نشریه هواشناسی کشاورزی
(وابسته به انجمن مهندسی آبیاری و آب ایران)
جلد ۱۲، شماره ۲، پاییز و زمستان ۱۴۰۳، صص.۶۱-۵۱
مقاله علمی پژوهشی

Journal of Agricultural Meteorology
(Iranian Soc. of Water and Irrig. Eng.)
Vol. 12, No. 2, Autumn & Winter 2025, pp. 51-61
DOI: 10.22125/agmj.2023.391822.1148

# برآورد نیاز سرمایی لازم برای باز شدن جوانه چهار رقم پسته دراستان کرمان

محمد موسوی بایگی[1*]، مریم سلاجقه[2]، امین علیزاده[1]، ابراهیم اسعدی اسکویی[4]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۱/۱۵
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۴/۱۲

## چکیده

تأمین نیاز سرمایی بعنوان مهمترین عامل در خاتمه رکود زمستانه و آغاز باز شدن جوانه‌ها در درختان پسته نقش مهمی در ارزیابی ریسک پدیده‌های زیانبار و مدیریت زمان عملیات در باغ‌ها دارد. در این پژوهش، مراحل فنولوژی چهار رقم پسته شامل اکبری، کله قوچی، احمدآقایی و فندقی در سال‌های زراعی ۱۳۹۷ تا ۱۴۰۰ در شهرستان‌های کرمان، انار، زرند، رفسنجان، سیرجان و شهربابک دراستان کرمان ثبت گردید و نیاز سرمایی به سه روش محاسبه شد. با توجه به محاسبات، رقم احمدآقایی با تأمین ۵۹ واحد سرمایی به روش دینامیکی، میزان ۹۴۵ ساعت به روش یوتا و ۸۰۳ ساعت به روش ساعات سرمایی، رقم اکبری با تأمین ۵۵ واحد سرمایی به روش دینامیکی، میزان ۷۸۶ ساعت به روش یوتا و ۸۳۸ ساعت به روش ساعات سرمایی، رقم فندقی با ۵۸ واحد سرمایی به روش دینامیکی، میزان ۸۹۰ ساعت به روش یوتا و ۹۴۲ ساعت به روش ساعات سرمایی و رقم کله قوچی با ۵۸ واحد سرمایی به روش دینامیکی، میزان ۸۸۹ ساعت به روش یوتا و۹۴۰ ساعت به روش ساعات سرمایی وارد مرحله باز شدن جوانه می‌شوند. نتایج نشان داد در مرحله باز شدن جوانه، پیش‌بینی زمانی مدل دینامیکی نسبت به دو مدل دیگر همبستگی بیشتری (r=0.2) با رخداد مشاهداتی و تغییرپذیری کمتری دارد و می‌تواند بعنوان گزینه ارجح پیشنهاد گردد. آغاز این مرحله فنولوژیکی با توجه به رقم، خصوصیات اقلیمی و توپوگرافی هر منطقه، متفاوت می‌باشد.

**واژه‌های کلیدی:** بازشدن جوانه، روش یوتا، مدل ساعات سرمایی، مراحل فنولوژی، مدل دینامیکی

## مقدمه

اثرات ترکیبی از عوامل محیطی نه تنها باعث تغییر در مراحل فنولوژی می‌شود بلکه منجر به تغییرات قابل توجهی در بسیاری از جنبه‌های فیزیکی و مشخصات کیفی نیز می‌گردد. آب و هوا مهمترین عامل و تأثیرگذار بر رشد و نمو بیولوژیکی گیاهان می‌باشد. برای داشتن یک کشاورزی موفق، توجه به شرایط محیطی و به ویژه آب و هوایی از مهمترین ارکان است. بر اساس این ویژگی‌ها می‌توان گونه‌های مختلف گیاهی را بررسی و مناسب‌ترین آنها را که با شرایط گفته شده تطبیق دارند انتخاب و معرفی نمود. در این میان دما نیز از عوامل مهم در تعیین مناطق رشد پسته می‌باشد برای رشد پسته دماهای پایین در زمستان و دماهای بالا در تابستان نیاز می‌باشد (Zhang a, 2011). گیاه برای شکوفایی مناسب در فصل رویش نیازمند گذراندن خواب زمستانه است. با قرار گرفتن زمان مشخصی در سرمای زمستانه، نیاز سرمایی آنها رفع می‌شود (Erez, 2000; Summerfield, 1993, Saure, 1985). دما در چهار مبحث یخبندان زمستانی، یخبندان دیررس بهاره، نیاز سرمایی و نیازگرمایی مورد نیاز در مناطق توزیع پسته اثر دارد. رشد درختان خزاندار با فرا رسیدن فصل پاییز متوقف می‌شود و همزمان با ریختن برگ‌ها، به منظور پرهیز از آسیب یخزدگی در زمستان وارد خواب زمستانه و

[1] استاد گروه علوم و مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران
(*نویسنده مسئول: mousavib@um.ac.ir)
[2] دانشجوی دکتری هواشناسی کشاورزی، گروه علوم و مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران
[3] استادیار پژوهشکده اقلیم شناسی مشهد، مشهد، ایران

نحوه ارجاع مقاله:
موسوی بایگی، م.، سلاجقه، م.، علیزاده، ا.، اسعدی اسکویی، ا. ۱۴۰۳. برآورد نیاز سرمایی لازم برای باز شدن جوانه چهار رقم پسته دراستان کرمان. نشریه هواشناسی کشاورزی، ۱۲ (۲): ۶۱-۵۱. DOI: 10.22125/agmj.2023.391822.1148
Mousavi Baygi, M., Salajegheh, M., Alizadeh, A., Asadi Oskouei, E. 2024. Estimation of the required chill units for bud break of four pistachio cultivars in Kerman province. Journal of Agricultural Meteorology, 12 (2): 51-61. DOI: 10.22125/agmj.2023.391822.1148

