پژوهش در علوم باغبانی
Journal of Reserch in Horticultural Science
جلد۲، شماره۲، پاییز و زمستان ۱۴۰۲ (ص۱۹۰-۱۷۷)
Vol. 2, No.2 Autumn and Winter 2023 (177-190)
تارنمای مجله: https://rhsj.areeo.ac.ir
مقاله علمی پژوهشی
rhsj.2023.360550.1034/10.22092

بررسی تأثیر تغییرات اقلیمی بر تولید پسته

نجمه پاکدامن[1*]، امان الله جوانشاه[1]، ماریه نادی[1]

۱-استادیار، هیئت علمی پژوهشی، پژوهشکده پسته، مؤسسه تحقیقات علوم باغبانی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی،رفسنجان، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۸/۱۹ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۳/۲۷

چکیده

تغییرات اقلیمی یک واقعیت غیرقابل انکار است که در سال‌های اخیر با توجه به افزایش تولید گازهای گلخانه‌ای، با سرعت بیشتر در حال گسترش می‌باشد. فاکتورهای اقلیمی، مهمترین عوامل محیطی هستند که می‌توانند مستقیماً بر توزیع گونه‌های مختلف درختان خشک‌میوه تأثیر بگذارند. اقلیم و خصوصاً دمای هوا تأثیرات گسترده‌ای را بر رشد و عملکرد درختان خشک‌میوه مانند پسته، به‌ویژه در مناطق گرم و خشک دارند. در این مقاله سعی گردید تا مروری بر تولید و عملکرد پسته در راستای تغییرات اقلیمی انجام شود. گرمایش جهانی و تغییرات اقلیمی موجب افزایش دما و کاهش تأمین نیاز سرمایی درختان در دوره خواب می‌گردد. از طرفی شروع زودهنگام مراحل فنولوژیکی از جمله گل‌دهی در برخی مناطق، باعث افزایش احتمال سرمازدگی در پسته می‌شود که در سال‌های اخیر تبدیل به یکی از معضلات مهم کشاورزی شده است. بررسی رابطه بین عملکرد پسته و برخی متغیرهای مستقل در طی سال‌های متمادی نشان می‌دهد که میزان تولید پسته علاوه بر عملکرد سال گذشته به یک سری متغیرهای وابسته به دما، مانند تعداد ساعات دماهای زیر ۷/۲ درجه سانتی‌گراد و بالاتر از ۱۸/۳ درجه سانتی‌گراد در دوره خواب و ساعات دمای بیش از ۲۶/۷ درجه سانتی‌گراد در ابتدای فصل رشد وابسته می‌باشد. باتوجه به اینکه تغییرات اقلیمی در سطح وسیع قابل کنترل نیستند، مدیریت مناسب و هم‌سو با این تغییرات طبیعی، اصلاح ارقام و اجرای برنامه‌های فیزیولوژیکی مناسب می‌تواند جهت کاهش خسارت حائز اهمیت باشد.

واژگان کلیدی: اقلیم، گرمایش جهانی، تولید پسته، نیاز سرمایی

Investigating the effect of climate change on pistachio production

Najmeh Pakdaman[1*], Amanollah Javanshah[1], Marieh Nadi[1]

1- Assistant Professor, Pistachio Research Center, Horticulture Sciences Research Institute, Agriculture Research Education and Extension Organization (AREEO), Rafsanjan, Iran

Received :November 2022 Accepted: june 2023

Abstract

Climate changes are undeniable fact that are expanding at a faster rate in recent years, due to the increase in greenhouse gas production. Climate factors are the most important environmental parameters that directly affect the distribution of different species of nut trees. Climate parameters, especially air temperature, have wide effects on the growth and production of nut trees such as pistachio, particularly in hot and dry regions. The aim of this article was to review pistachio production in line with climate changes. Global warming and climate changes cause an increase in air temperature and thereby a decrease in chilling requirement of the trees during the rest period. On the other hand, the early start of pistachio phonological stages as flowering increases the probability of frost in some areas, which has become one of the most important agricultural problems in recent years. Studying the relationship between pistachio yield and some independent variables during consecutive years indicated that subsequent production, in addition to the previous yield, depends on some temperature-dependent variables, such as the hours of temperature below 7.2 °C and above 18.3 °C during the rest period and the hours of temperature above 26.7 °C at the beginning of growing season. As climate changes cannot be controlled on a wide scale, appropriate management in line with these natural changes, modification of varieties and implementation of suitable physiological programs would be important to reduce annual damage.

Keywords: Climate, Chilling requirement, Global warming, Pistachio production

نویسنده مسئول: pakdaman@pri.ir

۱-مقدمه

اقلیم مهمترین عامل محیطی است که مستقیماً بر گسترش گونه‌های مختلف گیاهی و میزان عملکرد آن‌ها اثر می‌گذارد. هر گونه تغییری که در شرایط معمول 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).

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 and Daramola, 2020). متوسط دمای جهانی از سال ۱۸۸۰ تا ۲۰۱۲ میلادی به میزان ۰/۸۵ °C افزایش یافته است (Stocker *et al.,* 2014) و بر اساس مطالعات پیش‌بینی می‌شود تا سال ۲۰۵۰ نیز بین ۱/۴ تا ۵/۸°C افزایش یابد (Ahmadi *et al.,* 2021; Rochette et al., 2004).

درختان خزان‌شونده مانند پسته، نسبت به تغییرات اقلیمی و افزایش دما بسیار حساس می‌باشند (Benmoussa *et al.,* 2018; Luedeling, 2012;). پسته برای گل‌دهی مناسب در فصل بهار، نیازمند یک دوره خواب زمستانه است (Crane and Takeda, 1979; Crane, 2011; Lee and Sumner, 2016; Mahmoudi Meimand *et al.,* 2022). مدل‌های مختلفی برای ارزیابی دوره خواب در گیاهان خزان‌شونده و خشک‌میوه به‌کار گرفته می‌شود. در ساده‌ترین مدل، مجموع ساعاتی که دمای هوای سرد پاییز و زمستان به زیر دمای بحرانی (معمولا ۷/۲ درجه سانتی‌گراد) برسد، محاسبه می‌شود (Deschênes and Greenstone, 2007; Lee and Sumner, 2016; Luedeling, 2012; Mahmoudi Meimand *et al.*, 2022). در برخی مدل‌ها، دماهای زیر نقطه انجماد در تأمین نیاز سرمایی محاسبه نمی‌گردد (Richardson *et al.*, 1974; Saure, 2011).

