نشریه ۱۱۶

سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی
موسسه تحقیقات علوم باغبانی

PRC
پژوهشکده پسته

نیاز سرمایی درختان پسته
(فیزیولوژی و راه‌های مقابله)

نگارندگان:

امان‌اله جوانشاه، نجمه پاکدامن

ماریه نادی، مریم سلاجقه

نشریه ۱۱۸

۱۴۰۲

وزارت جهاد کشاورزی
سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی
موسسه تحقیقات علوم باغبانی
پژوهشکده پسته

نیاز سرمایی درختان پسته
(فیزیولوژی و راه‌های مقابله)

نگارندگان:

امان‌اله جوانشاه، نجمه پاکدامن، ماریه نادی، مریم سلاجقه

۱۴۰۲

نیاز سرمایی درختان پسته (فیزیولوژی و راه‌های مقابله)

نگارندگان: امان‌اله جوانشاه، نجمه پاکدامن، ماریه نادی، مریم سلاجقه

ویراستاران: علی تاج آبادی پور، حمید عیپور شمس آباد، اکبر محمدی محمدآبادی

ناشر: مؤسسه تحقیقات علوم باغبانی، پژوهشکده پسته

شماره نشریه: ۱۱۸

حاصل از گزارش نهایی‌های با عنوان: "تعیین نیاز سرمایی سه رقم تجاری پسته (اکبری، اوحدی و کله قوچی)" و "مدل تعیین واحدهای سرمای دریافت شده در شهرستان‌های کرمان و رفسنجان"

شمارگان: محدود

تاریخ انتشار: ۱۴۰۲

مسئولیت درستی مطالب با نویسنده/ نویسندگان است.

این نشریه با شماره ٦٣٨١٤ مورخ ١٤٠٢/٤/١٥ از مرکز فناوری اطلاعات و اطلاع رسانی کشاورزی به ثبت رسیده است.

نشانی: پژوهشکده پسته رفسنجان

شماره تلفن: ۰۳۴۳۴۳۲۵۲۰۱ دورنگار: ۰۳۴۳۴۲۲۵۲۰۸ نشانی سایت: **www. http://pri.hsri.ac.ir**

فهرست مطالب

عناوین..... صفحه

چکیده ۶
مقدمه ۶
تغییرات اقلیمی و گرم شدن جهانی کره زمین ۷
رکود یا خواب زمستانی ۱۱
- عوامل محیطی مؤثر بر رکود ۱۳
۱- طول روز ۱۳
۲- دما ۱۳
۳- آب و مواد غذایی ۱۴
- انواع رکود ۱۴
۱- رکود ریشه ۱۵
۲- رکود جوانه ۱۵
- مشخصات فیزیولوژیکی رکود ۱۵
۱- متابولیسم کربوهیدرات ۱۵
۲- متابولیسم آنتی‌اکسیدان ۱۶
۳- هورمون‌های گیاهی ۱۶
نیاز سرمایی ۱۶
- عوامل تأثیرگذار بر نیاز سرمایی ۱۷
۱- ژنتیک ۱۷
۲- نوع جوانه ۱۷
۳- پایه ۱۸
۴- عرض جغرافیایی و ارتفاع از سطح دریا ۱۸
۵- نور و بارندگی ۱۸
۶- تغذیه ۱۹
۷- دما و طول روز ۱۹
۸- تنش ۱۹
- تعیین نیاز سرمایی ۲۰
۱- مدل تعداد ساعت زیر ۷/۲ درجه سانتی‌گراد ۲۰
۲- مدل تعداد ساعت بین صفر و ۷/۲ درجه سانتی‌گراد ۲۰
۳- مدل دینامیک ۲۰
۴- مدل یوتا ۲۱

عناوین..... صفحه

عدم تأمین نیاز سرمایی و علائم آن.....۲۲
راهکارهای مختلف جهت از بین بردن رکود ناشی از عدم تأمین نیاز سرمایی ۲۵
الف- تیمارهای غیرشیمیایی ۲۵
ب) تیمارهای شیمیایی ۲۶
۱- روغن‌های معدنی ۲۷
۲- ترکیبات سیانامید.....۲۸
۳- تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی ۳۱
۴- ترکیبات گوگرد دار ۳۱
۵- سایر ترکیبات ۳۱
نتیجه‌گیری ۳۲
منابع ۳۳

چکیده

پسته به عنوان یک محصول استراتژیک، جایگاه خاصی در بین تولیدات کشاورزی ایران دارد. امروزه بزرگترین خطری که بازار پسته را تهدید می‌کند، بالا رفتن هزینه‌های تولید است که آثار سوء سرمازدگی و پدیده‌های ناگوار جوی نیز مزید بر علت شده است. تغییرات اقلیمی یک واقعیت غیرقابل انکار هستند که در سال‌های اخیر با توجه به افزایش تولید گازهای گلخانه‌ای، با سرعت بیشتر در حال گسترش می‌باشند. پسته نیز مانند سایر درختان خزان‌شونده، برای عملکرد مناسب نیازمند گذراندن یک دوره رکود در زمستان است. رکود در مفهوم عام، به کاهش رشد قابل مشاهده اطلاق می‌شود و در واقع یک نوع سیاست حمایت‌گرانه است که گیاه را در طول دوره‌های نامناسب، زنده نگه می‌دارد. معمولاً ورود به این مرحله خود به خود صورت می‌گیرد ولی خروج از آن مستلزم تأمین نیاز سرمایی است. عدم تأمین نیاز سرمایی در پسته موجب می‌شود که خروج از مرحله رکود به‌خوبی انجام نگیرد و ضمن تغییر عادات رشد گیاه، باعث کاهش عملکرد حتی در سال پرمحصول می‌گردد. به‌منظور غلبه بر رکود طولانی در مناطقی که با گرمای زمستان در بعضی سال‌ها مواجه می‌گردند، اعمال تیمارهای متفاوت غیرشیمیایی و شیمیایی می‌تواند مفید واقع شود. تنش آبی، عدم استفاده از کودهای نیتراته در آخر تابستان و همچنین هرس و سرزنی، از جمله راه‌کارهای غیرشیمیایی هستند که قادرند دوره رکود را کوتاه نمایند. مواد شیمیایی شناخته شده بسیاری وجود دارند که در شکستن رکود مؤثر هستند. از جمله این ترکیبات می‌توان به روغن‌های معدنی، ترکیبات سیانامید، تنظیم‌کنندگان رشد گیاهی، ترکیبات گوگرد دار، نیترات پتاسیم و ... اشاره نمود. میزان تأثیرگذاری ترکیبات شیمیایی، به غلظت و زمان استفاده از آن‌ها وابسته می‌باشد.

کلمات کلیدی: رکود، رکود جوانه، گلدهی، شرایط محیطی، گرمایش جهانی

مقدمه

امروزه علاوه بربالا رفتن هزینه‌های تولید، آثار سوء پدیده‌های مخرب جوی در بخش کشاورزی از جمله سرمازدگی و نوسانات دمایی بزرگترین خطری است که بازار پسته را تهدید می‌کند. با توجه به چالش تغییرات آب هوایی و اثر آن در کشاورزی، تولید کشاورزی در آینده نسبت به گذشته بسیار متفاوت ترخواهد بود. افزایش تولید گازهای گلخانه‌ای حاصل از فعالیت انسان به‌ویژه در ده‌های اخیر، سبب به‌هم خوردن ایستایی روند متغیرهای اقلیمی و افزایش دمای زمین و به دنبال آن تغییرات گستردهٔ آب‌وهوایی گردیده است. این گرمایش جهانی و تغییرات جوی ناشی از آن به‌عنوان 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 آب‌وهوایی و سازگاری با آن برعهده دارند. به‌طوری که تطبیق سیستم‌های کشاورزی در سطح مزارع با شرایط فعلی، بهترین شیوه انطباق بشر و پاسخ‌گویی به این تغییرات قلمداد می‌شود. با این حال، بخش کشاورزی ایران، مشترک با سایر بخش‌ها، در مراحل اولیه این سازگاری قرار دارد. این درحالی‌است که تغییرات آب‌وهوایی یک موضوع پیچیده بوده و نیازمند پاسخ‌های پیچیده و به‌کار بستن طیف گسترده‌ای از استراتژی‌های انطباقی است (هاشمی‌نسب و همکاران، ۱۳۹۸) (Karimi et al., 2018). تاکنون توجه چندانی به تغییر اقلیم و مخاطرات آن در بخش کشاورزی نشده است و بیشتر تمرکز سازمان خواروبار جهانی FAO

برتأمین نیازهای غذایی جمعیت جهان و تقاضا برای منابع طبیعی به‌ویژه آب و زمین بوده است. تحت شعاع قرارگرفتن امنیت غذایی و گسترش فقر در جوامع کشاورزی، از پیامدهای بارز و آشکار پدیده تغییر اقلیم در بخش کشاورزی است (ابراهیمی خوسفی و همکاران، ۱۳۹۲).

استان کرمان جزء مناطق مهم کشاورزی ایران است که از شرایط اقلیمی متنوعی برخوردار هست. در سال‌های اخیر، به شرایط نامناسب آب و هوایی مانند کاهش میانگین بارش و وقوع خشکسالی متعدد در استان کرمان سبب ایجاد چالش‌های بسیاری در بخش‌های مختلف به‌ویژه کشاورزی شده است. مهم‌ترین پیامدهای این تغییرات جوی در کشور به ویژه مناطق پسته‌خیز را می‌توان در افزایش دما، کاهش بارش‌ها و تغییر در پراکنش آن‌ها خلاصه کرد که به نوبه خود عواقب فراوانی را به‌دنبال داشته‌اند. کاهش طول دوره فصول سرد سال به همراه افزایش دما در این دوره سبب عدم تأمین نیاز سرمایی برخی ارقام تجاری پسته کشور در سال‌های اخیر گردیده و با اخلال در فرآیند فیزیولوژیکی گل‌انگیزی و گل‌آوری مسبب ایجاد خسارات قابل توجه‌ای به این بخش ارزشمند و ارزآور کشاورزی شده است. تخمین زده می‌شود که اگر تمرکز گازهای گلخانه‌ای به ویژه CO_2 با همین روند کنونی ادامه یابد، متوسط دمای کشور در دهه‌های پیش‌رو ۱/۵-۴/۵ درجه افزایش یافته (Amiri & Eslamian, 2010; Karimi et al., 2018) و در افق زمانی سال‌های ۲۰۳۱ تا ۲۰۵۰ به میزان ۲۵ تا ۴۰ درصد از انباشتن سرما در فصل زمستان کاسته گردد و تأمین نیاز سرمایی درختان خزان‌دار با مشکل جدی روبرو شود (سبزی‌پرور و نوروزولاشدی، ۱۳۹۵؛ هاشمی‌نسب و همکاران، ۱۳۹۸).

تغییرات اقلیمی و گرم شدن جهانی کره زمین

اقلیم یا آب و هوای یک منطقه حالت متوسط کمیت‌های مشخص کننده وضع آب و هوای آن منطقه است و مهمترین عامل محیطی است که مستقیماً بر گسترش گونه‌های مختلف گیاهی و میزان عملکرد آن‌ها اثر می‌گذارد. هر گونه تغییری که در شرایط نرمال پارامترهای اقلیمی به‌ویژه دمای هوا رخ دهد، اثرات منفی متعددی بر رشد و نمو گیاهان خواهد داشت (Ahmadi et al., 2021; Anderson et al., 2020).

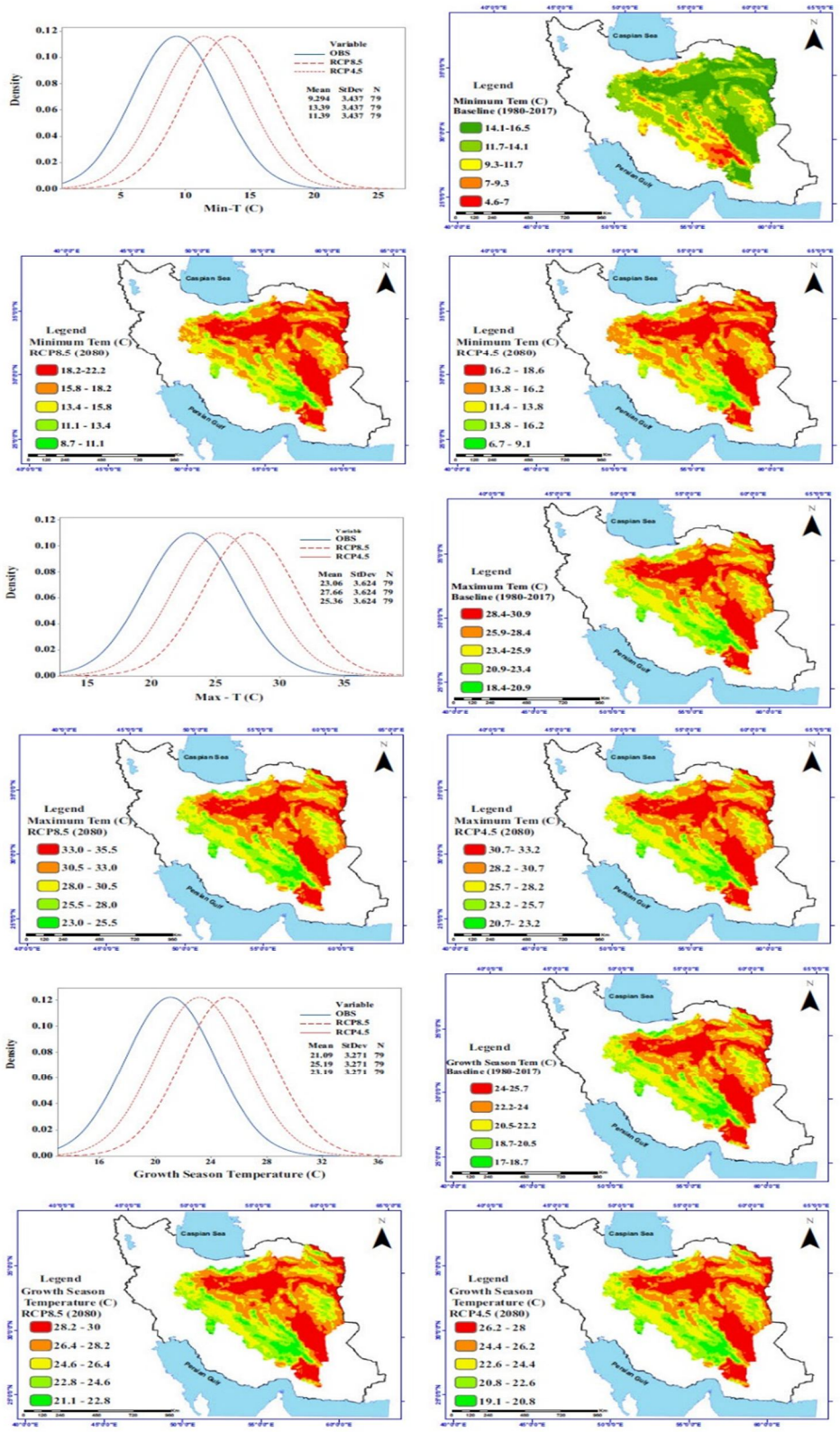
کره زمین به طور طبیعی در اثر تابش خورشید گرم می‌شود و این گرما با تغییر فصول کاهش یا افزایش می‌یابد. اما در سال‌های اخیر گرما به گونه‌ای غیرعادی افزایش پیدا کرده که نتیجه آن پدیده‌های گلخانه‌ای وگرم شدن زمین در سطح وسیع می‌باشد. با بیانی بسیار ساده، این پدیده جدید که آخرین و مهم‌ترین دستاورد نامهربانی انسان با دنیای خود است، ناشی از تولید و انتشار بیش از اندازه گازهای گلخانه‌ای است (جوانشاه و ناظوری، ۱۳۸۶) (Bein et al., 2020; Bhatti et al., 2019). افزایش تولید گازهای گلخانه‌ای، به‌ویژه در دهه‌های اخیر، موجب افزایش دمای زمین و در نتیجه تغییرات گسترده اقلیمی شده است (هاشمی‌نسب و همکاران، ۱۳۹۸) (Yoro & Daramola, 2020). متوسط دمای جهانی از سال ۱۸۸۰ تا ۲۰۱۲ به میزان ^{o}C ۰/۸۵ افزایش یافته (Stocker, 2014) و بر اساس مطالعات پیش‌بینی می‌شود تا سال ۲۰۵۰ نیز بین۱/۴ تا ^{o}C ۵/۸ افزایش یابد (Ahmadi et al., 2021; Rochette et al., 2004).