DOI: 10.22125/agmj.2023.391822.1148


رکود می‌شوند. خواب زمستانه یکی ار مهمترین ارکان رشد در این گیاهان می‌باشد در نهایت با پایان زمستان بعد از گذراندن ساعات سرمایی، رکود در درختان شکسته می‌شود نیاز سرمایی، حداقل زمان لازم برای سرمادهی یک رقم در طی فصل رکود است که منجر به شروع رشد طبیعی آن در فصل رویش می‌شود. سرمای مورد نیاز متشکل از دو جزء: دما و مدت زمان است (Petri, 2003). سرمای مورد نیاز به گونه و رقم گیاهی بستگی دارد و تا هنگامی که میزان مشخصی از سرمای زمستانه را دریافت نکنند نیاز سرمایی رفع نمی‌شود (Ruiz et al., 2007). پس از رفع نیاز سرمایی رشد و نمو جوانۀ گل برای بیشتر درختان میوه مناطق معتدله در صورت تجمع کافی دماهای بالاتر از حد آستانه ۴/۵ درجه سلسیوس امکان‌پذیر است (Saure 1985; Anderson et al., 1986). بنابراین برای انتخاب رقم در یک منطقۀ جغرافیایی خاص خارج از مناطق بومی کشت خود برآورد نیاز سرمایی (Luedeling al., 2009) و فراهم بودن آن و همچنین درجه-روز مورد نیاز نقش کلیدی دارند (Balducchi et al., 2008). درختان میوه در محیط‌های متفاوتی، گاهی بدون در نظر گرفتن و لحاظ شدن نیاز سرمایی این درختان کاشت می‌شوند که این امر منجر به عدم تأمین کافی نیاز سرمایی و شکستن خواب زمستانی می‌شود و در نهایت منجر به کاهش عملکرد می‌گردد. بنابراین میزان تجمع واحدهای سرمایی برای تولید و گلدهی درختان میوه خزان کننده مناطق معتدله، حیاتی و ضروری است. نیاز سرمایی، حداقل زمان لازم برای سرمادهی یک رقم در طی فصل رکود است که منجر به شروع رشد طبیعی آن در فصل رویش می‌شود. سرمای مورد نیاز متشکل از دو جزء: دما و مدت زمان است. سال آوری تولید چنین محصولاتی تابعی از تأمین نیاز سرمایی است و این نیاز بین ارقام اهلی پسته متفاوت و بین ۶۰۰ تا ۱۲۰۰ ساعت گزارش شده است (Hokamabadi and Javanshah,2013). عدم تأمین نیاز سرمایی در گیاهان خزاندار موجب کاهش رشد میان گره‌ای، ریزش زیاد جوانه‌ها، تأخیر در گلدهی و برگدهی و کاهش میوه درخت حتی در سال پرمحصول فصل جاری می‌شود سرمای زمستانی کافی منجر به گلدهی همگن و همزمان می‌شود (Luedlling,2009). برای گلدهی در بهار، پسته نیاز به دوره استراحت زمستانی قابل توجهی دارد. Lee and Sumner, (2016) پروسه گذراندن دوره سرما و انباشت ساعات سرمایی در درختان بطور کامل شناخته نشده است و ایجاد مدلی که بطور کامل تجمع انباشت سرمای زمستانه را تشریح کند، مشکل است. مدل‌های تعیین سرما می‌توانند نیاز سرمایی یک رقم و فراهم بودن سرما در یک منطقه خاص را تعیین کند. با وجود این، نتایج آنها بطورکامل قابل اطمینان نیستند. اندازه‌گیری‌های کمی سرمای زمستانه، برای تعیین مناسب بودن یک رقم برای کشت در یک منطقه خاص و برای تعیین زمان عملیات مدیریتی نظیر به کاربردن آفت‌کش‌های شیمیایی و پیش بینی عملکرد، موردنیاز است. درک تأثیر میزان کامل شدن دوره خواب در تغییرات درونی گیاه، با استفاده از مدل‌های سرمایی به راحتی امکان پذیر نیست (Luedeling et al., 2009). از آغاز سدۀ 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 دورۀ تجمع سرمایی وجود دارد. با توجه به تمایل کشت گیاهان خزان‌دار در مناطق گرم‌تر، مطالعات بیشتری در زمینه نیاز سرمایی به نظر می‌رسد (Gue et al., 2010). با توجه به اهمیت نیاز سرمایی و عدم آن به عنوان بخشی از نیاز فیزیولوژیکی درختان پسته، فعالیت‌های طبیعی درخت با مشکل مواجه خواهد شد .به منظور انتخاب گونه‌ها و ارقام میوه و آجیل مناسب برای آب و هوای یک مکان، محققان مدل‌های محاسبه نیاز سرمایی را توسعه داده‌اند که رکوردهای دما را به یک متریک تبدیل می‌کند ( Luedeling et al., 2009). Weinberger, (1950) استفاده از تعداد ساعات با دمای ۷/۲ یا کمتر (۴۵ فارنهایت) در طی فصل زمستان، را پیشنهاد داد. به گزارش Erez (1971) دمای ۱۰ درجه سلسیوس تقریبا نصف دمای ۶ درجه، در شکستن خواب تأثیر دارد. Luedeling et al, (2009) پیشنهاد کرد که دمای یخبندان در جمع سرمای زمستانه دخالت داده نشود و محدود ۰ تا ۷/۲ درجه سلسیوس را در مدل ساعات سرمایی مورد محاسبه قرار گیرد. همچنین طبق گزارشی دیگر از ایشان مشخص شد بسته به مدل استفاده شده بین سال‌های ۱۹۵۰ تا ۲۰۵۰ میزان سرمای تجمع یافته در یک منطقه از ۲۲ تا ۴۶ درصد تغییر می‌کند. نتایج Luedeling and Brown,

DOI: 10.22125/agmj.2023.391822.1148

(2013) نیز نشان داد میزان سرمای تجمع یافته به چهار روش در ۵۰۷۸ نقطه از تفاوت‌های زیادی بین مناطق و سالها در سرمای تجمعی محاسبه شده با هر مدل وجود داشت و این موضوع نشان دهندۀ حساسیت بالای مدلهای آزمون شده به تغییرات محیطی است و انتخاب یک مدل مناسب برای برآورد نیاز سرمایی مهم است. ایشان میزان ۵۹ واحد سرمایی (cp) [1] تجمع یافته را برای رسیدن به مرحله جوانه‌زنی پسته Sirora در استرالیا کافی دانستند. در حالی که Elloumi, et al., (1988) انباشت ۳۶ واحد cp را به عنوان آستانه رشد رقم Mateur در تونس پیشنهاد کرد. Craig, (2017) به بررسی تغییرات دما بر عملکرد پسته رقم کرمان در کالیفرنیا پرداخت، نتایج این مطالعه نشان داد تجمع دمای ساعتی بالاتر از۲۶۷/۷ یا ۲۹/۴ درجه سلسیوس در دوره زمانی بین۲۰ مارس (اول فروردین) و ۲۵ آوریل (۵ اردیبهشت)، و انباشت ساعتی دما بالاتر از ۱۸/۳ درجه از ۱۵ نوامبر (۲۴ آبان) تا ۱۵ فوریه (۲۶ بهمن) بر عملکرد پسته رقم کرمان اثر منفی دارد. بررسی‌های Eslami et al., (2018) نشان می‌دهد که در سال‌های ۹۱ تا ۹۷، تأمین نیاز سرمایی در زمستان برای رقم فندقی در شهرستان رفسنجان با کاهش همراه بوده است و عدم تأمین نیاز سرمایی در سال‌هایی اخیر سبب کاهش تولید محصول پسته شده است از این رو تأمین نیاز سرمایی پسته از طریق روش‌های جایگزین مانند روغن‌پاشی، تغییر رقم و یا تغییر الگوی کشت برای کمتر شدن اثر تغییر اقلیم ضروری است. Fallah Ghalhari and Ahmadi, (2018) به واکاوی انباشت سرمایی مناطق سردسیر ایران بر اساس مدل‌های Utah،CH[2] وCP[3] از سال ۱۹۸۵ تا ۲۰۱۳پرداختند و نتایج آنها نشان داد که در هر کدام از مدل ها، عامل ارتفاع در الگوی انباشت سرمایی نقش مهمی دارد. در بعضی ایستگاه‌ها، بیشینه‌های انباشت سرمایی تا سال ۲۰۰۰ بیش از دهه‌های اخیر بوده و در بررسی سری زمانی انباشت سرمایی، روند کاهشی معناداری در تعدادی از مناطق سردسیر ایران مانند اصفهان و شهرکرد وجود دارد. Pouyanfar et al., (2022) نیز با استفاده از داده‌های بلندمدت دمای سه ساعته ایستگاه هواشناسی همدیدی یزد در دوره زمانی ۱۳۶۷ تا ۱۳۹۶ شمسی و روش ساعات سرمایی بین ۰ تا ۷ نشان دادند هر سال حدود ۵/۷ ساعت از ساعات تأمین نیاز سرمایی پسته در این ایستگاه کاسته شده است. یافته های این پژوهش نشان می‌دهد که نیاز سرمایی ارقام کله قوچی، اوحدی و احمد آقایی در سال های آتی تأمین و ارقام اکبری و فندقی تأمین نمی‌گردد. آگاهی از شرایط اقلیمی و میزان تأمین نیاز سرمایی می‌تواند برای کشاورزان در انتخاب ارقام مناسب محصولات خزان‌دار در هر منطقه در جهت بهره‌وری بالاتر راهگشا می‌باشد. به عنوان مثال، پسته کاری در ایران از ارتفاعات ۲۰۰ تا ۲۵۰۰ متری دیده می‌شود ولی عموماً کمترین ارتفاع جهت تولید اقتصادی پسته ۷۰۰ متر می‌باشد زیرا 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 در این مناطق محدود شده است ( Hokamabadi and Javanshah, 2013) برآورد تولید سالانه محصول با توجه به میزان تجمیع سرمای ناکافی زمستانی پیچیده می‌باشد. اطلاعات پایه فیزیولوژیکی در مورد چگونگی عملکرد سالانه تحت تأثیر دمای زمستان و دما در طول فصل رشد وجود ندارد. در این پژوهش سعی شده است تا با محاسبه نیاز سرمایی در زمان باز شدن جوانه، بتوان با کمک یک مقیاس کمی، زمان جوانه‌زنی پسته و مدیریت باغات را پیش بینی کرد.