مدل پویا ، یکی دیگر از مدل‌هایی است که برای ارزیابی نیاز سرمایی به‌کار می‌رود (Erez and Fishman, 1997; Fadón *et al.*, 2020; Luedeling, 2012). این مدل، «واحدهای سرمایی (CPs) » را با استفاده از داده‌های دمای جمع‌آوری شده در طول سال محاسبه می‌کند و جمع‌بندی خالصی از پاییز و تا اوایل بهار ارائه می‌دهد. در مدل پویا، 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).

پسته علاوه بر یک دوره خواب زمستانی نسبتاً طولانی، در طول فصل رشد نیز به گرمای قابل توجهی برای تولید محصول با کیفیت و خندان نیاز دارد (Aydin *et al.,* 2019; Benmoussa *et al.*, 2017; Ferguson *et al*., 2016). واحدهای ساعتی رشد (GDHs) یا واحدهای روزانه رشد (GDDs) معمولاً با استفاده از داده‌های دما برای تعیین مجموع گرما در یک دوره زمانی مشخص در طول فصل رشد، محاسبه می‌شوند. در بسیاری از مدل‌ها، مجموع واحدهای گرمایی بین یک دمای آستانه پایه و یک دمای آستانه حداکثر محاسبه می‌گردد (Gholipour, 2007; Küden *et al.,* 1994; Lee and Sumner, 2016).

۲-تأثیر تغییر اقلیم بر جوانه‌ها و عملکرد پسته

شرایط اقلیمی و دمای هوا تأثیر به‌سزایی بر عملکرد پسته در مناطق خشک دارد. افزایش دمای هوا و گرمایش جهانی موجب شروع زودهنگام مراحل فنولوژیکی از جمله گل‌دهی درختان پسته در برخی مناطق می‌شود که خود خطر سرمازدگی

بهاره و کاهش عملکرد را به‌دنبال دارد (Ahmadi *et al.*, 2021). در تحقیقی که توسط قلی‌پور (۲۰۰۷) انجام گرفت، شاخه‌هایی که دارای جوانه گل بودند در مراحل فنولوژیکی مختلف (جوانه، گل‌دهی، بازشدن کامل گل‌ها) از درختان پسته جدا و در دماهای ۲+، ۰، ۲-، ۴- و ۶- درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند. نتایج نشان داده است که سرما می‌تواند بر ساختارهای تولیدمثلی تأثیرات منفی بگذارد و شدت این تأثیرات بسته به دما و مرحله فنولوژیکی متفاوت است. آسیب‌ها از دماهای بالاتر به پایین‌تر به ترتیب شامل زوال یا نکروز کلاله، خامه، گل‌آذین، شاخه بهاره سال جاری و جوانه‌های کامل گل بود (Gholipour, 2007).

سال‌آوری یا تناوب باردهی پسته یکی از مهمترین مشکلاتی است که تولید محصول را در کشور با نوسانات شدید همراه می‌کند. وجود محصول فراوان بر روی شاخه‌ها در درختان میوه، تشکیل جوانه گل را محدود می‌کند. اما تشکیل جوانه گل در درخت پسته هر ساله صورت می‌پذیرد و در سال پرمحصول (on) جوانه‌های گل در فصل تابستان ریزش می‌کنند که موجب سال‌آوری می‌گردد (علیزاده و راحمی، ۱۳۸۲؛ طلایی و همکاران، ۱۳۸۹؛ Khezri *et al.*, 2020).

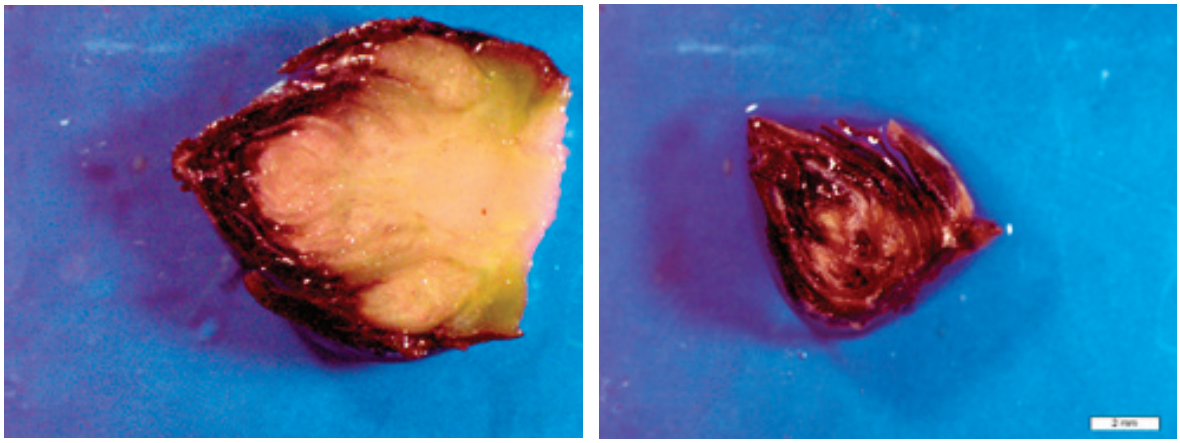
اساس فیزیولوژی و مکانیسم پدیده سال‌آوری هنوز ناشناخته است و تمامی تلاش‌هایی که تاکنون برای کنترل ریزش جوانه‌های گل صورت گرفته موفق نبوده است. برخی تحقیقات اولیه رقابت بین میوه در حال نمو و جوانه گل را برای جذب کربوهیدرات‌ها، عامل ریزش جوانه گل معرفی نموده‌اند (Khezri *et al.*, 2020). عوامل مختلفی از جمله ژنتیک، کربوهیدرات‌ها، مواد غذایی، هورمون‌ها و همچنین عوامل محیطی می‌توانند موجب ریزش جوانه‌های گل شوند (Khezri *et al.*, 2020).

ریزش جوانه‌های گل پسته در سه مرحله اتفاق می‌افتد (خضری، ۱۳۹۶). مرحله اول از زمان تشکیل جوانه گل تا قبل از پرشدن مغز است که تا بیش از ۴۰ درصد ریزش در این مرحله گزارش شده است. مرحله دوم که به‌عنوان مرحله اصلی ریزش جوانه گل نیز شناخته می‌شود، از زمان شروع پرشدن مغز تا تقریباً زمان برداشت محصول ادامه دارد. ریزش جوانه گل در این مرحله تا حدود ۵۰ درصد و یا بیشتر دیده شده است. مرحله سوم ریزش جوانه‌های گل پسته از اواخر زمستان آغاز می‌شود و تا اوایل بهار ادامه دارد. در سال‌های اخیر به این مرحله توجه بیشتری شده است و نتایج تحقیقات نشان می‌دهد که درصد ریزش جوانه گل در مرحله سوم در شرایط طبیعی آب‌وهوایی و تأمین نیاز سرمایی بین ۵ تا ۱۵ درصد می‌باشد. ریزش جوانه‌های گل در این مرحله به عوامل ژنتیکی (رقم و پایه)، میزان تأمین نیاز سرمایی، نوسانات آب و هوایی و رطوبتی و همچنین نحوه مدیریت باغ بستگی دارد. به‌نظر می‌رسد درصورت نوسانات شدید آب‌وهوایی و رطوبتی و مشکلات ناشی از عدم تأمین نیاز سرمایی در برخی سال‌ها، درصد ریزش مرحله سوم به شدت افزایش می‌یابد (خضری، ۱۳۹۶).