متأسفانه پدیده گرم شدن هوا منحصر به قطب، کویر و یا کشورهای صنعتی نیست. ایران هر چند از اقلیم جغرافیایی مناسب با دو پهنه بزرگ کوهستانی در شمال و غرب برخوردار می‌باشد، اما از گزند افزایش مرگبار دما در

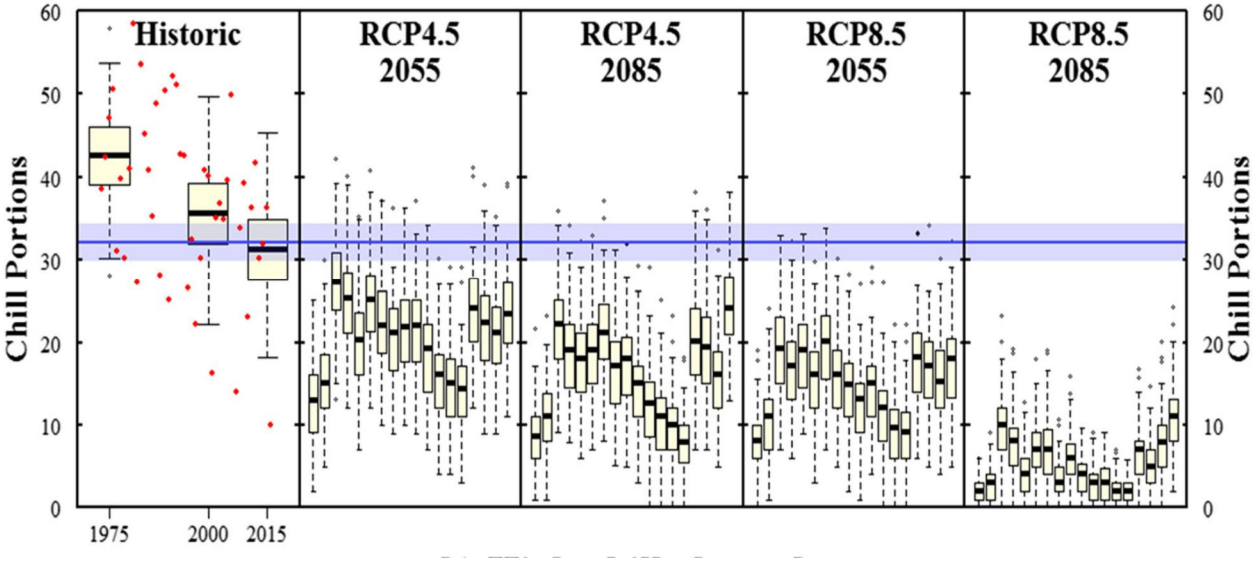
امان نبوده است. اولین عاملی که به قضیه گرم شدن هوا در ایران دامن زده، افزایش بی‌رویه شهرنشینی با رویکرد میزان استفاده از سوخت‌های فسیلی در شهرها است. در گذشته، کوه‌های آتشفشان فعال‌تر بودند، هسته زمین گرمای بیشتری داشت و تغییرات محسوسی در آب و هوای مناطق مختلف ایجاد نمی شد. اما افزایش چشمگیر و بی‌رویه استفاده از مصالح ساختمانی در ساخت و سازهای شهری، افزایش وسایل نقلیه و به طور کلی مسائل صنعتی باعث شده است که علاوه بر جابه‌جایی فصول، دمای شهرهای مختلف که در گذشته اختلاف زیادی داشتند، امروز به یکدیگر نزدیک شده و حتی گاهی وقت‌ها دمای مشابهی دارند که این مسأله برخلاف تنوع اقلیمی این شهرها است. اگر تغییرات جوی به همین منوال ادامه یابد، مشکلات عدیده‌ای را در بخش کشاورزی و به‌ویژه در مناطق معتدله و نیمه گرمسیری ایجاد خواهد کرد (جوانشاه و ناظوری، ۱۳۸۶؛ کرمی میرعزیزی و همکاران، ۱۳۹۸).

درختان خزان‌شونده مانند پسته، نسبت به تغییرات اقلیمی و افزایش دما بسیار حساس می‌باشند (Benmoussa et al., 2017; Luedeling, 2012). در واقع پسته برای عملکرد مناسب، نیازمند یک دوره خواب در زمستان و همچنین گرمای قابل توجهی در طول فصل رشد است (Aydin et al., 2019; Benmoussa et al., 2017; Crane & Iwakiri, 1981; Ferguson et al., 2016; Lee & Sumner, 2016; Mahmoudi Meimand et al., 2022). احمدی و همکاران در سال ۲۰۲۱، داده‌های دمای هوای ساعتی و روزانه مربوط به مناطق اصلی کشت پسته ایران، که اغلب در نواحی خشک مرکزی کشور واقع شده‌اند، را در بازه زمانی سال‌های ۱۹۸۰ تا ۲۰۱۷ مورد بررسی و مطالعه قرار دادند (Ahmadi et al., 2021). در این تحقیق با کمک سناریوهای RCP8.5 و RCP4.5، پیش‌بینی گردید که به‌ترتیب، دمای مینیمم ۴/۱ و ۲/۱ درجه سانتی‌گراد؛ دمای ماکزیمم ۴/۶ و ۲/۳ درجه سانتی‌گراد؛ و متوسط دمای فصل رشد نیز ۴/۱ و ۲/۱ درجه سانتی‌گراد تا سال ۲۰۸۰ افزایش می‌یابد (شکل ۱). این افزایش دما در سرتاسر مناطق کشت پسته و در دوره خواب و دوره رشد اتفاق خواهد افتاد. بنابراین مناطقی که در گذشته (۲۰۱۷-۱۹۸۰) دمای مناسبی برای کشت پسته داشتند، در آینده (۲۰۸۰-۲۰۵۰) چنین شرایطی نخواهند داشت. این موقعیت به‌ویژه در مناطق مرکزی و جنوبی استان کرمان پیش‌بینی می‌شود. مشابه چنین نتایجی در تحقیقی که توسط بنموسا و همکاران انجام شد (Benmoussa et al., 2017)، نیز به‌دست آمد. در این تحقیق سرمای هوا در طی سال‌های ۱۹۷۳ تا ۲۰۱۵ در کشور تونس مورد ارزیابی قرار گرفت و سپس به کمک سناریوهای RCP4.5 و RCP8.5، میزان سرما در سال‌های آینده (۲۱۰۰-۲۰۴۱) پیش‌بینی گردید (شکل ۲). نتایج این تحقیق نیز کاهش شدید میزان سرمای زمستان را در منطقه مورد مطالعه نشان داد. بنابراین بعید است که تولید پسته در این مناطق تداوم داشته باشد و نیاز فوری به انجام عملیات سازگاری مناسب دارد (Benmoussa et al., 2017).

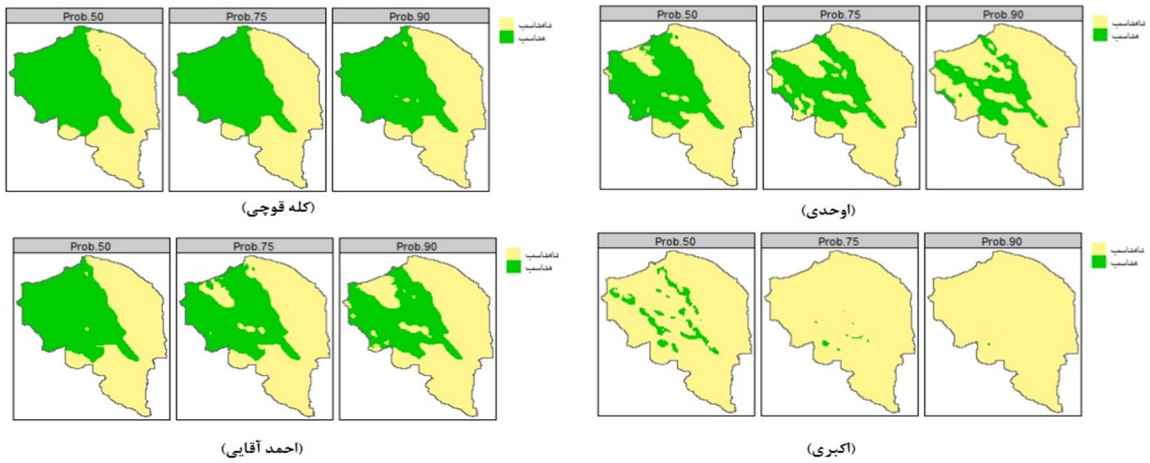
سلاجقه (۲۰۲۳) در بررسی روند نیاز سرمایی ارقام مختلف پسته در استان کرمان نشان داد که به‌جز ایستگاه‌های کرمان، رفسنجان و فیض آباد، در بقیه نقاط ایستگاهی، روند افزایشی در این متغیر مشاهده می‌شود. ایشان از نظر بهترین مناطق کشت پسته با توجه به تأمین نیاز سرمایی به این نتیجه رسید که برای رقم کله قوچی تقریباً در همه نقاط استان نیاز سرمایی قابل تامین است و از نظر تامین نیاز سرمایی، مناطق شمال غرب و غربی استان کرمان برای کاشت انواع واریته‌های پسته مناسب است (شکل ۳). سایر مناطق استان که در حال حاضر به صورت محدود به زیر کشت این محصول رفته اند از دیدگاه نیاز سرمایی نامناسب تشخیص داده شداند.



شکل ۱- پیش‌بینی دماهای مینیمم و ماکزیمم و همچنین دمای فصل رشد **(Growing season temperature, GST)** تا سال ۲۰۸۰، بر اساس داده‌های دمای بررسی شده در بازه زمانی ۲۰۱۷-۱۹۸۰ (OBS) به کمک سناریوهای **RCP4.5** و **RCP8.5** (Ahmadi et al., 2021).



شکل ۲- توزیع واحدهای سرمایی **(CP)** در کشور تونس طی سال‌های گذشته (۱۹۷۵ تا ۲۰۱۵) و دوره‌های میانی (سال‌های ۲۰۷۰-۲۰۴۱ که به‌صورت ۲۰۵۵ نشان داده شده است) و انتهایی (سال‌های ۲۱۰۰-۲۰۷۱ که به‌صورت ۲۰۸۵ نشان داده شده است) قرن ۲۱ (**Benmoussa et al., 2017**).



شکل ۳- نقشه‌های پتانسیل توزیع مکانی نیاز سرمایی رقم مختلف پسته در استان کرمان با احتمال‌های ۵۰، ۷۵ و ۹۰ درصد (Salajegheh, 2023).

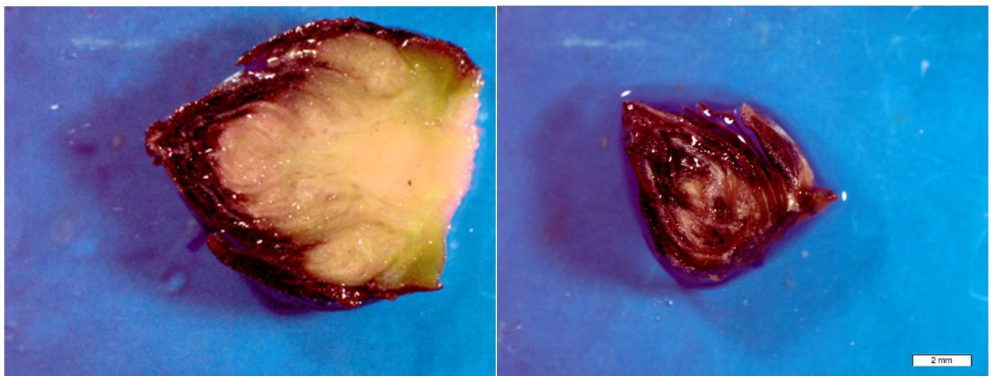
سبزی‌پرور و نوروزولاشدی (۱۳۹۵) به بررسی اثر گرمایش جهانی بر تأمین نیاز سرمایی و روند شکوفه‌دهی ارقام پسته در کرمان پرداختند. نتایج حاکی از جابه‌جایی تاریخ‌های شکوفه‌دهی ارقام مختلف پسته تحت شرایط اقلیم گرم‌تر بوده است. آن‌ها دریافتند تأمین نیاز سرمایی ارقام دیرگل و متوسط گل در اقلیم محل ممکن نیست. اختلاف معنی‌دار مقادیر نیاز سرمایی و گرمایی در شرایط وقوع پدیده گرمایش جهانی، تهدیدی غیرقابل انکار برای باغات محسوب می-

شود. اسلامی و همکاران (۱۳۹۸) به بررسی اثرات تغییر اقلیم بر تامین نیاز سرمایی محصول پسته شهرستان رفسنجان پرداختند. در این پژوهش از داده‌های ایستگاه هواشناسی رفسنجان و برای محاسبه نیاز سرمایی پسته از دو مدل تعداد ساعت بین صفر و ۷ درجه سانتی‌گراد و یوتا استفاده شد. نیاز سرمایی درخت پسته با توجه به نوع رقم بین ۷۰۰ تا ۱۲۰۰ ساعت در نظرگرفته شد. بررسی نتایج نشان داد که با توجه به تغییر شرایط اقلیمی سال‌های اخیر، تأمین نیاز سرمایی در زمستان، با کاهش همراه بوده است.

معمولاً ۸۰ درصد جوانه‌های جانبی در درختان بالغ پسته، جوانه گل هستند و توانایی تبدیل شدن به خوشه میوه را دارند (اسماعیل‌پور، ۱۳۹۶) (Ferguson et al., 2016). در تحقیقی که توسط پاکدامن و همکاران (۲۰۲۱) انجام گرفت، از جوانه‌های درختان پسته مربوط به ۲۴ باغ در مناطق مختلف شهرستان رفسنجان در آبان ماه سال ۱۴۰۰ نمونه‌برداری شد. نتایج این تحقیق نشان داد که تعداد جوانه‌های گل در این سال کاهش یافته و به‌طور متوسط به حدود ۳۳ درصد کل جوانه‌ها رسیده است (Pakdaman et al., 2021). بررسی بیشتر جوانه‌های زایشی، همچنین حاکی از وجود علائم سوختگی در بافت آن‌ها بود (شکل ۴). لازم به توضیح است که سال ۱۴۰۰ سالی کم‌محصول بود و بر اساس قاعده گل‌دهی، درختان پسته می‌بایستی بیشترین جوانه گل را داشته باشند. برای تبدیل جوانه رویشی به جوانه گل، مراحل متعددی بایستی طی شود که نیاز به تعادل بین کربوهیدرات‌ها، عناصر غذایی و مواد تنظیم‌کننده رشد دارند. به‌نظر می‌رسد که نوسانات شدید آب‌وهوایی، این الگوی تعادلی را برهم می‌زند و گل‌انگیزی را تحت تأثیر قرار می‌دهد (جوانشاه و ناظوری، ۱۳۸۶) (Khezri et al., 2020; Tadayon & Hosseini, 2022).

