، ج) ترکیدگی تنه و د) سرمازدگی بهاره (تصاویر الف و ب برگرفته از وب‌سایت http://mrbabaee.blogfa.com/page/paste.aspx).

تغییرات جوی در سال‌های اخیر علاوه بر کاهش بارش‌ها سبب انتقال زمان آنها از پاییز و زمستان به اوایل فروردین و اردیبهشت در بسیاری از مناطق پسته‌خیز کشور گردیده است. این تغییر زمان علاوه بر ایجاد نابسامانی‌هایی در تجمع ساعات سرد در پاییز و زمستان، سبب ایجاد مشکلات عدیده‌ای در فرآیند گل‌انگیزی، گل‌دهی، تشکیل میوه و به دنبال آن کاهش عملکرد گردیده است. رامیرز و کالاراکال (۲۰۱۵) اظهار داشتند که بارش‌ها می‌توانند سبب تغییر در مراحل فنولوژی گیاهی گردند. آنها بیان داشتند که بارندگی‌ها و تداوم هوای

ابری به مدت طولانی می‌تواند سبب تأخیر و ناهماهنگی در گل‌دهی و گل‌انگیزی (تولید جوانه گل) گردد. نتایج تحقیقات رامیرز و همکاران (۲۰۱۰) حاکی از آن بود که گل‌دهی انبه که همانند پسته از خانواده پسته‌سانان می‌باشد، در این شرایط آب و هوایی متوقف گردیده و پس از آفتابی شدن هوا مشکل بر طرف و گل‌دهی از سر گرفته شده‌است. علت این امر می‌تواند تغییر در شدت نور دریافتی باشد که به همراه دما و نیاز سرمایی از مهم‌ترین عوامل موثر در گل‌انگیری و گل‌آوری درختان میوه محسوب می‌شوند.

علاوه بر این گرده‌افشانی درختان پسته از طریق باد انجام شده و رطوبت و بارش در این زمان می‌تواند سبب اخلال در فرآیند گرده‌افشانی، تلقیح و تولید میوه گردد. بهترین سطح از رطوبت نسبی برای گرده افشانی درختان پسته بین ۳۵ تا ۵۰ درصد می‌باشد و رطوبت‌های بالای ۷۵ درصد سبب ایجاد مشکلات جدی در این فرآیند می‌گردند.

هاشمی‌نسب و همکاران (۱۳۹۶) با مطالعه روی علل ریزش برگ و میوه در اواسط اردیبهشت ماه نشان دادند که عامل اصلی این عارضه بارندگی‌های پیاپی و ابری بودن هوا در این بازه زمانی از سال بوده است (شکل ۱۲). این عوامل جوی با ایجاد تهیجات هورمونی و اخلال در جذب کلسیم مسبب این ریزش‌های ناگهانی گردیده بودند. همچنین بارندگی‌های پیاپی بهاری با فاصله کوتاه سبب ایجاد تنش ماندآبی به ویژه در مناطق دارای بافت خاک سنگین گردیده و عارضه را دوچندان نموده بود. ارزیابی‌ها نشان داد باغدارانی که در این فواصل زمانی اقدام به آبیاری نموده بودند خسارت شدیدی دیده که تایید کننده صحت این موضوع بود. ریزش‌ها در ارقام با نیاز سرمایی بالاتر به ویژه اکبری، بادامی و فندقی بیشترین فراوانی را داشت. به طوری که به بیش از ۸۰ درصد محصول برخی از باغ‌ها با رقم اکبری و فندقی خسارت وارد شده بود (شکل ۱۲). نتایج بدست آمده حاکی از آن بود که استفاده از کودهای حاوی کلسیم به صورت خاکی و مهم‌تر از آن عدم آبیاری باغ قبل و بعد از وقوع بارندگی‌های بهاره سبب جلوگیری و یا کاهش خسارت می‌گردد.

شکل۱۲. ریزش برگ و میوه رقم اکبری در اثر بارندگی‌های متوالی و ابری بودن هوا به مدت طولانی در فروردین و اردیبهشت ماه.

این بارش‌های بهاری اخیر همچنین تاثیر قابل توجه‌ای بر گسترش عارضه لکه پوست استخوانی در ارقام حساس از جمله کله‌قوچی داشته است که علت اصلی آن را اخلال در فرآیند جذب و متابولیسم کلسیم می‌دانند (شکل ۱۳). زیرا جذب کلسیم غیرفعال بوده و نیازمند روزهای آفتابی و تعرق از سطح برگ می‌باشد. کاهش رطوبت سطح باغ از طریق عدم آبیاری در زمان نامناسب، حذف علف‌های هرز و افزایش گردش هوای درون تاج درخت با انجام هرس مناسب و همچنین استفاده از کودهای حاوی کلسیم به ویژه به صورت خاکی می‌تواند در کاهش عارضه موثر واقع شود. استفاده از کودهای حاوی نیتروژن به‌ویژه اوره در زمان شیوع عارضه موجب تشدید آن می‌گردد.

شکل۱۳. خسارت حاصل از عارضه لکه پوست استخوانی که بارندگی‌های بهاره سبب تشدید و گسترش آن در سال‌های اخیر شده است.

گسترش عوامل بیماری‌زای قارچی از جمله بلایت‌های آلترناریا، سپتوریوز، زنگ پسته، بوتریوسفریا و ... در سال‌های اخیر یکی دیگر از عواقب تغییر زمان بارش‌ها و انتقال آنها از فصل زمستان به بهار می‌باشد. این عوامل بیماری‌زا در مواردی سبب سوختگی برگ و میوه به ویژه در رقم احمدآقایی در برخی مناطق پسته‌خیز گردیده‌اند (شکل ۱۴).

افزایش این بارش‌های بهاری همچنین سبب رویش بسیاری از گیاهان میزبان سن‌های سبز و قرمز در دشت‌های مجاور باغ‌های پسته و به دنبال آن افزایش جمعیت این آفت گردیده است. با افزایش دما در ابتدای تابستان کم‌کم این گیاهان میزبان خشکیده و جمعیت آفت به‌ویژه سن‌های سبز به سمت باغ‌های پسته مجاور سرازیر شده و موجب خسارت قابل توجهی در صورت عدم مبارزه صحیح می‌گردند (شکل ۱۴). هجوم سن‌های قرمز در مراحل اولیه رشد و تکامل میوه اتفاق می‌افتد.

شکل۱۴. افزایش خسارت برخی آفات و بیماری‌های قارچی در سالیان اخیر در باغ‌های پسته به دلیل تغییر در پراکنش بارش‌ها و انتقال آنها به فروردین و اردیبهشت ماه؛ الف) بیماری آلترناریا، ب) خسارت سن‌های سبز به میوه پسته و ج) بیماری زنگ پسته