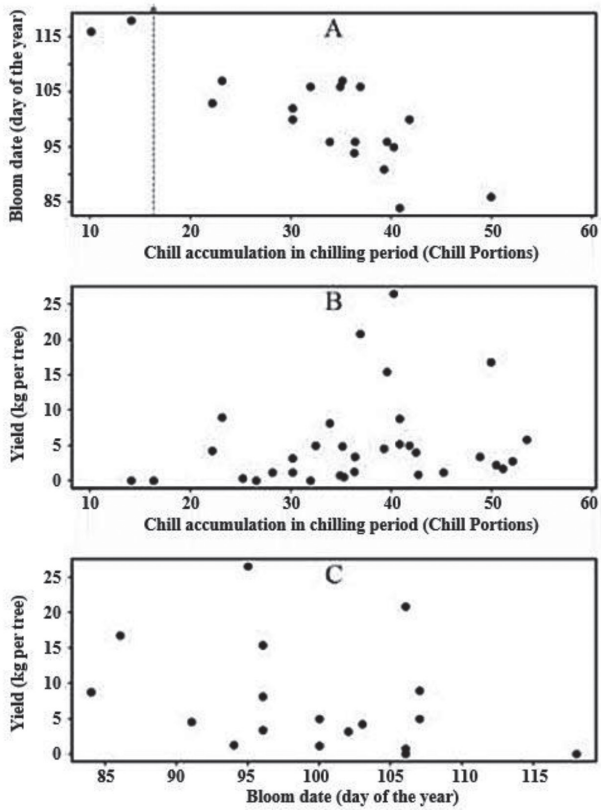
به‌طور معمول ۸۰ درصد جوانه‌های جانبی در درختان بالغ پسته، جوانه گل هستند و توانایی تبدیل شدن به خوشه میوه را دارند (اسماعیل‌پور، ۱۳۹۶؛ Ferguson *et al.*, 2016). در تحقیقی که توسط پاکدامن و همکاران (۲۰۲۱) انجام گرفت، از جوانه‌های درختان پسته مربوط به ۲۴ باغ در مناطق مختلف شهرستان رفسنجان در آبان ماه سال ۱۴۰۰ نمونه‌برداری شد. نتایج نشان داد که تعداد جوانه‌های گل در این سال کاهش یافته و به‌طور متوسط به حدود ۳۳ درصد کل جوانه‌ها رسیده است. ضمن این‌که بررسی بیشتر جوانه‌های زایشی حاکی از وجود علائم سوختگی در بافت آن‌ها بود (شکل۱) (Pakdaman

al., 2021). لازم به توضیح است که سال ۱۴۰۰ سالی کم‌محصول بود و بر اساس قاعده گل‌دهی، درختان پسته می‌بایستی بیشترین جوانه گل را داشته باشند. گل‌انگیزی یا تبدیل جوانه‌های رویشی به جوانه‌های زایشی در پسته از اردیبهشت ماه آغاز می‌شود. 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 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, 2021). از طرفی همان‌طور که در بالا نیز اشاره شد، جوانه‌های گل پس از تشکیل نیز ممکن است در سه مرحله (از زمان تشکیل جوانه گل تا قبل از پرشدن مغز، از زمان شروع پرشدن مغز تا تقریباً زمان برداشت محصول، و از اواخر زمستان تا اوایل بهار) دچار ریزش شوند. با توجه به اینکه در تحقیق پاکدامن و همکاران (Pakdaman *et al*., 2021)، جمع‌آوری داده‌ها در آبان ماه انجام گرفته بود، کاهش درصد جوانه‌های گل مربوط به اختلال در گل‌انگیزی و یا ریزش جوانه‌ها در مراحل اول و دوم می‌باشد. ضمن گستردگی این عارضه، چون این بررسی دربرگیرنده باغ‌هایی با مدیریت‌های مختلف بود، به‌نظر می‌رسد عوامل مدیریت باغی نظیر تغذیه، مبارزه با آفات و بیماری‌ها نقشی در این کاهش نداشته باشند. از طرفی تغییرات آب و هوایی می‌تواند به‌عنوان عامل اصلی این کاهش مدنظر قرار گیرد، زیرا نتایج این تحقیق نشان داد که کاهش گل‌انگیزی تابع مرزهای منطقه‌ای و مدیریتی نیست.

در تحقیقی که توسط الومی و همکاران (Elloumi *et al.*, 2013) در تونس انجام گرفت، تولید محصول پسته یک باغ و ارتباط آن با سرمای زمستان و بارش سالیانه در طی ۱۲ سال از ۱۹۹۷ تا ۲۰۰۸ ارزیابی گردید. نتایج نشان داد که عملکرد با میزان بارندگی (متغیر در محدوده ۸۰ تا ۳۰۰ میلی‌متر/سال در طی ۱۲ سال) همبستگی ضعیفی داشت اما گل‌دهی و عملکرد درختان پسته تابعی از میزان سرمای زمستان بودند. زمستان‌های گرم با کاهش تأمین نیاز سرمایی، موجب شکستن نامنظم خواب جوانه‌های گل، شاخ و برگ کم، و در نهایت کاهش عملکرد شدند (Elloumi *et al.*, 2013). شکل ۲، ارتباط تجمع سرما، زمان گل‌دهی و میزان عملکرد پسته را در منطقه مورد مطالعه نشان می‌دهد.



شکل ۱- تصاویر میکروسکوپی جوانه‌های زایشی (گل) آسیب دیده (سمت راست) و سالم (سمت چپ) (Pakdaman *et al.*, 2021).



شکل ۲- رابطه بین تجمع سرما در فصل سرد با زمان گلدهي (A) و عملکرد (B)، و ارتباط زمان گلدهي با عملکرد (C) در پسته رقم ماتور در تونس (Benmoussa *et al*., 2017).