رکود یا خواب زمستانی

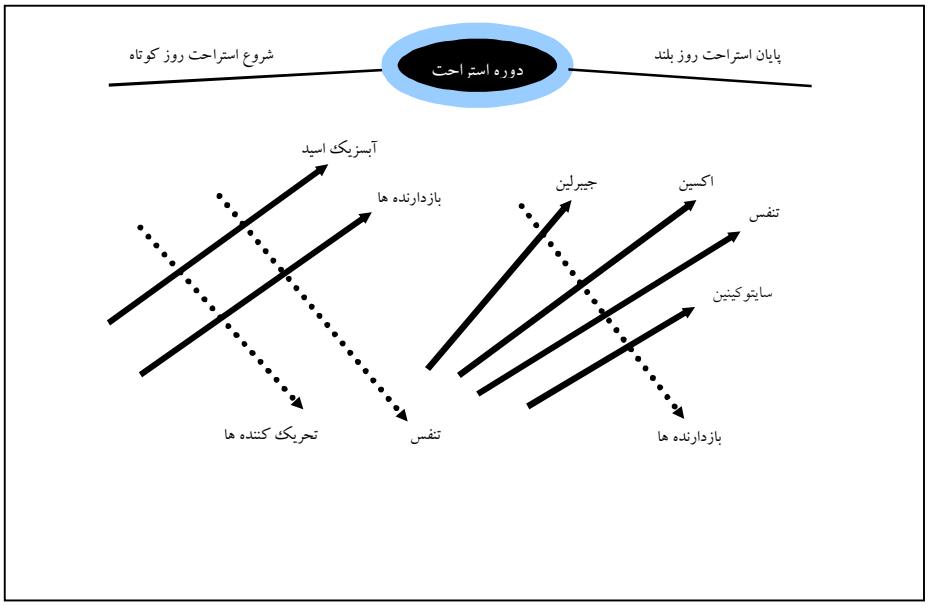
یکی از مهمترین عوامل مؤثر در نحوه پراکنش گیاهان، پدیده فیزیولویکی رکود می‌باشد. در واقع این پدیده متمایزکننده گیاهان مناطق گرمسیری از گیاهان مناطق سردسیری شناخته شده است. رکود در درختان خزان‌دار چندان جلب توجه نمی‌کرد تا آنکه سعی شد درختان مناطق معتدله در مناطق نیمه‌گرمسیری و یا حتی گرمسیری کاشته شوند، جایی که سرمای زمستان کم است و یا وجود ندارد. در مناطقی که زمستان گرم وجود دارد، رکود طولانی یک مانع مهم برای تولید اقتصادی محصولات مناطق معتدله است (Kumar et al., 2016; Saure, 2011; Vitra et al., 2017).



شکل ۴- تصاویر میکروسکوپی جوانه‌های گل آسیب دیده (سمت راست) و سالم (سمت چپ) پسته (**Pakdaman et al., 2021**).

گیاهان خزان‌دار مانند پسته، خود را به شرایط نامساعد زمستانی که از ویژگی‌های نواحی معتدله و سردسیری می‌باشد، وفق داده و رشد خود را با کاهش مواد محرک و افزایش مواد مواد بازدارنده، متوقف می‌نمایند (شکل ۵). در این حالت، کلیه فعل و انفعالات بیوشیمیایی جریان شیره نباتی و پتانسیل تنفسی به پائین‌ترین سطح خود تنزل یافته و رشد و نمو گیاهی نسبتاً متوقف می‌شود. این خاصیت جزء یکی از مراحل مهم در سیکل زندگی این گیاهان است که معمولاً ورود به این مرحله خود به خود صورت می‌گیرد ولی خروج از آن مستلزم تأمین نیاز سرمایی گیاه می‌باشد. به طوری که بدون این مرحله چرخه سالیانه این گیاهان تکمیل نشده و قادر به رشد به صورت طبیعی نخواهند بود. بنابراین شناخت اکوفیزیولوژیک رکود در توزیع صحیح گیاهان و کشت درختان میوه مناطق معتدله حتی در مناطق گرمسیری ضروری می باشد (جوانشاه و ناظوری، ۱۳۸۶؛ طلایی، ۱۳۷۷، هاشمی‌نسب و همکاران، ۱۳۹۸).

تا کنون تعاریف مختلفی برای رکود ارئه شده است. طبق نظر سامیش، رکود مرحله‌ای است که به‌طور موقت رشد قابل مشاهده متوقف می‌شود (Samish, 1954). عده‌ای ازدانشمندان معتقدند که رکود مرحله‌ای است که در آن بافت‌ها نمی‌توانند رشد کنند. در صورتی که عده‌ای دیگر تأکید می‌کنند، رکود لزوماً محتاج توقف در نمو نیست، بلکه ممکن است تغییرات اساسی در اندام‌های خفته رخ دهد که به افزایش تدریجی وزن جوانه‌ها منجر گردد. رکود در مفهوم عام به کاهش رشد قابل مشاهده اطلاق می شود و در واقع یک نوع سیاست حمایت‌گرانه است که گیاه یا قسمت‌هایی از یک گیاه را در طول دوره‌های نامناسب ، زنده نگه می‌دارد. رکود جوانه‌ها، با توجه به اینکه تعیین‌کننده همزمانی بین رشد فصلی و استراحت و همین‌طور کنترل‌کننده عادت رشد و فرم درخت می‌باشند، برای درختان اهمیت زیادی دارد. هر چند ریشه‌ها و کامبیوم آوندی نیز ممکن است در رکود باشند (جوانشاه و ناظوری، ۱۳۸۶؛ هداوند و همکاران، ۱۴۰۰) (Beauvieux et al., 2018; Fadón et al., 2020; Rohde et al., 2000; Shirazi, 2003)



شکل ۵- وضعیت محرک‌ها و بازدارنده‌ها در القا استراحت در گیاهان (طلایی، ۱۳۷۷).

با فرارسیدن فصل پاییز رشد درختان خزان‌دار متوقف می‌شود. برگ‌های آن‌ها می‌ریزد و در برابر سرمای زمستان مقاوم می‌شوند. مطالعات نشان داده است که محرک‌ها و بازدارنده‌های رشد نقش مهمی را در این پدیده بازی می‌کنند. اسید آبسیزیک که یک هورمون بازدارنده گیاهی است، با کوتاه شدن طول روز در اوایل پاییز به مقدار زیادی در برگ‌ها ساخته می‌شود. فرمان ساخته شدن و تجمع این هورمون بازدارنده رشد گیاهی در برگ‌ها، توسط فیتوکروم که یک رنگیزه گیاهی است و با کوتاه شدن طول روز از یک فرم به فرم دیگر تغییر می یابد، صادر می شود. پس از افزایش میزان اسید آبسیزیک، میزان محرک‌های رشدی از جمله جیبرلین در برگ‌ها کاهش می‌یابد. به دنبال آن، تنفس در گیاه کم می‌شود و گیاه به‌تدریج وارد مرحله رکود می شود (شکل ۵) (طلایی، ۱۳۷۷) (Beauvieux et al., 2018; Ding et al., 2021; Parada et al., 2016; Yue et al., 2018).

یکی از مهم ترین عوامل در سازگاری به سرما، افزایش مقاومت در برابر از دست دادن آب است که منجر به یخ زدن درون سلولی می‌گردد. تجمع ترکیبات محلول سازگار، از جمله قندها و پروتئین‌ها که همگی از ترکیبات درون سلول تحت شرایط خشکی حمایت می‌کنند، نشان از اهمیت این عوامل در سازگاری به سرما دارد (De Rosa et al., 2022; Fadón et al., 2020; Melke, 2015).

دی‌هیدرین‌ها؛ پروتئین‌هایی هستند که در بافت‌های رویشی، طی تنش‌هایی همچون خشکی، شوری و سرما و در بذرها نیز در طی جوانه‌زنی تجمع می‌یابند. مطالعات نشان داده‌اند که برخی از این دی هیدرین‌ها به اسیدآبسیزیک عکس‌العمل نشان می‌دهند و در زمستان‌گذرانی درختان دخالت دارند (Fadón et al., 2020; Melke, 2015).

- عوامل محیطی مؤثر بر رکود

۱- طول روز

مهم‌ترین فرستنده محیطی که شروع رکود را تحریک می کند، طول روز است. در بیشتر درختان چوبی مناطق معتدله، طول روز بلند موجب تحریک رشد رویشی و طول روز کوتاه منجر به تحریک رکود می‌گردد. با کوتاه شدن طول روز در اواخر تابستان، رشد کند شده و جوانه های در حال رکود توسعه می یابند. شب‌های کوتاه رشد را تحریک و شب‌های بلند و پیوسته، منجر به تحریک رکود می‌گردند (شکل ۶) (Allona et al., 2008; Shim et al., 2014; Welling, 2003).

۲- دما

کاهش دما نقش اساسی در پیشرفت رکود بازی می کند (شکل ۶). روزهای کوتاه باعث ورود گیاه به مرحله پیش رکود و حتی رکود واقعی می گردد. تعدادی از دانشمندان بر این معتقدند که دماهای سرد برای ورود گیاه به رکود واقعی لازم است. زمانی که دماهای سرد و روز کوتاه همراه باشند، رکود در گیاهان چوبی مناطق معتدله، سریع‌تر اتفاق می افتد (Shim et al., 2014; Welling, 2003).

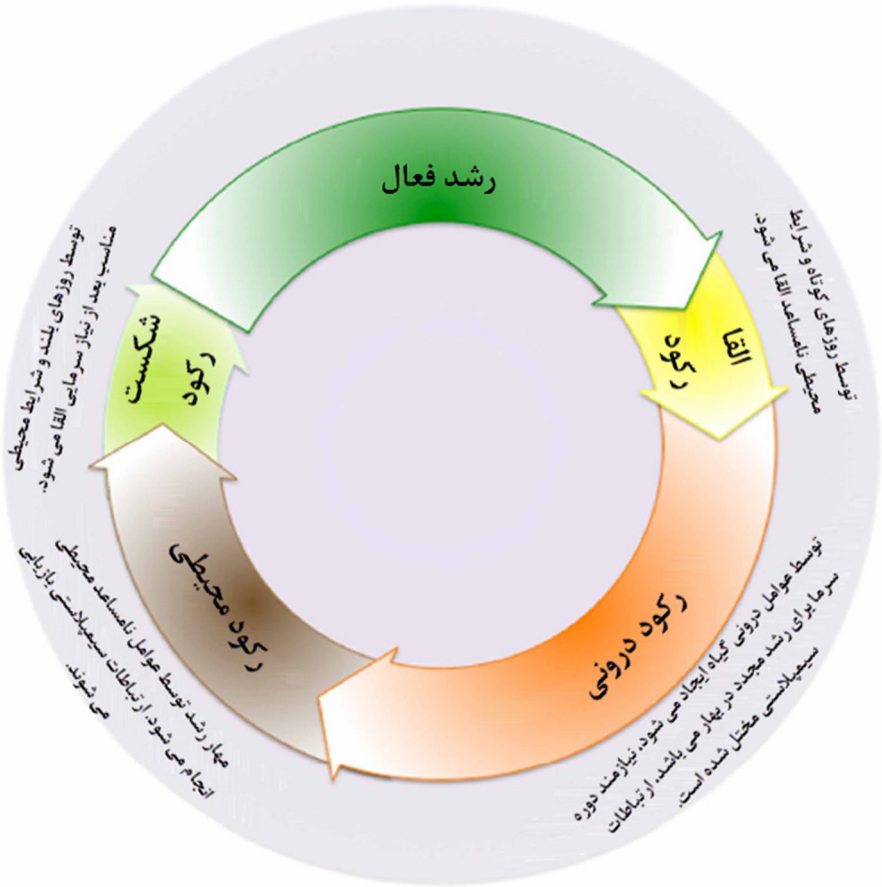
۳- آب و مواد غذایی

فراهم بودن آب و مواد معدنی، با القاء رکود در ارتباط است. تنش آب رکود را عمیق خواهد کرد و اگر شدت پیدا کند منجر به استراحت جوانه‌ها و ریزش برگ در تعدادی از درختان می‌گردد. مواد غذایی از جمله نیتروژن، می‌توانند منجر به تأخیر در رکود شوند (Almond & Young, 1990; Tarancón et al., 2017; Zhao et al., 2017).

شرایط بد آب و خاک (کمبود آب، شوری خاک و تغذیه نامناسب)، باعث افزایش دوره رکود در درختان پسته می شود. در بعضی از مناطق پسته‌کاری استان کرمان، به دلیل کاهش کمی و کیفی آب آبیاری که خود منجر به از دست رفتن کیفیت خاک می‌شود، طولانی شدن دوره رکود کاملاً مشهود می‌باشد (جوانشاه و ناظوری، ۱۳۸۶).

- انواع رکود

انواع رکود با توجه به نوع اندام گیاهی عبارتند از:



شکل ۶- چرخه رشد-رکود در گیاهان چند ساله چوبی در مناطق معتدله. این گیاهان، دوره رکود را مطابق با تغییرات محیطی شروع می‌کنند. کاهش طول روز توسط فیتوکروم‌ها درک می‌شود و به همراه دمای پایین موجب توقف رشد و شروع رکود می‌شود. مواجهه طولانی با دماهای سرد برای رهایی از رکود ضروری می‌باشد. زمانی که شرایط محیطی مساعد شود (یعنی طول روز و دما به بالاتر از حد بحرانی برسد)، مجدداً رشد آغاز می‌شود (**Shim et al., 2014**).

۱- رکود ریشه

درطی دوره استراحت، ریشه‌ها دارای رکود واقعی نیستند. چنانچه در طول زمستان قسمتی از خاک گرم شود، حتی اگر دمای هوا زیر یخبندان باشد، ریشه‌ها شروع به رشد می‌کنند (Radville et al., 2016).

۲- رکود جوانه

رکود در درختان از اواسط تابستان و قبل از ریزش برگ‌ها در پاییز، شروع می‌گردد. جوانه‌های در حال رکود در حقیقت شاخه‌های نارسی (اولیه) هستند که شامل نوک رشدی، گره‌ها و میان گره‌ها (توسعه نیافته)، برگ‌های ریز و ابتدایی با جوانه‌ها یا خواستگاه جوانه‌ها می‌باشند و توسط فلس‌های جوانه احاطه شده‌اند. این فلس‌ها مانع از خشک شدن جوانه‌ها می‌شوند، حرکت اکسیژن در جوانه‌ها را محدود می‌کنند و همانند عایقی جوانه‌ها را از کاهش دما محافظت می‌نماید. بازدارنده‌های رشد در فلس‌های جوانه‌ها و همچنین برگ‌های درون جوانه‌ها تجمع می‌یابند (Cai et al., 2023; Erez, 2000).

از آغاز سدهٔ نوزدهم تا به امروز، بیش از دو سده از پژوهش‌ها در مورد رفع رکود گذشته است و با توجه به اهمیت پاسخ گیاه به دما، اطلاعات محدودی در مورد فرآیندهای ژنتیکی و فیزیولوژیکی درختان در طول دوره تجمع سرمایی وجود دارد. با توجه به تمایل کشت گیاهان خزان‌دار در مناطق گرم‌تر، مطالعات بیشتری در زمینه نیاز سرمایی به نظر می‌رسد (Kallsen, 2017).

- مشخصات فیزیولوژیکی رکود

شناخت اساس فیزیولوژیکی و مولکولی رکود جوانه گل به‌منظور اطمینان از تشکیل میوه، به‌ویژه در راستای تغییرات آب و هوایی، حائز اهمیت می‌باشد. در ادامه برخی از این مشخصات فیزیولوژیکی به اختصار شرح داده می‌شود.

۱- متابولیسم کربوهیدرات

در طی دوره رکود، کربوهیدرات‌های ذخیره‌ای (مانند نشاسته) در جوانه گل تجمع می‌یابند و پس از تأمین نیاز سرمایی، برای شروع رشد جوانه مورد استفاده قرار می‌گیرند. بنابراین به‌نظر می‌رسد که متابولیسم کربوهیدرات در کنترل رشد و نمو جوانه طی مراحل رکود و شکست آن دخالت دارند. در واقع، بیشترین مقدار نشاسته در ابتدای دوره رکود مشاهده می‌شود و سپس مقدار آن تا مرحله شکست رکود، به‌تدریج کاهش می‌یابد. کاهش مقدار نشاسته، با افزایش قندهای محلول مانند سوربیتول و ساکارز همراه می‌باشد که به‌عنوان منابع کربن و انرژی، رشد و نمو جوانه را پس از تأمین نیاز سرمایی، کنترل می‌کنند (Gholizadeh et al., 2017; Hernandez et al., 2021; Kaufmann & Blanke, 2017). در همین راستا، برخی ترکیبات شیمیایی که ممکن است برای شکستن رکود مورد استفاده قرار بگیرند، موجب القاء آنزیم آلفا-آمیلاز و درنتیجه تجزیه نشاسته می‌شوند (Rubio et al., 2014).