فصل دوم: کلیات نیاز سرمایی

۱-۲- مفهوم نیاز سرمایی

پسته (*Pistacia vera* L.) گیاهی نیمه‌گرمسیری و خزان‌دار می‌باشد. ریزش برگ و رفتن به خواب زمستانه در پاییز و به دنبال آن شکسته شدن این دوره رکود در اواخر زمستان با تأمین نیاز سرمایی و شکوفایی جوانه‌ها، جنبهٔ کلیدی از چرخه سالانه گیاهان خزان‌دار محسوب می‌شود. درختان به یک زمان‌سنج دقیق مجهز شده‌اند که با درک دو عامل نور و دما به گیاه این توانایی را می‌دهد که ساعات شبانه‌روز و فصل‌های سال را به خوبی تشخیص داده و سازوکارهای انطباقی مرتبط را در پیش گیرند. با شروع فصل پاییز گیاهان به کمک برگ‌های خود کوتاه شدن طول روز را درک کرده و با میانجی‌گری کلسیم پیام‌های مرتبط با این رخداد طبیعی صادر می‌گردد. مهم‌ترین این پیام‌ها احیاء دوباره روابط منبع-مخزن و تجزیه و بازگشت مواد ذخیره‌ای از برگ به شاخه و ریشه، کاهش آب سلولی، سنتز و تجمع متابولیت‌ها و اسمولیت‌های مختلف و تولید هورمون آبسیزیک اسید(ABA) می‌باشد. آبسیزیک اسید با حل نمودن پکتین لایه سواگر موجب جدا شدن سلول‌های پایین دمبرگ و در نهایت ریزش برگ با جدا شدن آوندها از شاخه می‌گردد. همچنین فعال شدن مسیرهای انتقال پیام دو هورمون آبسیزیک اسید و اتیلن با کمک فیتوکروم‌ها[۲]نقشی اساسی در القاء دوره رکود دارد (روتینک و همکاران، ۲۰۰۷). فیتوکروم‌ها، جایگاه‌های گل‌دهی[۳]و کنستانس‌ها[۴]نقش مهمی در درک طول روز توسط گیاه ایفا کرده و ساعات دقیق بیولوژیکی آن محسوب می‌گردند (ایونسکو و همکاران، ۲۰۱۷). معمولاً پس از ریختن ۵۰ درصد از برگ‌ها و کاهش متوسط دمای روزانه به کمتر از ۱۲ درجه سانتی‌گراد پیام‌های رکود آغاز گشته و کم کم درختان به خواب زمستانی فرو می‌روند. این رخداد طبیعی سبب افزایش تحمل گیاهان در برابر سرمای زمستان می‌گردد و به‌عنوان یک استراتژی تطبیقی جهت جلوگیری از خسارت سرما، امری ضروری است.

با کوتاه شدن طول روز و خنک شدن هوا در ابتدای فصل پاییز درختان وارد یک دوره رکود اولیه می‌گردند. در این دوره بسیاری از ترکیبات و پیش‌ماده‌های بیوشیمیایی و مسیرهای متابولیسمی جهت شروع خواب زمستانی گیاه تولید و احیاء می‌گردند. اما این مرحله به راحتی با گرم شدن هوا برگشت‌پذیر بوده و پایدار نیست. دوره دوم رکود که با تجمع بیشتر این مواد بیوشیمیایی و رسیدن به یک حد آستانه مشخص آغاز می‌گردد، غیرقابل برگشت بوده و تحت‌تاثیر نوسانات دمایی کوتاه مدت قرار نمی‌گیرد (شکل ۱۵). بنابراین گرم شدن دوره‌ای هوا در طول پاییز و زمستان نمی‌تواند منجر به شکست خواب زمستانه و شروع دوره شکفتن شود. بلکه آغاز شکفتن

---

۱ Abscisic acid (ABA)

۲ Phytochromes

۳ Flowering Locus

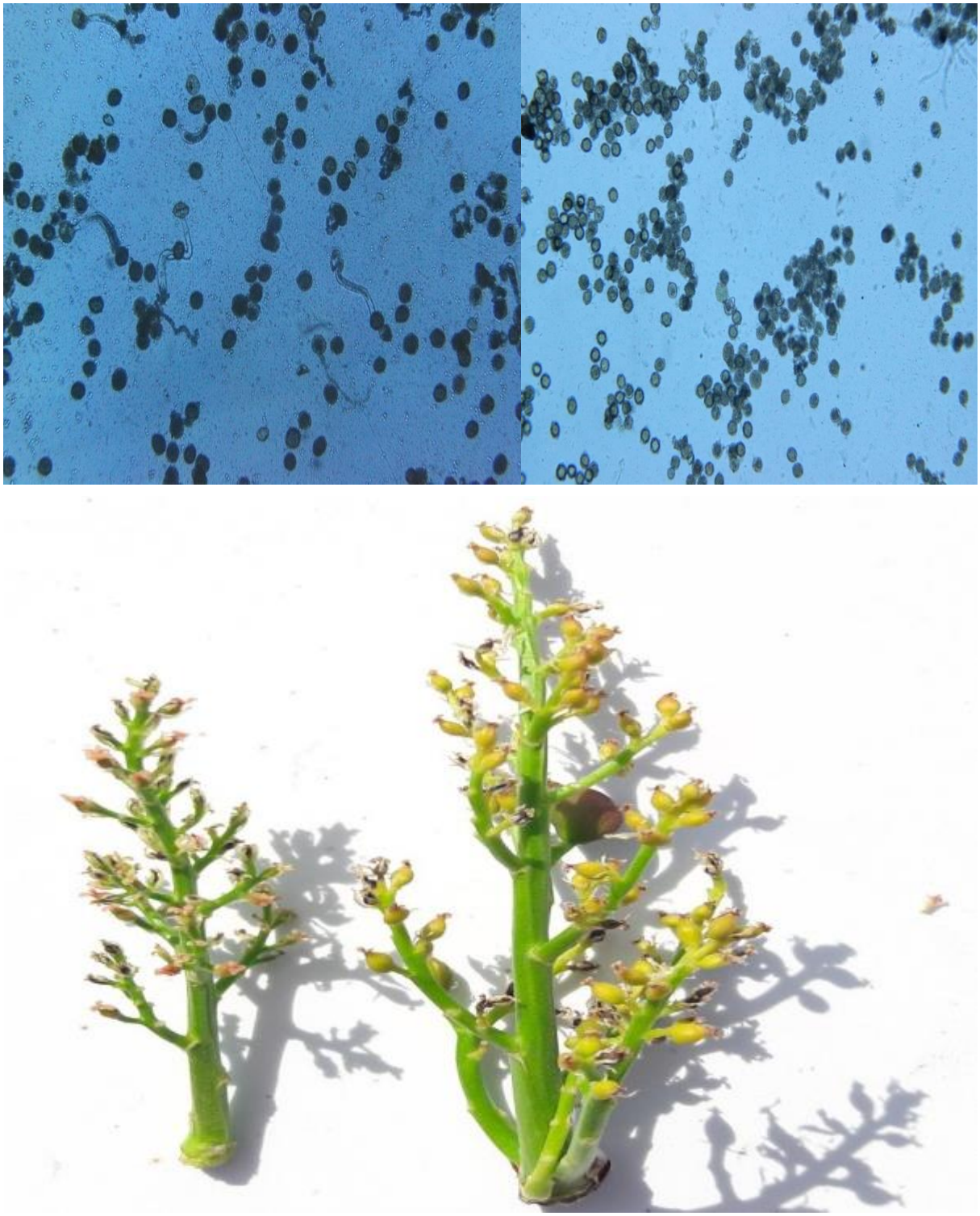
۴ CONSTANS

و گل‌دهی نیازمند طی یک دوره رکود و خواب مناسب می‌باشد که جزء با تجمع ساعت سرد و تأمین نیاز سرمایی میسر نمی‌گردد. بنابراین نیاز سرمایی به حداقل دریافت هوای سرد موثری طی دوره رکود که پس از آن یک درخت از خواب زمستانی بیدار شده، شکوفه داده و اصطلاحاً سبز می‌گردد اطلاق می‌شود. این حداقل دمای سرد از زمانی که جوانه‌ها به طور کامل در خواب باشند محاسبه می‌گردد و در گونه‌ها و ارقام مختلف متفاوت است. دماهای موثر برای تأمین نیاز سرمایی در مدل ساده بین ۰ تا ۷/۲ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. اگرچه برخی منابع مؤثرترین دماها را بین ۵ تا ۷/۲ می‌دانند (اریز و همکاران ۱۹۷۹، اروارا و همکاران ۲۰۰۳).

شکل ۱۵. الف) آغاز دوره رکود یا خواب اولیه که با شروع فصل پاییز و کوتاه شدن طول روز اتفاق می‌افتد؛ ب) دوره رکود ثانویه یا خواب عمیق که با تجمع مواد بیوشیمیایی و پس از رکود اولیه آغاز می‌گردد.

