مجله علوم و فنون باغبانی ایران جلد ۱۸ شماره ۳ صفحه‌های ۲۸۷ تا ۳۰۴ (۱۳۹۶)

تعیین نیاز سرمایی و گرمایی رقم‌های مختلف پکان[1]

Determination of Chilling and Heat Requirements of Different Pecan Cultivars

فریدون عجم گرد*، مجید راحمی و کورش وحدتی[2]

چکیده

پکان یکی از مهمترین میوه‌های خشکباری مناطق نیمه گرمسیری است که از ارزش اقتصادی بالایی برخوردار می‌باشد. در این پژوهش، نیاز سرمایی و گرمایی ۱۶ رقم مختلف پکان شامل گراتکس، ۳جی، استوارت ۲جی، استوارت ۴جی، موهاک، ویچیتا ۶جی، ماهان، ویچیتا ۷جی، کومانچ ۴ام، کومانچ ۵ام، آپاچی، پرکیو، ۶ ام، چوکتا، گراکینگ و ۱۰جی طی سال های ۱۳۹۳ تا ۱۳۹۴ مورد ارزیابی قرار گرفتند. برای تعیین نیاز سرمایی از مدل یوتا و آزمایش سرمادهی قلمه ها استفاده شد. نیاز گرمایی ارقام به روش روز درجه رشد (GDD) تعیین شد. آزمایش در قالب فاکتوریل با ۱۶ رقم و ۱۱ تیمار سرمایی قلمه ها در دمای ۱±۴ درجه سلسیوس و به مدت صفر، ۱۵۰، ۳۰۰، ۴۵۰، ۶۰۰، ۷۵۰، ۹۰۰، ۱۰۵۰، ۱۲۰۰، ۱۵۰۰ و ۱۸۰۰ ساعت انجام شد. برای اندازه‌گیری نیاز سرمایی رقم‌های پکان در شرایط طبیعی، از آمار ایستگاه هواشناسی صفی‌آباد استفاده شد. نتیجه‌ها نشان داد که بر اساس مدل یوتا، نیاز سرمایی رقم‌های گراکینگ و ویچیتا ۶ام و ویچیتا ۷ام کمتر از ۲۰۰ ساعت و رقم کومانچ ۵ام، بیش از ۸۰۰ ساعت بود و نیاز گرمایی برای شکوفا شدن جوانه‌ها، بین ۱۰۰۰۰ در رقم آپاچی و ۱۵۰۰۰ درجه رشد ساعت در رقم کومانچ ۵ام بود. نیاز گرمایی برای شکوفا شدن جوانه‌ها، با مقدار تجمع واحدهای سرمایی در رقم‌ها، همبستگی منفی داشت. هم‌چنین همه رقم‌های مورد بررسی، برای شکوفا شدن در بهار، به کمینه ۵۰۰ ساعت دمای بالاتر از ۱۸ درجه سلسیوس نیاز داشتند. در پایان رقم‌های گراکینگ، ویچیتا ۶ام و ویچیتا ۷ام و آپاچی برای منطقه‌هایی از ایران که امکان رفع نیاز سرمایی در حدود ۳۰۰ ساعت را دارند، پیشنهاد شدند. در منطقه‌های نیمه گرمسیری کشور که امکان تامین ۴۰۰ تا ۶۰۰ ساعت سرمای زمستانه را دارند رقم‌های گراتکس، کومانچ ۵ام و ۶ام پیشنهاد می‌شوند.

واژه‌های کلیدی: *Carya illinoinensis*، باز شدن جوانه ها، مدل یوتا.

مقدمه

پکان یا گردوی آمریکایی (*Carya illinoinensis*) تنها جنس از تیره گردوسانان است که گروهی از آن‌ها، نیاز سرمایی پایین داشته و شرایط منطقه‌های نیمه‌گرمسیری را به‌خوبی تحمل می‌کنند (۶) و در برابر گرما و بادهای گرم منطقه‌های نیمه‌گرمسیری جنوب کشور تحمل بالایی دارند (۱). تعیین نیاز سرمایی درختان میوه، نقش مهمی در سازگاری و تولید میوه آن‌ها دارد. در صورت کشت رقم‌های با نیاز سرمایی پایین در منطقه‌هایی با زمستان‌های سرد، به‌دلیل دریافت سریع واحدهای سرمایی، گلدهی زودهنگام بهاره و به‌دنبال آن، خطر سرمای بهاره وجود دارد. از سوی دیگر انتخاب رقم‌هایی با نیاز سرمایی بالا در منطقه‌هایی که امکان تکمیل واحدهای سرمایی وجود

۱- تاریخ دریافت: ۹۶/۵/۳ تاریخ پذیرش: ۹۶/۱۱/۱۸

۲- به‌ترتیب دانشجوی سابق دکترای بخش علوم باغبانی دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز و استادیار گروه باغی زراعی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی صفی آباد، سازمان تحقیقات، آموزش و تریج کشاورزی، استاد بخش علوم باغبانی دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز و استاد گروه باغبانی پردیس ابوریحان، دانشگاه تهران، تهران.

* نویسنده مسئول، ایمیل: (ajamgard.dezful@yahoo.com).

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-06-11]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1396.18.3.8.5]

ندارد، باعث بی‌نظمی و غیر یکنواختی گلدهی و کاهش تشکیل میوه خواهد شد. در نتیجه یکی از جنبه‌های مهم سازگاری رقم‌های درختان میوه در یک منطقه، متناسب بودن میزان نیاز سرمایی است (۵).

روش‌های مختلفی برای اندازه‌گیری نیاز سرمایی براساس ساعت‌های سرمایی ارایه شده است. بر اساس بسیاری از این روش‌ها، زمان شروع فصل خواب، اواسط آبان ماه در نظر گرفته می‌شود، اما در برخی منابع، شروع اندازه‌گیری را از زمانی که میانگین دمای روزانه خنک تر از ۷ درجه سلسیوس می‌شود، بیان کرده‌اند. یکی از مهم ترین مدل‌ها برای اندازه‌گیری نیاز سرمایی در سال ۱۹۷۴ به نام مدل یوتا ارائه شد (۱۳). در این نوع مدل به گستره‌های دما، ارزش داده می‌شود. برخی از دماها اثر بیشتر و برخی اثر کمتر و حتی برخی اثری منفی بر واحد سرمایی دارند. دمای بین ۲/۵ تا ۹/۱ درجه سلسیوس، موثرترین دما در تأمین واحد سرمایی است. بر اساس این مدل، نیاز سرمایی درختان میوه در منطقه‌های نیمه‌گرمسیری اندازه‌گیری می‌شود. در پژوهشی، نیاز سرمایی رقم‌های پسته در استان کرمان بر اساس مدل یوتا بین ۷۵۰ تا ۱۴۰۰ ساعت برآورد شد (۱۲). بر اساس مدل یوتا مثبت، نیاز سرمایی رقم‌های زیتون استان فارس بین ۹۰۰ تا ۱۱۰۰ ساعت برآورد شده است (۲). وحدتی و همکاران بر اساس این مدل، نیاز سرمایی رقم‌های گردو را بین ۶۵۰ تا ۱۰۰۰ ساعت برآورد کردند (۱۸). امروزه مدل دینامیکی به علت کارایی بالا در سطح وسیعی گسترش یافته است. در این روش، تامین نیاز سرمایی شامل یک فرآیند دو مرحله‌ای می‌باشد که اولین مرحله قابل برگشت است (۷).

اولین بار میزان نیاز سرمایی برای شکستن خفتگی جوانه‌ها در درخت پکان به‌وسیله وایت در سال ۱۹۲۵ مورد ارزیابی قرار گرفت (۱۹). هرگاه پکان در اقلیم‌هایی کاشته شود که نیاز سرمایی آن رفع نشود، باعث تاخیر در برگدهی، افزایش ریزش میوه و کاهش عملکرد می‌شود (۱۰). نیاز سرمایی برای شکستن خفتگی جوانه‌ها در رقم‌های Desirable و Mahan ۵۰۰ ساعت و برای رقم Stuart ۶۰۰ ساعت دمای کمتر از ۷ درجه سلسیوس گزارش شده است (۹). در گزارشی دیگر نیاز سرمایی رقم‌های Mahan، Success، Desirable و Schley ۳۰۰ تا ۴۰۰ ساعت و برای رقم Stuart ۷۰۰ تا ۱۰۰۰ ساعت دمای زیر ۷ درجه سلسیوس برآورد شد (۳). اسمیت و همکاران در سال ۱۹۹۲ با آزمایش دماهای مختلف تیمار سرمادهی ۱، ۵، ۶ و ۹ درجه سلسیوس، گزارش دادند که در دانهال پکان رقم Dodd وقتی کمتر از ۶۰۰ ساعت در دمای ۶ درجه سلسیوس قرار داشتند، بعد از قرار گیری در دمای گلخانه ۲۳ درجه سلسیوس، هیچ جوانه‌ای رفع خفتگی نشد و وقتی مدت سرمادهی به ۹۰۰ ساعت رسید، ۷۱٪ جوانه‌های انتهایی، بعد از ۷۸ روز قرار گرفتن در دمای ۲۳ درجه سلسیوس، رفع خفتگی شدند (۱۶). هم‌چنین نشان دادند که سرمادهی بیش از ۱۸۰۰ ساعت، زمان شکستن خفتگی جوانه انتهایی را از ۷۸ روز به ۲۶ روز کاهش داد. آن‌ها گزارش دادند که اثر بخشی سرمادهی با ۵ درجه سلسیوس در مدت زیر ۱۰۰۰ ساعت، بیشتر از ۱ و ۹ درجه سلسیوس بود، در صورتی که در سرمادهی با دمای ۱ درجه سلسیوس در مدت بیش از ۱۰۰۰ ساعت، اثر بخشی بیشتری نسبت به دمای ۵ و ۹ درجه سلسیوس وجود داشت و نتیجه گرفتند که در پکان، مدت سرمادهی و گستره دمای موثر، برای رفع خفتگی تاثیر داشت (۱۶). باید توجه داشت که نیاز سرمایی واقعی با شرایط دمایی حاکم بر فصل پاییز تغییر می‌کند. اگر در فصل پاییز دمای کمتر از ۱/۲ درجه سلسیوس حاکم شود، خواب درختان پکان عمیق‌تر می‌شود. بنابراین رقم‌های پکان کشت شده در منطقه‌های با پاییز و زمستان ملایم در مقایسه با همان رقم‌ها در منطقه‌های با اقلیم سردتر، نیاز سرمایی کمتری دارند. آملینگ و آملینگ (۳) نشان دادند که درختان پکان که در زمان مواجه شدن با دمای پایین، دارای برگ سبز هستند و خزان نکرده‌اند و یا میوه دارند، خواب در آن‌ها تشدید می‌شود و نسبت به درختان خزان کرده و یا بدون میوه، نیاز سرمایی بیشتری خواهند داشت و اگر در فصل خواب، سرمای کافی دریافت نکنند، علائم تاخیر در شکستن خفتگی در آن‌ها ظاهر خواهد شد. آن‌ها نتیجه گیری کردند که در این گروه از درختان، آغازش گل ماده به‌دلیل ناکافی بودن سرما دچار اختلال شده و در پایان عملکرد میوه کاهش می‌یابد. در برخی از رقم‌های پکان مانند Cherokee، Desirable، Choctaw، Capefear و GraKing در