۲- متابولیسم آنتی‌اکسیدان

محققان متعددی گزارش کردند که استرس اکسیداتیو (افزایش سطح گونه‌های فعال اکسیژن) زیر سطح کشنده، می‌تواند در شکستن رکود جوانه نقش داشته باشد و افزایش سطح پراکسید هیدروژن (H_2O_2)، به‌عنوان یک مولکول سیگنالی، در شروع رشد جوانه‌ها دخالت دارد (Beauvieux et al., 2018; Hernandez et al., 2021). شواهد مختلف نیز این حقیقت را تأیید می‌کنند. به‌عنوان مثال، مهار و یا کاهش عملکرد آنزیم‌های حذف‌کننده H_2O_2، مانند کاتالاز، موجب افزایش سطح H_2O_2 و در نتیجه شکست رکود جوانه در گونه‌های مختلف گیاهی می‌شود. علاوه بر این، افزایش آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان بعد یا در زمان شکستن رکود، نیاز به حذف استرس اکسیداتیو برای جلوگیری از سمیت اکسیداتیو را نشان می‌دهد (Hernandez et al., 2021). پرز و همکاران (Pérez et al., 2008) گزارش نمودند که تأثیر سیانامید هیدروژن در شکست رکود جوانه، به‌واسطه تأثیری است که بر سطح H_2O_2 می‌گذارد.

۳- هورمون‌های گیاهی

نقش محوری هورمون‌های آبسیزیک‌اسید (ABA) و جیبرلین (GA) در تنظیم رکود بذر به‌خوبی شناخته شده است، اما نقش آن‌ها در ارتباط با رکود جوانه هنوز ابهامات زیادی دارد. تحقیقات نشان داده‌اند که هورمون آبسیزیک اسید در القاء دوره رکود جوانه، نقش اساسی دارد و از طرفی سطوح داخلی این هورمون مانع از شکستن رکود می‌شود. تأثیر هورمون جیبرلیک اسید در شکستن رکود، هنوز به‌خوبی مشخص نمی‌باشد و هر دو دسته تأثیرات تحریکی و مهاری در ارتباط با این هورمون گزارش شده است. با این حال، به نظر می‌رسد که نسبت ABA/GAs، و نه مقدار خالص هر کدام از این هورمون‌ها، می‌تواند در کنترل رکود مؤثرتر باشد. بنابراین کاهش نسبت ABA/GAs برای شکستن رکود و رشد جوانه ضروری می‌باشد (Hernandez et al., 2021; Ionescu et al., 2017; Zheng et al., 2018).

مطالعات نشان می‌دهد که سایر هورمون‌های گیاهی مانند اتیلن، براسینواستروئیدها، اکسین و سایتوکینین نیز می‌توانند بر رکود و جوانه‌زنی تأثیر بگذارند (Leida et al., 2010).

نیاز سرمایی

مطلوب بودن یک گونه گیاهی، تا حدی به سازگاری آن گیاه به آب و هوایی که در آن قرار می گیرد، بستگی دارد. انواع زیادی از درختان در مناطقی کشت می‌شوند که بومی آن مناطق نیستند. بنابراین درک روابط بین آب و هوا و طرز عمل گیاه، برای تطبیق صحیح آن‌ها ضروری می باشد. احتیاجات آب وهوایی درختان مناطق معتدله عبارت است از: فصل رشد مناسب، عدم سرمای کشنده زمستان و وجود سرمای کافی در زمستان برای برطرف کردن نیاز سرمایی (Ahmadi et al., 2021; Parkes, et al., 2020; Westwood, 2000).

پسته نیز مانند سایر درختان میوه مناطق معتدله، در چرخه رشد سالیانه خود به یک دوره سرما نیاز دارند تا بعد از آن با مهیا شدن شرایط مناسب جهت رشد، شکوفایی طبیعی جوانه‌ها اتفاق بیافتد. این سرمای مورد نیاز از دو جزء تشکیل

می شود: میزان دما و مدت سرما. حداقل زمان لازم برای سرمادهی یک رقم در طی فصل رکود که موجب از سرگیری رشد طبیعی آن در فصل رویش می‌شود، در اصطلاح "نیاز سرمایی" آن رقم نامیده می‌شود. نیاز سرمایی و محدوده دمایی مؤثر در گونه‌ها و حتی ارقام مختلف، متفاوت است. همچنین مشخص شده است که نیاز سرمایی با توجه به سن درخت نیز تغییر می‌کند (Erez et al., 1998; Heidary-Sharifabad et al., 2021; Rahemi & Pakkish, 2009).

در پایان زمستان اگر چه روزها بلند می‌شوند ولیکن بیدار شدن گیاه و شروع مرحله رشد، دیگر توسط فیتوکروم انجام نمی‌شود. در واقع این رنگیزه گیاهی فقط قادر است در روزهای کوتاه تغییر حالت دهد و با این تغییر به گیاه دستور دهد که با ترشح بازدارنده‌های رشد گیاه وارد رکود شود. رکود در گیاهان به طور طبیعی به وسیله سرمای زمستان شکسته می‌شود و مقدار سرمای مورد نیاز به گونه و رقم گیاهی بستگی دارد (Melke, 2015; Salama et al., 2021).

- عوامل تأثیرگذار بر نیاز سرمایی

۱- ژنتیک

گونه‌ها و ارقام مختلف نیاز سرمایی متفاوتی دارند و این صفت، صفتی است قابل وراثت به طوری که از گونه‌هایی با نیاز سرمایی اندک می‌توان برای سازگاری درختان مناطق معتدله در مناطق گرمتر استفاده کرد (Sánchez-Pérez et al., 2012).

در درخت پسته نیز ژنتیک یک عامل مؤثر در این پدیده می‌باشد. بین ارقام وگونه‌های پست، اختلاف زیادی از نظر نیاز سرمایی وجود دارد. به عنوان مثال در بین ارقام تجاری ایران رقم کله قوچی نیاز سرمایی بسیار پایین در حدود ۶۰۰ ساعت دارد، در حالی که رقم اکبری بیشترین نیاز سرمایی یعنی ۱۲۰۰ ساعت را دارد و ارقام احمد آقایی و فندقی بین این دو رقم هستند (Esmaeilizadeh et al., 2006). در مناطق سرد، گل دهی ارقام با نیاز سرمایی کم و ارقام دارای نیاز سرمایی بالا همزمان خواهد بود، زیرا زمانی که شرایط برای رشد و نمو فراهم می‌شود، نیاز سرمایی هر دو گروه فراهم شده است. اما در مناطق یا سال‌هایی با زمستان ملایم، ارقام با نیاز سرمایی کمتر خیلی زودتر از ارقام با نیاز سرمایی بالاتر گل خواهند داد. این مسأله ممکن است به علت اینکه دوره گلدهی ارقام همدیگر را به خوبی نمی پوشانند، مشکلات گرده افشانی نیز به‌وجود آورد (جوانشاه و ناظوری، ۱۳۸۶).

۲- نوع جوانه

عموماً عقیده بر این است که همه جوانه‌ها در روی یک درخت نیاز سرمایی یکسانی ندارند، بلکه هر یک ممکن است رفتار جداگانه ای داشته باشند. در اصل جوانه‌های گل نیاز سرمایی کمتری نسبت به جوانه‌های رویشی دارند و جوانه‌های رویشی انتهایی نیز نیاز سرمایی کمتری نسبت جوانه‌های رویشی جانبی دارند. حتی در میان جوانه‌های رویشی جانبی نیز امکان دارد، اختلاف قابل توجهی وجود داشته باشد و نیاز سرمایی بسته به موقعیت جوانه در طول شاخه، موقعیت آن روی درخت، قدرت رشد شاخه و غیره فرق کند (Bükücü & Sütyemez, 2016; Kuden et al., 2012).

۳- پایه

پایه می‌تواند بر زمان شکستن رکود جوانه گل و برگ تأثیر بگذارد. در واقع ریشه با تولید و انتقال هورمون سیتوکنین، بر قسمت هوایی گیاهی تأثیر می‌گذارد. دانشمندان پی برده‌اند که این هورمون مهمترین عامل ارتباطی بین قسمت‌های پایینی و هوایی گیاه می باشد. همچنین مشخص شده که پایه علاوه بر تولید سیتوکنین، با تأثیر بر میزان و نحوه انتقال کربوهیدرات‌ها به شاخه‌های هوایی گیاه، می تواند بر رکود و شکستن آن تأثیر بگذارد (Fazio, 2021; Michelon et al., 2016).

در ارتباط با پایه‌های محلی پسته ایران و تأثیر آن‌ها بر نیاز سرمایی، تحقیقات دقیقی انجام نشده است. اگر چه مطالعات نشان داده که پایه‌ها می‌توانند بر زمان گلدهی و باز شدن گل‌ها تأثیر بگذارند ولیکن این موضوع که هر پایه چه میزان نیاز سرمایی در پسته را افزایش و یا کاهش می‌دهد، مشخص نشده است.

٤- عرض جغرافیایی و ارتفاع از سطح دریا

برای کشت هر رقم، وجود حداقل یک ارتفاع مناسب از سطح دریا ضروری است تا سرمای کافی دریافت شود. این ارتفاع معمولاً برای میوه‌های مناطق معتدله، ۱۰۰۰ تا۳۰۰۰ متر می‌باشد. هر چه عرض جغرافیایی کمتر باشد، ارتفاع بیشتری در نظر گرفته می‌شود. در عرض جغرافیایی پایین، گیاهان به طور کامل وارد رکود نمی‌شوند و یا اگر وارد شوند، رکود عمیق نخواهد بود (جوانشاه و ناظوری، ۱۳۸۶) (Rahimian et al., 2018).

اگر چه پسته‌کاری در ایران از ارتفاعات ۲۰۰ تا ۲۵۰۰ متری دیده شده است و لیکن عموماً کمترین ارتفاع جهت تولید اقتصادی پسته، ۷۰۰ متر می‌باشد. در برخی مناطق پسته‌کاری در استان گلستان و خراسان، در ارتفاع ۲۰۰ متری نیز به طور پراکنده پسته‌کاری دیده می‌شود که مربوط به میکروکلیمای خاصی بوده و عمومیت ندارد. در کشور ما در ارتفاعات پایین تر از ۷۰۰ متر و عرض های جغرافیایی پایین، نیاز سرمایی پسته به خوبی تأمین نمی‌شود و عملاً کشت و کار پسته را در آن مناطق محدود کرده است. موارد متعددی مشاهده شده است که باغداران بی هیچ مطالعه‌ای با سرمایه زیاد مبادرت به احداث باغ نموده‌اند، درحالی که مشکل عدم تأمین نیاز سرمایی در باغ کاملاً مشهود بوده است (جوانشاه و ناظوری، ۱۳۸۶).

٥- نور و بارندگی

اکثر تحقیقات بر روی ارزیابی‌های دمای بالا و پایین در شکستن رکود خلاصه شده و اثرات نور مورد توجه قرار نگرفته است. تعدادی از آزمایشات معمولاً در شرایط روشنایی و تاریکی به صورت متوالی و همین طور در شرایط روشنایی با دمای متغیر صورت می‌گیرد. مشاهدات مزرعه‌ای در مناطقی که گیاهان از رکود طولانی آسیب می‌بینند، نشان می‌دهد که سایه یا مه‌های پی‌درپی در طول زمستان قادر است شکوفایی را به‌خصوص در گیاهان با نیاز سرمایی بالا تحریک کند. محققین معتقدند که به فاکتورهای آب و هوایی (نور و بارندگی) در طول دوره رکود درختان میوه معتدله توجه کافی نشده است و این باید یکی از دلایل اختلاف در نتایج حاصل از ارزیابی مطالعه نیاز سرمایی باشد.

بررسی‌های مزرعه‌ای در نواحی گرمسیری نشان می‌دهد که در طول رشد درختان، شدت نور و بارندگی می‌تواند غلبه بر رکود را تسریع و یا کند نماید (جوانشاه و ناظوری، ۱۳۸۶) (Finetto, 2018).

٦- تغذیه

طولانی شدن دوره رشد و طویل شدن شاخه‌ها، باعث بیشتر شدن نیاز سرمایی می‌شود. شاخه‌های کوتاهتر، زودتر از رکود خارج می‌شوند. مطالعات نشان داده که تغذیه زیاد در سال کم محصول، باعث می‌شود که شاخه‌های فصل جاری بیش از حد رشد نمایند. این امر از یک طرف باعث می‌شود که جوانه‌های رویشی تحریک شده و فرصتی برای متمایز شدن به جوانه‌های گل نداشته باشند و از طرف دیگر این گونه شاخه‌ها رکود بیشتری دارند، چون که جوانه رویشی در آن‌ها از جوانه‌های گل بیشتر بوده و دیرتر از رکود بیرون می‌آیند (Erez, 2000). مشاهدات نگارندگان نیز نشان داده که در درختان پسته در سال کم محصول، در اثر برخی محلول پاشی‌های برگی عناصر غذایی و مصرف خاکی کودها (به‌خصوص هر چه به انتهای تابستان نزدیک‌تر باشد)، شاخه‌های فصل جاری یک رشد سریع دیگر در شاخه‌ها (فلاش رشدی) را علاوه بر فلاش رشدی بهاره (رشد علفی) شروع می‌نمایند. این رشد جدید، به دلیل نداشتن فرصت کافی جهت چوبی شدن و رقیق شدن شیره گیاهی، اولاً دیرتر در مقابل سرمای زمستانه مقاوم می‌شود و به سرمای زمستانه حساس می‌باشد و ثانیاً رکود عمیق‌تری داشته و تأمین نیاز سرمایی آن به تأخیر می‌افتد. همچنین کمبود آب و مواد غذایی در طول فصل رشد و شرایط بد آبی و خاکی باعث گسترش رکود در گیاه می‌شود.

۷- دما و طول روز

دما وطول روز، اثرات متضادی بر ظهور محرک‌های سیکل سلولی دارند. نقش هر کدام از این عوامل، در تنظیم سیکل سلولی متفاوت است. طول روز بلند منجر به تجمع سلول‌ها در مرحله G_1، ولی دما منجر به تجمع سلول‌ها در مرحله G_2 می شود (Arora et al., 2003; Haider et al., 2021). در بعضی از گونه های گیاهی، طول روز بلند ممکن است عامل جزئی برای تأمین نیاز سرمایی باشد. دمای کم و طول روز بلند از هم دیگر مستقل نیستند، از این رو طول روز بلند به طور جزئی سرمای ناکافی را جبران می‌کند. در بعضی از گونه‌های گیاهی، ۲۴ ساعت طول روز پیوسته می‌تواند رکود را بشکند در حالی که تاریکی مداوم باعث می‌شود که رکود جوانه‌ها برای شکستن، نیازمند سرما باشد (Shirazi, 2003).

۸- تنش

تحقیقات حاصل از آزمایشات محققین تأیید کرده که دوره‌های رشد کوتاه ناشی از تنش آب منجر به تسریع رکود جوانه‌ها وکاهش نیاز سرمایی می‌گردد. بر این اساس، دوره‌های طولانی رشد در صورت سرمای ناکافی منجر به تأخیر شکوفایی جوانه‌ها در فصل بهار می‌گردد (Arora et al., 2003; Nasrabadi et al., 2020). تنش‌های آب و خاک (کمبود آب، شوری خاک و تغذیه نامناسب)، باعث افزایش دوره رکود در درختان پسته می شود. در خاک‌های سنگین نیز برخلاف خاک‌های سبک، به‌دلیل تهویه نامناسب و دیرتر گرم شدن خاک، تنفس پایان فصل دیرتر شروع می‌شود و به‌طور غیرمستقیم موجب طولانی‌تر شدن دوره رکود می‌گردد (جوانشاه و ناظوری، ۱۳۸۶). علی‌رغم همه

اظهار نظرها، ما امروزه به طور واضح و کامل، بیولوژی سلولی را و این‌که چگونه تنش محیطی رکود جوانه‌ها را تنظیم می‌کند، درک ننموده‌ایم.

- تعیین نیاز سرمایی

مدل‌های مختلفی برای ارزیابی دوره رکود در گیاهان خزان‌شونده و خشک‌میوه به‌کار گرفته می‌شود که در ادامه به تعدادی از آن‌ها اشاره می‌شود.

۱- مدل تعداد ساعت زیر ۷/۲ درجه سانتی‌گراد

این مدل، به‌عنوان قدیمی‌ترین و ساده‌ترین مدل برای ارزیابی دوره رکود شناخته می‌شود و اولین بار توسط وینبرگر ارائه شد (Weinberger, 1954). در این مدل، مجموع ساعاتی که دمای هوای سرد پاییز و زمستان به زیر دمای بحرانی (معمولا ۷/۲ درجه سانتی‌گراد) برسد، محاسبه می‌شود (Deschênes & Greenstone, 2007; Lee & Sumner, 2016; Luedeling, 2012; Mahmoudi Meimand et al., 2022). اثرات سرما به‌طور جزئی قابل برگشت هستند ودماهای بالا در نوامبر و دسامبر منجر به تأخیر در شکوفایی می‌گردد (Dennis, 2003).