۲-۲- سازوکارها و اهمیت نیاز سرمایی

شروع دوره خواب و عمق آن وابستگی شدیدی به القاء سیگنال‌های محیطی به ویژه طول روز، دما و میزان تجمع متابولیت‌های ایجاد کننده سازگاری به سرما دارد. نوسانات دمایی می‌توانند تاثیر زیادی بر فاکتور دما داشته باشد که بسیاری از جنبه‌های آن در گیاهان چندساله ناشناخته است. کاهش تدریجی دما نیز می‌تواند سبب ایجاد خواب عمیق و افزایش میزان نیاز سرمایی در گیاهان گردد. در واقع رکود با توقف نخستین مرحله رشدی (G_1) از میتوز چرخه سلولی مانع توسعه و رشد جوانه‌های رویشی می‌گردد و تأمین ساعات نیاز سرمایی سبب شکست این رکود و رشد مجدد سلول‌ها می‌شود. خروج از این خواب زمستانه و دوره رکود علاوه بر تأمین نیاز سرمایی نیازمند دو عامل اساسی دیگر یعنی طول روز و دما نیز هست. بنابراین پس از تأمین نیاز سرمایی افزایش طول روز و دما مسبب شروع گلدهی و رشد گیاه می‌گردند (اندرسون، ۲۰۱۵). محمد و همکاران (۲۰۱۰) و یردانوف و همکاران (۲۰۱۴) تنظیم زمان خواب و بیداری به همراه کنترل رشد رویشی در زمان آغاز گل‌دهی را مهم‌ترین و پراهمیت‌ترین عامل در حفظ محصول و تولید بیوماس در درختان میوه، خشکبار و جنگلی دانستند که بیانگر اهمیت بالای تأمین نیاز سرمایی جهت تولید گل و میوه برای درختان خزان‌دار است. در صورت عدم تأمین نیاز سرمایی، شکست خواب و بیداری جوانه‌ها انجام نخواهد شد و یا به صورت جزئی و ضعیف صورت خواهد گرفت. مهم‌ترین پیامد این رخداد، گل‌دهی ناقص و غیریکنواخت و به دنبال آن کاهش چشم‌گیر عملکرد خواهد بود. ارزیابی‌های انجام شده بر روی ساختمان گل‌های ماده و دانه‌های گرده در پژوهشکده پسته به وضوح آشکار ساخت که عدم تأمین نیاز سرمایی باعث کاهش طول عمر کلاله و دانه گرده و همچنین ضعف در قدرت‌جوانه‌زنی و رشد لوله گرده می‌گردد. این پدیده سبب ریزش گل و میوه و یا تولید میوه‌های پارتنوکارپ و پوک می‌شود (شکل ۱۶).



شکل ۱۶. قدرت جوانه‌زنی پایین دانه‌های گرده و رشد نامناسب لوله گرده طی سال‌های اخیر، یکی از نتایج عدم تامین نیاز سرمایی درختان پسته می‌باشد که سبب کاهش کارایی فرآیند گرده‌افشانی و تلقیح و به دنبال آن ریزش گل‌ها و افزایش پوکی می‌گردد.

پژوهش‌های متعددی نشان داده‌اند که توسعه و تکامل میکروسپورها و مگاسپورها که به ترتیب منابع تولید دانه‌های گرده و تخمک می‌باشند طی دوره سرما اتفاق می‌افتد. همچنین تکامل ساختار گل‌ها به ویژه گل‌های ماده و ارتباط آوندی بین جوانه گل و شاخه در اواخر زمستان تکمیل گردیده و ارتباط تنگاتنگی با تأمین نیاز

سرمایی دارد. این مرحله از تکامل اندام جنسی نر و ماده هم زمان با مرحله تورم و اصطلاحاً بزرگ شدن جوانه‌های گل صورت می‌گیرد. بنابراین ریزش بسیاری از جوانه‌های گل در این مرحله و یا هنگام شروع شکوفایی و گل‌دهی می‌تواند به دلیل تکامل ناقص گل‌ها و عدم برقراری ارتباط آوندی مناسب در صورت عدم تأمین نیاز سرمایی باشد (شکل ۱۷). نتیجتاً سرما علاوه بر رفع موانع رشد و شکوفایی، عاملی کلیدی در تکامل جوانه‌های گل در طول فصول سرد سال می‌باشد که بیانگر اهمیت آن در چرخه سالانه گیاه و تولید محصول است.

شکل ۱۷. عدم تکامل جوانه‌های گل و ارتباط آوندی بین آنها و شاخه واصله در رقم اکبری به دلیل عدم تأمین نیاز سرمایی که موجب ضعف و ریزش جوانه‌های گل می‌گردد.

لونا و همکاران (۱۹۹۰) و ژانگ و همکاران (۲۰۱۴) اظهار داشتند که جوانه‌های رویشی انتهایی قبل از ورود به خواب زمستانی نمو خود را کامل می‌نمایند اما فرآیند تکامل جوانه‌های گل در طول دوره سرما ادامه یافته و تنها جوانه‌هایی که این چرخه تکامل را به پایان رسانده‌اند در انتهای فصل توانایی رشد و تبدیل شدن به گل و میوه را دارند. علاوه بر این در صورت عدم تأمین نیاز سرمایی، رشد رویشی به دلیل عدم تکامل جوانه‌های گل بر رشد زایشی پیشی گرفته و گل‌ها ریزش می‌یابند. اگرچه جوانه‌های انتهایی قبل از شروع دوره سرما تکامل می‌یابند اما جوانه‌های جانبی همانند زایشی در طول دوره سرما توسعه یافته و همین امر دلیل ایجاد پدیده غالبیت انتهایی در گیاهان است. علاوه بر اینکه ارقام و گونه‌های مختلف دارای نیاز سرمایی متفاوتی هستند، بافت‌ها و اندام‌های مختلف گیاهی نیز از نیاز سرمایی متفاوتی برخوردار می‌باشند. برای مثال جوانه انتهایی دارای نیاز سرمایی پایین‌تری نسبت به جانبی است و اگر این نیاز تأمین نشود بخشی از غالبیت انتهایی کاهش یافته و شاهد رشد

جوانه‌های جانبی زیادی خواهیم بود که این موضوع در پسته آشکارا دیده می‌شود (شکل ۱۸). علاوه بر جوانه‌های انتهایی، توسعه و تکامل پرچم‌ها نسبت به تخمدان از نیاز سرمایی کمتری برخوردار است. همین موضوع سبب گردیده که مشکلات عدم تأمین نیاز سرمایی در درختان ماده بیشتر مشاهده گردد.

تأمین نیاز سرمایی، فرآیند تبدیل جوانه‌های رویشی را به زایشی سرعت داده و سبب ایجاد جوانه‌های گل بیشتری در فصل بهار نیز می‌گردد. یکی از دلایل افزایش جوانه‌های رویشی درسال‌های اخیر که باغداران پسته‌کار اصطلاحاً و به اشتباه از آن به‌عنوان تبدیل جوانه‌های گل به برگ و شاخه یاد می‌کنند همین موضوع عدم تأمین نیاز سرمایی است. همانطور که پیش از این گفته شد درجه حرارت بالا در زمان تمایز این مشکل را دوچندان می‌نماید.

شکل ۱۸. پیشی گرفتن رشد رویشی بر زایشی (شکل الف) و کاهش غالبیت انتهایی (شکل ب) که سبب افزایش تعداد نرک‌ها، ضعف و ریزش جوانه‌های گل می‌گردد.