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-06-11]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1396.18.3.8.5]

منطقه‌هایی که نیاز سرمایی به‌طور کامل برطرف نمی‌شود، می‌توان با استفاده از دورمکس ۳٪ تا حدودی یکنواختی شکوفایی جوانه‌ها را افزایش داد (۸). تاثیر دورمکس ۴٪ و روغن ولک، در یکنواختی شکوفایی جوانه‌ها و افزایش عملکرد در باغ‌های پسته در منطقه‌های با زمستان‌های ملایم گزارش شده است (۱۱).

جوانه‌های انتهایی نیاز سرمایی پایین‌تری نسبت به جوانه‌های جانبی دارند. این وضعیت در جوانه‌های هلو (۱۵) و پکان (۱۶) اثبات شده است. پژوهش‌های یانگ در سیب (۲۱) و اسمیت و همکارانش در پکان (۱۶) نشان داد که اثربخشی دماهای سرمادهی برای رفع خفتگی جوانه‌ها با رژیم دمائی تغییر می‌کند. اسپارکس (۱۷) با بررسی نیاز سرمایی و گرمایی رقم‌های پکان گزارش داد که شکستن خفتگی جوانه‌ها در پکان به مقدار مشخصی از واحد سرمایی یا گرمایی نیاز ندارد، بلکه زیر کنترل هر دو می‌باشد. این ارتباط بین واحدهای گرمایی و سرمایی در شکستن خفتگی جوانه‌های پکان، اجازه می‌دهد که پکان در منطقه‌های وسیع‌تری از نظر اقلیم کشت شود. وی بیان داشت که در منطقه‌های با زمستان سردتر، با دریافت واحد سرمایی بیشتر، جوانه‌های پکان با واحد گرمایی کمتری در بهار رشد خود را آغاز کرده و دوره رشد آن‌ها کوتاه می‌شود و هم‌چنین در منطقه‌هایی که زمستان‌های ملایم‌تری دارند مثل برزیل، کالیفرنیا، فلسطین اشغالی، جنوب تگزاس و افریقای جنوبی، درختان پکان با دریافت کمترین واحد سرمایی، شروع به رشد می‌نمایند و میوه تولید می‌کنند.

این پژوهش با هدف گزینش رقم‌های مختلف پکان جهت برنامه‌ریزی برای گسترش آن‌ها در منطقه‌های نیمه گرمسیری کشور از جمله استان‌های خوزستان، فارس و برخی منطقه‌های استان‌های کرمانشاه و گلستان از راه تعیین نیاز سرمایی و گرمایی آن‌ها با دو روش سرمادهی قلمه‌ها و اندازه‌گیری مدل یوتا انجام شد.

مواد و روش‌ها

شرایط بوم‌شناسی آزمایش

این پژوهش در مرکز تحقیقات کشاورزی صفی آباد دزفول واقع در شمال استان خوزستان با ارتفاع ۸۲ متر از سطح دریا، میانگین دمای سالانه ۲۴ درجه سلسیوس، بیشینه مطلق ۱۰ ساله ۵۲ درجه سلسیوس، کمینه مطلق ۱۰ ساله ۲- درجه سلسیوس و میانگین بارندگی ۳۲۰ میلی متر اجرا شد.

تعیین نیاز سرمایی و گرمایی رقم‌های پکان با روش آزمایشگاهی تیمار سرمایی قلمه‌ها

در این قسمت از پژوهش، نیاز سرمایی رقم‌های مختلف پکان مورد بررسی قرار گرفت. این پژوهش در قالب طرح به‌طور کامل تصادفی به‌صورت آزمایش فاکتوریل با ۱۶ رقم پکان شامل GraTex، Peruque، Comanche 4M، 10J، Wichita 6J، Mohawk، Mahan، Stuart 2J، 3J، Stuart 4J، GraKing، Choctaw، Apache، 6M ، Wichita 7J و Comanche 5M و ۱۱ تیمار سرمایی با دمای ۱±۴ درجه سلسیوس به مدت صفر، ۱۵۰، ۳۰۰، ۴۵۰، ۶۰۰، ۷۵۰، ۹۰۰، ۱۰۵۰، ۱۲۰۰، ۱۵۰۰ و ۱۸۰۰ ساعت و سه تکرار، در سال‌های ۱۳۹۳ و ۱۳۹۴ اجرا شد. هر واحد آزمایشی شامل ۴ قلمه از شاخه‌های یک‌ساله درختان ۴۸ ساله پکان به طول ۲۵ تا ۳۰ سانتی‌متر بودند. از هر رقم ۱۷۶ و در کل آزمایش در مجموع ۲۱۱۲ قلمه از رقم‌های مختلف پکان در زمانی که دمای شبانه به کمتر از ۱۰ درجه سلسیوس نرسیده بود، تهیه شدند. قلمه‌ها ابتدا با محلول ۴ در هزار قارچ‌کش کاپتان گندزدایی شدند. قلمه‌ها در بسته‌های ۱۶ تایی (۱۶ رقم) در کاغذ روزنامه مرطوب و درون کیسه‌های پلاستیک پیچانده شدند و به‌جز تیمار شاهد بدون تیمار سرمایی، سایر تیمارها به سردخانه با دمای ۱±۴ درجه سلسیوس و رطوبت نسبی ۸۵ تا ۹۰٪ منتقل شدند. بسته‌های قلمه بر اساس مدت زمان تیمار سرمایی بر حسب ساعت از سردخانه خارج شدند. پوشش آن‌ها برداشته شده و پس از برش یک سانتی‌متری ته آن‌ها، درگلخانه با دمای ۲±۲۵ درجه سلسیوس درون آب مقطر نگهداری شدند. برش ته قلمه‌ها هر ۴ روز یکبار انجام شد و آب ظرف‌ها نیز روزانه عوض شد تا جذب آب به‌خوبی انجام شود. نیاز گرمایی جوانه‌ها از زمانی که قلمه‌ها از سردخانه به گلخانه منتقل شدند تا زمان باز شدن ۵۰٪ جوانه‌های انتهایی و جانبی اندازه‌گیری شد. شاخص شکفتن جوانه‌ها، متورم شدن و نمایان شدن رنگ سبز

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-06-11]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1396.18.3.8.5]

آن‌ها بود (۱۷). آزمایش در سال بعد نیز تکرار شد. در پایان سال دوم، نتایج هر ساله تجزیه شده و نمودار مدت سرمادهی قلمه ها و زمان تا شکوفایی جوانه های جانبی و انتهایی در همه رقم‌ها رسم شد.

اندازه‌گیری نیاز سرمایی رقم‌های پکان در شرایط طبیعی با روش یوتا

برای اندازه‌گیری واحدهای سرمایی، از آمار ایستگاه هواشناسی صفی‌آباد استفاده شد. بدین منظور از زمانی که میانگین دما زیر ۱۰ درجه سلسیوس رسید و بر اساس مدل یوتا واحد سرمایی موثر در رفع خفتگی جوانه‌ها قابل دریافت بود، دمای ساعت به ساعت شبانه‌روز یادداشت برداری شد. بر اساس مدل یوتا، به ازاء هر یک ساعت دما در گستره ۱/۵ تا ۲/۴ درجه سلسیوس مقدار ۰/۵+، گستره ۲/۵ تا ۹/۱ درجه سلسیوس مقدار ۱+، گستره ۹/۲ تا ۱۲/۴ درجه سلسیوس مقدار ۰/۵+، گستره ۱۲/۵ تا ۱۵/۹ درجه سلسیوس مقدار صفر، گستره ۱۶ تا ۱۸ درجه سلسیوس مقدار ۰/۵− و گستره بالاتر از ۱۸ درجه سلسیوس مقدار ۱− اندازه‌گیری شد. ثبت واحدهای سرمایی تا زمانی که دما در گستره سرمای موثر بود، ادامه داشت.