در محاسبه این مدل، تعداد ساعات سرمایی در زمان t (زمان از آغاز دوره رکود بر حسب ساعت) بر اساس رابطه ذیل به‌دست می‌آید:

$$CH = \sum_{i=1}^{t} T_{7.2}\,, with\ T_{7.2} = \begin{cases} 0\ ℃ < T < 7.2\ ℃ & : 1 \\ else & : 0 \end{cases}$$

برای محاسبه نیاز سرمایی با این روش، نیازمند داده‌های ورودی ساعتی می‌باشد.

۲- مدل تعداد ساعت بین صفر و ۷/۲ درجه سانتی‌گراد

بر اساس این مدل، ساعات مؤثر بر نیاز سرمایی تنها در محدوده بین صفر و ۷ درجه سانتی گراد محاسبه می‌شود و دماهای زیر نقطه انجماد در تأمین نیاز سرمایی محاسبه نمی‌گردد (Richardson et al., 1974; Saure, 2011).

۳- مدل دینامیک

مدل دینامیک، یکی دیگر از مدل‌هایی است که برای ارزیابی نیاز سرمایی به‌کار می‌رود (Erez & Fishman, 1997; Fadón et al., 2020; Luedeling, 2012). مدل دینامیک در دهه ۱۹۸۰ ارائه شده و مفاهیم جدیدی برای پروسه تأثیر منفی دما ارائه داده است. این مدل، "واحدهای سرمایی (CPs)[1]" را با استفاده از داده‌های دمای جمع‌آوری شده در طول سال محاسبه می‌کند و جمع‌بندی خالصی از پاییز تا اوایل بهار ارائه می‌دهد. در مدل دینامیک، واحد سرمایی می‌تواند توسط دمای هوای گرم در دوره خواب قطع شود. دمای گرم ممکن است موجب تأخیر و یا ممانعت از ایجاد یک دوره خواب مناسب در درختان میوه گرمسیری و خشک‌میوه شود (Erez et al., 1979; Richardson et al., 1974; Saure, 2011).

[1] Chill portions

٤- مدل یوتا

مدل یوتا به‌وسیله ریچاردسون و همکاران در سال ۱۹۷۴ در سرزمین‌هایی با زمستان‌های خیلی سرد ارائه گردید. در مدل یوتا، ارزش دماهای مختلف متفاوت است و یک مدل وزنی ساعات سرمایی با در نظر گرفتن تأثیر منفی دماهای بالا در جمع ساعات سرمایی می‌باشد (Richardson et al., 1974). در مدل یوتا، ارزش دماهای مختلف متفاوت است. طبق این مدل، دماهای بین ۱۶ °C-۰ شکستن رکود را تحریک می کند در حالی‌که دماهای بالای ۱۶ ° C اثرات منفی دارد و دمای ۶ ° C دارای بیشترین تأثیر می‌باشد و معادل یک واحد سرمایی است. مدل یوتا به طور موفقیت آمیزی، در مناطق معتدله سرد، با یا بدون تغییرات جزئی قابل استفاده است و با دقت بسیار بالایی میزان سرمای مؤثری را که گیاه با آن مواجه شده است نشان می دهد. در مناطق با دمای گرم یا نیمه گرمسیری، این مدل کمتر استفاده می‌شود ودقت کمتری دارد (Dennis, 2003; Luedeling & Brown, 2011). تحقیقات نشان می‌دهد که این مدل در مناطقی که دمای روزانه زمستان در آن‌ها بالا است، مناسب نمی‌باشد (Allan, 2003).

نحوه محاسبه نیاز سرمایی براساس مدل یوتا، مطابق با جدول ۱ خواهد بود. همانطور که از جدول مشخص است، دماهای بالا ۱۶ درجه سانتی‌گراد، نه تنها نقشی در برطرف کردن نیاز سرمایی ندارند بلکه بخشی از میزان سرمای ذخیره شده را نیز خنثی می‌کنند (Fernandez et al., 2020a; Richardson et al., 1974).

تعیین نیاز سرمایی درختان پسته به دلیل غالبیت انتهایی شدید بسیار مشکل است، زیرا غالبیت انتهایی موجب رکود جوانه های جانبی می‌شود (Rahemi & Pakkish, 2009). شواهد نشان می‌دهد که در طول دوره استراحت، مواد بازدارنده در فلس جوانه تجمع یافته و از رشد مجدد جلوگیری می‌کند. از آن جایی که اکثر مطالعات انجام شده در مورد نیاز سرمایی درختان پسته ماده بوده و از طرفی تشابه زیادی از لحاظ رشد و نمو رویشی و زایشی در بین ارقام نر وماده وجود دارد، بنابراین عادت رشد رویشی و بخشی از رشد زایشی درختان پسته نر را می‌توان همانند درختان ماده تلقی کرد.

جدول ۱- نحوه محاسبه نیاز سرمایی بر اساس مدل یوتا (**Richardson et al. 1974**).

میزان تأثیر بر نیاز سرمایی (بر حسب ساعت)	دما (درجه سانتی‌گراد)
صفر	کمتر از ۱/۴
۰/۵	۱/۵-۲/۴
۱	۲/۵-۹/۱
۰/۵	۹/۲-۱۲/۴
صفر	۱۲/۵-۱۵/۹
-۰/۵	۱۶-۱۸
-۱	بیشتر از ۱۸

جدول ۲- نیاز سرمایی برخی از ارقام پسته ایران و آمریکا (جوانشاه و ناظوری، ۱۳۸۶) (**Esmaeilizadeh et al., 2006; Kallsen, 2017; Rahemi & Pakkish, 2009**).

ردیف	رقم	نیاز سرمایی بر حسب ساعت
۱	کرمان (رقم ماده غالب کالیفرنیا)	۱۰۰۰
۲	کله قوچی	۶۰۰
۳	اوحدی (فندقی)	۸۰۰
۴	احمد آقایی	۱۰۰۰
۵	اکبری	۱۲۰۰
۶	فندقی غفوری	۱۲۰۰
۷	چروک	۱۴۰۰
۸	پیترز (رقم نر غالب کالیفرنیا)	۹۰۰
۹	P۱ (ژنوتیپ نر ایران)	۸۰۰
۱۰	P۶ (ژنوتیپ نر ایران)	۷۰۰
۱۱	P۷ (ژنوتیپ نر ایران)	۱۱۰۰
۱۲	P۱۰ (ژنوتیپ نر ایران)	۱۳۰۰

به‌طور معمول مدل یوتا برای مناطق سردتر مناسب‌تر است در حالیکه مدل دینامیک در مناطق گرمتر استفاده بیشتری دارد (Luedeling & Brown, 2011). صرف نظر از مدل استفاده شده باید به گونه و رقم نیز توجه زیادی شود. برای جمع‌آوری واحدهای نیاز سرمایی در پسته، دماهای بین ۷/۲-۰ درجه سانتی‌گراد، بهترین پاسخ را می‌دهند. در ارقام مختلف پسته نیاز سرمایی متفاوت است که با توجه به تحقیقات انجام شده، نیاز سرمایی برخی از ارقام ایران و آمریکا در جدول ۲ آمده است.

عدم تأمین نیاز سرمایی و علائم آن

درختان مناطق معتدله، در مناطق گرمتر قادر به خروج از رکود نیستند. در درختان پسته‌ای که سرمای لازم را دریافت نکرده‌اند، رشد برگچه‌ها کامل نبوده و برگ‌ها دارای تعداد کمتری برگچه هستند و گاهی عادت میوه‌دهی نیز تغییر می‌کند. بدین صورت که میوه‌ها به صورت انتهایی روی شاخه‌های سال جاری تشکیل می‌شوند، در حالی که در حالت طبیعی به صورت جانبی روی شاخه یک ساله تشکیل می‌شوند. این پدیده بیشتر در قسمت‌های جنوبی درخت اتفاق می‌افتد. در این حالت ممکن است گل‌هایی تنها در کنار جوانه برگ ظاهر شوند که مجبور خواهند بود به‌صورت بکرباری رشد کنند. با تغییر در سیستم میوه‌دهی، میوه‌هایی که باید به‌طور معمول طی دو سال آماده تولید می‌شدند (از تشکیل جوانه تا تولید میوه)، در یک سال تولید می‌شوند که نامطلوب است. از طرفی چون جوانه انتهایی، گل می‌باشد، بنابراین جوانه رویشی برای گسترش شاخه‌های جدید در سال آینده وجود ندارد و در نهایت منجر به مرگ سر شاخه‌ها خواهد شد. همچنین در صورت عدم تأمین به موقع نیاز سرمایی، شکفتن جوانه‌ها با تأخیر صورت گرفته و تولید گرده در

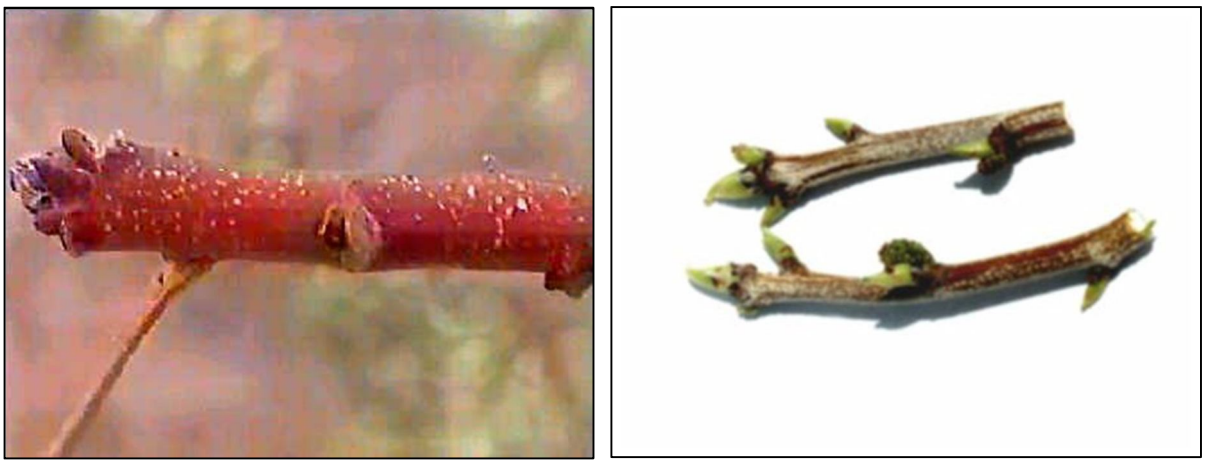
بیشتر گل آذین‌ها به‌شدت پایین می‌آید. اکثر گل آذین‌ها ممکن است عقیم بوده و ریزش کنند. جوانه‌های گل ماده نیز از نظر ظاهری ضعیف و پایداری آن‌ها روی شاخه کم است و حتی اگر با گرده مناسب نیز تلقیح شوند، ریزش کرده و در نتیجه تشکیل میوه و عملکرد به‌شدت کم خواهد شد. به‌طور خلاصه، عدم تأمین نیاز سرمایی در پسته موجب کاهش رشد میانگره‌ای، کاهش تعداد برگچه و کاهش سطح برگ، کاهش وزن تر و خشک برگ، افزایش درصد برگ‌های غیرطبیعی، کاهش تولید گرده، ریزش زیاد جوانه‌ها، تأخیر در گل‌دهی و برگ‌دهی، تشکیل میوه کم حتی در سال پرمحصول، تولید گل به صورت جانبی و انتهایی بر روی شاخه‌های فصل جاری می‌شود (جوانشاه و ناظوری، ۱۳۸۶) (Javanshah, 2010; Mahmoudi Meimand et al., 2022). شکل‌های ۷ تا ۱۳ برخی از اثرات عدم تأمین نیاز سرمایی در پسته را نشان می‌دهند.

شکل ۷- ناهماهنگی در زمان بیدار شدن در یک درخت پسته در اثر عدم تأمین نیاز سرمایی.

شکل ۸- افزایش برگ‌های غیرطبیعی با ۱، ۲ و ۴ برگچه و همچنین برگچه‌های تغییرشکل‌یافته بر روی درختان بالغ در اثر عدم تأمین نیاز سرمایی.

شکل ۹- تفاوت در زمان بیداری جوانه گل در اثر عدم تأمین نیاز سرمایی.

شکل ۱۰- تشکیل غیرطبیعی میوه روی شاخه سال جاری در اثر عدم تأمین نیاز سرمایی.



شکل ۱۱- حالت غیرطبیعی تشکیل گل و برگ در یک جوانه (سمت راست) و عدم تشکیل جوانه گل (سمت چپ) در اثر عدم تأمین نیاز سرمایی.

شکل ۱۲- عدم شکوفایی جوانه گل در اثر عدم تأمین نیاز سرمایی.

شکل ۱۳- غیرطبیعی شدن شاخه گل‌دهنده (کاهش شدید رشد میان‌گره‌ای) در اثر عدم تأمین نیاز سرمایی.

راهکارهای مختلف جهت از بین بردن رکود ناشی از عدم تأمین نیاز سرمایی

عدم تامین نیاز سرمایی در سال‌های اخیر سبب کاهش تولید محصول پسته شده است. از این رو تأمین نیاز سرمایی پسته از طریق روش‌های جایگزین برای کمتر شدن اثر تغییر اقلیم و کاهش عملکرد محصول لازم و ضروری است. به منظور غلبه بر رکود طولانی در مناطقی که با گرمای زمستان در بعضی سال‌ها مواجه می‌گردند، اعمال و تیمارهای متفاوتی مورد بررسی قرار می‌گیرند که به ۲ گروه تقسیم می‌شوند (جوانشاه و ناظوری، ۱۳۸۶) (Mahmoudi Meimand et al., 2022)

الف- تیمارهای غیرشیمیایی

تحقیقات نشان داده است که تنش آبی و عدم استفاده از کودهای نیتراته در آخر تابستان باعث کوتاه شدن دوره رکود در درختان می‌شود. گزارشات نشان می‌دهند که برگ‌ریزی مصنوعی می‌تواند باعث شکستن رکود شود. ریزش

برگ‌ها باید پس از تشکیل جوانه‌های گل و قبل از مرحله رکود حقیقی صورت گیرد. این کار توسط ابزار مکانیکی، مواد شیمیایی و یا به طور غیرمستقیم توسط تنش آبی قابل اجرا است و می‌تواند به‌وسیله هرس ریشه‌ها تشدید و کامل گردد. همچنین گزارشات دیگر نشان می‌دهند که ترکیب روش برگ‌ریزی، تنش خشکی و مواد شیمیایی در شکستن رکود بسیار مؤثر می‌باشد (جوانشاه و ناظوری، ۱۳۸۶؛ جوانشاه و همکاران، ۱۳۹۷) (Fernandez et al., 2020b).

یکی دیگر از روش‌های مؤثر جهت کوتاه نمودن دوره رکود، هرس و سرزنی است (جوانشاه و همکاران، ۱۳۹۷) (Inamahoro, 2020). در این روش برای غلبه بر چیرگی انتهایی و افزایش رشد جوانه‌ها از هرس سرشاخه‌زنی، مایل ساختن شاخه‌ها و تربیت روسیمی در مناطق گرم استفاده می‌شود. گزارش‌های دیگر حاکی از آن است که آبیاری بارانی سبب کاهش دوره رکود در درختان می‌شود که این روش در باغات دارای سیستم آبیاری بارانی امکان پذیر می‌باشد (جوانشاه و همکاران، ۱۳۹۷).

تأثیر تنش گرما در دزهای کشنده، جهت برطرف کردن رکود، اولین بار توسط مولیش[1] (۱۹۰۸، ۱۹۰۹) گزارش شد. وی شاخه‌های در حال رکود ارقام گوناگون را در حمام آب گرم ۴۰ تا ۵۰ درجه سانتی‌گراد قرار داد. در سال‌های بعد، محققین دیگری گزارش کردند که تنش گرما (°C ۵۵-۴۳) اثرات زیادی در برطرف کردن رکود در چندین گونه گیاهی دارد (Inamahoro, 2020; Shirazi, 2003).

