DOI: http://dx.doi.org/10.22092/aj.2016.109215

نشریه زراعت شماره ۱۱۰، بهار ۱۳۹۵

(پژوهش و سازندگی)

مقایسه مقادیر درجه روز رشد (GDD) گندم با استفاده از داده های ساعتی و روزانه دما در دو نمونه اقلیمی ایران

- جلیل هلالی، دانشگاه تهران
- نوذر قهرمان، دانشگاه تهران (نویسنده مسئول)
- علی خلیلی، دانشگاه تهران

تاریخ دریافت: مرداد ماه ۱۳۹۱ تاریخ پذیرش: خرداد ماه ۱۳۹۲

پست الکترونیک نویسنده مسئول: nghahreman@ut.ac.ir

چکیده

دما متغیر هواشناسی مهمی در بررسی فرایندهای رشد ونمو گیاهی بوده و از این رو بررسی آن در مقیاس های زمانی کوتاه سبب برآورد دقیق تری از نیاز حرارتی می گردد. در این پژوهش نیاز حرارتی گندم آبی پاییزه در دو نمونه اقلیمی ایران (پارس آباد مغان و داراب فارس) با استفاده از داده های سه ساعتی دما در ترکیب با مدل های برآورد ساعتی و داده های روزانه به طور همزمان برآورد شد. معادله درجه-روز پایه به دو روش دمای حداکثر-حداقل و میانگین محاسبه گردید. نتایج حاصله نشان داد که اقلیم، روش محاسبه درجه- روز رشد پایه و آستانه های دمایی تأثیر مهمی در محاسبه درجه روز رشد (GDD) دارند. در مناطق با دمای حداکثر بالاتر از آستانه های تعریف شده، استفاده از روش حداقل-حداکثر نسبت به روش میانگین برتری داشت. نتایج نشان داد که ۲ مدل مبتنی بر داده های روزانه اختلاف معنی داری با یکدیگر نداشتند، اما اختلاف معنی داری بین مدل های ساعتی و روزانه مشاهده شد (متوسط دوره رشد به ازای هر روز برای مدل ساعتی، روش حداقل-حداکثر و میانگین به ترتیب برابر با ۱۲/۰۱۲، ۱۲/۴۹۸، ۱۲/۶۷۹ درجه-روز). آستانه های دمایی نیز در رابطه با دمای حداکثر و حداقل تعریف شدند، به این معنی که در اقلیم گرم، مقادیر بالاتری از دمای حداکثر به دمای آستانه مفروض در نظر گرفته شد، ولی در اقلیم سرد دماهای حداکثر موجود نسبت به آستانه تعریف شده اختلاف کمتری داشتند. لذا ثبت داده های ساعتی دما یا استفاده از مدل های دقیق تر برای استخراج داده های ساعتی دما بر اساس داده های روزانه الزامی می باشد. همچنین نتایج تحقیق نشان داد که استفاده از روش میانگین در مراحل ابتدایی رشد گندم (مراحل رویشی) به دلیل دامنه شبانه روزی دمای کمتر و روش حداقل-حداکثر در مراحل میانی و انتهایی (مراحل زایشی) به دلیل دامنه شبانه روزی دمایی بالا، بهترین گزینه ها جهت برآورد درجه-روز رشد گندم می باشند.

کلمات کلیدی: درجه روزهای رشد، درجه ساعات رشد، گندم، داراب، پارس آباد

Agronomy Journal (Pajouhesh & Sazandegi) No:110 pp: 8-18

Comparison of winter wheat GDD values calculated using daily and hourly temperature data in two climatic regions of Iran

By:

- *J. Helali , University of Tehran*
- *N. Ghahreman, (Corresponding Author), Assoc.Professor of Agrometeorology Dept. of Irrigation and Reclamation Engineering University of Tehran Karaj, Iran*
- *A. Khalili, University of Tehran*

Received: July 2012 **Accepted: May 2013**

Temperature is one the most important meteorological variables affecting plant growth and development.that influence on alive.In this study the heat requirement of winter whaet in to climatic region of Iran namely Pars Abad and Darab were estimated using 3 hourly tempeareure data and hourly data generating models.The results revealed that climate type,merthod of GDD calculation and temperature thresholds are have significant effect in GDD calculation.In the regions with maximum temperature above the fixed thereshold,maxmum-minimum method was superior to mean temperature method.The results showed that models using daily data are almost coincide,but a significant difference were observed between hourly and daily models.In warm climate, the calibrated values of maximum temperature was slightly above the given threshold but in cold the climate the difference between calibrated and fixed thereshold was lower.In general,the results of study showed that in early , phenological stages, mean temperature mehod is preferable for GDD calculation,in the other two stages (mid and late) due to