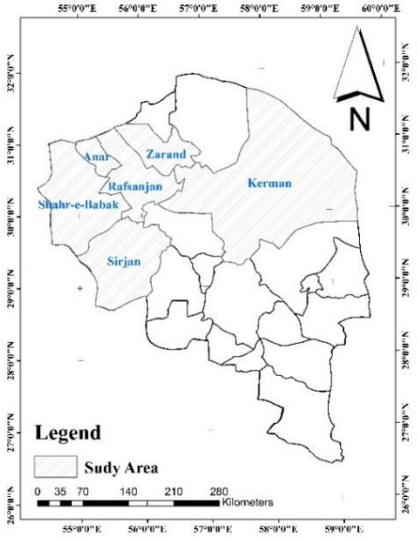
## مواد و روش‌ها

### منطقه مورد مطالعه

استان‌های کرمان، یزد، خراسان، فارس، سمنان، سیستان و بلوچستان، مرکزی، اصفهان، قزوین و تهران از مهم‌ترین مناطق کشت پسته در ایران هستند. از نظر سطح زیر کشت، باغات استان کرمان ۱۷ درصد اراضی زیر کشت باغات کشور را به خود اختصاص داده و بزرگترین تولید کننده پسته به شمار می‌رود (Zadeh parizi et al. 2016). پسته‌کاری در شهرستان‌های رفسنجان، سیرجان، زرند، کرمان، انار و شهربابک به عنوان محصول باغی اصلی به شمار می‌رود. در استان کرمان، رقم اوحدی با ۱۴۳۱۵۴ هکتار (۷۴/۵ درصد) بیشترین سطح زیر کشت پسته را به خود اختصاص داده است

[1] Chill portions
[2] Chilling Houres
[3] Chill Portions

(Hokamabadi and Javanshah, 2013). سطح زیر کشت رقم کله قوچی ۷۳۹۲۹ هکتار (۴۲/۵ درصد)، اکبری ۳۸۰۳۷ هکتار (۱۲/۶ درصد)، احمد آقایی ۲۸۳۱۸ هکتار (۹/۴ درصد) و سایر ارقام ۱۸۲۰۲ هکتار (۶ درصد) است. در شکل ۱ موقعیت منطقه مورد مطالعه نشان داده شده است. این مطالعه به روش میدانی در استان کرمان و برای سال‌های زراعی ۹۷ تا ۱۴۰۰ انجام گرفته است.




**شکل ۱- نمای کلی از موقعیت منطقه مورد مطالعه**

**Figure 1- Overview of the location of the study area**

## داده‌های هواشناسی

در این پژوهش از داده‌های حداقل و حداکثر دما به صورت سه ساعته (۰۰، ۰۳، ۰۶، ۰۹، ۱۲، ۱۵، ۱۸ و ۲۱) و ده دقیقه‌ای در شهرستان‌های مورد مطالعه (شکل ۱) از اداره کل هواشناسی استان کرمان جهت محاسبه مقادیر نیاز سرمایی استفاده شده است. در جدول ۱ مشخصات ایستگاه‌های هواشناسی مورد مطالعه و در جدول ۲ نرمال‌های اقلیمی متغیرهای هواشناسی از جمله به دما، بارش، تبخیر، ساعات آفتابی، باد و روزهای یخبندان در منطقه مورد مطالعه آورده شده است. با توجه به اطلاعات موجود، میانگین دمای حداکثر در دوره بلند مدت بیشتر از ۲۷ درجه سلسیوس نبوده است و بیشترین میزان حداکثر دما مربوط به شهرستان انار و کمترین آن در شهربابک به میزان ۲۳/۷ درجه سلسیوس رخ داده است. میانگین دمای حداقل هم از ۶ درجه سلسیوس کمتر و از ۱۱ درجه سلسیوس بیشتر نبوده است.

**جدول ۱- مشخصات جغرافیایی در شهرستان های مورد مطالعه**

**Table 1- Characteristics of meteorological stations in the studied cities**

| Station | Longitude (Degrees) | Latitude (Degrees) | Height (M) |
|---|---|---|---|
| Kerman | 56.95 | 30.26 | 1757.7 |
| Anar | 55.25 | 30.88 | 1409 |
| Zarand | 56.56 | 30.08 | 1670 |
| Sirjan | 55.68 | 29.46 | 1739.4 |
| Shahrebabak | 55.13 | 30.1 | 1824.1 |
| Rafsanjan | 56 | 30.25 | 1521 |

کمترین حداقل دما در شهرستان شهربابک و بیشترین آن در شهرستان رفسنجان ثبت شده است. بعد از رفسنجان شهرستان انار بالاترین حداقل دما را دارد. با توجه به نمودار فوق میانگین دما در شهرستان های مورد مطالعه از ۱۵ بیشتر و از ۱۹ درجه کمتر نشده است.

## داده‌های فنولوژی گیاه و زمان آغاز باز شدن جوانه

در این پژوهش به منظور برداشت اطلاعات فنولوژیک و بالاخص آغاز مرحله جوانه‌زنی پسته در شهرستان‌های مورد مطالعه استان کرمان، باغ‌هایی که درآن چند نوع واریته پسته کشت شده انتخاب گردید. از اول اسفند ماه دیدبانی‌های فنولوژیک آغاز گردید. سن درختان باغاتی که برای اندازه‌گیری مراحل فنولوژی مد نظر قرار گرفته شد بین ۲۰ تا ۲۵ سال و EC متوسط خاک برابر ۸ دسی زیمنس بر متر می‌باشند. از زمان بیداری تا زمان خواب، یازده مرحله فنولوژیک، شامل متورم شدن جوانه ها، باز شدن جوانه‌ها، گل‌دهی، ریزش گل‌ها، پنجه‌زنی و پهن شدن برگ‌ها، تشکیل پوسته رویین، تشکیل پوسته چوبی، رسیدگی کامل، زمان برداشت، زردشدن و ریزش برگ‌ها را پشت سر می‌گذارد (Hokamabadi and Javanshah, 2013). طبق مطالعات Aktug (2007) هفت مرحله دوره قبل از گلدهی (باز شدن جوانه)، دوره گلدهی، دوره تشکیل برگ (ارزنی شدن)، دوره توسعه شاخ و برگ، دوره سخت شدن پوسته و دوره برداشت را جزو مراحل فنولوژی پسته آورده‌اند. در پژوهش Baggiolini (1952) زمان شکستن رکود بر پایهٔ درصد شکوفایی جوانه‌ها در شرایط باغ تعیین شد به طوری که زمان شکستن رکود معادل شکوفایی ۳۰ درصد جوانه‌های گل در نظر گرفته شود.