اندازه‌گیری نیاز گرمایی رقم‌های مختلف پکان

نیاز گرمایی رقم‌های پکان بر اساس روش ریچاردسون و همکاران (۱۳) و براساس فرمول زیر اندازه‌گیری شد:

۲۴ × (صفر فیزیولوژیکی پکان- مجموع میانگین دمای روزانه) = درجه ساعت رشد

بدین منظور از زمان پایان مرحله دریافت واحدهای سرمایی بر اساس مدل یوتا تا شکوفایی ۵۰٪ از جوانه‌ها، میانگین دمای روزانه از ایستگاه هواشناسی صفی‌آباد یادداشت‌برداری شد. در روش اندازه‌گیری نیاز گرمایی پکان در هر دو سال، صفر فیزیولوژیکی معادل ۷/۲ درجه سلسیوس منظور شد (۱۷). در پایان سال دوم میزان نیاز گرمایی رقم‌های مختلف برحسب درجه ساعت رشد[۱] اندازه‌گیری شد و برای هر رقم نمودار دو عامل میزان نیاز گرمایی و سرمایی رسم شده و شیب خط رگرسیون اندازه‌گیری شد.

نتیجه‌های به‌دست آمده از آزمایش اول شامل ۱۱ سطح از تیمارسرمایی و ۱۶ رقم و در آزمایش دوم میزان واحدهای گرمایی در ۱۶ رقم با نرم افزار SAS واکاوی آماری شده و میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن مقایسه شدند.

نتایج و بحث

تعیین نیاز سرمایی رقم‌های پکان با روش تیمار سرمایی قلمه‌ها

نتیجه‌ها نشان داد رقم‌های مختلف پکان که در این آزمایش مورد بررسی قرار گرفتند از نظر نیاز سرمایی اختلاف معنی‌داری در سطح ۱٪ دارند. هم‌چنین نتیجه‌ها نشان داد که جوانه‌های انتهایی در مقایسه با جوانه‌های جانبی، ۱۰۰ تا ۲۰۰ ساعت نیاز سرمایی کمتری دارند (شکل ۱) که با نتیجه‌های سار (۱۴)، اسمیت و همکاران (۱۶) و اسپارکس (۱۷) همخوانی دارد. سار (۱۴) گزارش داد که به‌طور معمول جوانه‌های انتهایی نیاز سرمایی کمتری نسبت به جوانه‌های جانبی دارند. بنابراین در منطقه‌های گرم‌تر، ابتدا جوانه‌های انتهایی از خفتگی خارج می‌شوند و باعث ایجاد چیرگی انتهایی می‌شوند. اسمیت و همکاران (۱۶) بیان داشتند که در پکان مانند بسیاری از درختان میوه خزان‌دار، جوانه‌های انتهایی در مقایسه با جوانه‌های جانبی نیاز سرمایی پایین‌تری دارند. بنابراین در سال‌هایی که زمستان خنک‌تر بوده و شرایط برای تامین کمینه ۵۰۰ ساعت سرما مهیا شود، به‌دلیل ایجاد میوه روی جوانه‌های جانبی درختان پکان، میوه بیشتری تولید می‌شود. هم‌چنین اسمیت و همکاران (۱۶) با تیمار سرمایی نهال‌های بذری پکان نشان دادند که درصد نهال‌های با جوانه انتهایی شکوفا شده بیشتر از نهال‌های با جوانه جانبی بود و جوانه‌های جانبی پکان حتی با دریافت ۱۸۰۰ ساعت هم بیش از ۷۰٪ شکوفا نشدند. آن‌ها بیان داشتند که در سرمادهی کمتر از ۶۰۰ ساعت، جوانه‌های جانبی هرگز باز نشدند.

۱- Growing degree hours

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-06-11]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1396.18.3.8.5]

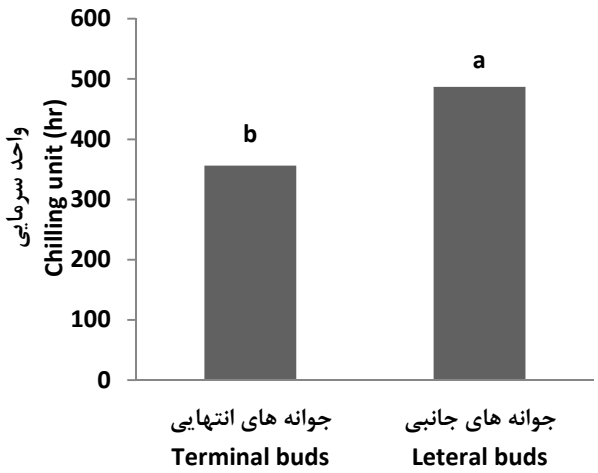

Fig. 1. Comparison of chilling requirement of lateral and terminal buds of pecan.
شکل ۱- مقایسه نیاز سرمایی جوانه‌های انتهایی و جانبی پکان.

تعیین تعداد روز تا شکوفایی جوانه‌ها (نیاز گرمایی) در تیمارهای مختلف سرمایی قلمه‌های رقم‌های پکان

نتیجه‌ها نشان داد در همه رقم‌های پکان با افزایش دریافت ساعت‌های سرمایی، تعداد روز تا شکوفایی جوانه‌ها کاهش معنی‌داری دارد و با افزایش مدت سرمادهی، تعداد روز تا شکوفایی جوانه‌ها کاهش و یکنواختی بازشدن آن‌ها افزایش یافت (شکل ۳). این قسمت از نتیجه‌ها با گزارش‌های اسمیت و همکاران همخوانی داشت (۱۶). هم‌چنین این نتیجه‌ها نشان داد که در همه رقم‌های پکان، جوانه‌های انتهایی و در برخی از آن‌ها مانند GraKing و Apache، جوانه‌های انتهایی و جوانه‌های جانبی، حتی بدون دریافت واحدهای سرمایی، شکوفا شدند (شکل ۳). بررسی رگرسیونی دو عامل مدت زمان تا شکوفایی جوانه‌ها و مدت تیمار سرمایی قلمه‌ها در همه رقم‌ها نشان داد که این همبستگی منفی است. روند تغییر مدت زمان تا شکوفایی جوانه‌های انتهایی و جانبی رقم‌های مختلف در تیمار سرمادهی از صفر تا ۱۸۰۰ ساعت در شکل ۳ نشان داده شده‌اند. براساس میانگین نتیجه‌های دو سال اجرای این قسمت از آزمایش، نیاز سرمایی رقم‌های مختلف پکان بین ۱۵۰ تا ۸۰۰ ساعت بود. به طوری که رقم‌های GraKing و Wichita کمترین و Comanche 5M بالاترین نیاز سرمایی را داشتند. میانگین نیاز سرمایی رقم‌های مختلف در شکل ۲ نشان داده شده است.

در منطقه‌هایی با زمستان ملایم، دمای مناسب برای رفع نیاز سرمایی ۵ درجه سلسیوس است اما در منطقه‌های خنک‌تر، دمای ۱ درجه سلسیوس موثرتر است. در نتیجه شرایط محیط در شیوه رفع خفتگی جوانه‌های پکان موثر است. نیاز سرمایی برای رقم‌های پکان با شرایط دمایی پاییز تغییر می‌کند. درخت پکان زمانی که در یک منطقه با زمستان ملایم کشت شود، نیاز سرمایی پایین‌تری دارد (۱۶). روند تغییر مدت زمان تا شکوفایی جوانه‌های انتهایی و جانبی رقم‌های مختلف پکان در تیمارهای سرمادهی قلمه‌ها در شکل ۳ نشان داده شده است.

اندازه‌گیری واحدهای سرمایی رقم‌های پکان در شرایط طبیعی بر اساس مدل یوتا

نتیجه‌ها نشان داد که در سال دوم اجرای آزمایش بر اساس مدل یوتا، افزایش دما به صورت دوره‌ای در زمستان باعث شد تا واحدهای سرمایی ذخیره شده به‌وسیله جوانه‌ها خنثی شده و در نتیجه مقدار واحدهای سرمایی موثر در رفع خفتگی جوانه‌ها، کمتر از سال اول بود (شکل ۴). در سال اول، رقم‌های پکان ۳۷۴ و در سال دوم ۲۶۶ ساعت واحد سرمایی موثر دریافت کردند. مقایسه نیاز گرمایی رقم‌ها در سال دوم در مقایسه با سال اول به‌طور معنی‌داری در سطح آماری ۱٪ بیشتر از سال اول بود (شکل ۵). نتیجه‌ها نشان داد که نیار گرمایی همه رقم‌های پکان که در این آزمایش مورد بررسی قرار گرفتند، در سال اول و دوم از نظر آماری اختلاف معنی‌داری

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-06-11]
[DOR: 20.1001.1.16807154.1396.18.3.8.5]

در سطح ۱٪ داشتند. بر این اساس، با افزایش واحدهای سرمایی از صفر تا ۳۷۴ ساعت، نیاز گرمایی کاهش معنی‌داری داشت (شکل ۶). این نتیجه‌ها با گزارش‌های اسپارکس (۱۷) همخوانی کامل دارد . ولسترهوم و همکاران (۲۰) گزارش دادند که شکفتن جوانه‌های پکان تحت تاثیر برهمکنش سرمای زمستانه و گرمای اول بهار است. آرنولد نشان داد که زمان شکوفایی جوانه‌های پکان اگر چه تحت تاثیر میزان رفع نیاز سرمایی است اما بیشتر به رفع نیاز گرمایی در اول بهار وابسته است(۴).