Keywords: Growing degree days, growing degree hours, Wheat, Pars abad, Darab

مقدمه

به جرات می توان گفت در بین عوامل اقلیمی، دما از اهمیت خاصی برخوردار است و به این دلیل بررسی تأثیراتی که دما در مقیاس های زمانی مختلف از جمله ساعتی، بر رشد و نمو موجودات به ویژه گیاهان می گذارد ضروری می باشد. اطلاعات ساعتی دما در امور هواشناسی زیستی، برآورد تأثیرات دما در ساختمان ها و سایه انداز گیاهان، برآورد تبخیر از سطوح آزاد آب ها، تعیین عملکرد (ضیایی اصل، ۱۳۸۷؛ سبزی پرور و همکاران، ۱۳۹۱)، پیش بینی آفات (مظفری و عزیزیان، ۱۳۹۰)، ذوب برف (پناهی و همکاران، ۱۳۹۲؛ فتح زاده و زارع بیدکی، ۱۳۹۱)، تعیین نیاز سرمایی (در گیاهان اکثراً به صورت ساعتی) و مدل سازی مربوط به درجه-ساعات رشد کاربرد گسترده و فراوان دارد (ابراهیمی، ۱۳۸۵). در اکثر ایستگاه های هواشناسی و اقلیم شناسی مؤلّفه دما به صورت روزانه ثبت می شود در حالی که در مدل سازی، داشتن دمای ساعتی نیز مورد نیاز است. هدف اصلی در این پژوهش، استخراج داده های ساعتی دما با استفاده از داده های سه ساعتی و بکارگیری روش های مدل سازی ساعتی که صرفاً از داده های دمای حداقل و حداکثر استفاده می کنند می باشد تا از این طریق، نیاز حرارتی یا درجه-روز رشد (Growing Degree Days) و درجه-ساعات رشد (Growing Degree Hours) محصول گندم آبی مورد بررسی قرار گیرد. در این صورت برای محاسبه دقیق تر از داده های ساعتی و روزانه دما به منظور محاسبه شاخص های فوق و مقایسه بین واحدهای حرارتی استخراج شده از داده های ساعتی و روزانه ممکن گردد، به طوری که بتوان نوشت:

$$GDD_i = f\left(GDD_i\left(GDH_i\right)\right)+e \quad (1)$$

که GDD_i درجه-روز محاسبه شده از داده های روزانه (روش رایج)، GDD_i (GDH_i) درجه-روزهای رشد محاسبه شده از داده های ساعتی دما و e خطای برآورد می باشند.

به دلیل عدم ثبت داده های ساعتی دما در اکثر ایستگاه های هواشناسی، اقلیم شناسی و هواشناسی کشاورزی، مطالعات زیادی صورت گرفته است که روش هایی برای بهبود محاسبه منحنی دمای روزانه و بالطبع داده های ساعتی دما بدست آید مثل روش تک سینوسی، تک مثلثی و اصلاح شده آن ها (Allen،۱۹۷۶؛ Basker-ville & Emin،۱۹۶۷؛ De Gaetano & Knapp ،۱۹۹۳؛ Roltsch et al. ، ۱۹۹۹؛ Kline et al، ۱۹۸۲). با استفاده از داده های ساعتی می توان درجه ساعات و در نتیجه درجه-روزها را به دقیق ترین روش محاسبه کرد، اما در اکثر مواقع صرفاً داده های دمای حداقل و حداکثر برای تخمین درجه روزها مورد استفاده قرار می گیرند بدون اینکه تأثیر منحنی روزانه دما را در محاسبه دخیل کنند (Za-lom et al.، ۱۹۸۳؛ Snyder، ۱۹۸۵). به دلیل وجود خطای زیاد در روش های استخراج داده های ساعتی دما با استفاده از روش هایی