**Table 2- Climatic norms of meteorological parameters in the studied stations**
**جدول۲- نرمال های اقلیمی در ایستگاه های هواشناسی شهرهای مورد مطالعه**

| Station | Kerman | Sirjan | Shahrebabak | Rafsanjan | Anar | Zarand |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Wind Direction (10 m) | N | SE | N | WN | NE | SE |
| Wind Speed (10 M) _Max (km/h) | 45 | 45 | 35 | 35 | 30 | 25 |
| Daily Max Precipitation (mm) | 42.2 | 62.2 | 51.2 | 36 | 40.2 | 38.3 |
| Precipitation_Avr ANNUL (mm) | 132.2 | 137 | 149 | 85.7 | 69.4 | 100.9 |
| Rel. Hiumidity (2 M) _Avr (%) | 34.2 | 34 | 35.4 | 29.4 | 31.4 | 33.6 |
| Rel. Hiumidity (2 M) _Min (%) | 20.5 | 23.8 | 21.2 | 20.7 | 34 | 22.7 |
| Rel. Hiumidity (2 M) _Max (%) | 46 | 48.3 | 50.5 | 38.9 | 44.6 | 47 |
| ET (mm) | 1339 | 1758 | 1982 | 2801 | 1931 | 2278 |
| Average Frost Days | 86 | 60 | 90 | 41 | 58 | 60 |
| Sunny Hours (SHH) (Horse) | 1761 | 2566 | 2679 | 2879 | 2423 | 3133 |
| $T_{(MIN)}$ Abslute (°C) | -30 | -14.8 | -17.8 | -16.9 | -17.6 | -17.4 |
| $T_{(Max)}$ Abslute (°C) | 42 | 42 | 40.8 | 43 | 44.8 | 42.4 |
| T Mean (°C) | 16 | 17.3 | 15.2 | 18.8 | 18.2 | 17.2 |
| $T_{(Avg)}$ Min (°C) | 7 | 9.5 | 6.9 | 11.4 | 10 | 9.1 |
| $T_{(Avg)}$ Max (°C) | 24.9 | 25.3 | 23.7 | 26.2 | 26.6 | 25.3 |

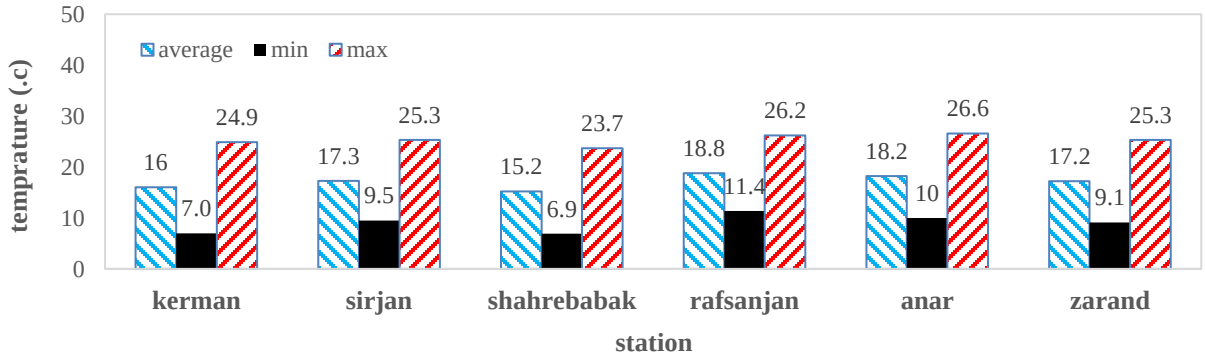



**Figure 2- Long-term values of temperature in the studied stations**
**شکل ۲- مقادیر بلند مدت دما در ایستگاه های مورد مطالعه**

## مدل‌های محاسبه ساعات سرمایی

برای تعیین کمیت دوره استراحت میوه‌های برگ‌ریز و آجیل از مدل‌ها استفاده می‌شود و تا امروز محققان مدل‌های سرمایی متعددی را برای تعیین ساعات سرمایی ارائه داده‌اند که دماهای ثبت شده را به یک استاندارد متریک از سرما تبدیل می‌کند (Anderson et al., 1986; Saure, 1985). جهت محاسبه نیاز سرمایی از مدل‌های متعددی استفاده می‌شود. مهم‌ترین روش‌های محاسبه ساعات سرمایی بر اساس مدل‌های «ساعات سرمایی»، «یوتا» و «دینامیک» می‌باشد.

## مدل ساعت سرمایی (CH)[1]

این مدل یکی از اولین مدل‌هایی است که در دهه ۱۹۳۰ (Chandler et al.,1937) و در دهه ۱۹۴۰ (Yamell, 1940) تهیه شد. این روش ساده‌ترین روش برای محاسبه سرمای زمستانه است (Bennett, 1949). تعداد ساعات سرمایی را بین ۰ تا ۷/۲ درجه سلسیوس (۳۲ تا ۴۵ درجه فارنهایت) را از اول می تا ۳۱ اوت هر سال محاسبه می‌کند. (۱۱ اردیبهشت تا ۱۰ شهریور هر سال که فصل زمستان در استرالیا است و تقریباً مطابق با ۱۱ آبان تا ۱۰ اسفند در زمستان نیمکره شمالی است). مدل ساعت‌های سرمایی (CH) دماهای بین ۷/۲-۰ درجه سلسیوس را به عنوان تجمع ساعت‌های سرمایی مؤثر بیان می‌کند این روش که به مدل واینبرگر نیز معروف است از پرکاربردترین مدل‌ها در محاسبه نیاز سرمایی می‌باشد (Weinberger, 1950). دماهای یخبندان در تأمین این نیاز سرمایی اثری نخواهد داشت (Beede et al., 2006; Crane and Takeda; 1979). برای محاسبه در این مدل، تعداد

[1] Chilling Hours (CH)

DOI: 10.22125/agmj.2023.391822.1148


ساعات سرمایی در زمان t (زمان از آغاز دوره رکود بر حسب ساعت) بر اساس معادله ۱ به دست می‌آید.

$$CH=\sum_{i=1}^{t} T_{7.2}\ ,\ \text{with}\ T_{7.2}=\begin{cases}1: 0\ ℃<T<7.2\ ℃\\ 0: \text{else}\end{cases} \qquad (۱)$$

برای محاسبه نیاز سرمایی به این روش، نیازمند داده‌های ورودی ساعتی می‌باشد. در این پژوهش نیاز سرمایی با جمع ساعات سرمایی محاسبه شده بین اول نوامبر (۱۰ آبان) تا چهارم فوریه (۹ اسفند) محاسبه شده است. نیاز سرمایی ارقام غالب پسته در جدول ۳ آمده است.

**جدول۳-نیاز سرمایی رقم های مختلف پسته ( Hokamabadi and Javanshah, 2013)**

**Table 3- Chilling requirement of pistachio cultivars (Hokamabadi and Javanshah., 2013)**

| Cultivar | Hours |
|---|---|
| Kalehghouchi | 600 |
| AhmadAghaei | 800 |
| Owhadi | 900 |
| Akbari | 1200 |

## روش یوتا[1]

یکی دیگر از مدل‌های مورد استفاده مدل یوتا است که یک مدل وزنی ساعات سرمایی با در نظر گرفتن تأثیر منفی دماهای بالا در جمع ساعات سرمایی می‌باشد Richarsson et al., 1974). این مدل، برای استفاده (در شرایط آب و هوایی مختلف سازگار شده است. در مدل یوتا، دماهای هرساعت بر اساس جدول ۴، به واحد سرمایی یوتا تبدیل می‌شود. همانطور که در جدول ذیل مشاهده می‌شود این مدل دماهای زیر ۱/۴ درجه سلسیوس را در فیزیولوژی گیاه بی تأثیر فرض کرده وزن ۰.۵ را برای دماهای بین ۱/۴ تا ۲/۴ درجه و وزن یک را برای دماهای بین ۲/۴ تا ۹/۱ و وزن منفی ۰/۵ را برای دماهای بیشتر ۱۲/۴ وزن منفی یک را در نظر می‌گیرد.