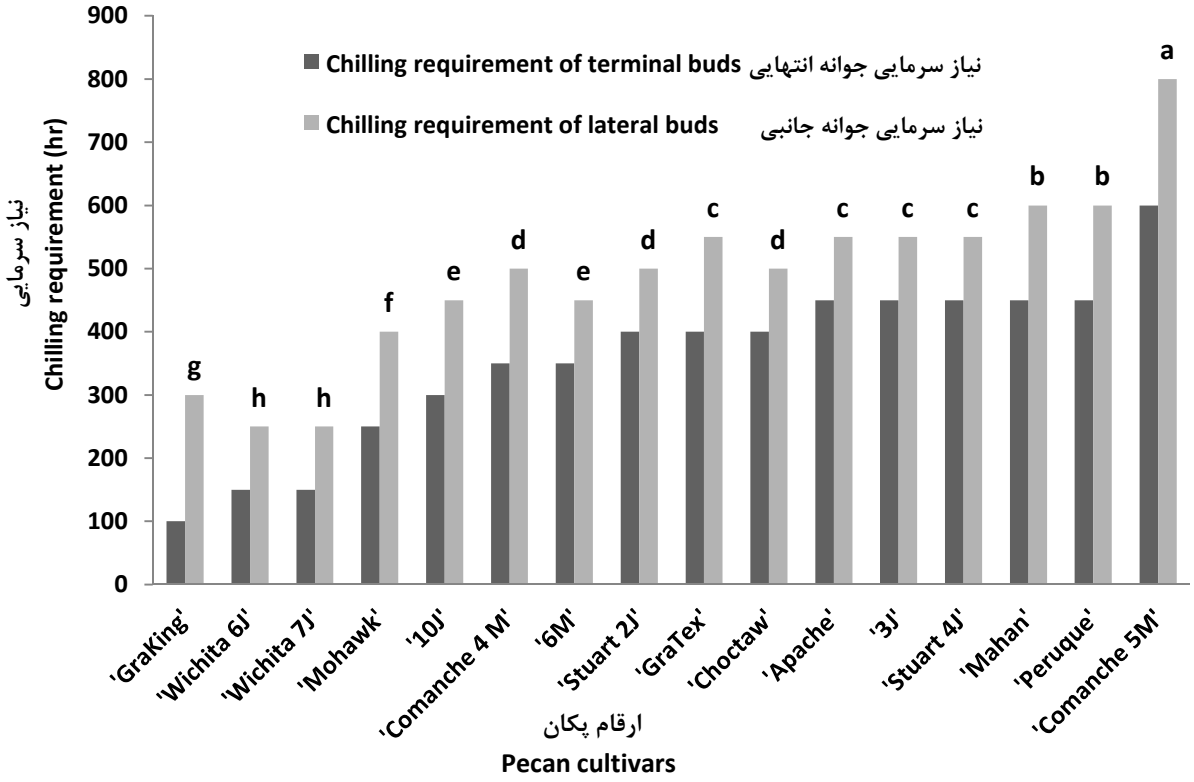

Fig. 2. Comparison of chilling requirement of terminal and lateral buds of pecan cultivars (Mean of two years). Means of columns followed by the same letter are not significantly different according to Duncan's multiple range test ($P \leq 0.01$).

شکل ۲- مقایسه نیاز سرمایی جوانه‌های جانبی و انتهایی رقم‌های پکان (میانگین دو سال). ستون‌های دارای حرف‌های مشترک، تفاوت معنی داری در سطح ۱٪ ندارند.

اگرچه رابطه‌های برهمکنش سرمای زمستانه و گرمای بهاره، زمان شکوفایی را تعیین می‌کند، اما در منطقه‌های با زمستان‌های ملایم، نیاز گرمایی اهمیت بیشتری دارد. نیاز گرمایی با دریافت واحدهای سرمایی بیشتر، کاهش می‌یابد و شکوفایی، منظم‌تر می‌شود. این رفتار در تنژیدن بذر پکان نیز ثابت شده است (۱۷، ۲۰). گستره دمای موثر و بهترین دما برای شکستن خفتگی جوانه‌های پکان در اقلیم‌های مختلف تغییر می‌کند (۱۶). تغییر گستره دمای موثر در اقلیم‌های مختلف برای شکستن خفتگی جوانه‌های سیب ثابت شده است (۲۱). آغازش گل‌های ماده پکان، نیاز به سرمای کافی دارد و در نتیجه در منطقه‌های نیمه‌گرمسیری اگر چه ممکن است کم بودن ساعت‌های سرمایی باعث جلوگیری از شکوفایی جوانه‌ها در بهار نشود، اما ممکن است باعث نامنظم شدن شکوفایی جوانه‌ها در اول بهار شده و از سوی دیگر ناکافی بودن سرما از آغازش طبیعی گل‌های ماده جلوگیری کند (۱۷).

پکان از درختانی است که بالاترین نیاز گرمایی را دارد و به‌تقریب آخرین درخت خزان کننده است که در بهار شکوفا می‌شود که خود دلیلی برای بالا بودن نیاز گرمایی اغلب رقم‌های پکان است.

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-06-11]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1396.18.3.8.5]

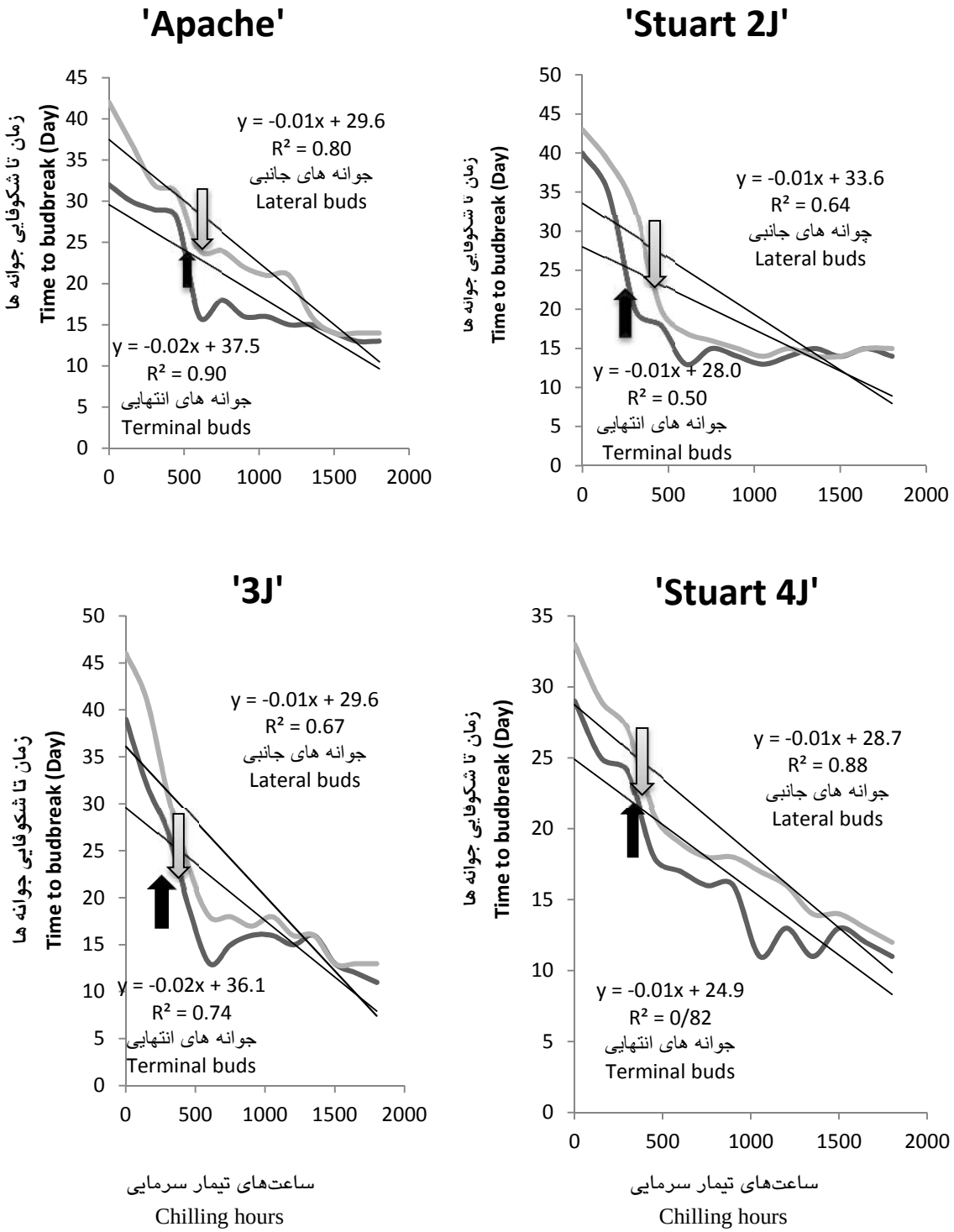

Fig. 3. Changes in time to bud break of terminal (blak flashes) and lateral (grey flashes) buds of different pecan cultivars at chilling treatments.

شکل ۳- روند تغییر مدت زمان تا شکوفایی جوانه‌های انتهایی (پیکان‌های سیاه) و جانبی (پیکان‌های خاکستری) رقم‌های مختلف پکان در تیمارهای سرمادهی.