غیر یکنواختی و افزایش طول دوره گل‌دهی و برگ‌دهی از دیگر علائم عدم تأمین نیاز سرمایی است (شکل ۱۹). این یک واقعیت عمومی پذیرفته شده است که جوانه‌های روی یک درخت و یا حتی گل‌های داخل یک خوشه دارای نیاز سرمایی متفاوتی هستند. بنابراین عدم تجمع ساعات سرد مکفی سبب تعجیل و تأخیر در شکوفایی جوانه‌های با نیاز سرمایی پایین و بالاتر می‌گردد و طول دوره شروع تا پایان شکوفایی را افزایش می‌دهد. شایان توجه است که به همین دلیل، تأمین نیاز سرمایی بیش از حد مورد نیاز یک رقم سبب یکنواختی در گل‌دهی روی یک درخت و نیز در کل باغ شده و مفید واقع می‌گردد.

شکل ۱۹. ضعف و غیریکنواختی در گل‌دهی رقم کله‌قوچی در سطح باغ که به‌عنوان یکی از پیامدهای مهم عدم تأمین نیاز سرمایی درختان پسته محسوب می‌گردد.

همانطور که ذکر گردید، عدم تأمین نیاز سرمایی می‌تواند پیامدها و علائم متعددی در درختان میوه و ارقام مختلف پسته ایجاد کند که در ذیل به اختصار آورده شده است.

- تأخیر در گل‌دهی، برگ‌دهی و تکمیل کانوپی گیاهی
- گل‌دهی ناقص و غیریکنواخت که سبب افزایش طول دورهٔ گل‌دهی می‌گردد.
- ضعف و ریزش جوانه‌های گل
- اخلال در فرآیند گل انگیزی و تشکیل جوانه گل (شکل ۲۰ و ۲۱)
- کاهش طول عمر کلاله و دانه گرده
- ضعف در قدرت‌جوانه‌زنی و رشد لوله گرده
- ریزش و تنک شدن خوشه‌ها
- سه برگچه‌ای شدن برگ‌ها و ایجاد برگچه‌های غیر طبیعی (شکل ۲۲)
- ضعف برگ و خوشه و ریزش آنها در طول فصل رشد
- کاهش غالبیت انتهایی

- عدم رشد مناسب شاخه‌ها و ایجاد شاخه‌های نازک و ضعیف که افزایش عارضه سرخشکیدگی را به همراه دارد.
- کاهش تعداد و فاصله میانگره‌ها
- تسریع فرآیند پیری درختان و القاء پیری زودرس در بلند مدت با کاهش قدرت زنده‌مانی شاخه‌های جدید
- افزایش عارضه قرمزی و ریز برگی
- خشک شدن جوانه‌های انتهایی
- اخلال در جذب و متابولیسم عناصر غذایی

مجموع این پیامدها می‌توانند سبب کاهش ارزش و درآمد اقتصادی باغات در کوتاه و بلند مدت گردد.

شکل ۲۰. عدم تأمین نیاز سرمایی سبب اخلال در فرآیند گل‌انگیزی و تشکیل جوانه گل برای سال آینده به ویژه در ارقام دیرگل می‌گردد (شکل الف)؛ اما ارقام با نیاز سرمایی پایین با تکمیل فرآیند گل‌انگیزی می‌توانند جوانه گل مناسبی تولید نمایند (شکل ب). دماهای بالای اول فصل نیز نقش موثری در اخلال در این فرآیند دارند.

شکل ۲۱. برخی اختلالات در فرآیند تمایز جوانه‌های زایشی (شکل الف و ب) و رویشی (شکل ج و د) ناشی از عدم تأمین نیاز سرمایی و تهیجات هورمونی

شکل ۲۲. گسترش عارضه قرمزی، مواج و غیرطبیعی شدن برگ‌ها از جمله علائم عدم تأمین نیاز سرمایی درختان پسته محسوب می‌گردد (جوانشاه، ۲۰۱۰).

مریستم‌های ریشه درختان چوبی نیز با شروع فصل سرما وارد یک دوره رکود می‌شوند اما بر خلاف مریستم‌های رویشی و زایشی اندام‌های هوایی، شکست خواب در ریشه بیشتر تحت تاثیر دمای محیط بوده و کمتر از تأمین نیاز سرمایی تاثیر می‌پذیرد. بنابراین گرم شدن هوا و افزایش دمای خاک در اواخر زمستان و اوایل بهار عامل اصلی بیداری و شروع مجدد فعالیت ریشه می‌باشد (رین و همکاران ۲۰۱۱).

۳-۲- تاثیر نوسانات دمایی بر تأمین نیاز سرمایی در مدل‌های محاسباتی

اهمیت نیاز سرمایی در فرآیند گل‌انگیزی و گل‌آوری سبب توسعه مدل‌های مختلفی جهت تخمین ساعات سرد تجمع یافته در طول دوره رکود گردیده است. هر یک از این مدل‌ها از الگوهای تعریف شده معینی پیروی می‌کنند. در مدل معمولی تأمین نیاز سرمایی، دمای موثر بین ۰ تا ۷/۲ درجه سانتی‌گراد با ضریب تجمعی ۱ تعریف شده است و سایر دماهای خارج از این محدوده بی‌تاثیر در نظر گرفته می‌شوند. در مدل متداول یوتا موثرترین دماها بین ۹/۱-۲/۴ قرار داشته و دارای ضریب تاثیر برابر ۱ می‌باشند. بهترین دما در این مدل برابر ۷ است. شایان توجه است که دماهای بالاتر از ۱۵/۹ دارای وزن منفی بوده و سبب کاهش و خنثی‌سازی ساعات سرد تجمع یافته در طول پاییز و زمستان می‌گردند (جدول ۱). مدل یوتا بیشتر برای مناطق معتدل و سردسیری توصیه می‌شود. مدل دینامیکی که برای مناطق نیمه‌گرمسیری توصیه می‌شود معتقد است که اثر دماهای سرد می‌تواند تحت تاثیر دماهای گرم قرار گیرد. در مدل‌های ساده و یوتا دماهای یکسان در زمان‌های متفاوت دارای ضریب برابری هستند. اما در مدل دینامیکی یک تسلسل دمایی در نظر گرفته شده است و دماهای مختلف در زمان‌های مختلف می‌توانند اثرات متفاوتی روی تأمین نیاز سرمایی داشته باشند (لودلینگ ۲۰۱۲). با این حال به دلیل اثرات متقابل دماهای مختلف بر یکدیگر در مراحل مختلف فنولوژیکی گیاه، تخمین میزان نیاز سرمایی برطرف شده بر مبنای مدل‌های تعریف شده پیچیده و دارای جنبه‌های ناشناخته متعددی می‌باشد. نوسانات دمایی شبانه روزی و دوره‌ای که یکی از ویژگی‌های مناطق پسته‌خیز کشور می‌باشد نیز بر این پیچیدگی افزوده و یک تخمین صحیح از میزان نیاز سرمایی برطرف شده را با دشواری‌های مضاعفی روبرو گردانیده است.

پژوهش‌های متعددی تایید کننده این موضوع است که دوره‌های متناوب دمایی در طول دوره رکود اثر مخرب و خنثی کننده بر تأمین نیاز سرمایی به ویژه در ابتدای دوره دارد. بنت (۱۹۴۹) نشان داد که چند ساعت دمای بالای ۲۲/۸ درجه سانتی‌گراد در یک روز می تواند ۱۸ ساعت سرمای تجمع یافته در همان روز را خنثی سازد. اورکش و کمپبل (۱۹۵۵) نیز اظهار داشتند ۸ ساعت دمای بالای ۲۱ درجه می‌تواند بیش از ۸ ساعت دمای تجمع یافته در محدوده ۴ درجه را خنثی نماید. شلتوت و اونراس (۱۹۸۳) با ترسیم مدل نیاز سرمایی پایین نشان دادند که ۱ ساعت دمای بالای ۲۳/۳ باعث حذف ۲ ساعت نیاز سرمایی تأمین شده می‌گردد.