**جدول۴- محاسبه نیاز سرمایی به روش یوتا ( Linsley- Noakes and Allan, 1994)**

**Table 4- Calculation of cooling demand by the Utah method (Linsley- Noakes and Allan, 1994)**

| T (C) | PCU |
|---|---|
| < 1.4 | 0 |
| 1.5 - 2.4 | 0.5 |
| 2.4 - 9.1 | 1 |
| 9.1 - 12.4 | -0.5 |
| > 12.4 | 1- |

[1] The Utah method

این روش در مناطق معتدله با فصول مشخص، بخوبی عمل می‌کند (Alllan et al.,1995). تاریخ محاسبه نیاز سرمایی به روش یوتا در نیمکره شمالی اول سپتامبر تا آخر فوریه (دهم شهریور تا دهم اسفند ماه) می‌باشد. (Linsly-Noakes et al., 1995). هرچند که مدل یوتا بیشترین کاربرد را در بین مدلهایی که برای محاسبهٔ نیاز سرمایی استفاده می‌شوند دارد باز بر آن انتقادهایی وارد است. ناتوانی مدل یوتا در پیش‌بینی دقیق پاسخ گیاه به ویژه در شرایط زمستانهای ملایم از مشکلات این مدل می‌باشد. همه این مدلها تأثیرساعات دما را در جمع سرما به شکل ریاضی و همگن در ارتباط با زمان، ارائه می‌دهند یا به عبارتی آنها فرض می‌کنند که مثلا ۲ ساعت دمای یکسان و در زمان های مختلف ثبت شده به یک اندازه در شکستن خواب نقش دارند (Fishman et al.,1987). که مطالعات Erez در آزمایشات با دماهای یکسان در دوره‌های متفاوت این فرض را در تناقض قرار داد و گیاهان رفتارهای متفاوت در این مورد نشان داده‌اند. هنگامی که گیاهان مدت طولانی‌تری در معرض دمای بین ۴ تا ۶ درجه در آزمایش مذکور قرار گرفتند، درصد بیشتری از جوانه‌ها باز شده است و به همان نسبت دماهای بالا در این چرخه اثرات منفی داشته‌اند (Erez et al.m.1979). از آنجایی که این مدل‌های ثابت و ایستای محاسبه نیاز سرمایی این عکس‌العمل را نمی‌تواند توضیح دهد فرآیندهای غیر ایستا و ناهمگن زمان باید به مدل‌های سرد معرفی شوند. این در مدل پویا پیاده سازی شده است. تاکنون اکثر مطالعات نیاز سرمایی در پسته عمدتاً با استفاده از ساعات سرمایی و مدل یوتا انجام گرفته است.

## مدل دینامیکی[2]

مدل پویا مدل دیگری است که معمولاً برای تخمین اثربخشی دوره استراحت استفاده می‌شود ( Erez and Fishman,1988; Fishman and Couvillon, 1987). مدل دینامیک در دهه ۱۹۸۰ ارائه شده و مفاهیم جدیدی برای پروسه تأثیر منفی دما ارائه داده است. به نظر می‌رسد که سرمای زمستانه طی یک فرآیند دو مرحله‌ای تجمع می‌یابد. دماهای سرد ابتدا باعث تشکیل یک ماده واسطه‌ای حاصل از

[2] Dynamic model

DOI: 10.22125/agmj.2023.391822.1148

سرما می‌شود؛ دمای بالا می‌تواند این محصول را تخریب کند. به محض اینکه مقدار خاصی از این ماده سرمایی تجمع یافت، تبدیل به یک جزء سرمایی شده که قابل تخریب نیست. مدل پویا جزءهای سرمایی (CP)[1] را محاسبه می‌کند. به طور کلی (CP) از مجموع داده‌های دما در سراسر سال، با شروع انباشت خالص در پاییز و تا اوایل بهار محاسبه می‌شود. CP به عنوان بخشی از این مدل، در یک فرآیند دو مرحله ای تجمع می یابد که می تواند توسط دماهای گرم در طول دوره خواب قطع شود همچنین دماهای گرمی که در طول دوره خواب درختان میوه و آجیل در مناطق معتدل رخ می‌دهد ممکن است خواب کافی را به تاخیر بیندازد یا از آن جلوگیری کند (Erez et al., 1979; Richardson et al., 1974; Saure, 1985). به هر حال، باغداران بیشتر علاقه‌مند به تأثیر تجمع سرما بر روی عملکرد هستند و اینکه چگونه پیش‌بینی تجمع سرمایی می‌تواند در مدیریت باغ تأثیر گذاشته و عملکرد را بالا ببرد. برای تبدیل داده‌های ساعتی به ساعت های (CH) و واحد سرمایی (CU) و محاسبه درجه روزهای مورد نیاز از توابع شرطی نرم‌افزار Excel 2010 استفاده شد و برای بخش‌های سرمایی (CP) مدل دینامیکی بر پایهٔ شیوه‌نامه و فایل موجود در وبگاه کشاورزی دانشگاه کالیفرنیا در دیویس[2] استفاده شده است.

## نتایج و بحث

درک و پیش بینی فنولوژی گیاهان اساس و پایه مدیریت باغی می باشد (Hammer, 1982). با توجه به اثرات عوامل محیطی در مراحل رشدی مختلف و عملکرد گیاه، داشتن آگاهی و اطلاعات در این زمینه ضروری به نظر می‌رسد. به عبارت بهتر، برخی مراحل رشدی حساسیت بیشتری به عوامل اقلیمی نسبت به سایر مراحل دارند و این ارتباط یکی از بهترین راهکارها جهت انطباق عملکرد گیاه با شرایط محیطی می‌باشد که می‌توان وضعیت رشدی گیاه را به عنوان یک متغیر معرفی کرد و برای به حداکثر رسانیدن عملکرد در مدیریت تولید محصولات کشاورزی اطمینان از انطباق مراحل فنولوژی گیاه با منابع محیطی می‌باشد و اگر گیاه از نظر مدیریت باغی دچار مشکل نباشد تنها عامل مؤثر بر عملکرد آن، شرایط جوی و اقلیمی منطقه رشدی خواهد بود. کمی سازی فنولوژی گیاه یکی از مهمترین و در عین حال دشوارترین جزء مدل‌های پیش بینی عملکرد گیاهان می باشد (Summerfield, 1993). تجریه و تحلیل آمار نشان می دهد که سال ۱۳۹۹ تمام ارقام زودتر جوانه‌زنی را آغاز کرده‌اند و به ترتیب ۱۴۰۰و ۱۳۹۸ سال‌هایی بودند که جوانه‌زنی آغاز شده است. با توجه به تاریخ ثبت شده، در شهرستان انار زودتر ازسایر مناطق اولین جوانه‌ها شروع به متورم شدن می‌کنند و دیرترین تاریخ متورم شدن جوانه ها و آغاز فاز رویشی درختان پسته در شهرستان شهربابک ثبت شده است. با توجه به تاریخ‌های ثبت شده برای رقم اکبری ۲۴ اسفند اولین تاریخ آغاز مرحله رشدی درخت پسته در استان کرمان می‌باشد. از آنجایی که در انتخاب مناطق مناسب کشت محصولات باغی همچون پسته و همچنین تعیین رقم مناسب و الگوی کشت باغی متناسب آن تحت تأثیر تأمین نیاز سرمایی در هر منطقه بر اساس شرایط اقلیمی می‌باشد موقعیت جغرافیایی هر منطقه تأثیر تعیین کننده‌ای بر دما و انباشت سرمایی قابل حصول محصولات و بالاخص پسته دارد. در این پژوهش انباشت سرمایی چهار رقم عمده پسته دراستان کرمان به صورت احتمالاتی برای دوره آماری موجود و برای مرحله جوانه‌زنی محاسبه شده است. در مناطق سردتری مثل شهربابک میزان ساعات سرمایی تأمین شده نسبت به منطقه گرم‌تری مثل انار، رفسنجان و زرند بیشتر می‌باشد. با توجه به جدول (۵) رقم احمد آقایی با تأمین ۵۳ واحد CP و یا تأمین ۸۴۳ ساعت نیاز سرمایی به روش یوتا و۹۳۷ ساعت به روش ساعات سرمایی در استان کرمان مرحله باز شدن جوانه آغاز می‌شود و وقتی ۵۹ واحد CP، میزان ۹۴۵ ساعت به روش یوتا و ۸۰۳ ساعت به روش ساعات سرمایی در استان کرمان تأمین شود تمام باغات با رقم احمدآقایی در مرحله باز شدن جوانه قرار دارند. جدول ۶ محاسبات نیاز سرمایی مربوط به رقم اکبری را نشان می‌دهد. با توجه به این جدول در رقم اکبری با تأمین ۵۳ واحد CP و یا تأمین ۸۲۰ ساعت نیاز سرمایی به روش یوتا و ۶۴۲ ساعت به روش ساعات سرمایی در استان کرمان مرحله باز شدن جوانه آغاز می‌شود و وقتی ۵۵ واحد

[1] Chill Portions

[2] http://fruitsandnuts.ucdavis.edu/weather_services

CP، میزان ۷۸۶ ساعت به روش یوتا و ۸۳۸ ساعت به روش ساعات سرمایی در استان کرمان تأمین شود تمام باغات با رقم اکبری در مرحله باز شدن جوانه قرار دارند.