۳- تغییر اقلیم و پیش‌بینی عملکرد پسته در سال‌های آینده

آگاهی به‌موقع در مورد مقدار محصول در برداشت بعدی، جهت تخصیص کافی منابع در زمان برداشت و پس‌از برداشت، مانند پرسنل، ماشین برداشت، کامیون‌ها، ظرفیت تسهیلات فرآوری، تسهیلات ذخیره‌سازی محصول و بازاریابی مفید می‌باشد. اطلاعات فیزیولوژیکی کافی برای درک اینکه چگونه دمای هوا[1] (Ta) در زمستان و در طول فصل رشد بر تولید سالیانه محصول اثر می‌گذارد، وجود ندارد (Pope *et al.*, 2015). کاربرد متغیرهای وابسته به دما برای پیش‌بینی مقدار محصول سال جاری، در مورد درختان میوه‌ای که تناوب باردهی دارند، پیچیده‌تر از سایر گیاهان می‌باشد. با وجود تناوب باردهی در پسته، برخی شواهد نشان می‌دهند که مجموع محصول در هر دوره دوساله مشابه است (Ferguson *et al.*, 1995). در گیاهان با تناوب باردهی، عملکرد فصل بعدی با عملکرد فصل قبل نسبت معکوس دارد و این مطلب می‌تواند در پیش‌بینی عملکرد فصل بعدی مفید باشد. پتانسیل عملکرد گیاهان با تناوب باردهی مانند پسته، خلاف سایر گیاهان، در سال off کاهش می‌یابد. محدودسازی پتانسیل عملکرد، مانند آنچه در سال off اتفاق می‌افتد، صرف نظر از اینکه چقدر پتانسیل برای رشد و عملکرد درختان مطلوب است، احتمالاً پاسخ درخت را به دمای هوا تغییر می‌دهد. بحث در مورد تأثیر دما بر عملکرد این گیاهان، بدون در نظر گرفتن وضعیت درخت در سیکل تناوبی، بیهوده خواهد بود (Kallsen, 2017). در تحقیقی که توسط کالسن (Kallsen, 2017) انجام گرفت، رکوردهای عملکردی و داده‌های دما مربوط به سه باغ بزرگ پسته در کالیفرنیا در یک بازه زمانی ۲۰ تا ۳۱ سال

1-Air temperature

جمع‌آوری شدند. رابطه بین عملکرد (متغیر وابسته) و متغیرهای مستقل که شامل محصول سال قبل و تعدادی از متغیرهای وابسته به دما بودند، توسط آنالیز رگرسیون چندگانه ارزیابی گردید. فهرست کامل و توضیحات مربوط به این متغیرها در جدول ۱ آورده شده است. از بین ۲۷ متغیر رگرسیونی مورد بررسی در این تحقیق، موارد زیر که همگی با عملکرد بعدی همبستگی منفی داشتند، بیشترین نقش را در پیش‌بینی عملکرد پسته رقم کرمان نشان دادند (جدول ۲): ۱- مجذور عملکرد سال قبل، ۲- تجمع ساعتی دمای بالای ۲۶/۷ درجه سانتی‌گراد از ۲۰ مارس (۲۹ اسفند) تا ۲۵ آوریل (۵ اردیبهشت)، ۳- تجمع ساعتی دمای زیر ۷/۲ درجه سانتی‌گراد از ۱۵ نوامبر (۲۴ آبان) تا ۱۵ فوریه (۲۶ بهمن)، و ۴- تجمع ساعتی دمای بالاتر از ۱۸/۳ درجه سانتی‌گراد از ۱۵ نوامبر (۲۴ آبان) تا ۱۵ فوریه (۲۶ بهمن). این چهار متغیر ۶۵ تغییرات عملکرد را در پسته رقم کرمان برای سه باغ مورد مطالعه از سال ۱۹۸۵ تا ۲۰۱۵ توضیح دادند. همان‌گونه که در جدول ۲ مشاهده می‌شود، به‌ازای هر ساعت دمای بالای ۲۶/۷ درجه سانتی‌گراد در دوره زمانی ۲۰ مارس (۲۹ اسفند) تا ۲۵ آوریل (۵ اردیبهشت)، عملکرد سال بعد به میزان ۱۵/۵ کیلوگرم در هکتار کاهش می‌یابد. همچنین برای هر ساعتی از ۱۵ نوامبر (۲۴ آبان) تا ۱۵ فوریه (۲۶ بهمن)که دما بیش از ۱۸/۳ درجه سانتی‌گراد باشد، کاهش عملکرد به میزان ۱۴/۷ کیلوگرم در هکتار تخمین زده می‌شود. تجمع ساعات دمای زیر ۷/۲ درجه سانتی‌گراد (۱۵ نوامبر تا ۱۵ فوریه)، تنها متغیر معنی‌دار وابسته به سرما در این مدل بود. برخلاف انتظار، این متغیر رابطه‌ای معکوس با عملکرد داشت که نشان می‌دهد تجمع ساعات سرمای بیشتر از مقدار مورد نیاز در اواخر پاییز و زمستان موجب کاهش عملکرد در هنگام برداشت می‌شود (جدول ۲) و به ازای هر ساعت دمای کمتر از ۷/۲ درجه سانتی‌گراد کاهش عملکرد ۲/۸ کیلوگرم در هکتار پیش‌بینی می‌گردد.

اگر متغیر ۱۹ (تجمع ساعات دمای زیر ۷/۲ درجه سانتی‌گراد (۱۵ نوامبر تا ۱۵ فوریه) حذف شود، درحالی که متغیرهای ۱۱ (تعداد ساعت‌های دمای بیشتر از ۲۶/۷ درجه سانتی‌گراد در طول دوره گل‌دهی و اوایل دوره تشکیل میوه)، ۱۸ (تعداد ساعات تجمع یافته دمای بالای ۱۸/۳ درجه سانتی‌گراد در طی پاییز و زمستان)، و مجذور عملکرد قبلی حفظ شوند، معادله رگرسیونی به شرح زیر است:

عملکرد بعدی = 7276-19.1 (متغیر 11) -7.90(متغیر18) -0.776(عملکردگذشته)^2

عدم معنی‌داری یک متغیر معین در این رگرسیون‌ها، عموماً به‌معنای عدم اهمیت آن متغیر در تعیین عملکرد پسته نیست. عدم معنی‌داری ممکن است فقط به این دلیل باشد که یک متغیر مشخص در تفسیر تفاوت‌های عملکرد بعدی در منطقه مورد مطالعه مفید نبوده است. به‌عنوان مثال، اگر ساعات سرمای تجمع‌یافته تا حد زیادی از حداقل مقدار مورد نیاز برای حداکثر محصول در یک منطقه بیشتر شود، تجمع سرما پیش‌بینی کننده خوبی برای تغییر عملکرد در آن منطقه نخواهد بود (Kallsen, 2017).