که صرفاً از دمای کمینه و بیشینه استفاده می کنند می توان این روش ها را در غالب یک مدل ترکیبی با داده های سه ساعته بکار برد تا استخراج داده های ساعتی دقیق تر گردد (ابراهیمی، ۱۳۸۵). مطالعات متعددی در مورد استخراج دما در مقیاس زمانی کوتاه تر با استفاده از داده های روزانه انجام شده است (De Wit et al، ۱۹۷۸؛ Wilkerson et al. ، ۱۹۸۳؛ Reicosky et al، ۱۹۸۹؛ Martinez، ۱۹۹۱؛ Ephrath et al، ۱۹۹۶؛ ابراهیمی، ۱۳۸۵؛ خلیلی، ۲۰۰۵). در خصوص نیاز حرارتی گیاهان نیز مطالعات زیادی صورت گرفته است. Cross et al (۱۹۷۲) روش های مختلف واحدهای حرارتی را برای پیش بینی تاریخ های گلدهی ذرت مقایسه نمودند و پی بردند که بهترین معادله برای پیش بینی تاریخ های گلدهی، دارای دمای پایه ۱۰ درجه سانتیگراد و بهینه ۳۰ درجه سانتیگراد بوده است. Perry et al (۱۹۸۶) توان و دقت ۱۴ روش حرارتی را که در آن ها از داده های ساعتی و تابع طول روز نیز استفاده شده بود، مورد ارزیابی قرار دادند. Anderson et al (۱۹۸۶) اثر متقابل بین متغیرهای رطوبتی و درجه-روز رشد بر مرحله خوشه دهی گندم زمستانه را بررسی نمودند و پی بردند که بهترین برازش هنگامی بدست می آید که درجه-روزهای رشد و متغیرهای رطوبتی در معادلات رگرسیونی گنجانده شوند. بررسی‌ها نشان داد که در صورت تلفیق درجه-روزهای رشد با سایر متغیرهای هواشناسی نتایج بهتری نسبت به روش های مرسوم بدست می آید. Mc Master & Wilhelm (۱۹۹۷) در تحقیقی با عنوان درجه روزهای رشد یک معادله با دو تفسیر، معادله پایه درجه روزهای رشد (GDD) را مورد تجزیه و تحلیل قرار دادند. آن ها پی بردند بسته به اینکه از فرمول پایه درجه روز رشد چه تفسیری داشته باشیم نتایج مختلفی بدست خواهد آمد.

بررسی درجه روز رشد یا واحدهای حرارتی در ایران نیز به فراوانی در محصولات مختلف و با کاربردهای متنوع مورد استفاده قرار گرفته است. مطالعه زمانیان (۱۳۸۴) در زمینه تعیین نیاز حرارتی مراحل رشد و نمو بذر شبدر برسیم نشان داد در چین اول، دوم و تولید بذر به ترتیب نیاز به ۱۰۶۰، ۵۰۳ و ۲۰۰۰ درجه روز رشد نیاز است. قنبری و دری (۱۳۸۴) نیاز حرارتی لاین های لوبیا چیتی را بررسی و تعیین نمودند. نتایج این مطالعه نشان داد که بعد از مرحله گلدهی درجه روز رشد لاین ها مشهود بوده است. رحیمی و همکاران (۱۳۸۸) با استفاده از تکنیک درجه روز رشد تأثیر خشکی و تراکم بوته بر عملکرد و مراحل نمو دو گونه دارویی اسفرزه و پسیلیوم را مورد ارزیابی قرار دادند. میرحاجی و همکاران (۱۳۸۹) با استفاده از شاخص درجه رور رشد مراحل فنولوژیک تعدادی از گونه های گندمیان را مورد بررسی قرار داده و نشان دادند که زمان شروع و خاتمه رویش در سال های مختلف متفاوت بوده و این تغییرات تابع درجه حرارت می باشد به طوری که کلیه گونه های مورد مطالعه در سال های خُنَک دارای دوره فنولوژی طولانی تر از سال های گرم و خشک بودند ولی درجه روز رشدهای تجمعی مورد نیاز کلیه مراحل فنولوژی گونه ها در سال های مختلف تقریباً یکسان بوده و دارای تفاوت اندکی هستند. مطالعه مشابهی نیز برای گونه های Astragalus chaborasicus، Poa sina-ica، Stipa hohenackeriana توسط زارع کیا و همکاران (۱۳۹۰) و سادات عظیمی (۱۳۹۱) انجام شده و نتایج مشابهی با نتایج مطالعه میرحاجی و همکاران (۱۳۸۹) بدست آمده است. سوقانی و همکاران (۱۳۸۹) رابطه درجه روزهای رشد و عملکرد ژنوتیپ های مختلف لوبیا سفید را مورد ارزیابی قرار دادند.