**جدول ۵- احتمال ساعات سرمایی تأمین شده به روش دینامیکی، یوتا و ساعات سرمایی برای رقم احمد آقایی درآغاز مرحله باز شدن جوانه**

**Table 5- Probability of cold hours provided by dynamic method, Utah and cold hours for Ahmed Aghaei variety at the beginning of swelling stage of germination**

| station | CP | UTH | CH |
|---|---|---|---|
| Anar | 53.6 | 843.4 | 998 |
| Kerman | 54.2 | 870.7 | 1100 |
| Zarand | 80.2 | 1110.0 | 937 |
| Rafsanjan | 66.5 | 1026.3 | 1050 |
| Sirjan | 63.1 | 1129.7 | 1058 |
| SHahrebabak | 54.3 | 889.9 | 1049 |
| province | 59.2 | 945.2 | 803 |

**جدول ۶- احتمال ساعات سرمایی تأمین شده به روش دینامیکی، یوتا و ساعات سرمایی رقم اکبری برای آغار مرحله باز شدن جوانه**

**Table 6- Probability of accumulated chill hours estimated by dynamic, Utah and cold hours methods for Akbari variety at the beginning of swelling stage of bud break**

| station | CP | UTH | CH |
|---|---|---|---|
| Anar | 55.4 | 873 | 882 |
| Kerman | 55.6 | 892 | 946 |
| Zarand | 92.6 | 1423 | 642 |
| Rafsanjan | 64 | 907 | 1049 |
| Sirjan | 65.5 | 821 | 947 |
| Shahrebabak | 81.6 | 1088 | 1173 |
| province | 53.1 | 787 | 839 |

طبق جدول ۷ رقم کله قوچی با تأمین۵۳ واحد CP و یا تأمین ۸۶۲ ساعت نیاز سرمایی به روش یوتا و ۸۳۱ ساعت به روش ساعات سرمایی در استان کرمان وارد فاز مرحله باز شدن جوانه می‌شود و وقتی ۵۸ واحد CP، میزان ۸۸۹ ساعت به روش یوتا و ۹۴۰ ساعت به روش ساعات سرمایی در استان کرمان تأمین شود تمام باغات با رقم کله قوچی در مرحله باز شدن جوانه قرار دارند. رقم فندقی با تأمین۵۳ واحد CP و یا تأمین ۸۳۸ ساعت نیاز سرمایی به روش یوتا و ۹۱۸ ساعت به روش ساعات سرمایی در استان کرمان مرحله باز شدن جوانه آغاز می‌شود و وقتی ۵۸ واحد CP، میزان ۸۹۰ ساعت به روش یوتا و ۹۴۲ ساعت به روش ساعات سرمایی در استان کرمان تأمین شود تمام باغات با رقم فندقی در مرحله باز شدن جوانه قرار دارند (جدول ۸).

**جدول ۷- احتمال ساعات سرمایی تأمین شده به روش دینامیکی، یوتا و ساعات سرمایی برای رقم کله قوچی برای آغاز مرحله باز شدن جوانه**

**Table 7- Probability of cold hours estimated by the dynamic method, Utah and cold hours for Kale Gochi variety for the beginning of the swelling stage of germination**

| station | CP | UTH | CH |
|---|---|---|---|
| Anar | 53.2 | 841 | 916 |
| Kerman | 62.3 | 907 | 996 |
| Zarand | 59.7 | 10267 | 1050 |
| Rafsanjan | 53.7 | 863 | 832 |
| Sirjan | 65.6 | 863 | 936 |
| SHahrebabak | 80.1 | 1042 | 1127 |
| province | 58.5 | 889 | 941 |

**جدول ۸- احتمال ساعات سرمایی تأمین شده به روش دینامیکی، یوتا و ساعات سرمایی برای رقم فندقی برای آغار مرحله باز شدن جوانه**

**Table 8- Probability of cold hours provided by the dynamic method, Utah and cold hours for the variety Hazelnut for the beginning of the swelling stage of germination**

| station | P99% | P 99% | P 99% |
|---|---|---|---|
| Anar | 53.54 | 843 | 918.7 |
| Kerman | 55.87 | 886 | 859.8 |
| Zarand | 65.15 | 1026 | 1050.6 |
| Rafsanjan | 64.8 | 928 | 1079.1 |
| Sirjan | 66.1 | 838 | 947 |
| Shahrebabak | 81.83 | 1094 | 1173.1 |
| province | 58.45 | 891 | 942.9 |

با توجه به محاسبات انجام شده مرتبط با نیاز سرمایی ارقام مختلف پسته در استان کرمان (جدول ۹) رقم احمد آقایی با تأمین ۵۹ واحد، رقم اکبری ۴۰ واحد و رقم های کله قوچی و فندقی با ۵۹ واحد CP و به روش یوتا، رقم اکبری یا تأمین ۱۰۱۳ ساعت، احمدآقایی ۹۴۵ ساعت، کله قوچی با ۸۸۹ ساعت و فندقی با ۸۹۰ ساعت و به ساعات سرمایی، رقم احمد آقایی با ۸۰۳ ساعت، رقم کله قوچی با ۹۴۰ ساعت، رقم فندقی با ۹۴۲ ساعت و رقم اکبری با ۸۰۳ ساعت به فاز باز شدن جوانه می‌روند. برای بررسی رابطه بین تاریخ جوانه‌زنی و نیاز سرمایی همبستگی بین آنها محاسبه شد. ضرایب همبستگی نشان می‌دهد (جدول۱۰) که بین زمان جوانه‌زنی

DOI: 10.22125/agmj.2023.391822.1148

و نیاز سرمایی به روش دینامیکی بالاترین همبستگی وجود دارد.

**جدول ۹- ساعات سرمایی تأمین شده به روش‌های مختلف برای ارقام مختلف پسته در استان کرمان**

**Table 9- Chilling hours generated by different methods for different varieties of pistachio in Kerman Province**

| cultivar | CP | CU | CH |
|---|---|---|---|
| AHMADAGHAEI | 59.2 | 945.2 | 803.1 |
| Akbari | 53.1 | 786.5 | 838.6 |
| KALE GHUCHI | 58.5 | 889.4 | 940.9 |
| FANDOGHI | 58.5 | 890.7 | 942.9 |

**جدول ۱۰- ضریب همبستگی بین ساعات سرمایی تأمین شده به روش‌های مختلف و زمان جوانه‌زنی برای پسته در استان کرمان**

**Table 10- Correlation coefficient between chill hours provided by different methods and beginning of the swelling time pistachio in Kerman province**

| | day | CP | CU | Ch |
|---|---|---|---|---|
| day | 1 | | | |
| CP | 0.21 | 1 | | |
| CU | 0.13 | 0.92 | 1 | |
| Ch | 0.16 | 00.92 | 0.92 | 1 |

رابطه رگرسیونی بین زمان جوانه‌زنی و میزان ساعات سرمایی آورده شده است.

$$\text{Swelling Day} = 121.5 + 0.04\text{Cp} - 0.02\text{Cu} - 0.0001\text{Ch}$$

در این معادله زمان (روز) به عنوان پارامتر وابسته و مقدار نیاز سرمایی به روش‌های مختلف به عنوان متغیرهای مستقل در نظر گرفته شده است. در جدول ۱۱ نتایج آماری این معادله آورده شده است.