توجه به این نکته ضروری است که گل‌دهی و سبز شدن درختان در اواخر زمستان و اوایل بهار نیازمند هر سه مؤلفه یعنی نیاز سرمایی، دما و طول روز می‌باشد. بنابراین علاوه بر تأمین نیاز سرمایی باید طول روز و دما در حد مطلوب باشند تا شکوفایی آغاز گردد و صرفاً تأمین نیاز سرمایی به تنهایی کافی نیست. به طور معمول پس از تأمین نیاز سرمایی و هنگامی که طول روز به بیش از ۱۳ ساعت و متوسط دمای روزانه به ۲۰ تا ۲۴ درجه سانتی‌گراد برسد فرآیند شکست خواب زمستانی آغاز می‌گردد و جوانه‌های گل شروع به باز شدن می‌کنند.

جدول ۱. ضریب تاثیر دماهای مختلف هوا در تأمین نیاز سرمایی در مدل‌های مختلف

ارزش واحد سرمایی	نوع مدل			
	یوتا (°C)	یوتا مثبت (°C)	شلتوت و اونراس (°C)	گیلارتوبوچانان(°C)
۰	T≤ ۱/۴	T≤ ۱/۴	-۱/۱	-۱
۰/۵	۱/۴ <T ≤ ۲/۴	۱/۴ <T ≤ ۲/۴	۱/۶	۱/۸
۱	۲/۴ <T≤ ۹/۱	۲/۴ <T≤ ۹/۱	۷/۲	۸
۰/۵	۹/۱ <T ≤ ۱۲/۴	۹/۱ <T ≤ ۱۲/۴	۱۳	۱۴
۰	۱۲/۴ <T ≤ ۱۵/۹	T≥۱۲/۴	۱۶/۵	۱۴
-۰/۵	۱۵/۹ <T ≤ ۱۸	-	۱۹	۱۷
-۱	T≥۱۸	-	۲۰/۷	۱۹/۵
-۱/۵	-	-	۲۲/۱	۲۱/۵
-۲	-	-	۲۳/۳	-

۴-۲- تاثیر نیاز سرمایی بر گونه‌های مختلف جنس پسته

هاشمی نسب و همکاران (۱۳۹۷) به منظور درک بهتر تاثیرپذیری آینده پسته ایران از تغییرات آب و هوایی اخیر به مطالعهٔ صفات کمی و کیفی مختلف در گونه‌های مختلف جنس پسته طی سال‌های ۹۵ تا ۹۷ پرداختند. از آنجا که گونه‌های مختلف جنس پسته دارای صفات و ویژگی‌های منحصر به فردی بوده و از تنوع ژنتیکی گسترده‌ای برخوردارند، مطالعه واکنش و تاثیرپذیری آنها از تغییرات جوی اخیر می‌تواند کمک دوچندانی به درک بهتر این موضوع نماید. نتایج بدست آمده به خوبی نشان داد که ژنوتیپ‌های نر و ماده اینتگریما، خنجوک و زودگل‌های اهلی، بنه و آتلانتیکا کمتر تحت تاثیر شرایط جوی اخیر قرار گرفته و بیشترین عملکرد و جوانه‌گل برای آینده را تولید نمودند. در این مطالعه گونه‌های دیرگل شامل بنه، بنه باغی، فلسطینی، تربینتوس و اهلی دیرگل بیش از سایرین از شرایط اخیر تاثیر پذیرفته و با کاهش شدید عملکرد روبرو گردیدند. ارزیابی شاخص‌های کمی و کیفی گل‌آذین نر گونه‌های مختلف تایید کرد که گونه‌های دیرگل علاوه بر کاهش معنی‌داری در تعداد گل و حجم دانه گرده از قدرت جوانه‌زنی و مدت زمان زنده‌مانی پایین‌تری نیز برخوردار بودند (شکل ۲۳).

پژوهش حاضر به خوبی تاثیرپذیری گونه‌های مختلف جنس پسته از تغییرات آب و هوایی و به ویژه افزایش گرمایش زمین و در نتیجه عدم تأمین نیاز سرمایی در سال‌های اخیر را نشان داد. نویسندگان اظهار داشتند که با توجه به روند افزایش دما در سال‌های اخیر پیش‌بینی شدت عارضه در سال‌های پیش‌رو دور از انتظار نیست و پیشنهاد نمودند که در چنین شرایطی جایگزینی و گسترش ارقام با نیاز سرمایی پایین‌تر بهترین راهکار جهت کاهش اثرات منفی تغییرات اقلیمی اخیر بوده و باید در رأس برنامه‌های اصلاحی پسته کشور قرار گیرد.

شکل ۲۳. پیامدهای عدم تأمین نیاز سرمایی در گونه‌های مختلف جنس پسته که موجب اخلال در فرآیند گل‌انگیزی و گل‌آوری گردیده است. الف) اینتگریمای نر زودگل، ب) بنه نر دیرگل، ج) فلسطینی ماده دیرگل و د) آتلانتیکای ماده زودگل

فصل سوم: راهکارهای تأمین نیاز سرمایی و کاهش پیامدهای آن

نیاز سرمایی با تجمع ساعات سرد در طول دوره خواب زمستانی گیاه به طور طبیعی برطرف گردیده و گل‌دهی آغاز می‌گردد. این نیاز سرمایی در ارقام تجاری پسته کشور متفاوت بوده و بین ۶۰۰ تا ۱۲۰۰ ساعت محاسبه شده است. همانطور که پیش از این ذکر گردید گرمایش اقلیم در سال‌های اخیر منجر به مشکلات عدیده‌ای از جمله عدم تأمین نیاز سرمایی ارقام پسته به ویژه ارقام با نیاز سرمایی بالا شده که پیامدهای آن با اخلال در فرآیند گل‌انگیزی و گل‌آوری به‌خوبی ملموس است. نوسانات دمایی در طول پاییز و زمستان به‌ویژه از زمان شروع تورم جوانه‌های زایشی تا آغاز گل‌دهی نیز بر تبعات این رخداد اقلیمی افزوده و آن را به یکی از مهم‌ترین چالش‌های اخیر صنعت پسته کشور مبدل نموده است. علاوه بر تأمین نیاز سرمایی با تجمیع ساعات سرد سال، راهکارهای متعدد نیز وجود دارد که می‌تواند بخشی از این نیاز سرمایی را جبران و اثرات مخرب آن بر عملکرد را تعدیل نماید. بنابراین به کارگیری راهکارهای مختلف فنی-مدیریتی که در ادامه آورده شده است، جهت رفع بخشی از نیاز سرمایی و کاهش پیامدهای منفی آن ضروری به‌نظر می‌رسد.

۱-۳- تخمین دقیق میزان نیاز سرمایی تأمین شده

تخمین دقیق میزان نیاز سرمایی برطرف شده، اولین و مهم‌ترین گام در مدیریت این چالش محیطی است. زیرا سایر اقدامات فنی-مدیریتی باید هماهنگ با این میزان ساعات سرد تجمع یافته صورت پذیرد. تخمین دقیقی که با واقعیت موجود بیشترین مطابقت را داشته باشد به دلیل نوسانات دمایی و اثرات متقابل آنها بر مراحل فنولوژیکی گیاه کاری پیچیده و از عوامل متعددی تاثیر می‌پذیرد. بنابراین تعیین بهترین مدل و تطبیق و بهینه‌سازی آن با واقعیت موجود، امری ضروری است که بدون توجه به آن نمی‌توان اقدام عملی موثری انجام داد. همچنین تعیین زمان ورود گیاه از رکود اولیه به خواب عمیق که با تجمع ساعات سرد موثر هم‌زمان است، نقشی کلیدی در تخمین صحیح میزان ساعات تأمین نیاز سرمایی دارد (شکل ۲۴).