شهبازی و همکاران (۱۳۹۰) ظهور شناسی خانواده Oleaceae در اصفهان را با استفاده از روش توصیفی و شاخص درجه روز رشد مورد ارزیابی قرار داده و نیاز حرارتی آنها را به دست آورده و مراحل فنولوژیکی آنها را با استفاده از این شاخص تفکیک نمودند. مطالعه یساری و شهسواری (۱۳۹۰) نیز بر پهنه بندی درجه روزهای رشد لازم برای سبز شدن گلرنگ بهاره در استان اصفهان بوده است. این مطالعه بیانگر این واقعیت بوده که میانگین درجه روزهای رشد مرحله کاشت تا سبز شدن ۱۵۲ درجه روز رشد خواهد بود. مطالعه خاکیان دهکردی و همکاران (۱۳۹۰) نیز بر تعیین تاریخ کشت کلزا با استفاده از شاخص درجه روز رشد جهت مقابله با سرمای زمستان در استان چهارمحال و بختیاری بوده است. مطالعات انجام اهمیت واحدهای گرمایی را در پیش بینی آفت سن نیز اثبات نموده است (مظفری و عزیزیان، ۱۳۹۰). سبزی پرور و همکاران (۱۳۹۱) در مطالعه ای شاخص های هواشناسی کشاورزی مؤثر بر عملکرد گندم را مورد بررسی قرار داده و نتیجه گیری نمودند که آستانه دمایی ۵ درجه سانتیگراد در مورد درجه روز رشد گندم آبی و دیم در شرایط اقلیمی استان همدان بیشترین اثرگذاری را بر عملکرد گندم خواهد داشت.

در کلیه مطالعات صورت گرفته جهت برآورد نیاز حرارتی صرفاً به استفاده از داده های دما در بُعد روزانه و استفاده از روش پایه پرداخته شده است. در این مطالعات تفسیر استفاده از روش پایه مورد بررسی قرار نگرفته است. در عین حال داده های ساعتی نیز مورد استفاده قرار نگرفته است که مشخص کند آیا نیاز حرارتی محاسبه شده از داده های روزانه با نیاز حرارتی محاسبه شده از داده های ساعتی اختلاف معنی داری دارد یا نه. به دلیل نقصان منابع تحقیقاتی در بررسی و تحلیل نیاز حرارتی در مقیاس زمانی ساعتی و رابطه آن با نیازهای حرارتی حاصل از داده های روزانه، در این مطالعه سعی شد بررسی و تعیین دقیق محاسبه درجه-روز رشد به وسیله داده های ساعتی دما انجام شود. به این منظور، روند ساعتی دما در محاسبات مربوط به درجه-روز رشد دخیل گردید تا اختلاف بین مقیاس های زمانی مختلف (ساعتی و روزانه) مشخص گردد.

مواد و روش ها

به منظور بررسی درجه ساعات رشد و درجه -روزهای رشد گندم پاییزه (*Triticum aestivum*) داده های مورد نیاز برای تحقیق از سازمان هواشناسی اخذ گردید. داده های مورد نیاز این پژوهش آمار روزانه و ساعتی دما و داده های فنولوژی (جداول ۲ و ۳) به ترتیب برای پارس آباد مغان و داراب فارس بوده است. متغیرهای هواشناسی مورد استفاده شامل دمای حداقل و حداکثر روزانه و داده های ۳ ساعتی دما بودند. خصوصیات جغرافیایی و اقلیمی ایستگاه های مورد مطالعه در جدول ۱ ارائه شده است. ارقام گندم مورد استفاده در پارس آباد مغان شامل ارقام شیرودی و مغان و در داراب فارس رقم چمران بوده است.

روش های محاسبه درجه-روز رشد با اعمال شروط زیر بر معادله پایه درجه-روز رشد بیان شده توسط Mc Master & Wilhelm (۱۹۹۷) مورد بررسی قرار گرفت :

۱) اگر دمای متوسط کمتراز دمای پایه باشد برابر با دمای پایه و اگر بیشتر از دمای آستانه بالا بود برابر با دمای آستانه قرار

داده شد.

۲) اگر دمای حداقل و یا حداکثر کمتر از دمای پایه باشند برابر با دمای پایه و اگر بیشتر از دمای آستانه باشند برابر با دمای آستانه قرار داده شدند.