ب) تیمارهای شیمیایی

مواد شیمیایی شناخته شده بسیاری وجود دارند که در شکستن رکود مؤثر می‌باشند. شدت اثر این مواد به دو عامل غلظت و زمان پاشیدن آن‌ها بستگی دارد (Sheard et al., 2009).

استفاده از مواد شیمیایی اغلب به سه منظور صورت می‌گیرد:

۱- تأمین نیاز سرمایی درختان سردسیری در مناطقی که سرمای کمی برای برطرف کردن نیاز سرمایی دارند؛

۲- همزمانی شکفتن جوانه‌ها و رسیدن میوه‌ها، حتی در مناطقی که نیاز سرمایی برطرف می‌شود؛

۳- افزایش شکوفایی جوانه‌ها، به‌خصوص در ارقامی که غالبیت جوانه انتهایی وجود دارد، که در نتیجه افزایش گل‌دهی و محصول را به دنبال دارد (جوانشاه و ناظوری، ۱۳۸۶) (Inamahoro, 2020).

بسیاری از مواد شیمیایی اثرات شکننده‌ای بر رکود دارند، اما تعداد کمی از آن‌ها برای شرایط مزرعه‌ای مناسب هستند. تعدادی از این مواد که تاکنون مورد استفاده قرار گرفته‌اند عبارتند از:

[1] Molisch

۱- روغن‌های معدنی

روغن‌های معدنی از کربورهای اشباع شده و اشباع نشده و همچنین از کربورهای حلقوی و غیره تشکیل شده‌اند. روغن ولک و ترکیبات دی نیترو اورتوکروزول (DNOC) و دی نیتروفنل فنیل از جمله روغن‌های معدنی هستند که روی بسیاری از درختان خزان‌دار مانند پسته اثرات مثبتی داشته‌اند (جوانشاه و همکاران، ۱۳۹۷) (Inamahoro, 2020; Syverson, 2019).

روغن ولک جزء اولین گروه‌هایی است که درسال ۱۹۴۵ برای شکستن رکود مورد استفاده قرار گرفتند. فعالیت روغن‌های معدنی تحت تأثیر رقم قرار می‌گیرد و ارقام دارای نیاز سرمایی بالا به راحتی نسبت به آن واکنش نشان می‌دهند. مرحله نمو جوانه نیز در تأثیرگذاری این مواد نقش دارد و جوانه‌ها، به‌خصوص جوانه گل، در یک مرحله حساس بهتر واکنش نشان می‌دهند (جوانشاه و ناظوری، ۱۳۸۶؛ جوانشاه و همکاران، ۱۳۹۷).

پژوهش‌ها نشان داده که پس از استفاده از روغن ولک، این روغن با ایجاد یک لایه غیر قابل نفوذ اکسیژن روی جوانه، مانع از ورود اکسیژن به جوانه می‌شود. میزان نفوذ اکسیژن به درون بافت‌ها، به ضخامت لایه روغنی و زمان از بین رفتن آن بستگی دارد که این زمان در مزرعه، پس از ۱۰ تا ۱۴ روز می‌باشد. گزارشات نشان داده که کمبود اکسیژن سبب شکسته شدن رکود در جوانه‌های برگی می‌شود که اثر این شرایط بسته به میزان کاهش اکسیژن و مدت پایداری ولک متغیر است. اثر روغن ولک در شکست رکود به دلیل واکنش گیاه به یک تنش متوسط می‌باشد که در این حالت گیاه برای تنفس بهتر، سوخت و ساز را بالا برده تا بتواند روغن را تجزیه کند و این افزایش فعالیت باعث آغاز زود هنگام رشد جوانه‌ها می‌گردد. هرچه غلظت روغن بالاتر و ملکول‌های آن سنگین‌تر باشد، سوخت و ساز بیشتر و زمان دوام بیشتر می‌شود که این امر سبب موفقیت بیشتر در شکست رکود می‌گردد. اما این تنش بالا در دمای پایین ممکن است سبب خسارات شدیدی گردد. همچنین استفاده از روغن علاوه بر ایجاد تنش، باعث افزایش مقدار سایتوکینین، کلسیم و منیزیم در شیره خام گیاه می‌شود (جوانشاه و ناظوری، ۱۳۸۶؛ جوانشاه و همکاران، ۱۳۹۷) (Aliakbari & Zandparsa, 2015; Davoodi et al. 2022).

روغن‌ها سازگاری خوبی با مناطق گرم دارند و در مناطق سرد تأثیر قابل توجهی ندارند. استفاده از این مواد در غلظت‌های بالا سبب سوختگی سر شاخه‌های جوان و یا در موارد بسیار شدید موجب سوختن کل شاخه و درخت می‌شود (جوانشاه و ناظوری، ۱۳۸۶) (Beede et al., 2000; Bound, 2015).

طبق بررسی محققین، اسپری روغن باید در یک روز روشن و دمای مناسب و بالای C ° ۱۰ (به مدت کمتر از ۲۴ ساعت) صورت گیرد. دمای ایده‌آل برای استفاده از روغن، °C ۲۱-۴/۴ است. چنانچه پیش‌بینی شود که ۴-۳ روز پس از کاربرد روغن‌ها، یخبندان شدید خواهد آمد، حتماً باید از اسپری خودداری کرد (جوانشاه و ناظوری، ۱۳۸۶).

البته در مقاله دیگری پیشنهاد شده که محلول پاشی چنانچه در اواسط روز و نزدیک به ظهر صورت بگیرد، نتایج مطلوب‌تری به‌دست می‌آید (Erez et al., 2000). روغن‌های رکود نباید به دنبال تنش استفاده شوند.کاهش رطوبت،

دمای بالا، تغییرات ناگهانی در دما، بادهای طولانی مدت و یا شرایط مناسب برای شیوع آفات و بیماری‌ها بعد از اسپری، منجر به افزایش سمیت در گیاه می‌گردد (Amin et al., 2023; Nile et al., 2019).

جوانشاه و همکاران (۱۳۹۷) کاربرد برخی مواد شیمیایی را در غلبه بر عوارض عدم تأمین نیاز سرمایی درختان بارور پسته رقم اکبری در مناطق انار و کشکوئیه رفسنجان، استان کرمان، طی دو سال بررسی نمودند. تیمارهای این تحقیق شامل روغن ولک ۴ و ۶ درصد، روغن سویا ۴ و ۶ درصد، نیترات پتاسیم ۴ و ۸ در هزار، روغن ولک ۴ درصد+بنزوات سدیم ۴ در هزار، روغن ولک ۳ درصد+بنزوات سدیم ۱ در هزار، روغن ولک ۴ درصد+بنزوات سدیم ۱ در هزار، روغن ولک ۲ درصد+روغن سویا ۲ درصد+نیترات پتاسیم ۵ در هزار+بنزوات سدیم ۰/۵ در هزار، روغن ولک ۳ درصد+روغن سویا ۳ درصد، روغن ولک ۴ درصد+نیترات پتاسیم ۵ در هزار، روغن سویا ۵ درصد+نیترات پتاسیم ۵ در هزار+بنزوات سدیم ۱ در هزار، روغن ولک ۵ درصد+نیترات پتاسیم ۵ در هزار+بنزوات سدیم ۱ در هزار و شاهد بودند. نتایج آن‌ها نشان داد که بهترین محلول‌پاشی جهت غلبه بر عدم تأمین نیاز سرمایی درختان پسته، محلول‌پاشی روغن سویا ۶ درصد و تیمار روغن ولک ۵ درصد+نیترات پتاسیم ۵ در هزار+بنزوات سدیم ۱ در هزار بود.

سالیانه حجم زیادی از روغن ولک به جهت تأمین نیاز سرمایی به صورت محلول‌پاشی در زمستان در باغات پسته استفاده می‌گردد و در برخی موارد خسارت‌هایی مانند سرخشکیدگی را نیز به دنبال داشته است. برخی تحقیقات، ترکیبات جایگزینی را برای روغن ولک معرفی و بررسی نموده‌اند که اثرات منفی کمتری را به‌همراه داشتند (تاج‌آبادی‌پور و همکاران، ۱۳۹۸؛ عبدالهی و همکاران، ۱۳۹۹)

۲- ترکیبات سیانامید

ترکیبات سیانامید به دو صورت کلسیم سیانامید و هیدروژن سیانامید (دورمکس) کاربرد دارند که بر روی درختان پسته اثرات مفیدی داشته‌اند (Baygi et al., 2015; Syverson, 2019).

کلسیم سیانامید به دلیل خمیری بودن و نیاز به غلظت بالا و اثر کمتر، معمولاً به‌صورت تجاری استفاده نمی‌شود (جوانشاه و ناظوری، ۱۳۸۶). دورمکس محلولی آبی است که دارای ۴۹ درصد ماده مؤثر H_2CN_2 می‌باشد و به‌صورت وسیعی روی محصولات مختلف استفاده شده است (اصغری، ۱۳۸۱). یکی از مهم‌ترین چالش‌ها و نگرانی‌ها در مورد این تنظیم‌کننده رشد، سمیت و خطرات آن برای انسان و محیط زیست می‌باشد (شکل ۱۴) و استفاده از آن تنها تحت شرایط ویژه و با رعایت کامل اصول ایمنی امکان‌پذیر است (شکل ۱۵). سیانامید هیدروژن در ترکیب شیمیایی خود دارای عامل سیانو (CN) می‌باشد که سبب سمیت آن می‌گردد. سیانامید براساس دستورالعمل مواد خطرناک اتحادیه اروپا[1] (DSD) در دسته مواد سمی[2] (T) قرار دارد. سمیت این ترکیب سبب ممنوعیت آن در سپتامبر ۲۰۰۸ توسط اتحادیه اروپا گردید (EFSA, 2010; Ionescu et al., 2017).

[1] Dangerous Substances Directive (DSD)

[2] Toxic

شکل ۱۴- عارضه‌های پوستی و عفونت ناشی از عدم رعایت اصول ایمنی در استفاده از دورمکس (Gamaluddin et al., 2012; Inamdar et al., 2015; Mohamed & Essam, 2010).

شکل ۱۵- رعایت اصول ایمنی در هنگام استفاده از دورمکس.

گزارشات نشان داده است که برهم‌کنشی منفی بین سرما و تیمار دورمکس وجود دارد. در مورد زمان کاربرد این ماده نظرات متفاوتی وجود دارد، به طوری که بعضی معتقدند نزدیک بودن زمان محلول پاشی به زمان طبیعی شکستن رکود تأثیر بیشتری دارد و استفاده از دورمکس پس از برطرف شدن نیاز سرمایی اثری ندارد. اما بر طبق گزارشات، هیچ تفاوتی بین زمان‌های مختلف محلول‌پاشی دیده نمی‌شود و نیز گزارشاتی حاکی از اثرات منفی دورمکس در مناطقی که دارای سرمای دیررس بهاره هستند، ارائه شده است. همچنین پیشنهاد شده است که حداکثر تا چهار هفته قبل از متورم

شدن جوانه‌ها، عمل محلول‌پاشی باید به اتمام برسد چراکه در اثر واکنش بین دورمکس و سرما خسارات سنگینی به جوانه‌های گل و شاخه‌های جوان ممکن است وارد گردد (جوانشاه و ناظوری، ۱۳۸۶).

توصیه شده است که دورمکس به همراه مواد شیمیایی دیگر استفاده نشود و این به دلیل احتمال افزایش سمیت و پتانسیل خسارت می‌باشد (اصغری،۱۳۸۱).

پژوهشگران معتقدند که دورمکس از فعالیت آنزیم کاتالاز جلوگیری می‌کند. این آنزیم نقش مهمی در سوخت و ساز گیاهی بر عهده دارد و وظیفه آن تجزیه ماده سمی پراکسید هیدروژن حاصل از فعالیت‌های یاخته‌ای گیاه است. هنگامی که فعالیت کاتالاز متوقف می‌شود، تجمع پراکسیدهیدروژن، چرخه گلیکولیز را متوقف کرده و باعث می‌شود که تنفس از طریق مسیر پنتوز فسفات انجام شود. پس از فعال شدن این مسیر، طیفی از مواد لازم برای از سرگیری رشد مجدد جوانه، ساخته می‌شود و شرایط لازم برای شکستن رکود فراهم می‌گردد. همچنین یون سیانامید سبب هیدرولیز شدن نشاسته شده و قندهای حاصل از این عمل وارد چرخه پنتوز فسفات و یا گلیکولیز می‌شوند و بدین ترتیب انرژی لازم برای شکستن رکود به‌دست می‌آید. از طرف دیگر برای شکستن رکود، فعالیت آنزیم‌های تنفسی بسیار ضروری است، اما رادیکال‌های آزاد در یاخته یکی از موانع مهم فعالیت آنزیم‌ها می‌باشند. گزارشات مختلف نشان داده که دورمکس سبب افزایش گلوتاتیون احیا (که ماده‌ای آنتی‌اکسیدان است) در جوانه‌های گل درختان میوه مناطق معتدله مانند سیب و هلو شده و از این طریق سبب حذف رادیکال‌های آزاد و تحریک شکست رکود می‌گردد. علاوه بر این، گلوتاتیون بر فعالیت پلی‌زوم‌ها تأثیر می‌گذارد و باعث سنتز بیشتر پروتئین‌ها و آنزیم‌های مورد نیاز برای شکستن رکود می‌گردد (Ben Mohamed et al., 2012; Krasuska & Gniazdowska, 2012; Liang et al., 2019; Wang et al., 2017).

از اثرات دیگر دورمکس می‌توان به افزایش نشت یونی، دخالت در ترکیبات گوگرددار، افزایش نیتروژن کل و اسیدآمینه پرولین و افزایش سایتوکنین‌های دارای زاتین،کلسیم و منیزیم در شیره خام اشاره کرد (جوانشاه و ناظوری، ۱۳۸۶).

پورابراهیمی و عشقی (۱۳۹۸) در تحقیقی اثر دورمکس و روغن ولک بر تکمیل نیاز سرمایی درختان پسته رقم اکبری بررسی کردند. تیمارهای مورد استفاده در این تحقیق شامل محلول‌پاشی آب (شاهد)، روغن ولک ۴ درصد، دورمکس ۳، ۴ و ۵ درصد در تاریخ ۱۸ بهمن‌ماه، دورمکس ۳، ۴ و ۵ درصد در ۲۹ بهمن‌ماه و دورمکس ۳، ۴ و ۵ درصد در تاریخ‌های ۱۸ و ۲۹ بهمن‌ماه بودند. نتایج نشان داد که تیمار دورمکس ۴ درصد و پس از آن تیمار ۳ درصد در زمان ۱۸ بهمن‌ماه، بهترین تیمارها بودند.

در تحقیقی دیگر راحمی و اصغری (۲۰۰۴) در سال‌های ۲۰۰۲ و ۲۰۰۳ به مقایسه سه ماده شیمیایی دورمکس، روغن ولک و نیترات‌پتاسیم و ترکیب آن‌ها روی رقم احمدآقایی در منطقه شاهمیران واقع در جنوب غربی استان کرمان پرداختند. متوسط دمای سرد تجمع یافته زیر ۷ درجه سانتی‌گراد در این منطقه ۵۶۶ ساعت می‌باشد. نتایج نشان داد که

پاشش دورمکس و روغن ولک سبب شکست خواب جوانه‌ها به میزان ۱۵ تا ۲۰ روز زودتر نسبت به شاهد گردید. دورمکس ۴ درصد و روغن ولک ۷ درصد به‌تنهایی به ترتیب با شکست ۶۹/۵ و ۶۲/۳۷ درصدی خواب جوانه‌ها نسبت به شاهد (۴۱/۶۲ درصد) به عنوان بهترین تیمارها انتخاب گردیدند. همچنین ترکیب دورمکس ۴ درصد + روغن ولک ۷ درصد سبب شکست ۷۷/۵ درصدی خواب جوانه‌ها گردید که مؤثرترین ترکیب در این آزمایش نیز بود. این تیمارها سبب افزایش کمی و کیفیت عملکرد نسبت به شاهد نیز گردیدند. در این مطالعه غلظت ۴ درصد درومکس موثرتر از ۲ درصد گزارش گردید.