۱۴- تغییر اقلیم و گستره پراکنش پسته

فاکتورهای اقلیمی، به‌ویژه دما مهمترین عوامل محیطی هستند که می‌توانند مستقیماً بر توزیع گونه‌های مختلف درختان خشک‌میوه تأثیر بگذارند. مجمع بین‌المللی تغییرات آب و هوایی (IPCC)، تأثیر افزایش ۱/۵ درجه‌ای دما نسبت به قبل از عصر انقلاب صنعتی را مورد بررسی قرار داده است و آن را عامل مشکلات فراوانی برای محیط زیست و انسان می‌داند (IPCC, 2018). مطالعات نشان داده است که فعالیت‌های انسانی تا سال ۲۰۱۷ سبب افزایش یک درجه‌ای دما شده است و پیش‌بینی می‌شود که در هر دهه ۰/۲ درجه سانتی‌گراد به دما اضافه شود (هاشمی‌نسب و همکاران، ۱۳۹۸؛ IPCC, 2018).

جدول ۱- فهرست متغیرهای مستقل [یعنی متغیرهای وابسته به دما و محصول سال قبل مورد استفاده در آنالیز رگرسیون (متغیرهای ۱ تا ۲۷) و متغیرهای وابسته (متغیرهای شماره ۲۸ تا ۳۰) (Kallsen, 2017).

شماره متغیر	توضیح متغیر و دوره زمانی	متوسط باغ A	متوسط باغ B	متوسط باغ C	واحد
۱	تعداد CP حاصل از مدل پویا، ۱ سپتامبر (۱۰ شهریور) تا ۲۸ فوریه (۹ اسفند)	۷۰/۵	۶۵/۲	۶۴	CP
۲	تعداد CP با حداکثر تجمع ۱، ۶۵ CP سپتامبر (۱۰ شهریور) تا ۲۸ فوریه (۹ اسفند)	۶۳/۸	۶۲	۶۰/۶	CP
۳	تعداد CP با حداکثر تجمع ۱، ۷۰ CP سپتامبر (۱۰ شهریور) تا ۲۸ فوریه (۹ اسفند)	۶۷/۹	۶۴/۱	۶۲/۶	CP
۴	GDD بر پایه ۷/۲ درجه سانتی‌گراد، ۱۶ فوریه (۲۷ بهمن) تا ۱۵ سپتامبر (۲۴ شهریور)	۲۸۱۳/۶	۳۱۴۸	۳۱۸۲/۹	GDD
۵	GDD بر پایه ۲ °۷/C، ۲۶ آوریل (۶ اردیبهشت) تا ۱۴ ژوئن (۲۴ خرداد)	۶۴۹	۷۳۹/۱	۷۵۱/۱	GDD
۶	GDD بر پایه ۲ °۷/C، ۱۵ ژوئن (۲۵ خرداد) تا ۳۱ آگوست (۹ شهریور)	۱۴۵۰	۱۵۹۶/۲	۱۶۲۱/۴	GDD
۷	GDD بر پایه ۸ °۱۲/C، ۱۵ فوریه (۲۶ بهمن) تا ۱۵ سپتامبر (۲۴ شهریور)	۱۷۵۷/۹	۲۰۵۸/۲	۲۰۹۸/۶	GDD
۸	GDD بر پایه ۸ °۱۲/C، ۲۶ آوریل (۶ اردیبهشت) تا ۱۴ ژوئن (۲۴ خرداد)	۳۸۷/۲	۴۶۸/۲	۴۷۹/۵	GDD
۹	GDD بر پایه ۸ °۱۲/C، ۱۵ ژوئن (۲۵ خرداد) تا ۳۱ آگوست (۹ شهریور)	۱۰۱۵/۶	۹۶۶/۷	۱۱۸۸/۱	GDD
۱۰	تعداد ساعت‌های> ۹ °۲۳/C، ۲۰ مارس (۲۹ اسفند) تا ۲۵ آوریل (۵ اردیبهشت)	۷۴/۶	۱۰۲/۱	۹۹	h
۱۱	تعداد ساعت‌های> ۷ °۲۶/C، ۲۰ مارس (۲۹ اسفند) تا ۲۵ آوریل (۵ اردیبهشت)	۳۲/۶	۴۴/۸	۴۳/۳	h
۱۲	تعداد ساعت‌های> ۴ °۲۹/C، ۲۰ مارس (۲۹ اسفند) تا ۲۵ آوریل (۵ اردیبهشت)	۱۰	۱۶	۱۵/۶	h
۱۳	تعداد ساعت‌های> ۸ °۱۲/C، ۱۵ دسامبر (۲۴ آذر) تا ۳۱ ژانویه (۱۱ بهمن)	۱۶۶/۲	۱۸۵/۵	۲۲۲	h
۱۴	تعداد ساعت‌های> ۶ °۱۵/C، ۱۵ دسامبر (۲۴ آذر) تا ۳۱ ژانویه (۱۱ بهمن)	۶۱/۳	۶۵	۷۷/۸	h
۱۵	تعداد ساعت‌های> ۳ °۱۸/C، ۱۵ دسامبر (۲۴ آذر) تا ۳۱ ژانویه (۱۱ بهمن)	۱۵	۱۸/۹	۲۴/۲	h
۱۶	تعداد ساعت‌های> ۸ °۱۲/C، ۱۵ نوامبر (۲۴ آبان) تا ۱۵ فوریه (۲۶ بهمن)	۴۶۴/۱	۵۱۹	۶۰۸	h
۱۷	تعداد ساعت‌های> ۶ °۱۵/C، ۱۵ نوامبر (۲۴ آبان) تا ۱۵ فوریه (۲۶ بهمن)	۲۰۸/۶	۲۳۰/۳	۲۷۲	h
۱۸	تعداد ساعت‌های> ۳ °۱۸/C، ۱۵ نوامبر (۲۴ آبان) تا ۱۵ فوریه (۲۶ بهمن)	۶۶/۹	۷۹/۱	۹۷/۱	h
۱۹	تعداد ساعت‌های< ۲ °۷/C، ۱۵ نوامبر (۲۴ آبان) تا ۱۵ فوریه (۲۶ بهمن)	۹۳۵	۷۶۰/۴	۶۱۸/۵	h
۲۰	تعداد ساعت‌های< ۱۵، ۰ °C نوامبر (۲۴ آبان) تا ۱۵ فوریه (۲۶ بهمن)	۱۵۳/۱	۴۷/۲	۲۷/۹	h
۲۱	تعداد ساعت‌های≤ ۰ °C و < ۲ °۷/C، ۱۵ نوامبر (۲۴ آبان) تا ۱۵ فوریه (۲۶ بهمن)	۷۸۱/۹	۷۱۳/۲	۵۹۰/۶	h
۲۲	(تعداد ساعت‌های < ۲ °۷/C) منهای (تعداد ساعت‌های> ۶ °۱۵/C)، ۱۵ نوامبر (۲۴ آبان) تا ۱۵ فوریه (۲۶ بهمن)	۷۲۶/۴	۵۴۶/۲	۳۷۱/۴	h
۲۳	تعداد ساعت‌های < ۲ °۷/C با حدکثر تجمع ۸۰۰ ساعت، ۱۵ نوامبر (۲۴ آبان) تا ۱۵ فوریه (۲۶ بهمن)	۷۷۳/۵	۶۵۲/۸	۵۹۱/۹	h
۲۴	(تعداد ساعت‌های < ۲ °۷/C با حدکثر تجمع ۸۰۰ ساعت) منهای (تعداد ساعت‌های> ۶ °۱۵/C)، ۱۵ نوامبر (۲۴ آبان) تا ۱۵ فوریه (۲۶ بهمن)	۵۶۴/۹	۴۳۸/۶	۳۴۴/۸	h
۲۵	عملکرد سال گذشته باغ A	۴۱۷۷/۳			kg ha^{-1}
۲۶	عملکرد سال گذشته باغ B		۳۷۸۵/۵		kg ha^{-1}
۲۷	عملکرد سال گذشته باغ C			۳۹۱۳	kg ha^{-1}
۲۸	عملکرد سالیانه باغ A	۴۰۵۱/۲			kg ha^{-1}
۲۹	عملکرد سالیانه باغ B		۳۶۰۲/۱		kg ha^{-1}
۳۰	عملکرد سالیانه باغ C			۳۷۰۱	kg ha^{-1}