**جدول ۱۱- نتایج آماری بین ساعات سرد شدن محاسبه شده و شروع زمان تورم پسته در استان کرمان**

**Table 11- Statistical Results Between Calculated chilling hours Values and and beginning of the swelling time pistachio in Kerman province**

| | Coefficients | SE | t Stat | P-value |
|---|---|---|---|---|
| Intercept | 121.5539 | 7.1713 | 16.9501 | 0.0000 |
| CP | 0.4263 | 0.2309 | 1.8465 | 0.0692 |
| CU | -0.0225 | 0.0163 | -1.3798 | 0.1722 |
| Ch | -0.0001 | 0.0177 | -0.0048 | 0.9962 |

محلول‌پاشی با روغن زمستانه روش مفیدی برای غلبه بر کمبود سرمای زمستانه است و توسط باغداران برای هماهنگ شدن و شکوفایی به موقع استفاده می‌شود. در استرالیا تصمیم‌گیری برای محلول‌پاشی با روغن برای کاهش اثر کمبود سرما قبل از ۳۱ اوت (حدوداً مطابق با ۱۰ اسفند در ایران) صورت می‌گیرد. اواسط تا اواخر اوت (حدودا مطابق با ۲۵ بهمن تا ۱۰ اسفند) بهترین زمان برای محلول‌پاشی روغن در استرالیا است. بنابراین، تا اواسط اوت (۲۵ بهمن)، باید کشاورزان جمع سرما را پیش بینی کنند تا برای محلول‌پاشی با روغن تصمیم بگیرند. زمان محلول‌پاشی در نیمکره شمالی و از جمله آمریکا از اواسط تا اواخر فوریه (۲۵ بهمن تا ۱۰ اسفند) می‌باشد (Richardson et al., 1974; Saure,1985). با توجه به جمع آوری داده‌هایی که در استان کرمان نیز توسط محقق انجام شده است زمان روغن‌پاشی در استان کرمان نیز در همین تاریخ انجام می‌شود. با توجه به دمای ثبت شده در ایستگاه‌های هواشناسی استان کرمان و شهرستان‌های مورد مطالعه، تاریخ روغن‌پاشی نشان می‌دهد که باغداران زمانی که به طور متوسط ۴۰ واحد CP تأمین شده باشد اقدام به روغن‌پاشی کرده‌اند. اطلاعات مربوط به زمان روغن‌پاشی باغات در جدول ۱۲ آمده است.

**جدول۱۲- احتمال ساعات سرمایی تأمین شده به روش‌های مختلف در هنگام روغن‌پاشی با ولک در استان کرمان**

**Table 12- Probability of chilling hours provided by different methods during oil spraying with pods in Kerman province**

| Probability | cp | cu | ch |
|---|---|---|---|
| 50% | 47.63 | 723.64 | 691.097 |
| 75% | 43.82 | 665.14 | 621.04 |
| 95% | 40.77 | 618.34 | 565 |
| % | 40.16 | 608.97 | 553.79 |

## نتیجه‌گیری

باغداران پسته مجبور به انتخاب ارقامی با نیازهای متناسب سرمایی با اقلیم منطقه مورد نظر هستند. با توجه به منحصر به فرد بودن نیاز سرمایی ارقام پسته، به منظور تولید اقتصادی مستمر، توجه و لحاظ چنین عاملی در انتخاب رقم مناسب پسته به منظور احداث باغ جدید بسیار ضروری است و باید اطمینان حاصل شود که زمستان به منظور تأمین نیاز سرمایی به قدر کافی سرد و طولانی باشد. در هر دو مدل "سرمای ساعتی" و "یوتا" همبستگی ضعیفی بین سرمای محاسبه شده و جوانه‌زنی مشاهده شده است. حتی وقتی مدل یوتا نشان می‌دهد که سرما کم بوده، پاسخ گیاه نشان داد که سرما بالابوده است. طبق نظریه Stern دلیل این موضوع آن است که دمای گرم مداوم در زمستان منجر به واحدهای منفی

زیاد شده و مدل یوتا را نامناسب می‌کند. مدل دینامیک دماهایی را وارد محاسبه می‌کند که قبل و بعد از زمان خاصی قرار دارند. در این مدل طول دوره سرما و تناوب دمای بالا طی دوره سرما اهمیت بالایی دارد (Stern et al., 2000). به نظر می‌آید با توجه به ثبات نیاز سرمایی به روش دینامیکی از این روش می‌توان در مدیریت باغی استفاده کرد. و به صورت میانگین بدون در نظر گرفتن رقم خاصی برای پسته با CP برابر با ۵۶ واحد بهترین مقدار برآورد از تأمین نیاز سرمایی پسته برای ورود به مرحله باز شدن جوانه در استان کرمان می‌باشد. نتایج حاصل شده از این تحقیق و اعداد به دست آمده برای واحدهای سرمایی به روش دینامیکی برای ارقام مختلف پسته (۵۸ واحد برای رقم کله قوچی و فندقی، ۵۹ واحد برای رقم احمد آقایی و ۴۰ واحد برای رقم اکبری) تطابق با نتایج به دست آمده توسط Zhang (2011) مقدار (cp برابر ۵۹ واحد را برای پسته) در استرالیا دارد. با توجه به این نتایج میشود نتیجه گیری کرد به غیر از رقم اکبری با نیاز داشتن به CP کمتر برای شروع مراحل رشدی خود، سایر ارقام باید در مناطق با داشتن سرمای زمستان کافی کشت شوند. همچنین مشاهده شد که نیاز سرمایی محاسبه شده به روش یوتا و ساعات سرمایی با توجه به نوع رقم، از سالی به سال دیگر و از منطقه‌ای به منطقهٔ دیگر تفاوت دارد اما در مدل دینامیکی این اختلاف ها به کمترین مقدار رسید. بنابراین مدل دینامیک، مدلی است که بهتر می‌تواند زمان آغاز مرحله جوانه‌زنی و پیش‌بینی آن را در استان کرمان توضیح دهد همچنین مانند تحقیقات انجام شده در استرالیا، مدل پویا در تخمین اثربخشی دوره خواب درختان بهترین معیار باشد (Elloumi et al., 1988; Guo et al., 2013; Pope et al., 2015; Zhang and Taylor, 2011).

## منابع


Aktuğ T., S., Arpacı., S., Gözel., H., Bilim., C., Atlı, H.S., Tekin, H. 2007. Variety Selection of Pistachios. Antepfistula Research Institute Directorate Publications, Publication No: 35 Gaziantep, 41.

Anderson, J., Richardson, E.A., Kesner, C.D. 1986. Validation of Chill Unit and Flower bud phenology models for Montmorency sour cherry. Acta Horticulturae, 184, 71–78.

Beede, B., L. Ferguson, K. Beinhorn, T. Thompson, Bennett, J. P. 1949. Temperature and bud rest period. California Agriculture, 3, 9-12.

Crane, J.C., Takeda, F. 1979. The unique dry and warm area climate. Scientia Horticulturae, 159:80.

Chandler, W.H., Kimball, M.H., Philp, G.L., Tufts, W.P. and Weldon, G.P., 1937. Chilling requirements for opening of buds on deciduous orchard trees and some other plants in California.

Elloumi, O., Ghrab, M., Kessentini, H., Erez, M.B., Fishman, S. 1988. The Dynamic Model for Chilling Evaluation in peach buds. Acta Horticulturae, 465, 507–510.

Erez, A., Couvillon, G.A., Hendershott, C.H. 1979. The effect of cycle length on chilling negation by high temperatures in dormant peach buds. Journal of the American Society for Horticultural Science, 104, 573–576.

Eslami, M., Hashemi Nasab, F., Heydari Saleh Abad, M., Bazmandegan, M. 2018. Investigating the effects of climate change on the chilling requirements of pistachio trees in Rafsanjan region, 6th regional climate change conference, Tehran. (In Farsi).

Fallah Ghalhari, G., Ahmadi, H. 2018. Chilling accumulation pattern analysis of Iran cold regions based on CH models،Utah،CP. Geography and Development, 16(51), 99-120.