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-06-11]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1396.18.3.8.5]

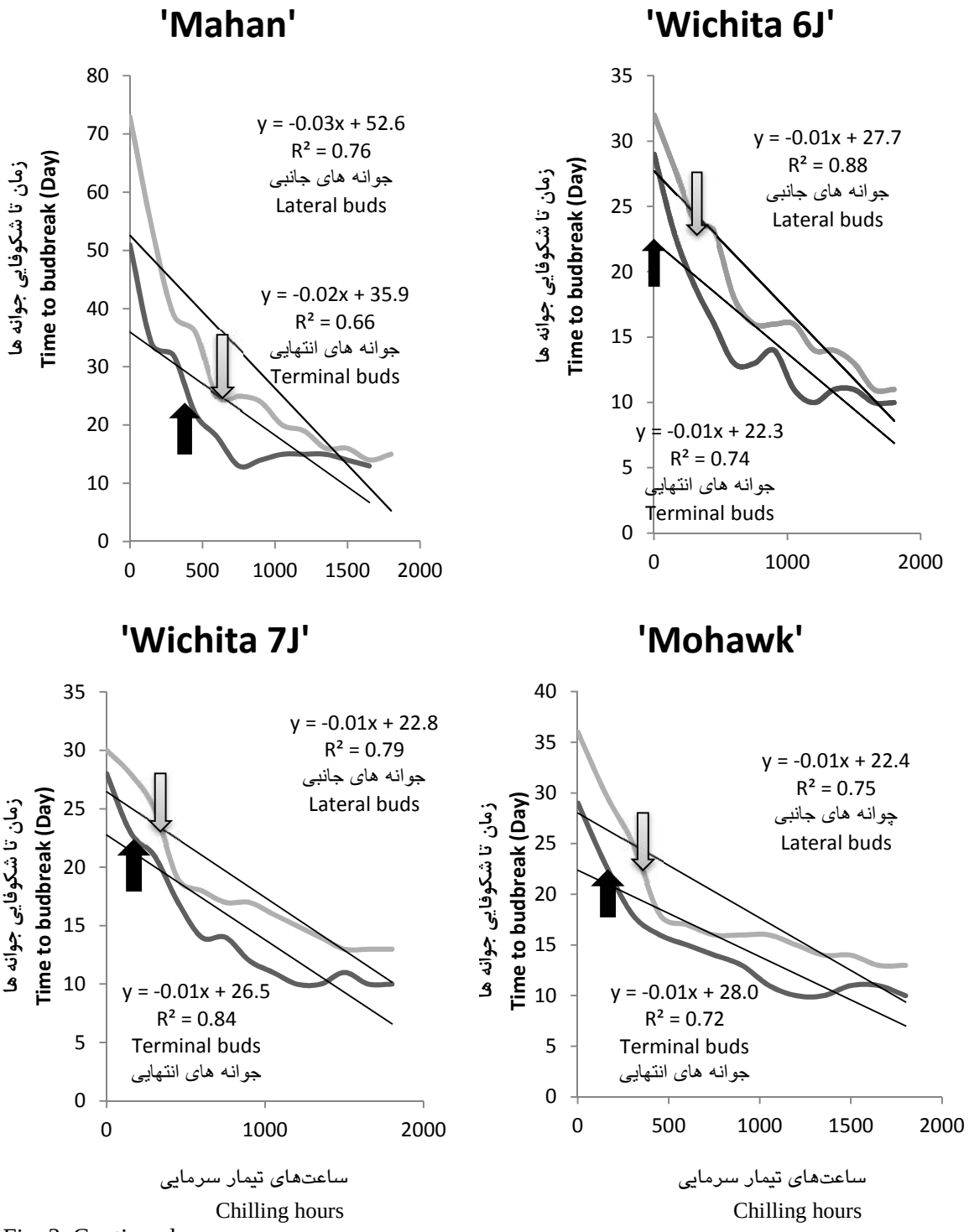

Fig. 3. Continued.

شکل ۳- ادامه.

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-06-11]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1396.18.3.8.5]

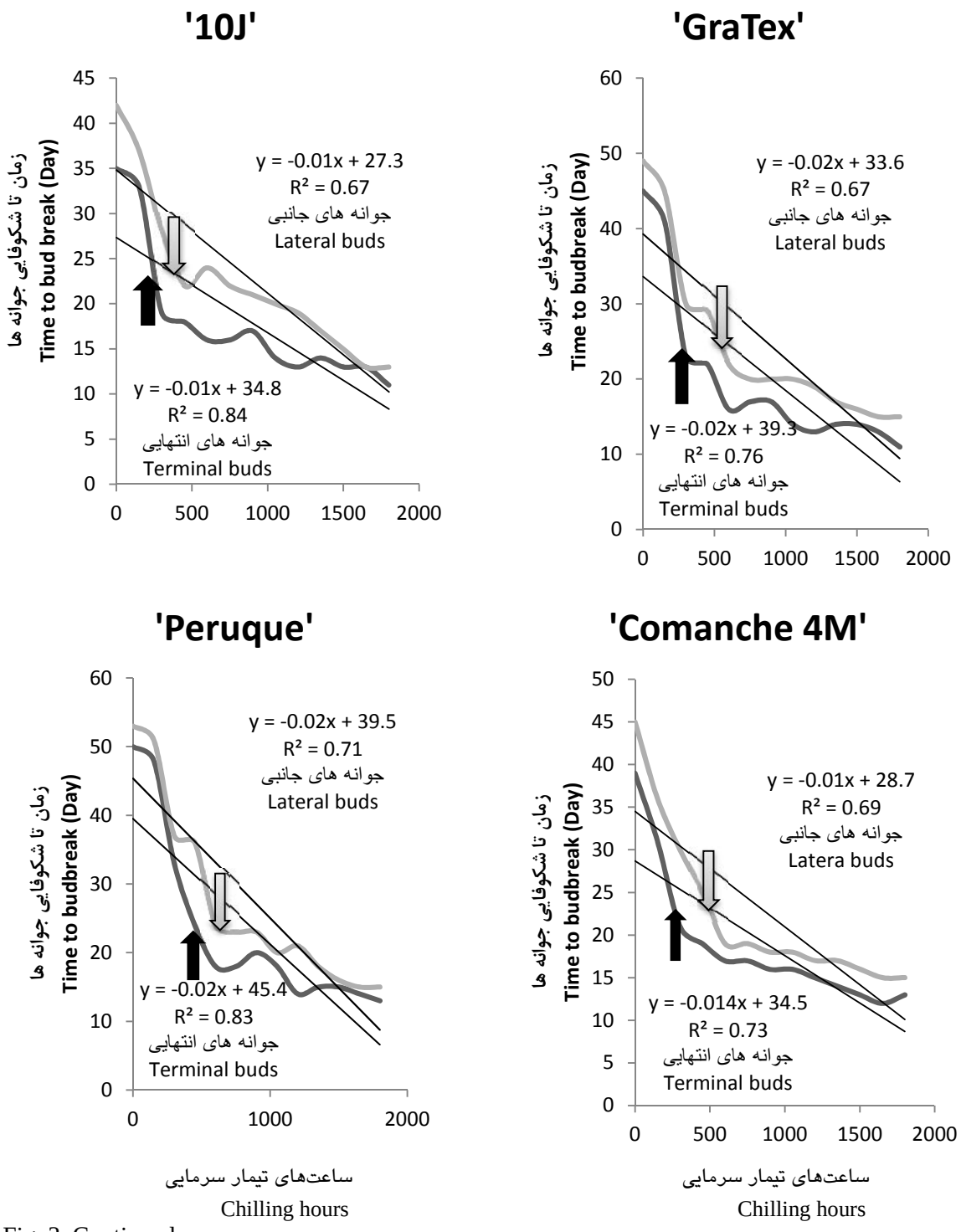

Fig. 3. Continued.

شکل ۳- ادامه.

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-06-11]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1396.18.3.8.5]

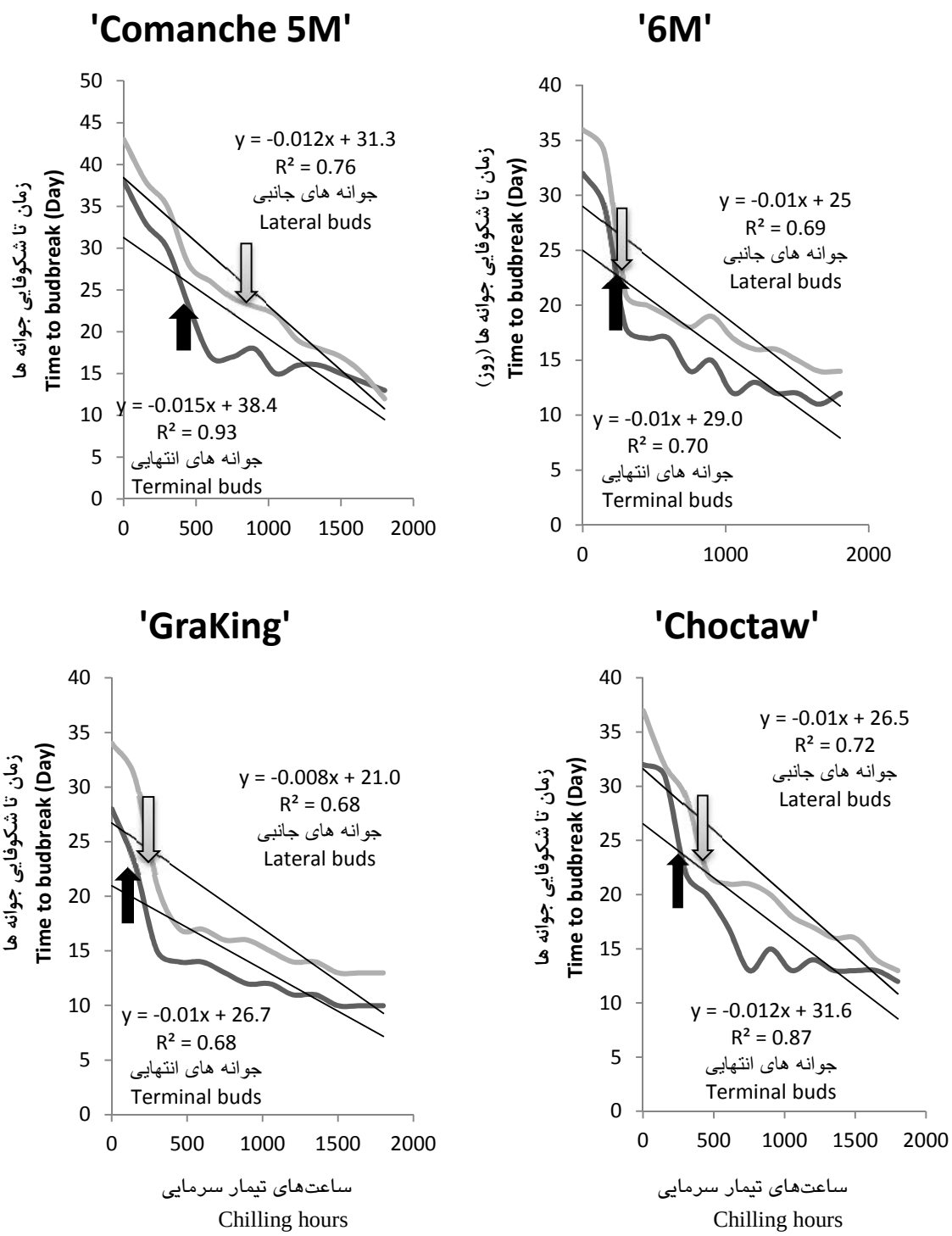

Fig. 3. Continued.