جدول ۲- خلاصه رگرسیون برای باغ‌های A، B، C و داده‌های ترکیبی سه باغ پسته در کالیفرنیا (Kallsen, 2017).

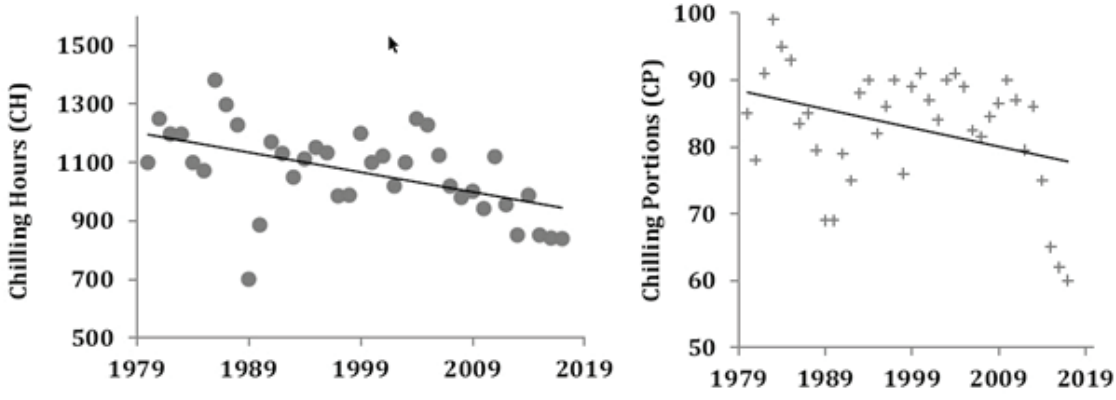
مجموعه داده‌ها	عرض از مبدأ[۷] یا شماره متغیر	ضرائب رگرسیون جزئی استانداردشده (بتا)	SE مربوط به بتا	عرض از مبدأ یا ضرائب رگرسیون جزئی (b)	SE مربوط به b	آزمون t متغیر	سطح p متغیر	سهم متغیر در R2 تعدیل‌نشده مدل	R2 تعدیل شده مدل
باغ A	عرض از مبدأ			$۸/۴۲\times۱۰^{۳}$	$۷/۹۲\times۱۰^{۲}$	۱۰/۶	$۹/۰۹\times۱۰^{-۱۱}$		۰/۶۱
	۲۵مربع	-۰/۸۷	۰/۱۴	$-۱/۲۳\times۱۰^{-۴}$	$۱/۹۳\times۱۰^{-۵}$	-۶/۳۹	$۱/۰۸\times۱۰^{-۶}$	۰/۳۱	
	۱۸	-۰/۴۸	۰/۱۳	-۲۱/۸	۶/۰۶	-۳/۵۹	$۱/۳۹\times۱۰^{-۳}$	۰/۲۰	
	۱۱	-۰/۳۸	۰/۱۲	-۳۳/۷	۱۰/۸	-۳/۱۶	$۴/۵۷\times۱۰^{-۳}$	۰/۱۴	
باغ B	عرض از مبدأ			$۸/۵۱\times۱۰^{۳}$	$۷/۹۲\times۱۰^{۲}$	۱۴/۷	$۱/۱۱\times۱۰^{-۱۴}$		۰/۷۰
	۲۶	-۰/۸۵	۰/۱۰	-۰/۹۰	۰/۱۱	-۸/۳۲	$۴/۶۹\times۱۰^{-۹}$	۰/۶۳	
	۱۲	-۰/۳۱	۰/۱۰	-۴۴/۲	۱۴/۴	-۳/۰۶	$۴/۸۴\times۱۰^{-۳}$	۰/۰۹	
باغ C	عرض از مبدأ			$۶/۹۰\times۱۰^{۳}$	$۶/۲۴\times۱۰^{۲}$	۱۱/۰۷	$۳/۴۴\times۱۰^{-۹}$		۰/۶۳
	۲۷مربع	-۰/۷۴	۰/۱۴	-۱×۱۰^{-۴}	$۱/۹۲\times۱۰^{-۵}$	-۵/۲۰	$۷/۱۶\times۱۰^{-۵}$	۰/۴۲	
	۱۸	-۰/۵۰	۰/۱۴	-۱۳	۳/۶۷	-۳/۵۵	$۲/۴۵\times۱۰^{-۳}$	۰/۲۵	
باغ‌های A، B و C ترکیب شده	عرض از مبدأ			$۹/۹۵\times۱۰^{۳}$	$۷/۰۲\times۱۰^{۲}$	۱۴/۲	$۶/۳۳\times۱۰^{-۲۳}$		۰/۶۵
	محصول سال قبل مربع	-۰/۷۹	۰/۰۷	$-۱/۰۸\times۱۰^{-۴}$	$۹/۴۳\times۱۰^{-۶}$	-۱۱/۴	$۵/۸۱\times۱۰^{-۱۸}$	۰/۴۳	
	۱۱	-۰/۲۱	۰/۰۷	-۱۵/۵	۵/۳۳	-۲/۹۱	$۴/۸۲\times۱۰^{-۳}$	۰/۱۰	
	۱۸	-۰/۴۷	۰/۰۹	-۱۴/۷	۲/۶۹	-۵/۴۷	$۵/۴۷\times۱۰^{-۷}$	۰/۰۶	
	۱۹	-۰/۳۶	۰/۰۸	-۲/۸۵	۰/۶۴	-۴/۴۷	$۲/۷۵\times۱۰^{-۵}$	۰/۰۹	