برای استخراج داده های ساعتی، ابتدا محاسبه مربوط به ساعات طلوع و غروب خورشید که در بعضی روش ها مورد نیاز بود بر اساس روز سال، عرض جغرافیایی و طول جغرافیایی محل استخراج گردید. در مرحله بعد به علت اینکه ایستگاه داراب فارس در کل دوره آماری دارای ۱۵ ساعت داده و ایستگاه پارس آباد نیز در سال های آماری ۱۹۸۷تا ۱۹۹۱ دارای این حالت بود (داده های ۳ ساعتی موجود از ساعت ۳ گرینویچ تا ۱۵ گرینویچ) که این خلاء با استفاده از روش پیشنهادی خلیلی (۲۰۰۵) ساخته شد. در مورد داده های سال های ۱۹۹۲ و ۱۹۹۸ تا ۲۰۰۷ ایستگاه پارس آباد که دارای داده های کامل ۳ ساعتی بودند نیز به روش درونیابی، داده های یک ساعته استخراج گردید. زمان وقوع دمای حداقل بر اساس روش پیشنهادی DeWit et al (۱۹۷۸) و خلیلی (۲۰۰۵) در طلوع آفتاب در نظر گرفته شد. سپس بر اساس معادله زیر درجه-روز رشد رایج به درجه-روز تعدیل شده تبدیل گردید:

(۲)

$$GDD_i\ (GDH_i) = \frac{\sum_{n=1}^{24}(T_n - T_b)}{24}$$

(۳)

$$GDD_i\ (GDH_i) = b\ GDD_i + a$$

که GDD_i GDH_i درجه-روز رشد حاصل از داده های ساعتی، GDD_i درجه-روز رشد حاصل از داده های روزانه، T_n دمای ساعت n ام، T_b دمای پایه و b, a ضرایب رگرسیونی معادله می باشند.

مراحل فوق برای دو ایستگاه پارس آباد مغان و داراب فارس در حالت های زیر مورد بررسی قرار گرفت:

۱) استخراج و بررسی درجه-روزهای رشد روزانه و درجه-روزهای رشد بدست آمده از داده های ساعتی در همه مراحل فنولوژی با ۴ آستانه دمایی (دمای پایه، دمای آستانه) به صورت تیمارهای (صفر، بدون آستانه؛ صفر و ۲۵؛ صفر و ۲۶؛ صفر و ۳۰ درجه سانتیگراد) (Gawith & Porter، ۱۹۹۹) با دو روش حداکثر-حداقل (max-min) و میانگین (mean).

۲- استخراج و بررسی درجه-روزهای رشد روزانه و درجه-روزهای رشد بدست آمده از داده های ساعتی در کل دوره رشد در ۴ آستانه به صورت تیمارهای (صفر، بدون آستانه؛ صفر، ۲۵؛ صفر، ۲۶؛ صفر، ۳۰ درجه سانتیگراد) (Gawith & Porter، ۱۹۹۹) با دو روش حداکثر-حداقل (max-min) و میانگین (mean).

به منظور بررسی دقت روش ها و همچنین ارزیابی بیش برآوردی و یا کم برآوردی روش ها به ترتیب از آماره های RMSE (root mean square error) و RES (Sum of Residual) در کلیه حالت ها و وضعیت های فوق استفاده گردید. مقادیر مثبت و منفی RES به ترتیب کم برآوردی و بیش برآوردی مدل ارائه شده را نشان می دهد (Cesaraccio et al ، ۲۰۰۱).

نتایج

بررسی نتایج در مرحله رویشی، زایشی و کل دوره رشد انجام شده و تحلیل گردید.

مراحل رویشی

بر اساس نتایج جداول ۴ و ۵، ضرایب بدست آمده برای ایستگاه پارس آباد و داراب تفسیر گردید. در مراحل رویشی که شامل مراحل سبز شدن، پنجه زنی و ساقه دهی است ضرایب رگرسیونی دو روش درجه روز رشد حاصل از داده های روزانه متفاوت بودند. در همه آستانه های دمایی مرحله سبز شدن ایستگاه پارس آباد، روش حداکثر-حداقل دارای ضریب تبیین بالا (برای همه تیمارهای دمایی ۰/۹۹۳) نسبت به مدل میانگین (۰/۹۸۹) بود. این وضعیت در دو مرحله رویشی پنجه زنی (۰/۹۷ در برابر ۰/۹۵۷)و ساقه دهی (۰/۹۹۷ در برابر ۰/۹۹۵) ایستگاه فوق نیز مشاهده گردید. در مراحل رویشی ایستگاه داراب از لحاظ ضریب تبیین اختلاف فاحشی بین دو روش مشاهده نگردید (هر دو روش ۰/۹۹۹). در مرحله پنجه زنی و ساقه دهی نیز وضعیت مشابه بود.