شکل ۲۴. رویش مجدد برگ‌های جدید پس از خزان اولیه در فصل پاییز در اثر محرک‌های محیطی از جمله گرم شدن هوا، آبیاری و استفاده از کودهای ازته از نشانه‌های عدم ورود درختان به خواب عمیق و تجمیع ساعت سرد موثر می‌باشد.

۲-۳- انتخاب ارقام با نیاز سرمایی پایین

انتخاب ارقام مناسب که از نیاز سرمایی پایینی برخوردار باشند، پایدارترین و اقتصادی‌ترین روش جهت مقابله با پیامدهای گرمایش جهانی در سراسر دنیا محسوب می‌گردد. رکود در این ارقام با تجمع ساعات سرد کمتری شکسته شده و شکوفایی آغاز می‌گردد. وجود غنی‌ترین ذخائر ژرم‌پلاسم پسته جهان در کشورمان ایران، فرصتی بی‌نظیر برای اصلاحگران جهت شناسایی و ایجاد ارقام با نیاز سرمایی پایین را فراهم نموده است که با بهره‌گیری از آنها می‌توان بر بسیاری از چالش‌های کنونی صنعت پسته کشور غلبه نمود. ارقام و ژنوتیپ‌های نر و ماده متعددی توسط پژوهشکده پسته کشور شناسایی گردیده است که از نیاز سرمایی پایینی برخوردار بوده و با شرایط اقلیمی اخیر سازگاری مناسبی دارند. این ارقام در حال ارزیابی‌های تکمیلی جهت معرفی به باغداران می‌باشند (شکل ۲۵).

ارزیابی‌های انجام شده روی ارقام تجاری موجود در برخی نقاط کشور نشان داده است که رقم احمدآقایی از سازگاری بیشتری با شرایط آب و هوایی اخیر برخوردار بوده و ارزش اقتصادی بالاتری در هکتار داشته است. با این وجود لازم است که ارزیابی‌های سازگاری ارقام در هر منطقه انجام و بهترین رقم معرفی گردد.

شکل ۲۵. مقایسه گل‌دهی و تشکیل میوه ارقام نر و ماده دیرگل (دارای نیاز سرمایی بالا، سمت چپ تصویر) با ارقام زودگل و سازگار با شرایط آب و هوایی اخیر کشور (دارای نیاز سرمایی پایین، سمت راست تصویر) در سال ۱۳۹۶

۳-۳- القاء دوره رکود

از جمله پیامدهای تغییر اقلیم، افزایش متوسط دمای هوا و تعداد روزهای گرم سال و به تبع آن کاهش تعداد روزهای سرد و کوتاه شدن طول دوره سرما در پاییز و زمستان می‌باشد که تغییر در فنولوژی گیاهی و رکود دیرهنگام درختان میوه به‌ویژه در مناطق گرمسیری و نیمه‌گرمسیری را به همراه داشته است. علاوه بر این تأخیر در شروع دوره رکود و ورود تدریجی به آن می‌تواند سبب افزایش عمق خواب و به دنبال آن افزایش میزان نیاز سرمایی گردد. بنابراین مدیریت باغی جهت القاء دوره رکود می‌تواند با افزایش طول این دوره در تأمین نیاز سرمایی و کاهش تبعات آن موثر باشد. قطع آبیاری و عدم استفاده از کودهای ازته با آغاز دورهٔ رکود اولیه که معمولاً در آبان ماه اتفاق می‌افتد راهکاری موثر در مدیریت خواب درختان پسته می‌باشد. پژوهش‌های متعددی نشان داده است که محدود کردن آبیاری و کودهای حاوی نیتروژن در پاییز می‌تواند سبب تعجیل در باز شدن گل‌ها پس از گرم شدن هوا در اواخر زمستان و بهار گردد. در واقع افزایش سطح هورمون آبسیزیک اسید که مهم‌ترین هورمون در القاء دوره رکود محسوب می‌گردد همبستگی بالایی با طول روز و تنش خشکی دارد. کاهش طول روز و افزایش سطح خشکی نقش بسزایی در تولید این فیتوهورمون بازدارنده رشد دارد. در مقابل تجمع ساعات سرد در طول زمستان به همراه افزایش طول روز و گرمای هوا سبب کاهش سطح آن با نزدیک شدن به فصل بهار می‌گردد.

همچنین ریزش برگ‌ها به صورت مصنوعی با استفاده از ترکیبات مختلف نیز سبب القاء دوره رکود و شروع خواب زمستانی می‌گردد که این مورد در باغ‌های پسته در دست بررسی می‌باشد تا مزایا و معایب آن مشخص گردد. نتایج ضد و نقیض متعددی در مورد ریزش زودهنگام برگ و تاثیر آن بر افزایش و کاهش گل‌دهی در بهار وجود دارد که لزوم تحقیقات بیشتر را نمایان می‌سازد. آنچه مشخص است ریزش زودهنگام برگ در اواخر تابستان و همچنین هرس شدید پیش از شروع دوره رکود و خواب می‌تواند بر روند بیداری جوانه‌ها و تولید گل و میوه اثر سوء گذارد. شواهد متعددی وجود دارد که نشان می‌دهد رشد رویشی در انتهای فصل در درختان میوه سبب افزایش نیاز سرمایی و تأخیر در شکست خواب جوانه‌ها در سال بعد می‌گردد (شکل۲۶). این رشد رویشی مجدد می‌تواند حجم زیادی از مواد ذخیره‌ای گیاه که نقشی کلیدی در سازگاری آن طی دوره رکود و بیداری پس از آن بازی می‌کند را نیز مصرف نموده و مشکلات موجود را دوچندان نماید.

شکل ۲۶. رشد رویشی مجدد درختان در پاییز به دلیل زمان نامناسب آبیاری و استفاده از کود اوره

۴-۳- تغذیه و آبیاری مناسب

پژوهش‌های متعددی نشان داده است که آبیاری و تغذیه مناسب در شکست خواب جوانه‌ها، یکنواختی در گل‌دهی، تلقیح و تولید میوه نقشی کلیدی ایفا می‌نماید. ذخیره مناسب مواد غذایی در شاخه، تنه و ریشه و انتقال آنها به جوانه‌ها در انتهای دوره رکود نقشی مهم در تکامل ساختمان گل‌ها و شکفتن جوانه‌های گل دارد. آغاز گل‌دهی و تشکیل میوه در ابتدای فصل رشد نیازمند حجم بالایی از موادغذایی و انرژی است که در صورت وجود تغذیه متعادل، افزایش گل‌دهی و یکنواختی در آن را به همراه دارد. از میان عناصر غذایی روی، بر، ازت فسفر، پتاسیم و کلسیم نقش موثرتری در بیداری گیاهان دارند. همچنین آبیاری مناسب در اواخر دوره سرما به

همراه تخصیص کودهای ازته سبب تسریع در فرآیند شکست رکود جوانه‌ها می‌گردد. محلول‌پاشی نیترات پتاسیم و کودهای حاوی نیتروژن در تابستان نیز سبب بهبود فرآیند گل‌دهی در درختان میوه مختلف گردیده است. علاوه بر فرآیند بیداری و شکوفایی درختان، شروع دوره خواب و تجمع نیاز سرمایی همچنین نیازمند ذخیره حد آستانه‌ای از مواد غذایی از جمله کربوهیدرات‌ها، پروتئین‌ها، لیپیدها و ... می‌باشد. این مواد غذایی ذخیره شده نقش مهمی در افزایش سازگاری درختان به سرمای زمستان و کاهش خسارات این تنش محیطی بر عهده دارند که اهمیت تغذیه در روند خواب و بیداری گیاهان را بیش از پیش آشکار می‌سازد. دو عنصر فسفر و پتاسیم نقش مهمی در شروع دوره خواب با کوتاه شدن طول روز و کاهش دما در پاییز بازی می‌کنند.