۳- تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی

تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی، مانند سایتوکینین‌ها و جیبرلین‌ها اثرات مفیدی بر شکستن رکود دارند (Jung & Kim, 2011; Nishijima, 2023). به علت گرانی جیبرلین و اینکه سایتوکنین بسیار سخت جذب جوانه می‌شود، می‌توان از پرومالین (سیتوکینین+جیبرلین) به عنوان ماده جایگزین استفاده نمود (Singh, 2020). همچنین گاهی از ترکیبات تولیدکننده اتیلن، در شکستن رکود استفاده می‌شود (Liu et al., 2021).

٤- ترکیبات گوگرد دار

از جمله این ترکیبات می‌توان به سولفید هیدروژن، دی اکسید گوگرد، آلیل سولفید، متیل دی سولفید و آلیل ایزوتیوسیانات اشاره کرد که در کاهش دوره رکود، اثرات مفیدی دارند (Salama et al., 2021).

۵- سایر ترکیبات

ترکیبات دیگری نیز در کاهش دوره رکود استفاده می‌شوند که در این میان می‌توان به نیترات پتاسیم ، تیواوره‌آ (جوانشاه و همکاران، ۱۳۹۷) (El-Yazal & El-Yazal, 2021; El-Yazal, 2021)، تیدیازورون (Hafez, et al., 2015) و آرموبرک (Crane et al., 2021) اشاره نمود.

نیترات پتاسیم علاوه بر داشتن دو عنصر غذایی مهم برای گیاه (نیتروژن و پتاسیم)، نقش شکننده رکود را نیز بازی می‌کند. گزارشات نشان داده که این ماده برای شکستن رکود در جوانه گل پسته مؤثر می‌باشد (جوانشاه و همکاران، ۱۳۹۷). نیترات پتاسیم همچنین باعث افزایش شاخساره در پسته شده است. این ماده به‌تنهایی به طور متوسط عمل می کند، اما با استفاده زود هنگام از روغن‌ها می توان تأثیر بیشتری را فراهم نمود. غلظت مؤثر این نمک ۵ تا ۷ درصد گزارش شده است (اصغری، ۱۳۸۱). درواقع نیترات پتاسیم دارای عنصر نیتروژن است که توسط جوانه جذب و از این راه باعث تحریک بعضی واکنش‌ها در جوانه می‌شود.

نتیجه‌گیری

سرعت تغییرات اقلیمی در مناطقی مانند ایران طی یک دهه اخیر به‌طور چشم‌گیری افزایش یافته است و بسیاری از باغات پسته در راستای این تغییرات خسارت دیده‌اند. مسلماً شرایط اقلیمی در سطح وسیع قابل کنترل و تغییر نمی‌باشد، اما مدیریت مناسب و هم‌راستا با این تغییرات طبیعی می‌تواند در کاهش خسارت مفید واقع شود. درختان پسته نسبت به تغییرات اقلیمی بسیار حساس هستند و عدم تأمین نیاز سرمایی در حال حاضر و در آینده، یک زنگ خطر جدی برای ارقام با نیاز سرمایی بالا مانند اکبری می‌باشد. با توجه به این‌که پتانسیل اقلیمی مناطق کشت پسته در ایران و برخی کشورهای دیگر قادر به تأمین نیاز سرمایی برای تکمیل دوره خواب نخواهد بود، انتخاب ارقامی که نیاز سرمایی کمتری دارند، رویکرد تطبیقی مهمی در این شرایط است. بنابراین مطالعه تجمع سرما در هر منطقه، اصلاح ارقام، و اجرای برنامه‌های فیزیولوژیکی مناسب برای سازگازی با تغییرات اقلیمی حائز اهمیت می‌باشد. استفاده از ترکیبات شیمیایی و غیرشیمیایی (در غلظت‌ها و زمان‌های مختلف) جهت تکمیل نیاز سرمایی بایستی زیرنظر کارشناسان مربوطه، با بررسی دقیق منطقه و بسته به نوع رقم انجام گردد.

مهمترین پیام نشریه:
تغییرات اقلیمی و گرمایش جهانی، به‌طور فزاینده‌ای در حال پیشروی می‌باشند و در آینده تنگناهای جدی را برای کشت و تولید پسته به‌وجود خواهند آورد. با توجه به این‌که، این تغییرات در سطح وسیع غیرقابل کنترل می‌باشند، انتخاب ارقام با نیاز سرمایی کم و اجرای برنامه‌های مدیریتی هم‌راستا با این تغییرات می‌تواند حائز اهمیت باشد.

منابع

ابراهیمی خوسفی، ز.، ابراهیمی خوسفی، م.، ولی، ع.ع.، و رضایی، ع. (۱۳۹۲). پیامدهای تغییر اقلیم بر کشاورزی و امنیت غذایی. نخستین کنفرانس بین المللی اکولوژی سیمای سرزمین، اصفهان، دانشگاه صنعتی اصفهان.

اسلامی، م.، هاشمی‌نسب خبیصی، ف.، حیدری صالح آباد، م.، و بازماندگان، م. (۱۳۹۸). بررسی اترات تغییر اقلیم بر نیاز سرمایی درخت پسته در منطقه رفسنجان. ششمین کنفرانس منطقه‌ای تغییر اقلیم.

اسماعیل‌پور، ع. (۱۳۹۶). هرس باردهی درختان پسته. نشریه ترویجی، پژوهشکده پسته.

اصغری، ه. (۱۳۸۱). تأثیر محلول پاشی دورمکس، ولک و نیترات پتاسیم بر شکستن رکود جوانه های پسته (*Pistacia vera* L.) در مناطق گرمسیری. پایان نامه کارشناسی ارشد باغبانی. دانشگاه شیراز. ۱۰۱ صفحه.

پورابراهیمی، م.، و عشقی، س. (۱۳۹۸). اثر زمان کاربرد و غلظت دورمکس و روغن ولک بر شکفتن جوانه، رشد و ویژگی‌های خشک‌میوه پسته اکبری. *مجله علوم و فناوری پسته*، ۴(۷)۹۴-۷۶.

تاج‌آبادی‌پور، ع.، اسماعیل‌پور، ع.، اسماعیلی رنجبر، ع.، و زاده‌پاریزی، ر. (۱۳۹۸). بررسی اثر محلول پاشی ترکیبات کولر، کولینگ و کیمیا به منظور برطرف کردن نیاز سرمایی پسته و اثرات آن روی گلدهی و صفات رویشی، زایشی و کمی و کیفی درختان پسته. گزارش نهایی، پژوهشکده پسته.

جوانشاه، ا.، علی‌پور،ح.، پاکدامن، ن.، و نادی، م. (۱۳۹۷). اثر برهمکنش کاربرد بنزوات سدیم، نیترات پتاسیم، روغن سویا و روغن ولک بر رفع نیاز سرمایی درختان پسته. *مجله علوم و فناوری پسته*، ۳(۵)، ۷۳-۵۷.

جوانشاه، ا.، و ناظوری، ف. (۱۳۸۶). گرمایش جهانی، رکود و نیاز سرمایی در درختان مناطق معتدله. مؤسسه تحقیقات پسته کشور.

سبزی‌پرور، ع.ا.، و نوروزولاشدی، ر. (۱۳۹۵). اثر تغییر اقلیم بر روند تأمین نیاز سرمایی گیاهان خزان‌دار (مطالعه موردی استان همدان). *نشریه علوم باغبانی*، ۲۹(۳)، ۳۶۷-۳۵۸.

طلایی، ع. (۱۳۷۷). فیزیولوژی درختان میوه مناطق معتدله. انتشارات دانشگاه تهران.

عبدالهی عزت‌آبادی، م.، مرادی، م.، صداقت، ر.، و هاشمی‌نسب، ح. (۱۳۹۹). بررسی میزان موفقیت کاربرد دانش و تجارب کشاورزان جهت مدیریت مبارزه با عارضه سرخشکیدگی پسته. *مجله علوم و فناوری پسته*، ۵(۱۰)، ۲۰-۱.

کرمی میرعزیزی، ا.، اربابی سبزواری، ا.، و عزیزی، ق. (۱۳۹۸). تحلیل الگوهای همدیدی منجر به نابهنجاری دمایی و تغییرات دمایی دوره گرم سه دهه اخیر در منطقه غرب و شمال غرب ایران. *نشریه جغرافیای طبیعی*، ۱۲(۴۶)، ۱۱۰-۹۱.

هاشمی‌نسب، ح.، جوانشاه، ا.، پناهی، ب.، اسماعیل‌پور، ع.، و قاسمی، م. (۱۳۹۸). تغییرات آب و هوایی، گرمایش جهانی و تأمین نیاز سرمایی درختان پسته: چالش‌ها و راه‌کارها. نشریه فنی، پژوهشکده پسته.

هداوند، ن.، اثنی‌عشری، م.، ایمانی، ع.، و ارشادی، ا. (۱۴۰۰). بررسی و تعیین نیاز سرمایی و گرمایی جوانه‌های گل برخی ارقام و ژنوتیپ‌های امیدبخش بادام. *فرایند و کارکرد گیاهی*، ۱۰(۴۵)، ۳۲۹-۳۱۵.

Ahmadi, H., Baaghideh, M., & Dadashi-Roudbari, A. (2021). Climate change impacts on pistachio cultivation areas in Iran: a simulation analysis based on CORDEX-MENA multi-model ensembles. *Theoretical and Applied Climatology, 145*, 109-120.

Aliakbari, A., & Zandparsa, S. (2015). Potential application of different amounts of volck oil to provide chilling requirement of pistachio trees (*Pistacia vera* L.) under field conditions. *Indian Horticulture Journal, 5*(3 and 4), 98-104.

Allan, P. (2003). Winter chilling in areas with mild winters: It's measurement and supplementation. *Acta Horticulturae, 662*, 47-51.

Allona, I., Ramos, A., Ibáñez, C., Contreras, A., Casado, R., & Aragoncillo, C. (2008). Molecular control of winter dormancy establishment in trees: a review. *Spanish Journal of Agricultural Research, 6*, 201-210.

Almond, M., & Young, E. (1990). Growth and protein content of apple in response to shoot and root temperature following chilling. *HortScience, 22*, 371-377.

Amin, D., Rasool, R.S., Nabi, A., Mushtaq, R., Ganai, N.A., & Shah, M.D. (2023). Major insect pests and physiological disorders and their management *Apples* (pp. 177-191): CRC Press.

Amiri, M., & Eslamian, S. (2010). Investigation of climate change in Iran. *Journal of Environmental Science and Technology, 3*(4), 208-216.

Anderson, R., Bayer, P.E., & Edwards, D. (2020). Climate change and the need for agricultural adaptation. *Current Opinion in Plant Biology, 56*, 197-202.

Arora, R., Rowland, L.J., & Tanino, K. (2003). Induction and release of bud dormancy in woody perennials: a science comes of age. *HortScience, 38*(5), 911-921.

Aydin, Y., Yücel, A., Atilgan, A., & Tanriverdi, Ç. (2019). Determination of growing degree-day (GDD) values: pistachio (*Pistacia vera* L.) case. *Series B, Horticulture*, 47-54.

Baygi, M.J., Alizadeh, M., Ghaderifar, F., & Sharifani, M. (2015). Dormancy removal in pistachio nut: Influences of Hydrogen Cyanamid (Dormex®) as compared to ordinary seed chemical pre-treatments .*Advances in Horticultural Science, 29*(4), 171-175.

Beauvieux, R., Wenden, B., & Dirlewanger, E. (2018). Bud dormancy in perennial fruit tree species: a pivotal role for oxidative cues. *Frontiers in Plant Science, 9*, 657.

Beede, H., Padillia, J., & Gomes, N. (2000). *The effect of oil weight on the response of pistachio to dormant applied horticultural mineral oil*.

Bein, T., Karagiannidis, C., & Quintel, M. (2020). Climate change, global warming, and intensive care. *Intensive Care Medicine, 46*, 485-487.

Ben Mohamed, H., Vadel, A. M., Geuns, J.M., & Khemira, H. (2012). Effects of hydrogen cyanamide on antioxidant enzymes' activity, proline and polyamine contents during bud dormancy release in Superior Seedless grapevine buds. *Acta Physiologiae Plantarum, 34*, 429-437.

Benmoussa, H., Luedeling, E., Ghrab, M., Yahmed, J.B., & Mimoun, M.B. (2017). Performance of pistachio (*Pistacia vera* L.) in warming Mediterranean orchards. *Environmental and Experimental Botany, 140*, 76-85.

Bhatti, J., Lal, R., Apps, M.J., & Price, M.A. (2019). *Climate Change and Managed Ecosystems*: CRC Press.

Bound, S. (2015). Do dormancy breakers have a role in fruit production? *National Horticulture Convention*, 25-27.

Bükücü, Ş.B., & Sütyemez, M. (2016). The determination of the chilling requirements of some walnut (*Juglans regia* L.) cultivars and types. *Turkish Journal of Agrıcultural and Natural Sciences, 3*(4), 305-310.

Cai, F., Jin, X., Tian, Y., Huang, Z., Wang, X., Zhang, Y., Sun, Y., & Shao, C. (2023). Molecular regulation of bud dormancy in perennial plants. *Plant Growth Regulation*, 1-11.

Crane, J.C., & Iwakiri, B.T. (1981). Morphology and reproduction of pistachio. *Horticultural Reviews, 3*, 376-393.

Crane, O., Sar Shalom, A., & Erez, A. (2021). *Coping with global warming effects on reduced winter chilling for deciduous fruit trees*. Paper presented at the XII International Symposium on Integrating Canopy, Rootstock and Environmental Physiology in Orchard Systems.

Davoodi, S., Zivdar, S., & Khaleghi, E. (2022). The effect of volck mineral oil spraying on flowering and biochemical characteristics of two olive cultivars under Ahvaz condition. *Plant Productions, 45*(1), 41-52.

De Rosa, V., Falchi, R., Moret, E., & Vizzotto, G. (2022). Insight into carbohydrate metabolism and signaling in grapevine buds during dormancy progression. *Plants, 11*(8), 1027.

Dennis, F. (2003). Problems in standardizing methods for evaluating the chilling requirements for the breaking of dormancy in buds of woody plants. *HortScience, 38*(3), 347–350.

Deschênes, O., & Greenstone, M. (2007). The economic impacts of climate change: evidence from agricultural output and random fluctuations in weather. *American Economic Review, 97*(1), 354-385.

Ding, J., Zhang, B., Li, Y., André, D., & Nilsson, O. (2021). Phytochrome B and PHYTOCHROME INTERACTING FACTOR8 modulate seasonal growth in trees. *New Phytologist, 232*(6), 2339-2352.

EFSA, European Food Safety Authority. (2010). Conclusion on the peer review of the pesticide risk assessment of the active substance cyanamide. *EFSA Journal, 8*(11), 1-61.

El-Yazal, M.A.S., & El-Yazal, S.A.S. (2021). Impact of foliar-applied dormancy-breaking agents on flowering behavior, yield fruit quality, and some chemical constituents of "Ein Shamer" apple trees. *Innovare Journal of Agricultural Acience, 9*(1), 16-21.

El-Yazal, M.S. (2021). Impact of foliar-applied dormancy-breaking chemicals on budburst and metabolic changes in chemical constituents of leaves and fruits of *Malus sylvestris* "Ein Shamer". *Journal of Horticulture and Plant Research, 14*, 9-21.

Erez, A. (2000). Bud dormancy; phenomenon, problems and solutions in the tropics and subtropics. *Temperate fruit crops in warm climates*, 17-48.

Erez, A., Couvillon, G., & Hendershott, C. (1979). The effect of cycle length on chilling negation by high temperatures in dormant peach leaf buds. *Journal of the American Society for Horticultural Science, 104*(4), 573-576.

Erez, A., & Fishman, S. (1997). *The dynamic model for chilling evaluation in peach buds.* Paper presented at the IV International Peach Symposium.

Erez, A., Yablowitz, Z., & Korcinski, R. (1998). *Temperature and chemical effects on competing sinks in peach bud break.* Paper presented at the XXV International Horticultural Congress, Part 4: Culture Techniques with Special Emphasis on Environmental Implications.

Erez, A., Yablowitz, Z., & Korcinski, R. (2000). Temperature and chemical effects on competing sinks in peach bud break. *Acta horticulturae, 514*(514), 51-58.

Esmaeilizadeh, M., Javanshah, A., & Rahemi, M. (2006). Studies of chilling requirement of three pistachio cultivars in Rafsanjan condition. *Acta Horticulturae*. doi: 10.17660/ActaHortic.2006.726.44

Fadón, E., Fernandez, E., Behn, H., & Luedeling, E. (2020). A conceptual framework for winter dormancy in deciduous trees. *Agronomy, 10*(2), 241.