شکل ۳- ادامه.

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-06-11]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1396.18.3.8.5]

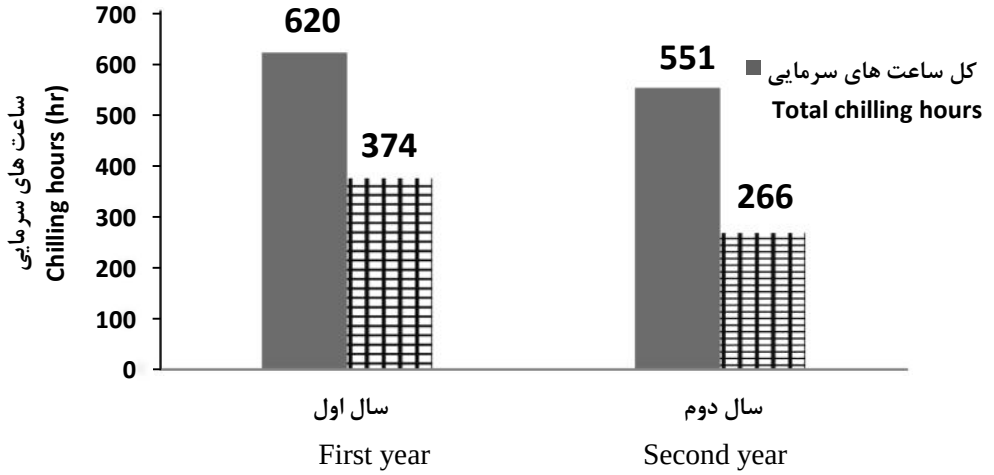

Fig. 4. Total and effective chilling hours (Utah model) for pecan bud break at first and second years.

شکل ۴- ساعت‌های سرمایی کل و موثر در شکوفایی جوانه‌های پکان بر اساس مدل یوتا (سال‌های اول و دوم).

ساعت‌های با کمینه میانگین دمای ۱۸ درجه سلسیوس جهت شکوفایی جوانه‌های رقم‌های پکان در اول بهار (سال اول و سال دوم)

نتیجه‌ها نشان داد که همه رقم‌های پکان مورد بررسی در این پژوهش، جهت شکوفایی در اول بهار، نیاز ضروری به ساعت‌های با دمای بالاتراز ۱۸ درجه سلسیوس دارند. جوانه‌های انتهایی و جانبی در پکان پس از پایان مرحله دریافت واحدهای سرمایی، با دریافت واحدهای گرمایی، بعد از ۲۵ تا ۴۰ روز شکوفا شدند. در صورتی که نیاز گرمایی در این مدت دریافت نگردد، شکوفایی به‌طور طبیعی روی نمی‌دهد. به همین دلیل رقم‌های مورد بررسی در این آزمایش، در سال دوم نیاز گرمایی بیشتری داشتند. هم‌چنین مشخص شد که نیاز گرمایی در رقم‌های مختلف پکان از نظر آماری در سطح ۵٪ تفاوت معنی‌دار داشت که با نتیجه‌های اسمیت و همکاران (۱۶) و اسپارکس (۱۷) همخوانی دارد. در شکل ۷ رقم‌های پکان از نظر تعداد ساعت‌های ضروری با دمای کمینه ۱۸ درجه سلسیوس برای شکوفایی در بهار با هم مقایسه شده اند.

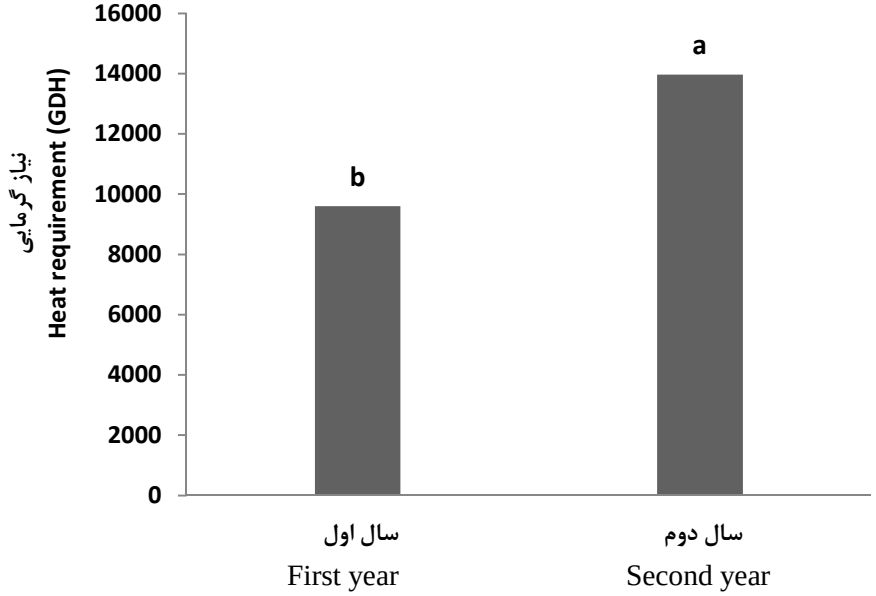

Fig. 5. The comparison of heating unit requirements of pecan cultivars at first and second years.

شکل ۵- مقایسه نیاز گرمایی ارقام پکان در سال‌های اول و دوم.

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-06-11]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1396.18.3.8.5]

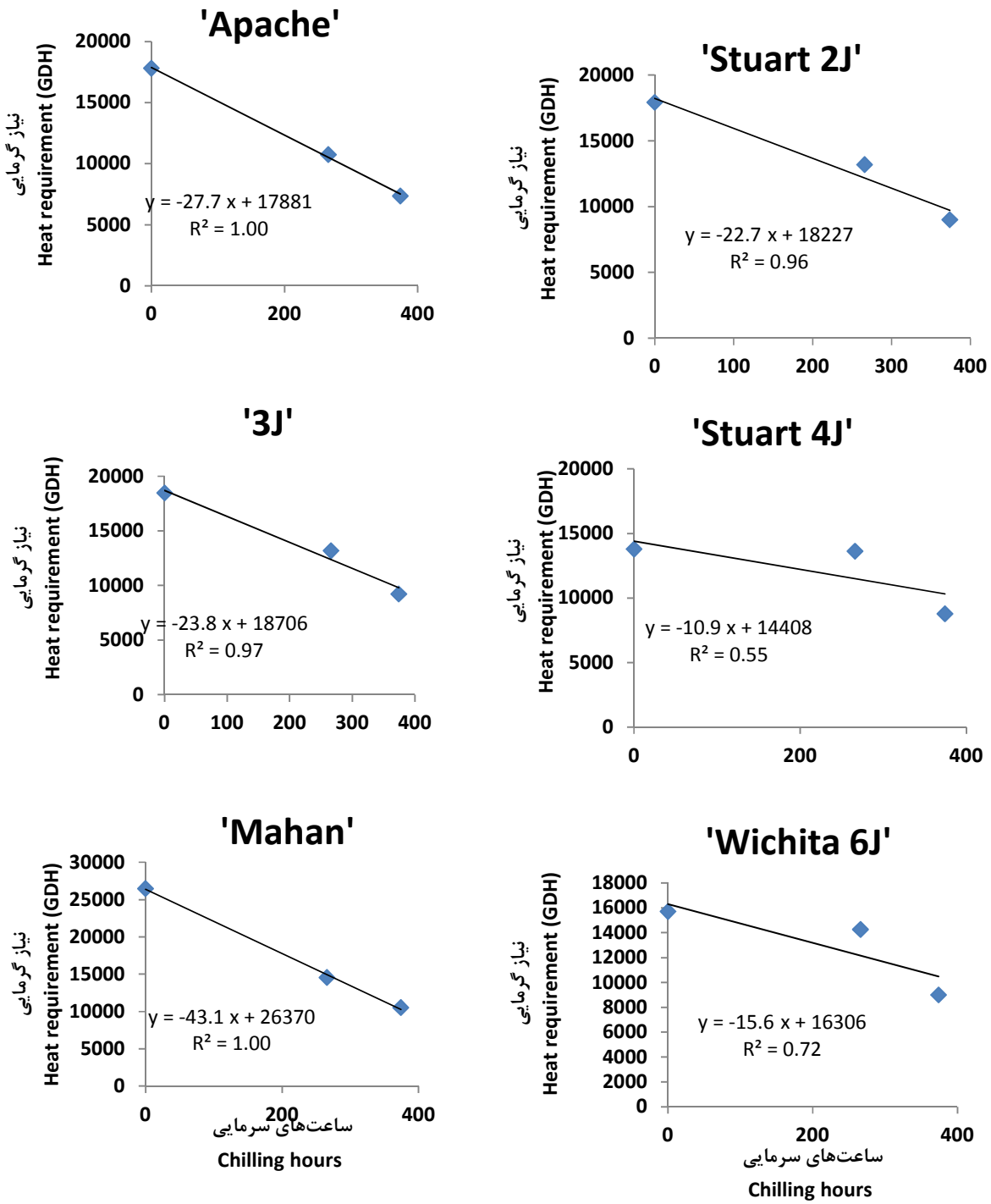

Fig. 6. The total heat unit requirements for bud break of pecan cultivars (first and second years).