علاوه بر مواد ذکر شده تغذیه متعادل نقش مهمی در افزایش تحمل گیاه به تنش‌های زیستی و غیرزیستی و همچنین نوسانات شبانه روزی و دوره‌ای دما دارد که این امر افزایش پایداری و سلامت گل‌های نر و ماده را به همراه دارد.

۵-۳- مدیریت هرس

شاید کمتر به ارتباط بین هرس و تأمین نیاز سرمایی درختان توجه کرده باشیم. اما هرس مناسب در رفع نیاز سرمایی و کاهش پیامدهای آن نقشی کلیدی دارد. انجام هرس‌های سنگین در طول تابستان و به ویژه پاییز که هنوز درختان به خواب عمیق فرو نرفته و به محرک‌های محیطی واکنش نشان می‌دهند می‌تواند نقش مخربی در رفع نیاز سرمایی داشته باشد و آثار سوء آن را افزایش دهد. هرس‌های سنگین باید در زمانی که گیاه وارد مرحله خواب عمیق گردیده است صورت گیرد تا در روند تجمع ساعات سرد موثر خللی ایجاد ننماید. همچنین حذف نرک‌ها (ناخنک‌ها) و خلوت نمودن تاج گیاه با هرس شاخه‌های اضافه به‌ویژه در مرکز تاج، نقشی موثر در رفع نیاز سرمایی دارد. این عمل سبب افزایش تجمع و ذخیره‌سازی مواد غذایی در شاخه‌های باقی‌مانده و کاهش رقابت درون کانوپی درخت گردیده و موجب گل‌دهی مناسب و هماهنگ در بهار می‌گردد.

۶-۳- مواد شیمیایی

علاوه بر موارد فنی-مدیریتی ذکر شده استفاده از ترکیبات شیمیایی که سبب شکست دوره رکود می‌گردند، یکی از پرکاربردترین روش‌های رفع نیاز سرمایی است که در بسیاری موارد اجتناب از آنها امکان‌پذیر نمی‌باشد. تا به امروز ترکیبات متعددی که سبب تسریع در شکست خواب جوانه‌های گیاه می‌گردد، معرفی شده است که برخی از آنها در صنعت پسته کشور نیز بکار گرفته می‌شوند. این ترکیبات با بهبود و یا فعال نمودن برخی فعل‌و-انفعالات بیوشیمیایی گیاه از جمله افزایش تنفس و یا تاثیر بر افزایش و کاهش بیان برخی ژن‌ها و عوامل رونویسی سبب تسریع در شکست خواب جوانه‌ها و بیداری گیاه می‌گردند. نیترات پتاسیم، روغن‌های معدنی و نباتی امولسیون شونده از جمله مهم‌ترین ترکیبات شیمیایی مورد استفاده در باغ‌های پسته می‌باشند. به تازگی نیز

دورمکس که محلول آبی حاوی ۵۲۰ گرم سیانامید هیدروژن در لیتر می‌باشد به جمع این ترکیبات اضافه شده است.

نتیجه‌گیری

آنچه مسلم است زمین در معرض تغییرات آب و هوایی ناشی از گرمایش جهانی قرار دارد. پیش‌بینی می‌شود که با توجه به روند افزایشی گازهای گلخانه‌ای این تغییر اقلیم در سال‌های پیش‌رو جدی‌تر و اثرات سوء آن بیشتر شود. منطقه خاورمیانه و کشورمان ایران به دلیل واقع شدن در نواحی خشک و نیمه‌خشک جهان تاثیر بیشتری از این گرمایش جهانی می‌پذیرد. تغییرات اقلیمی مسبب ایجاد مشکلات عدیده‌ای از جمله عدم تأمین نیاز سرمایی، عدم ریزش نزولات آسمانی در طول پاییز و زمستان و نوسانات شدید دمایی حاصل از آن، نوسانات دوره‌ای دما در زمان تورم جوانه‌های گل، افزایش و کاهش ناگهانی دما در زمان گرده‌افشانی و تلقیح گل‌ها و افزایش روزهای گرم و سوزان تابستانی در بسیاری از مناطق پسته‌خیز کشور و در نهایت کاهش قابل توجه‌ای در کمیت و کیفیت محصول این طلای سبز ایران گردیده است. سرعت این تغییرات جوی طی یک دهه اخیر به طور ملموسی افزایش یافته به‌طوری که حجم زیادی از باغ‌های پسته کشور از این ناملایمات جوی خسارت دیده‌اند. یقیناً کشاورزان قادر به تغییر یا کنترل شرایط اقلیمی در سطح وسیعی نیستند اما مدیریت مناسب و همسو با این دگرگونی‌های طبیعی قطعاً در کاهش عارضه‌های پیش رو مفید واقع خواهد شد. اهمیت رعایت اصول فنی-مدیریتی و به‌کارگیری اصول علمی باغداری به ویژه در استفاده از نهاده‌ها در کنار انتخاب ارقام و پایه‌های مناسب و سازگار با شرایط کنونی جهت کاهش اثرات سوء این تغییرات جوی بیش‌تر از قبل احساس می‌شود. امید آن است که باغداران عزیز با به‌کار بستن روش‌های نوین علمی در مدیریت باغ خود اثرات مخرب این ناملایمات اقلیمی را کاهش و ارزش اقتصادی باغ‌های خود را بهبود بخشند، ان‌شاءالله.

مهم‌ترین پیام نشریه

اگرچه باغداران قادر به تغییر یا کنترل شرایط اقلیمی در سطح وسیعی نیستند اما مدیریت مناسب و همسو با این دگرگونی‌های طبیعی در کاهش عارضه‌های ناشی از تغییر اقلیم مفید واقع خواهد شد. بنابراین رعایت و به‌کارگیری اصول صحیح فنی-مدیریتی باغداری جهت کاهش اثرات سوء این تغییرات جوی بیشتر از قبل احساس می‌گردد.

منابع:

سبزی‌پرور، ع‌ا. و نوروز ولاشدی، ر. ۱۳۹۵. اثر تغییر اقلیم بر روند تأمین نیاز سرمایی گیاهان خزان‌دار (مطالعه موردی استان همدان). جلد ۲۹. شماره ۳. صفحه ۳۵۸-۳۶۷.

علیزاده، ا. ۱۳۸۷. اصول هیدرولوژی کاربردی. انتشارات دانشگاه امام رضا (ع)، چاپ بیست و پنجم، فصل ۷. صفحه ۲۸۶-۲۸۵.

مهرنژاد، م. ۱۳۸۱. پسیل پسته و سایر پسیل‌های مهم ایران .سازمان تحقیقات وآموزش کشاورزی، تهران .

هاشمی نسب، ح.، رفیعی دولت آبادی، ع.، تاج آبادی پور، ع.، اسماعیل پور، ع.، جوانشاه، ا. و اسماعیلی رنجبر، ع. ۱۳۹۶. بررسی ارتباط بین تغییرات آب و هوایی اخیر و عارضه ریزش میوه در ارقام تجاری پسته ایران. گزارش موردی. پژوهشکده پسته. ۱۰ صفحه.

هاشمی نسب، ح.، اسماعیل پور، ع.، جوانشاه، ا. و قاسمی، م. ۱۳۹۷. مطالعه تاثیرپذیری آینده پسته ایران از تغییرات آب و هوایی اخیر با استفاده از گونه‌های مختلف جنس پسته. دومین همایش ملی پسته ایران. دانشگاه ولیعصر (عج). رفسنجان. ایران.

Amiri, MJ. and Eslamian SS. 2010. Investigation of climate change in Iran. Journal of Environmental Science and Technology. 3: 208-216.

Anderson, JV. 2015. Advances in Plant Dormancy. Springer Cham Heidelberg New York Dordrecht London. 311 pp.