1-Intercept

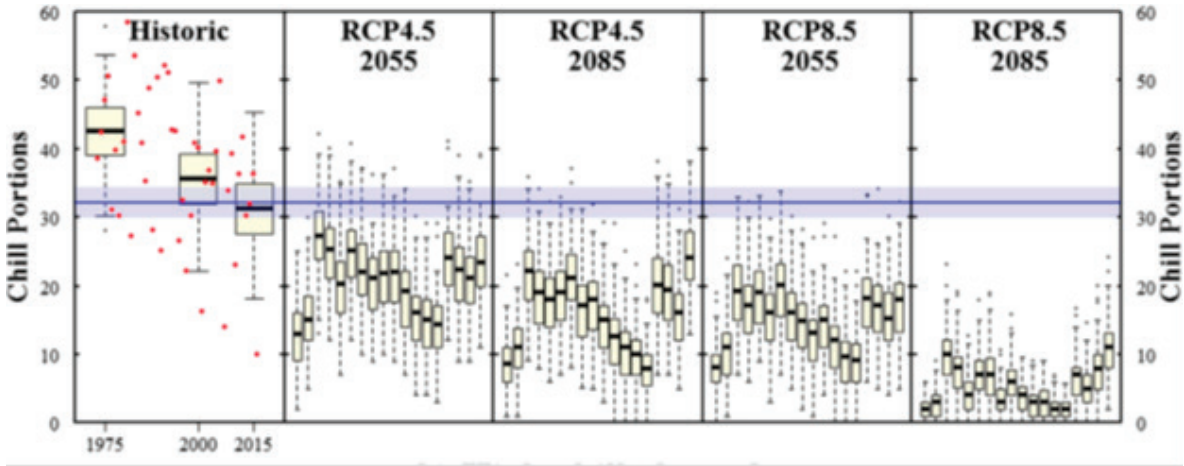
احمدی و همکاران (۲۰۲۱) داده‌های مربوط به دمای هوای ساعتی و روزانه مربوط به مناطق اصلی کشت پسته ایران، که اغلب در نواحی خشک مرکزی کشور واقع شده‌اند را در بازه زمانی سال‌های ۱۹۸۰ تا ۲۰۱۷ مورد بررسی و مطالعه قرار دادند (Ahmadi *et al*., 2021). در این تحقیق از مدل‌های پویا (واحدهای سرما) و ساعات سرد (CH) برای ارزیابی میزان تأمین نیاز سرمایی در زمستان استفاده گردید. نتایج این تحقیق، یک روند کاهشی را برای تجمع ساعات سرد و واحدهای سرمایی در مناطق پسته‌کاری ایران در طی سال‌های ۱۹۸۰ تا ۲۰۱۷ نشان داد (شکل ۳). با توجه به اینکه درختان پسته نیازمند یک مقدار تجمع مشخص سرما در زمستان برای تکمیل دوره خواب خود می‌باشند، روند کاهشی تأمین نیاز سرمایی موجب کاهش تولید پسته در سال‌های پیش‌رو خواهد شد (Ahmadi *et al.*, 2021). در این تحقیق با کمک سناریوهای RCP8.5 و RCP4.5، پیش‌بینی گردید که دمای هوا تا سال ۲۰۸۰، به ترتیب ۴/۱ و ۲/۱ درجه سانتی‌گراد افزایش می‌یابد. 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 توسط بنموسا و همکاران (Benmoussa *et al.*, 2018) نیز به‌دست آمد. در این تحقیق سرمای هوا (محاسبه شده بر اساس مدل پویا) 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 ۴). 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.*, 2018).

۵-بحث و نتیجه‌گیری

گرمایش جهانی، تغییرات آب و هوایی گسترده‌ای را به‌دنبال خواهد داشت. انتظار می‌رود که تغییر اقلیم در سال‌های پیش‌رو، با توجه به افزایش تولید گازهای گلخانه‌ای، جدی‌تر و آثار سوء آن بیشتر گردد. مسلماً نواحی خشک و نیمه‌خشک، که بخش‌های گسترده‌ای از ایران را به‌خود اختصاص داده‌اند، بیشتر تحت تأثیر گرمایش جهانی قرار می‌گیرند.



شکل ۳- تغییر تجمع سرمای زمستان در مناطق پسته‌کاری ایران در طی سال‌های ۱۹۸۰ تا ۲۰۱۷، بر اساس مدل‌های پویا (CP) **و ساعات سرد** (CH)،(Ahmadi *et al.*, 2021).



شکل ۴ - 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., 2018).

تغییرات اقلیمی باعث ایجاد مشکلات متعددی مانند کاهش یا عدم بارندگی در پاییز و زمستان و در نتیجه نوسانات شدید دمایی، عدم تأمین نیاز سرمایی، نوسانات دوره‌ای دما در زمان تورم جوانه‌های گل، تغییرات ناگهانی دما در زمان گرده‌افشانی و تلقیح گل، افزایش تعداد روزهای گرم و سوزان تابستان و در نهایت کاهش قابل توجه کمیت و کیفیت محصول پسته می‌گردد (هاشمی‌نسب و همکاران، ۱۳۹۸؛ Ahmadi *et al.*, 2021; Elloumi *et al.*, 2013). به‌عنوان مثال، عدم تأمین نیاز سرمایی می‌تواند موجب بروز مشکلات متعدد ازجمله ناهماهنگی در شکوفایی گل‌های نر و ماده، عدم تلقیح مناسب گل‌ها و در نتیجه پوکی گردد (Elloumi *et al.*, 2013; Kallsen, 2017).

نتایج تحقیقات نشان می‌دهد که محاسبه ساعاتی که دمای هوا در دوره خواب بالاتر از آستانه دمایی (۱۸/۳ درجه سانتی‌گراد) است در پیش‌بینی عملکرد، مفیدتر از محاسبه CP یا ساعات سرمای کمتر از حد آستانه (۷/۲ درجه سانتی‌گراد) می‌باشد (Kallsen, 2017). در نتیجه استفاده از ترکیباتی که موجب کاهش دمای باغ در زمستان به زیر ۱۸/۳ درجه سانتی‌گراد بشوند، ممکن است از نظر اقتصادی مقرون به‌صرفه تر و مفیدتر از تلاش برای افزایش ساعات سرد زیر ۷/۲ درجه سانتی‌گراد باشد.