با استفاده از آماره RMSE دقت و با استفاده از آماره RES نیز بیش برآوردی و یا کم برآوردی مدل مورد بررسی قرار گرفت. بر اساس آماره RMSE در مرحله سبز شدن ایستگاه داراب مشاهده گردید که در آستانه های دمایی صفر، ۲۵ (۱/۴۶۷ و ۱/۷۸۶) و صفر، ۲۶ (۱/۵۳۱ و ۱/۷۴۷) درجه سانتیگراد روش حداقل-حداکثر دارای دقت بیشتری نسبت به روش میانگین بوده است در صورتی که در سایر آستانه های دمایی اختلافی دیده نشد. در مرحله پنجه زنی و ساقه دهی در کلیه آستانه ها روش میانگین دقت بالاتری داشته است (برای کلیه تیمارهای دمایی برای روش میانگین ۱/۳۲۲ و روش حداقل-حداکثر ۱/۳۵۸). در ایستگاه پارس آباد وضعیت تقریباً مشابهی با ایستگاه داراب مشاهده گردید. روش میانگین در مرحله سبز شدن (کلیه تیمارهای دمایی ۱/۰۳) و پنجه زنی (کلیه تیمارهای دمایی ۱/۶۳۵) دارای دقت بالاتری نسبت به روش حداقل-حداکثر (۱/۵۰۲ مرحله سبز شدن و ۲/۲۶۸ مرحله پنجه زنی) بود. ولی در مرحله ساقه دهی در کلیه آستانه های دمایی روش حداقل-حداکثر دقت بالاتری داشته و ارجحتر بودند (۳/۲۹۵ در برابر ۳/۲۱۵). از لحاظ بیش برآوردی یا کم برآوردی درجه-روز رشد نیز وضعیت های متفاوتی در مراحل رویشی دو ایستگاه دیده شد. بر اساس قدر مطلق RES (شکل ۳) در ایستگاه پارس آباد مشاهد گردید که در مراحل رویشی با آستانه های دمایی مختلف، روش میانگین مقدار کمتری را دارا بود (سبز شدن: ۰/۳۹۵-، ۰/۸۴۶- ؛ پنجه زنی: ۰/۴۲۹-، ۱/۰۰۰-؛ ساقه دهی:۰/۵۲-، ۰/۸۰۴-). تحلیل ها نشان داد که در مراحل رویشی، روش میانگین دارای ارجحیت می باشد به این معنی که در این مراحل بهتر است از میانگین داده های روزانه مقدار درجه-روز رشد مورد محاسبه قرار گیرد.

مراحل زایشی

در این حالت نیز بر اساس نتایج جداول ۴ و ۵ ضرایب رگرسیونی بدست آمده برای ایستگاه پارس آباد و داراب تحلیل گردید. در کلیه مراحل زایشی ایستگاه پارس آباد، اختلاف بارزی بین ضریب تبیین بدست آمده به وسیله دو روش میانگین و حداقل-حداکثر مشاهده نگردید. در بررسی های دقیق تر در تک تک مراحل زایشی، ضریب تبیین دو روش درجه روز رشد مبتنی بر داده های روزانه با یکدیگر