Arora, R., Rowland LJ. and Tanino K. 2003. Induction and release of bud dormancy in woody perennials: a science comes of age. Hort. Science. 38:911-921.

Baldocchi, D. and Wong S. 2008. Accumulated winter chill is decreasing in the fruit growing regions of California. Clim. Change. 87(1):153-166.

Bennett, JP. 1949. Temperature and bud rest period. Calif. Agr. 3(11): 9-12.

Campoy, JA., Ruiz D. and Egea J. 2010. Effects of shading and thidiazuron + oil treatment on dormancy breaking, blooming and fruit set in apricotina warm-winter climate. Sci. Hortic.125: 203-210.

Christensen, JH., Hewitson B., Busuioc A., Chen A., Gao X., Held I., Jones R., Kolli RK., Kwon WT., Laprise R., Maga˜na Rueda V., Mearns L., Menéndez CG., Räisänen J., Rinke A., Sarr A. and Whetton P. 2007. Regional climate projections. In: Solomon, S., Qin, D., Manning, M., Chen, Z., Marquis, M., Averyt, K.B., Tignor, M., Miller, H.L. (Eds.), Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge UP, Cambridge, UK.

Erez, A., Couvillon A. and Hendershott CH. 1979. Quantitative chilling enhancement and negation in peach buds by high temperatures in a daily cycle. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 104: 536-540.

Fujisawa, M. and Kobayashi K. 2010. Apple (*Malus pumila* var. domestica) phenology is advancing due to rising air temperature in northern Japan. Glob. Change Biol. 16: 2651–2660.

Grab, S. and Craparo A. 2011.Advance of apple and pear tree full bloom dates in response to climate change in the south western Cape, South Africa: 1973 – 2009. Agric. Forest Meteorol. 151: 406-413.

Gray, SB. and Brady SM. 2016. Plant developmental responses to climate change. Developmental Biology, 419: 64-77.

Hartmann, DL., Klein Tank AMG., Rusticucci M., Alexander LV., Brönnimann S., Charabi Y., Dentener FJ., Dlugokencky EJ., Easterling DR., Kaplan A., Soden BJ., Thorne PW., Wild M. and Zhai PM. 2013. Observations: atmosphere and surface. In: Stocker, T.F., Qin, D., Plattner, G.-K., Tignor, M., Allen, S.K., Boschung, J., Nauels, A., Xia, Y., Bex, V., Midgley, P.M. (Eds.), Climate Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth As- sessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

Hirschi M., Stoeckli S., Dubrovsky M., Spirig C., Calanca P., Rotach MW., Fischer AM., Duffy B. and Samietz J. 2012. Downscaling climate change scenarios for apple pest and disease modeling inSwitzerland. Earth Syst Dynam 3: 33-47

Ionescu, IA., López-Ortega G., Burow M., Bayo-Canha A., Junge A., Gericke O., Møller BL. and Sánchez-Pérez R. 2017. Transcriptome and Metabolite Changes during Hydrogen Cyanamide-Induced Floral Bud Break in Sweet Cherry. Front. Plant Sci. 8: 1-17.

IPCC. 2014. Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 151 pp.

IPCC. 2018. Global Warming of 1.5°C (SR15): Special Report. IPCC, Geneva, Switzerland, 792 pp.

Jaramillo, J., Muchugu E. and Vega FE. 2011. Some like it hot: the in fl uence and implications of climate change on coffee berry borer (*Hypothenemus hampei*) and coffee production in East Africa. PLoS ONE 6:e24528. doi:10.1371/journal.pone.0024528.

Javanshah, J. 2010. Global warming affected some morphological characters of Pistachio trees (*Pistacia vera* L.). Scientific Report. 19 pp.

Karimi, V., Karami E. and Keshavarz M. 2018.Climate change and agriculture: Impacts and adaptive responses in Iran. Journal of Integrative Agriculture. 17(1): 1–15.

Loehle, C. and LeBlanc D. 1996. Model-based assessments of climate change effects on forests: a critical review. Ecological Modelling 90: 1-31.

Luedeling, E. 2012. Climate change impacts on winter chill for temperate fruit and nut production: a review. Sci. Hortic. 144: 218-29.

Luedeling, E., Gebauer J. and Buerkert A. 2009. Climate change effects on winter chill for tree cropswith chilling requirements on the Arabian Peninsula. Clim. Change. 96: 219 - 237.

Luna, V., Lorenzo E., Reinoso H., Tordable MC., Abdala G., Pharis RP. and Bottini R. 1990. Dormancy in peach (*Prunus persica* L.) flower buds. I. Floral morphogenesis and endogenous gibberellins at the end of the dormancy period. Plant Physiol. 93:20–25.

Miller-Rushing, AJ. and Primack RB. 2008. Global warming and flowering times in Thoreau's concord: a community perspective. Ecology. 89: 332-341.

Mohamed, R., Wang CT. and Ma C. 2010. Populus CEN/TFL1 regulates first onset of flowering, axillary meristem identity and dormancy release in Populus. Plant J. 62: 674-688.

NASA. 2015. Global climate change. S. Cole and D. Waller. https://climate.nasa.gov.

Overcash, JP. and Campbell JA. 1955. Daily warm periods and total chilling-hour requirements to break the rest in peach twigs. Proc. Amer. SOC. Hort. Sci. 66:87-92.

Ramírez, F., Davenport TL. and Fischer G. 2010. The number of leaves required for fl oral induction and translocation of the florigenic promoter in mango (*Mangifera indica* L.) in a tropicaclimate. Sci. Hortic. 123: 443-453.

Ramírez, F. and Kallarackal J. 2015. Responses of Fruit Trees to Global Climate Change. Springer Briefs in Plant Science. 42 pp.

Richardson, AD., Keenan TF., Migliavacca M., Ryu Y., Sonnentag O. andToomey M. 2013. Climate change, phenology and phenological control of vegetation feedbacks to the climate system. AgriculturalandForestMeteorology. 169: 156–173.

Rinne, PL., Welling A., Vahala J., Ripel L.,Ruonala R.,Kangasjärvi J. and Vander Schoot C. 2011. Chilling of dormant buds hyper induces FLOWERING LOCUS T and recruits GA1,3-inducible beta-glucanases to reopen signal conduits and release dormancy in Populus. Plant Cell. 23: 130-146.

Ruttink, T., Arend M., Morreel K., Storme V., Rombauts S., Fromm J., Bhalerao RP., Boerjan W. and Rohde A. 2007. A molecular timetable for apical bud formation and dormancy induction in poplar. Plant Cell. 19:2370-2390.

Saure, MC. 1985. Dormancy Release in Deciduous Fruit Trees. Horticultural Reviews. 7: 239-300.

Shaltout, AD. and Unrath CR. 1983.Rest completion prediction model for 'Starkrimson Delicious' apples. J. Amer. SOC. Hort. Sci. 108:957-961.

Yordanov, YS., Ma C., Strauss SH. and Busov VB. 2014. EARLY BUD-BREAK 1 (EBB1) is a regulator of release from seasonal dormancy in poplar trees. Proc Natl Acad Sci USA 201405621.

Zhang, L., Wang L., Li B., Whiting MD., Liu Z., Singer S., Xu W., Wang S. and Zhang C. 2014. The effect of hydrogen cyanamide on floral organ development of sweet cherry in a warm region.

Climate Change, Global Warming and Providing Chilling Requirement of Pistachio Trees: Challenges and Solutions

By

Hojjat Hasheminasab, Amanollah Javanshah, Bahman Panahi, Ali Esmailpour and Mostafa Ghasemi

پژوهشکده پسته
رفسنجان: میدان شهید حسینی
تلفن: ۰۳۴-۳۴۲۲۵۲۰۴
دورنگار: ۰۳۴-۳۴۲۲۵۲۰۸
www.pri.ir

انتشارات
موسسه تحقیقات
علوم باغبانی
۱۳۹۷