تغییرات اقلیمی و گرمایش جهانی همچنین موجب افزایش تجمع واحدهای روزانه رشد (GDD) می‌گردند. به‌گونه‌ای که متوسط تجمع گرما که در گذشته (۲۰۱۷-۱۹۸۰) حدود GDD ۲۳۰۰ بوده است، پیش‌بینی می‌شود که در آینده طبق سناریوهای RCP4.5 و RCP8.5 (۲۰۸۰) به‌ترتیب به GDD ۲۶۰۰ و GDD ۳۲۰۰ برسد (Ahmadi et al., 2021). هرگونه افزایش دما منجر به تکمیل زودهنگام مراحل فیزیولوژیک و کوتاه شدن دوره رشد در پسته می‌شود. افزایش و تجمع سریع واحدهای گرمایی در طول دوره رشد درختان پسته، همچنین می‌تواند موجب افزایش نیاز به آب و تعداد دورهای آبیاری گردد. بنابراین یکی دیگر از مشکلات درختان پسته در راستای تغییرات اقلیمی، افزایش تجمع واحدهای گرمایی در طول فصل رشد خواهد بود (Ahmadi *et al.*, 2021).

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. مطالعه تجمع سرما در هر منطقه، اصلاح ارقام، و اجرای برنامه‌های فیزیولوژیکی مناسب برای سازگازی با تغییرات اقلیمی حائز اهمیت می‌باشد (هاشمی‌نسب و همکاران، ۱۳۹۸؛ Ahmadi *et al.,* 2021; Campoy *et al.,* 2011).

تضاد و تعارض منافع

نویسنده هرگونه تعارض و تضاد منافع اعم از تجاری و غیرتجاری و شخصی را که در ارتباط مستقیم یا غیرمستقیم با اثر منتشرشده است رد می‌نمایند.

منابع

علیزاده، م.، و راحمی، م. (۱۳۸۵). تأثیر محلول‌پاشی برگی اوره، در ترکیب با بنزیل آدنین بمنظور کاهش ریزش جوانه گل در درختان پسته. مجله علوم کشاورزی ایران، ۳۴(۳)، ۶۶۵-۶۵۹.

طلایی، ع.، اسماعیلی‌زاده، م.، لسانی، ح.، جوانشاه، ا.، و حکم‌آبادی، ح. (۱۳۸۹). اثر حلقه‌برداری، تنک میوه، اوره، سولفات روی و ساکاروز بر ماندگاری جوانه‌های گل پسته رقم «اوحدی». مجله علوم باغبانی ایران، ۴۱(۳)، ۲۷۴-۲۶۵.

خضری، م. (۱۳۹۶). کنترل ریزش جوانه‌های گل. انجمن پسته ایران، ۲(۱۶)، ۱۲-۹.

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

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

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، پژوهشکده پسته.

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(1), 109-120.

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

Aydin, Y., Yucel, A., Atilgan, A., & Tanriverdi, C. (2019). Determination of growing degree-day (GDD) values: pistachio (Pistacia vera L.) case. *Scientific Papers, Series B, Horticulture*, 47-55.

Benmoussa, H., Ben Mimoun, M., Ghrab, M., & Luedeling, E. (2018). Climate change threatens central Tunisian nut orchards. *International Journal of Biometeorology*, 62(12), 2245-2255.

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 Experimen-*

Botany, 140, 76-85.

Campoy, J. A., Ruiz, D., & Egea, J. (2011). Dormancy in temperate fruit trees in a global warming context: a review. *Scientia Horticulturae*, 130(2), 357-372.

Crane, J., & Takeda, F. (1979). The unique response of the pistachio tree to inadequate winter chilling. *HortScience*, 14(2), 135-137.

Crane, J. C. (2011). Morphology and reproduction of pistachio. *Horticultural Reviews*, 3, 376-393.

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.

Elloumi, O., Ghrab, M., Kessentini, H., & Mimoun, M. (2013). Chilling accumulation effects on performance of pistachio trees cv. Mateur in dry and warm area climate. *Scientia Horticulturae*, 159(2013), 80-87.

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

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

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

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

Ferguson, L., Maranto, J., & Beede, R. (1995). Mechanical topping mitigates alternate bearing of Kerman pistachios (*Pistacia vera* L.). *HortScience*, 30(7), 1369-1372.

Gholipour, Y. (2007). Low-temperature threshold and growth degree day (GDD) for two pistachio cultivars. *Journal of Applied Horticulture*, 9(2), 150-152.

IPCC. (2018). *Global warming of* 1.5 °C. Retrieved from IPCC, Geneva, Switzerland:

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.

Khezri, M., Heerema, R., Brar, G., & Ferguson, L. (2020). Alternate bearing in pistachio (*Pistacia vera* L.): a review. Trees, 1-14.

Küden, A., Kaska, N., Tanriver, E., Tekin, H., & Ak, B. (1994). *Determining the chilling requirements and growing degree hours of some pistachio nut cultivars and regions*. Paper presented at the I International Symposium on Pistachio, 419.

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

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(3), 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.

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.

Pope, K. S., Dose, V., Da Silva, D., Brown, P. H., & DeJong, T. M. (2015). Nut crop yield records show that budbreak-based chilling requirements may not reflect yield decline chill thresholds. *International Journal of Biometeorology*, 59(6), 707-715.

Richardson, E. A., Seeley, S. D., & Walker, D. R. (1974). A model for estimating the completion of rest for» Redhaven» and» Elberta» peach trees. *Hortiscience*, 9(94), 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.

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

Stocker, T. F., Qin, D., Plattner, G. K., Tignor, M. M., Allen, S. K., Boschung, J., Nauels, A., Xia, Y., Bex, V., & Midgley, P. M. (2014). Climate Change 2013: The physical science basis. contribution of working group I to the fifth assessment report of IPCC the intergovernmental panel on climate change.

Tadayon, M. S., & Hosseini, S. M. (2021). Increasing the Efficiency of Supplemental Foliar Nutrition on Improving Reproductive Disorders of Pistachio by Application of Plant Growth Regulators. *Journal of Plant Growth Regulation*, 1-15.

Yoro, K. O., & Daramola, M. O. (2020). CO2 emission sources, greenhouse gases, and the global warming effect (*Advances in carbon capture*). pp. 3-28: Elsevier.