شکل ۶- مجموع نیاز گرمایی برای شکوفایی جوانه‌های رقم‌های پکان (سال‌های اول و دوم).

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-06-11]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1396.18.3.8.5]

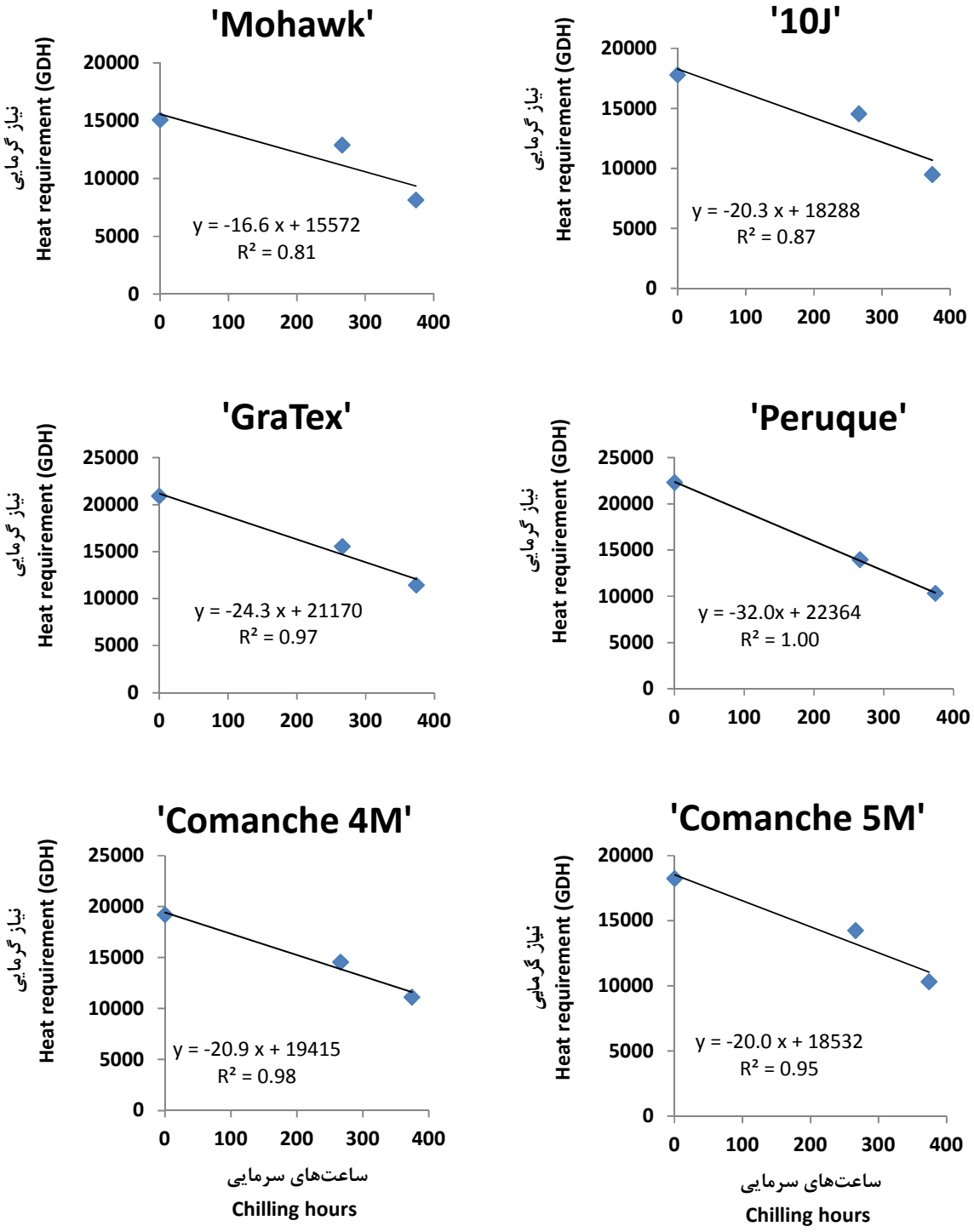

Fig. 6. Continued.

شکل ۶- ادامه.

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-06-11]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1396.18.3.8.5]

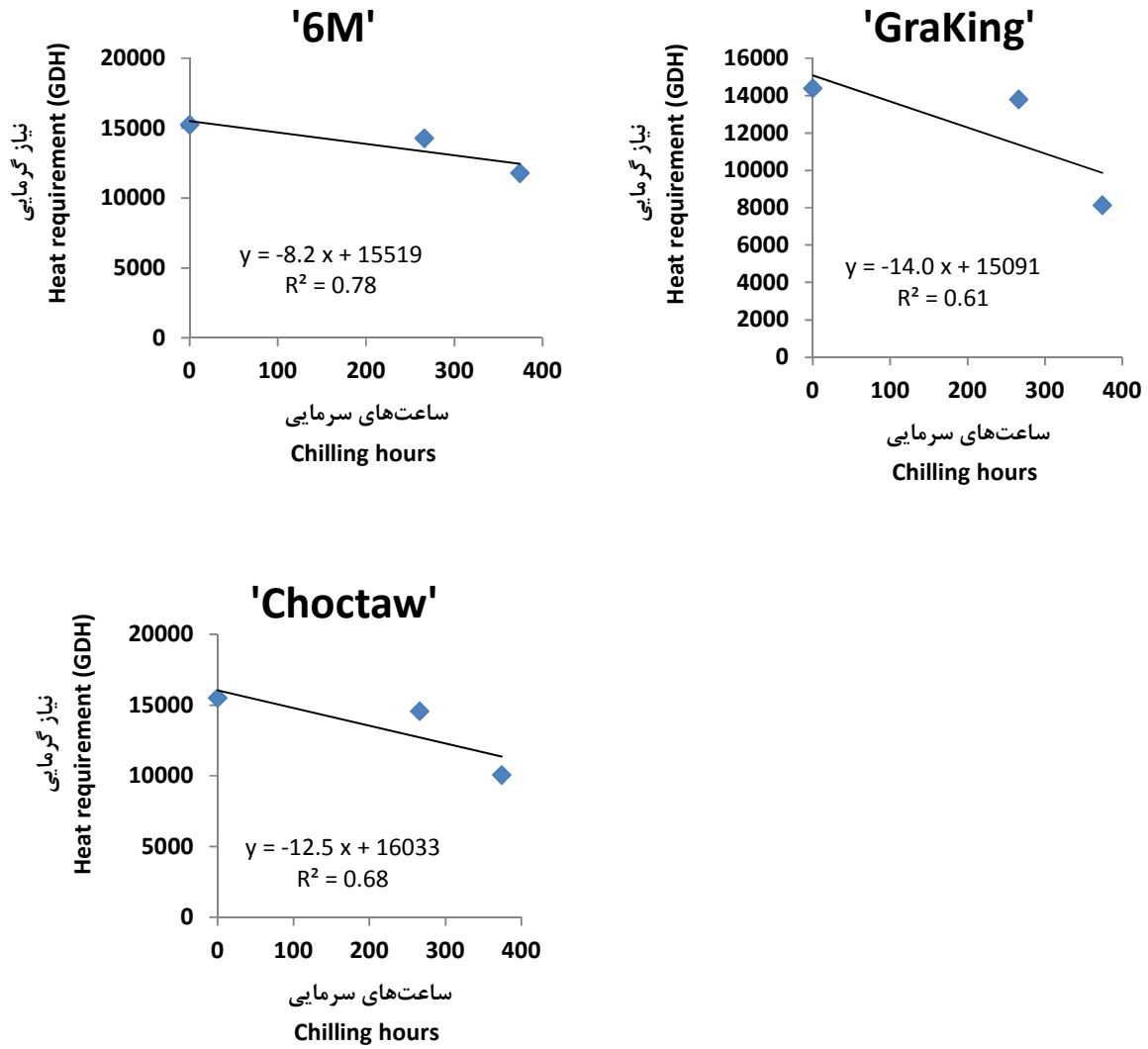

Fig. 6. Continued.

شکل ۶- ادامه.

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-06-11]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1396.18.3.8.5]

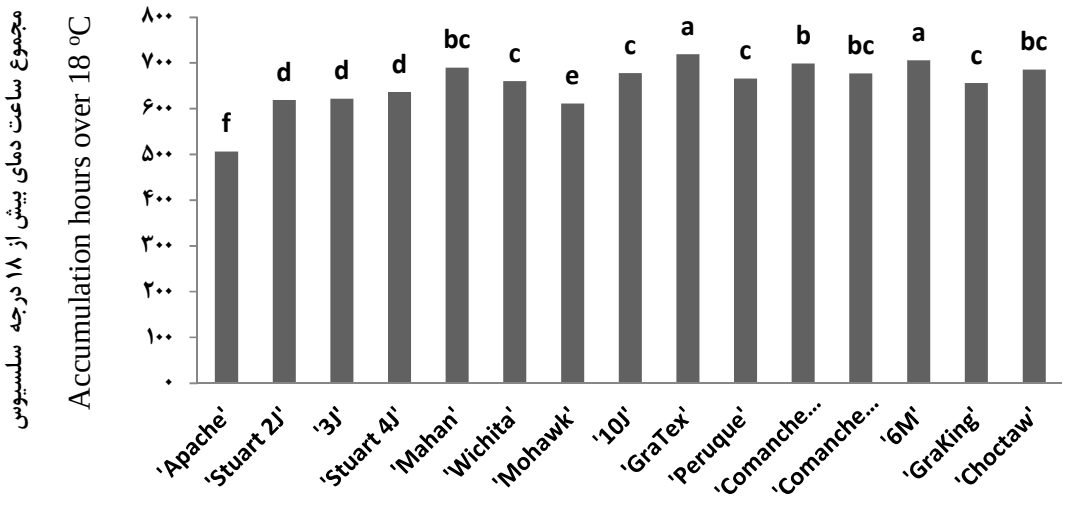

Fig. 7. The total number of above 18ºC hours for bud break of pecan cultivars. Means of columns followed by the same letter are not significantly different according to Duncan's multiple range test ($P \leq 0.01$).