Fishman, S.A., ECouvillon, G.A. 1987. The temperature-dependence of dormancy breaking in plant – Mathematical analysis of a 2-step model involving a cooperative transition, Journal of Theoretical Biology, 124(4), 473-483.

Hammer, G. L., Goyne, P. J., Wood ruff, D. R. 1982. Phenology of Sunflower cultivars. III. Models for Prediction in field inironments. Australian Journal of Agricultural Research, 33, 263274.

Hokamabadi, H., Javanshah, A. 2013. providing the chilling requirements and its importance in pistachio, Publishing of the Pistachio Research Institute, 40. (In Farsi).

Lee, H. Sumner., D.A. 2016. Modeling the effects of local climate change on crop acreage. California Agriculture, 70(1), DOI: 10.3733/ca.v070n01p9.

Luedeling, E., Achim Kunz. M., Blanke. M. 2013. Identification of chilling and heat requirements of cherry trees—a statistical approach. International Journal of Biometeorology, 57(5), 679–689.

Luedeling, E., Zhang, M., Girvetz, E. H. 2009. Climatic changes lead to declining winter chill for fruit and nut trees in California during 1950–2099. PloS one, 4(7), e6166. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0006166.

Luedeling, E., Zhang, M., Luedeling, V., Girvetz, E. H. 2009. Sensitivity of winter chill models for fruit

Sen, P.K. 1968. Asymptotically efficient tests by the method of n rankings. Journal of the Royal Statistical Society Series B, 30.

Summerfield, R. J., Lawn, R. j., Ellis, R. H., Roberts, E. H., CAHAY, P. M. 1993. Towards the reliable prediction of time to flowering in six annual crops: II. Soybean. Experimental Agriculture, 29, 253-286.

Tarek, M., Brissette, F. P., Arsenault, R. 2020. Evaluation of the ERA5 reanalysis as a potential reference dataset for hydrological modelling over North America. Hydrology and Earth System Sciences, 24(5), 2527-2544.

Tekin, H. Akkök, F. 1995. Selection of Pistachio Nut and their comparison to Turkish standard Verities. Acta Horticulturae, 419, 287-292. DOI: 10.17660/ActaHortic.1995.419.47.

Wang, Y. R., Hessein, D. O., Samset, B. H., Stordal, F. 2022. Evaluating global and regional land warming trends in the past decades with both MODIS and ERA5-Land land surface temperature data. Remote Sensing of Environment, 280, 113181.

Weinberger, J. H. 1950. Chilling requirements of peach varieties. In proceedings. American Society of Horticultural Science, 56, 122-128.

Xue, C., Wu, H., Jiang, X. 2019. Temporal and spatial change monitoring of drought grade based on ERA5 analysis data and BFAST method in the belt and road area during 1989–2017. Advances in Meteorology, Doi: 10.1155/2019/4053718.

Zhang, J., Taylor, C. 2011. The dynamic model provides the best description of the chill process on ‘Sirora’ pistachio trees in Australia. Hort Science 46, 420–425.

and nut trees to climatic changes expected in California's Central Valley. Agriculture, Ecosystems and Environment, 133(1-2), 23-31.

Limouni, M. 2013. Chilling accumulation effects of three chill-hour accumulation methods for monitoring rest in pistachio: Final progress report. California Pistachio Industry –annual report year 2005–06, 98–99.

Petri, J. L., Leite, G. B. 2003. Consequences of insufficient winter chilling on apple tree bud-break. VII International Symposium on Temperate Zone Fruits in the Tropics and Subtropics, 662, 53-60.

Pouyanfar, N., Mozafari, G., Omidvar, K., Mazidi, A. 2022. Trend of changes in pistachio plant chilling need and its prediction using SDSM model (Case study: Yazd). Geography and Planning, 26(80), 45-60. (In Farsi).

Richardson, E.A., Walker, S.D. 1974. A model for estimating the completion of rest for ‘Redhaven’ and ‘Elberta’ peach trees. HortScience, 9, 331–332.

Rodríguez, A., Pérez-López, D., Sánchez, E., Centeno, A., Gómara, I., Dosio, A., Ruiz-Ramos, M. 2019. Chilling accumulation in fruit trees in Spain under climate change. Natural Hazards and Earth System Sciences, 19(5), 1087-1103.

Ruiz, D., Campoy, J. A. Egea, J. 2007. Chilling and heat requirements of apricot cultivars for flowering. Environmental and Experimental Botany, 61(3), 254-263.

Sam Khaniani, A., Mohammadi, A. 2022. Comparison of ERA5-Land reanalysis data with surface Observations over Iran. Iranian Journal of Geophysics,16(1),195-212. (In Farsi).

Saure, M. C. 1985. Dormancy release in deciduous fruit trees. Horticulture Reviews, 7, 239-298.

**Journal of Agricultural Meteorology**
**(Iranian Soc. of Water and Irrig. Eng.)**
**Vol. 12, No. 2, Autumn & Winter 2025, pp. 51-61**
**DOI: 10.22125/agmj.2023.391822.1148**

**نشریه هواشناسی کشاورزی**
**(وابسته به انجمن مهندسی آبیاری و آب ایران)**
**جلد ۱۲، شماره ۲، پاییز و زمستان ۱۴۰۳، صص.۶۱-۵۱**
**مقاله علمی پژوهشی**

# Estimation of the required chill units for bud break of four pistachio cultivars in Kerman province

**M. Mousavi Baygi[1]*, M. Salajegheh[2], A. Alizadeh[1], E. Asadi Oskouei[3]**

Received: 04/04/2023
Accepted: 03/07/2023

**Abstract**
Adequate winter chilling is required for release from dormancy and regular bud break of pistachio trees. Determination of chilling requirement is important in evaluation of frost damage risk at critical phenological stages and also agronomic practices management. In this study, the phenological stages of four pistachio cultivars, including Akbari, Kaleh Ghouchi, Ahmad Aghaei and Fandoghi, were observed and recorded during four consecutive years of 2018 to 2022 in Kerman, Anar, Zarand, Rafsanjan, Sirjan and Shahrbabak regions across of Kerman Province, south of Iran. The accumulated chilling requirements (chill units) were calculated using three different methods. According to the calculations, for Ahmad Aghaei's cultivar the required chill units for bud break were 59,945,803 the dynamic method, Utah model and chill hours model, respectively. These amounts for Akbari cultivar were 55,786 and 838 respectively. The corresponding CUs for Fandoghi cultivar were, 58 890 and 942 hours. The calculated values for KaleGouchi variety were 58,889 and 940 hours. The results showed that dynamic model did a better job in prediction of bud break onset at with higher correlation (r=0.2) and less variability comparing to the other two models. Therefore, this model can be recommended for prediction of the beginning the budbreak of pistachio trees in the region. The bud break phenological stage may vary according to the variety, climatic conditions and topography of each region.

**Keywords**: Bud break, Utah method, Chill hours model, Dynamic model, phenological stages

[1] Professor, Water Sciences and Engineering, Department, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran
(*Corresponding Author Email Address: mousavib@um.ac.ir)
[2] Ph. D Student of Agrometeorology, Water Sciences and Engineering, Department, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran
[3] Assisstant Professor, Atmospheric Science and Meteorology Research Center, Tehran, Iran

نحوه ارجاع مقاله:
موسوی بایگی، م.، سلاجقه، م.، علیزاده، ا.، اسعدی اسکویی، ا. ۱۴۰۳. برآورد نیاز سرمایی لازم برای باز شدن جوانه چهار رقم پسته دراستان کرمان. نشریه هواشناسی کشاورزی، ۱۲ (۲): ۶۱-۵۱. DOI: 10.22125/agmj.2023.391822.1148
Mousavi Baygi, M., Salajegheh, M., Alizadeh, A., Asadi Oskouei, E. 2024. Estimation of the required chill units for bud break of four pistachio cultivars in Kerman province. Journal of Agricultural Meteorology, 12 (2): 51-61. DOI: 10.22125/agmj.2023.391822.1148