Fazio, G. (2021). Genetics, breeding, and genomics of apple rootstocks. *The apple genome*, 105-130.

Ferguson, L., Kallsen, C., Ferguson, L., & Haviland, D. (2016). The pistachio tree: physiology and botany. *Pistachio Production Manual, Publication, 3545*, 19-26.

Fernandez, E., Luedeling, E., Behrend, D., Van de Vliet, S., Kunz, A., & Fadón, E. (2020a). Mild water makes apple buds more likely to flower and more responsive to artificial forcing-impacts of an unusually warm and dry summer in Germany. *Agronomy, 10*(2), 274.

Fernandez, E., Whitney, C., & Luedeling, E. (2020b). The importance of chill model selection—a multi-site analysis. *European Journal of Agronomy, 119*, 126103.

Finetto, G. (2018). *Are the chilling temperatures the only climatic factor to overcome endo-dormancy in the temperate fruit trees? Which other climatic factors can affect the endo-dormancy and the effect of the chilling temperatures?* Paper presented at the XXX International Horticultural Congress IHC2018: International Symposium on Cultivars, Rootstocks and Management Systems of 1281.

Gamaluddin, H., Mahmmoud, S., Mosa, M., Halawa, H., & Khalifa, E. (2012). A clinical study of acute hydrogen cyanamide toxicity in the period between 2006-2009 in the Poison Control Center, Ain Shams University. *Ain Shams Journal of Forensic Medicine and Clinical Toxicology, 19*(2), 97-103.

Gholizadeh, J., Sadeghipour, H., Abdolzadeh, A., Hemmati, K., Hassani, D., & Vahdati, K. (2017). Redox rather than carbohydrate metabolism differentiates endodormant lateral buds in walnut cultivars with contrasting chilling requirements. *Scientia Horticulturae, 225*, 29-37.

Hafez, O. M., Saleh, M. A., El-Shamma, M., Naguib, M., & Khafagy, S. (2015). Effect of Thidiazuron and oil treatments on dormant break of *i* in warm climates. *International Journal of ChemTech Research, 8*(4), 1423-1429.

Haider, M.W., Nafeesa, M., Amina, M., Asadb, H.U., & Ahmad, I. (2021). Physiology of tuber dormancy and its mechanism of release in potato. *Journal of Horticultural Science and Technology, 4*(1), 13-21.

Heidary-Sharifabad, A., Zarchi, M. S., & Zarei, G. (2021). ICPTC: Iranian commercial pistachio tree cultivars standard dataset. *Data in Brief, 38*, 107348.

Hernandez, J.A., Díaz-Vivancos, P., Martínez-Sánchez, G., Alburquerque, N., Martínez, D., Barba-Espín, G., Acosta-Montos, J.R., Carrera, E., & García-Bruntón, J. (2021). Physiological and biochemical characterization of bud dormancy: Evolution of carbohydrate and antioxidant metabolisms and hormonal profile in a low chill peach variety. *Scientia Horticulturae, 281*, 109957.

Inamahoro, M. (2020). *Physiological dynamics of dormancy in apple buds grown in areas with insufficient winter chill.* (PhD), Stellenbosch University, Diss. Stellenbosch.

Inamdar, S., Chandrhas, J., C.S., & Kulkarni, R.V. (2015). Hydrogen cyanamide induced cutaneous reactions: occupational pesticide poisoning and need for surveillance. *Indian Journal of Pharmacy Practice, 8*(2), 84-86.

Ionescu, I.A., Møller, B.L., & Sánchez-Pérez, R. (2017). Chemical control of flowering time. *Journal of Experimental Botany, 68*(3), 369-382.

Javanshah, A. (2010). Global warming has been affecting some morphological characters of pistachio trees (*Pistacia vera* L.). *African Journal of Agricultural Research, 5*(24), 3394-3401.

Jung, H.H., & Kim, K.S. (2011). Flowering of Adonis amurensis by breaking dormancy using gibberellins and cytokinins. *Horticulture, Environment, and Biotechnology, 52*, 246-251.

Kallsen, C.E. (2017). Temperature-related variables associated with yield of 'Kerman'pistachio in the San Joaquin Valley of California. *HortScience, 52*(4), 598-605.

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

Kaufmann, H., & Blanke, M. (2017). Changes in carbohydrate levels and relative water content (RWC) to distinguish dormancy phases in sweet cherry. *Journal of Plant Physiology, 218*, 1-5.

Khezri, M., Heerema, R., Brar, G., & Ferguson, L. (2020). Alternate bearing in pistachio (*Pistacia vera* L.): A review. *Trees, 34*, 855-868.

Krasuska, U. & Gniazdowska, A. (2012). Nitric oxide and hydrogen cyanide as regulating factors of enzymatic antioxidant system in germinating apple embryos. *Acta Physiologiae Plantarum, 34*, 683-692.

Kuden, A., Imrak, B., Bayazıt, S., Çömlekçıoğlu, S., & Kuden, A. (2012). Chilling requirements of cherries grown under subtropical conditions of Adana. *Middle East Journal of Scientific Research, 12*(11), 1497-1501.

Kumar, G., Rattan, U.K., & Singh, A.K. (2016). Chilling-mediated DNA methylation changes during dormancy and its release reveal the importance of epigenetic regulation during winter dormancy in apple (Malus x domestica Borkh.). *PLOS ONE, 11*(2), e0149934.

Lee, H., & Sumner, D. (2016). Modeling the effects of local climate change on crop acreage. *California Agriculture, 70*(1), 9-14.

Leida, C., Terol, J., Martí, G., Agustí, M., Llacer, G., Badenes, M.L., & Río, G. (2010). Identification of genes associated with bud dormancy release in *Prunus persica* by suppression subtractive hybridization. *Tree Physiology, 30*, 655-666.

Liang, D., Huang, X., Shen, Y., Shen, T., Zhang, H., Lin, L., Wang, J., Deng, Q., Lyu, X., & Xia, H. (2019). Hydrogen cyanamide induces grape bud endodormancy release through carbohydrate metabolism and plant hormone signaling. *BMC Genomics, 20*(1), 1-14.

Liu, J., Islam, M.T., Sapkota, S., Ravindran, P., Kumar, P.P., Artlip, T.S., & Sherif, S.M. (2021). Ethylene-mediated modulation of bud phenology, cold hardiness, and hormone biosynthesis in peach (*Prunus persica*). *Plants, 10*(7), 1266.

Luedeling, E. (2012). Climate change impacts on winter chill for temperate fruit and nut production: a review. *Scientia Horticulturae, 144*, 218-229.

Luedeling, E., & Brown, P.H. (2011). A global analysis of the comparability of winter chill models for fruit and nut trees. *International Journal of Biometeorology, 55*, 411-421 .

Mahmoudi Meimand, M., Alipour, H., Shamshiri, M., & Esmaeili Zadeh, M. (2022). Pistachio production management in Iran by rest-breaking treatment and comparison of dynamic vs chill hour model for chill accumulation. *Erwerbs-Obstbau, 64*(2), 271-281.

Melke, A. (2015). The physiology of chilling temperature requirements for dormancy release and bud-break in temperate fruit trees grown at mild winter tropical climate. *Journal of Plant Studies, 4*(2), 110-156.

Michelon, M., Carminatti, J., Rufato, A., Rufato, L., Robinson, T., Macedo, T., & Sander, G. (2016). *Chilling requirement and budburst uniformity of cultivar'Maxi Gala'grafted on different rootstocks.* Paper presented at the XI International Symposium on Integrating Canopy, Rootstock and Environmental Physiology in Orchard Systems 1228.

Mohamed F.A., & Essam M.H. (2010). Acute hydrogen cyanamide [Dormex] toxicity: an outbreak in El-Minia governorate; a prospective study. 1-10.

Nasrabadi, M., Ramezanian, A., Eshghi, S., & Sarkhosh, A. (2020). Chilling and heat requirement of pomegranate (*Punica granatum* L.) trees grown under sustained deficit irrigation. *Scientia Horticulturae, 263*, 109117.

Nile, A.S., Kwon, Y.D., & Nile, S.H. (2019). Horticultural oils: possible alternatives to chemical pesticides and insecticides. *Environmental Science and Pollution Research, 26*(21), 21127-21139.

Nishijima, T. (2023). Use of plant growth regulators for floriculture in Japan. *Scientia Horticulturae, 309*, 111630.

Pakdaman, N., Javanshah, A., & Nadi, M. (2021). Evaluating the ratio of vegetative and reproductive buds of pistachio trees in Rafsanjan area to determine the yield potential of the next year. *Pistachio and Health Journal, 4*(4), 71-79.

Parada, F., Noriega, X., Dantas, D., Bressan-Smith, R., & Pérez, F.J. (2016). Differences in respiration between dormant and non-dormant buds suggest the involvement of ABA in the development of endodormancy in grapevines. *Journal of Plant Physiology, 201*, 71-78.

Parkes, H., Darbyshire, R., & White, N. (2020). Chilling requirements of apple cultivars grown in mild Australian winter conditions. *Scientia Horticulturae, 260*, 108858.

Pérez, F., Vergara, R., & Rubio, S. (2008). H_2O_2 is involved in the dormancy-breaking effect of hydrogen cyanamide in grapevine buds. *Plant Growth Regulation, 55*, 149-155.

Radville, L., McCormack, M.L., Post, E., & Eissenstat, D.M. (2016). Root phenology in a changing climate. *Journal of Experimental Botany, 67*(12), 3617-3628.

Rahemi, M., & Asghari, H. (2004). Effect of hydrogen cyanamide (dormex), volk oil and potassium nitrate on bud break, yeild and nut characteristics of pistachio (*Pistacia vera* L.). *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology, 79*, 823-827.

Rahemi, M., & Pakkish, Z. (2009). Determination of chilling and heat requirements of pistachio (*Pistacia vera* L.) cultivars. *Agricultural Sciences in China, 8*(7), 803-807 .

Rahimian, M., Biouki, R., & Karimi, M. (2018). *Identification of the major factors affecting pistachio production under saline conditions (case study of Yazd province, Central Iran)*. Paper presented

at the XXX International Horticultural Congress IHC2018: International Symposium on Water and Nutrient Relations and Management of 1253.

Richardson, E.A., Seeley, S.D., & Walker, D.R. (1974). A model for estimating the completion of rest for 'Redhaven'and 'Elberta' peach trees. *HortScience, 9*(4), 331-332.

Rochette, P., Belanger, G., Castonguay, Y., Bootsma, A., & Mongrain, D. (2004). Climate change and winter damage to fruit trees in eastern Canada. *Canadian Journal of Plant Science, 84*(4), 1113-1125.

Rohde, A., Howe, G., Olsen, J., Moritz, T., Van Montagu, M., Junttila, O., & Boerjan, W. (2000). Molecular aspects of bud dormancy in trees. *Molecular Biology of Woody Plants, 1*, 89-134.

Rubio, S., Donoso, A., & Pérez, F.J. (2014). The dormancy-breaking "chilling, hypoxia and cyanamide exposure" up-regulate the expression of α-amylase genes in grapevine buds. *Journal of Plant Physiology, 171*, 373-381.

Salajegheh. M., mousavi, M., & Alizadeh, A. (2023). The best pistachio growing areas in Kerman Province in terms of meeting chilling requirements. *Journal of Industrial Crops & Products*. In Press.

Salama, A.M., Ezzat, A., El-Ramady, H., Alam-Eldein, S.M., Okba, S. K., Elmenofy, H.M., Hassan, I.F., Attila, I., & Holb, I.J. (2021). Temperate fruit trees under climate change: Challenges for dormancy and chilling requirements in warm winter regions. *Horticulturae, 7*(4), 86.

Samish, R.M. (1954). Dormancy in woody plants. *Annual Review of Plant Physiology, 5*(1), 183-204.

Sánchez-Pérez, R., Dicenta, F., & Martínez-Gómez, P. (2012). Inheritance of chilling and heat requirements for flowering in almond and QTL analysis. *Tree Genetics & Genomes, 8*, 379-389.

Saure, M.C. (2011). Dormancy release in deciduous fruit. *Horticultural Reviews, 7*(7), 239-299.

Sheard, A.G., Johnson, S.D., & Cook, N.C. (2009). Effect of timing and concentration of rest breaking agents on budburst in 'Bing' sweet cherry under conditions of inadequate winter chilling in South Africa. *South African Journal of Plant and Soil, 26*(2), 73-79.

Shim, D., Ko, J.H., Kim, W.C., Wang, Q., Keathley, D.E., & Han, K.H. (2014). A molecular framework for seasonal growth-dormancy regulation in perennial plants. *Horticulture Research, 1*.

Shirazi, A. (2003). Standardizing methods for evaluating the chilling requirements to break dormancy in seeds and buds (including geophytes): introduction to the workshop. *HortScience, 38*(3), 334-335.

Singh, H. (2020). Use of chemicals in fruit crops for dormancy induction: A Review. *Int. J. Ecol. Environ. Sci, 2*, 249-250.

Stocker, T. (2014). *Climate change 2013: the physical science basis: Working Group I contribution to the Fifth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*: Cambridge University Press.

Syverson, D. (2019). *Efficacy Trials of New Dormancy Breaking Treatments in Pistachio*. California State University: Fresno.

Tadayon, M.S., & Hosseini, S.M. (2022). Increasing the efficiency of supplemental foliar nutrition on improving reproductive disorders of pistachio by application of plant growth regulators. *Journal of Plant Growth Regulation, 41*(2), 657-671.

Tarancón, C., González-Grandío, E., Oliveros, J.C., Nicolas, M., & Cubas, P. (2017). A conserved carbon starvation response underlies bud dormancy in woody and herbaceous species. *Frontiers in plant science, 8*, 788.

Vitra, A., Lenz, A., & Vitasse, Y. (2017). Frost hardening and dehardening potential in temperate trees from winter to budburst. *New Phytologist, 216*(1), 113-123.

Wang, L., Zhang, C., Huang, J., Zhu, L., Yu, X., Li, J., Lou, Y., Xu, W., Wang S., & Ma, C. (2017). Hydrogen cyanamide improves endodormancy release and blooming associated with endogenous hormones in 'Summit'sweet cherry trees. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science, 45*(1), 14-28.

Weinberger, J.H. (1954). Effects of high temperatures during the breaking of the rest of Salivan Elberta peach buds. *Proceedings of the American Society for Horticultural Science, 63*, 157-162.

Welling, A. (2003). Overwintering in wood plants: involvement of ABA and dehydrins. Academic dissertation, University of Helsinki, Finland.

Westwood, M. (2000). Temperature-zone pomology, physiology and culture. *Timber Press, 3*, 426.

Yoro, K.O., & Daramola, M.O. (2020). CO_2 emission sources, greenhouse gases, and the global warming effect. *Advances in carbon capture* (pp. 3-28): Elsevier.

Yue, C., Cao, H., Hao, X., Zeng, J., Qian, W., Guo, Y., Ye, N., Yang, Y., & Wang, X. (2018). Differential expression of gibberellin-and abscisic acid-related genes implies their roles in the bud activity-dormancy transition of tea plants. *Plant Cell Reports, 37*, 425-441.

Zhao, Y., Gao, J., Im Kim, J., Chen, K., Bressan, R.A., & Zhu, J.K. (2017). Control of plant water use by ABA induction of senescence and dormancy: an overlooked lesson from evolution. *Plant and Cell Physiology, 58*(8), 1319-1327.

Zheng, C., Acheampong, A.K., Shi, Z., Halaly-Basha, T., Kamiya, Y., Ophir, R., Galbraith, D.W. & Or, E. (2018). Distinct gibberellin functions during and after grapevine bud dormancy release. *Journal of Experimental Botany, 69*, 1635-1648.

Chilling Requirement of Pistachio Trees

(Physiology and Coping Strategies)

By:

A. Javanshah, N. Pakdaman, M. Nadi,

M. Salajegheh

انتشارات
موسسه تحقیقات
علوم باغبانی
۱۳۹۷

پژوهشکده پسته
رفسنجان: میدان شهید حسینی
تلفن: ۰۳۴-۳۴۲۲۵۲۰۳-۰۷
دورنگار: ۰۳۴-۳۴۲۲۵۲۰۸
http://pri.hsri.ac.ir