شکل ۷- مجموع تعداد ساعت های با دمای بالای ۱۸ درجه سلسیوس برای شکوفایی جوانه‌های رقم‌های پکان. ستون های دارای حرف‌های مشترک، تفاوت معنی داری در سطح ۱٪ ندارند.

اهمیت برطرف شدن نیاز گرمایی در شکوفایی جوانه‌های پکان باعث می‌شود که کشت پکان در منطقه‌های گسترده‌ای از جنوب ایران با دریافت کمینه سرمای زمستانه امکان پذیر باشد، به خصوص رقم‌هایی مثل GraKing، 10J، Wichita و Apache قابل پیشنهاد هستند. بدیهی است که منطقه‌هایی از جنوب ایران که امکان تامین ۳۰۰ تا ۴۰۰ ساعت سرمای زمستانه را داشته باشند، مناسب تر هستند و به‌دلیل تاثیر مثبت این مقدار سرما در تشکیل گل‌های ماده، محصول بیشتری تولید خواهند کرد.

در منطقه‌های نیمه‌گرمسیری کشور که امکان تامین ۴۰۰ تا ۶۰۰ ساعت سرمای زمستانه را دارند به شرط تامین تعداد ساعت‌های با دمای کمینه ۱۸ درجه سلسیوس در اول بهار، رقم‌های GraTex، Comanche و 6M پیشنهاد می‌شوند.

نتیجه گیری

تعیین نیاز سرمایی و گرمایی رقم‌های پکان اهمیت زیادی در انتخاب آن‌ها برای منطقه‌های مختلف کشور دارد. در منطقه‌های مختلف نیمه‌گرمسیری کشور مانند بخش‌های شمالی و شرقی خوزستان، بخش‌هایی از استان فارس (کازرون، داراب و جهرم)، قسمت‌هایی از استان‌های گلستان و مازندران، امکان پرورش این محصول با ارزش وجود دارد که می‌توان براساس نیاز سرمایی و نیاز گرمایی، رقم‌های مناسب این منطقه‌ها انتخاب شوند.

در نهایت می توان رقم‌های GraKing، Wichita، Apache و 10J برای منطقه‌هایی از ایران مانند دزفول که امکان رفع نیاز سرمایی در حدود ۳۰۰ ساعت را دارند، پیشنهاد داد. هم‌چنین رقم‌های GraTex، Comanche و 6M در

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-06-11]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1396.18.3.8.5]

منطقه‌های نیمه گرمسیری کشور مانند باغملک و کازرون که امکان تامین ۴۰۰ تا ۶۰۰ ساعت سرمای زمستانه را دارند پیشنهاد می‌شوند.

سپاسگزاری

این پژوهش در بخش تحقیقات باغبانی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی دزفول انجام شد که بدین وسیله از مدیریت محترم مرکز جناب دکتر اسلامی زاده و هم‌چنین از آقای روح اله یاوری تکنسین زحمتکش بخش باغبانی مرکز تشکر و قدردانی می‌شود.

منابع References

۱. عجم گرد، ف.، م. راحمی، و د. حسنی. ۱۳۹۲. معرفی پکان *Carya illinoinensis* (Wangenh.) K. Koch برای استان خوزستان. نشریه یافته های تحقیقاتی در گیاهان زراعی و باغی، ۱۴۲-۱۲۹: (۲)۲.

۲. نوید پور، ن. ۱۳۹۰. بررسی نیاز سرمایی و تغییرات فیزیکو شیمیایی جوانه زیتون در دوره رکود. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه شیراز. ۱۵۵ ص.

3. Amling, H. and K., Amling. 1980. Onset, intensity and dissipation of rest in several pecan cultivars. J. Amer. Soc. Hort. Sci.105 (4):536-540.
4. Arnold, C.E. 1971. Pecans in central and south Florida. Proc. Fla. State Hort. Sci. 84:345-350.
5. Aslani Aslamarz, A., K. Vahdati., M. Rahemi and D. Hassani. 2009. Estimation of chilling and heat requirement of some Persian walnut cultivars. HortScience, 44 (3):697-701.
6. Badyal, J.M. and S.K. Upadhayay. 2004. Evaluation of various cultivars of pecan under subtropical climate of India. In VII International Symposium on Temperate Zone Fruits in the Tropics and Subtropics 662. Pp 167-169.
7. Cesaraccio, C., D. Spano., R. Snyder and P. Duce. 2004. Chilling and forcing model to predict bud-burst of crop and forest species. Agr. Forest Meteo. 126 (1):1-13.
8. Fayek, M., T. Fayed. E. El-Said and H. Hamed. 2008. Utilization of some chemicals for synchronizing time of male and female flowers in pecan (*Carya illinoinensis* Koch). Res. J. Agr. Biol. Sci. 4(4):310-320.

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-06-11]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1396.18.3.8.5]

9. McEachern, G.R., B.N. Wolstenholme and J.B. Storey. 1978. Chilling requirements of three pecan cultivars (*Carya illinoinensis*) dormancy. HortScience, 13:694-698.

10. Nasr, T.A. and E.M. Hassan. 1975. The rest period of pecan in Egypt. Sci. Hort. 3(4):367-372.

11. Rahemi, M. and H. Asghari. 2004. Effect of hydrogen cyanamide (dormex), volk oil and potassium nitrate on budbreak, yield and nut characteristics of pistachio (*Pistacia vera* L.). J. Hort. Sci. Biotech.79 (5):823-827.

12. Rahemi, M. and Z. Pakkish. 2009. Determination of chilling heat requirements of pistachio (*Pistacia vera* L.) cultivars. Agr. Sci. China. 8 (7):803-807.

13. Richardson, E.A., S. Seelly and R. Walker. 1974. A model for estimating the completion of rest for Redhaven and Elberta peach trees. HortScience, 9:331- 332.

14. Saure, M C. 1985. Dormancy release in deciduous fruit trees. Hort. Rev. 7: 239- 299.

15. Scalabrelli, G. and G.A. Couvillon. 1985. The effect of temperature and bud type on rest completion in Redhaven peach. Acta Hort. 173:103- 112.

16. Smith, M.W., B.L. Carroll and B.S. Cheary. 1992. Chilling requirement of pecan. J. Amer. Soc. Hort. Sci.117(5):745-748.

17. Sparks, D. 1993. Chilling and heating model for Pecan Budbreak. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 118(1): 29-35.

18. Vahdati, K., A. Aslani Aslamarz., M. Rahemi and D. Hasani. 2012. Mechanism of seed dormancy and its relationship to bud dormancy in Persian walnut. Environ. Exp. Bot. 75:74-82.

19. Waite, M. D. 1925. Factors influencing the setting of nuts and fruits. Proc. Natl. Pecan Growers 24:122-144.

20. Wolstenholme, B. N. 1970. Pattern of bud break in a pecan cultivar/cultural experiment under dryland conditions. Agroplantae, 2:61-66.

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-06-11]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1396.18.3.8.5]

21. Young, E. 1992. Timing of high temperature influences chilling negation in dormant apple trees. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 117(2):271-273.

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-06-11]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1396.18.3.8.5]

Iranian Journal of Horticultural Science and Technology 18 (3): 287-304 (2017)

Determination of Chilling and Heat Requirements of Different Pecan Cultivars

F. Agamgard*, M. Rahemi and K. Vahdati[1]

Pecan is one of the most important nut fruits of subtropical regions that has very high commercial value. In this research, chilling and heating requirements of 16 pecan cultivars (GraTex, Peruque, Comanche 4M, 10J, Wichita 6J, Mohawk, Mahan, Stuart 2J, 3J, Stuart 4J, GraKing, Choctaw, Apache, 6M, Wichita 7J, and Comanche 5M) were carried out at the Saidabad Agricultural Research Center of Dezful during 2014–15. The Utah model and chilling treatments of cuttings were used to determine chilling requirement of cultivars. Heat requirements were determined by growth degree day (GDD) method.The experiment was a randomized design factorial with 16 cultivars and 11chilling treatments for 0, 150, 300, 450, 600, 750, 900, 1050.1200, 1500 and 1800 hours at 4°C±1 and three replications. To calculate the chilling requirement of pecan cultivars in natural conditions, meteorological data of Safiabad station were used. The results showed that chilling requirement was lower than 200h for 'GraKing', 'Wichita 6J' and ‘Wichita 7J’ and higher than 800h for 'Comanch 5M' and heat requirement were 416GDD for 'Apache' and 625GDD for 'Comanch 5M'. In all of cultivars, heat requirement varied inversely with chilling accumulation hours and they required at least 500h with >18ºC heating for spring budbreak. Finally, results of this study showed that 'Wichita 6J', 'GraKing', ‘10J’ and ‘Apache’ were suitable for subtropical regions of Iran with 300h chill units and 'Comanch 5M', ‘GraTex’ and ‘6M’ were suitable for regions with 400-600h chill units.

Keywords: Budbreak, *Carya illinoinensis*, Utah model.

1. Former Ph.D. Student of Horticultural Science and Assistant Professor of Horticultural Sciences Research Institute (HSRI), Safiabad Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Professor, Department of Horticultural Science, School of Agriculture, Shiraz University, Professor, Department of Horticulture, Aburaihan Campus, University of Tehran, Tehran, Iran, respectively.

* Corresponding author, Email: (ajamgard.dezful@yahoo.com).

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-06-11]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1396.18.3.8.5]