اختلاف داشتند (به ترتیب تیمارهای دمایی در مرحله خوشه دهی: ۰/۹۹۷، ۰/۹۹۷، ۰/۹۹۶ و بقیه تیمارهای دمایی ۰/۹۹۷؛ گلدهی: کلیه آستانه های دمایی ۰/۹۹۹؛ رسیدگی شیری: هر دو روش در کل تیمارهای دمایی برابر با ۰/۹۹۹ تا ۰/۹۹۸). ایستگاه داراب نیز وضعیتی مشابه ایستگاه پارس آباد داشت (خوشه دهی تیمار صفر، ۲۵ درجه برابر با ۰/۹۹۸؛گلدهی: روش میانگین ۰/۹۵۲ و روش حداقل-حداکثر ۰/۹۶۷). در مورد دقت مدلهای استفاده شده و تحلیل آنها با استفاده از آماره RMSE و RES نکات جالب توجهی مشاهده گردید (شکل ۱ و ۲). مرحله خوشه دهی ایستگاه پارس آباد نشان داد در تیمارهای دمایی صفر، ۳۰ و دمای پایه صفر درجه سانتیگراد روش میانگین (به ترتیب۱/۷۹۷، ۱/۷۹۷) و در دو آستانه دمایی دیگر روش حداقل-حداکثر دارای دقت بالاتری بودند (۱/۷۵۳ و ۱/۷۷۶). در مرحله مشابه ایستگاه داراب با آستانه های دمایی مختلف، روش حداقل-حداکثر دارای دقت بالاتر و در دمای پایه صفر درجه سانتیگراد دقت دو مدل مشابه بود (تیمارهای دمایی صفر، ۲۵؛ صفر، ۲۶؛ صفر،۳۰ به ترتیب ۱/۲۴، ۱/۲۷۵ ، ۱/۳۰۲ برای روش حداقل و حداکثر و ۱/۴۱۱، ۱/۳۶۶، ۱/۳۱۴ برای روش میانگین). در سایر مراحل زایشی ایستگاه پارس آباد، به استثنای دمای پایه صفر درجه که مشابه بوده اند، روش حداقل-حداکثر دقت بالاتری داشت و این وضعیت در مراحل زایشی ایستگاه داراب نیز مشاهد گردید با این تفاوت که اختلاف بین دو روش از لحاظ آماره RMSE در ایستگاه داراب بیشتر بود. از لحاظ بیش برآوردی یا کم برآوردی مقدار قدر مطلق RES در ایستگاه پارس آباد مشاهده شد که روش میانگین در مرحله خوشه دهی با تیمارهای دمایی صفر و صفر ،۳۰ درجه سانتیگراد مقداری به مراتب کمتر از روش حداقل- حداکثر داشت. در سایر مراحل زایشی با تیمارهای دمایی مختلف، روش حداقل- حداکثر مقادیر کمتری نسبت به روش میانگین داشت و در نتیجه دقت بالاتری نشان داد. موضوع دیگر کم برآوردی روش حداقل-حداکثر در تیمارهای دمایی صفر، ۲۵ (۰/۴۰۱ ، ۱/۰۸۸-) و صفر، ۲۶ (۰/۲۱۷، ۰/۹۵۴-) درجه سانتیگراد مراحل رسیدگی خشک و رسیدگی کامل (تیمار دمایی صفر و ۲۵ برابر با ۱/۰۷۳ ، ۱/۲۱۷- ؛ تیمار دمایی صفر و ۲۶ برابر با ۰/۹۵۶، ۱/۰۸۳-) بود. ولی روش میانگین در همه تیمارهای دمایی دو مرحله بیش برآوردی نشان داد. این در حالی بود که در تیمار دمایی صفر و ۳۰ درجه سانتیگراد مرحله رسیدگی خشک، روش حداقل-حداکثر کم برآوردی و روش حداقل-حداکثر بیش برآوردی نشان داد (۰/۳۵، ۰/۴۲۴-) (شکل ۱ و ۲).

تحلیل کل دوره رشد

در این وضعیت فارغ از مرحله فنولوژی، مقادیر درجه-روز تعدیل شده به صورت روزانه و در کل دوره رشد مورد تحلیل قرار گرفت (جدول ۶). در این وضعیت هدف ارائه مدلی برای کل دوره رشد بود تا به این ترتیب برآورد گردد که به ازای هر روز از فصل رشد، چه مقدار درجه روز رشد در دو اقلیم حاصل شده است. بر اساس نتایج بدست آمده (جدول ۶) در ایستگاه پارس آباد مشاهده گردید که در کل دوره رشد و همه تیمارهای دمایی روش میانگین ضریب تبیین بالایی داشت (به ترتیب تیمارهای دمایی :۰/۹۳۱، ۰/۹۳۹، ۰/۹۳۲ و ۰/۹۲۱). در ایستگاه داراب نیز به استثنای تیمار دمایی صفر درجه که هر دو مدل ضریب تبیین برابر (۰/۷۹۷) و تیمار دمایی صفر و ۲۵ درجه سانتیگراد که روش حداقل-حداکثر ضریب تبیین بهتری داشت (۰/۷۳۱)، روش میانگین دارای ضریب همبستگی بالاتری بوده است (۰/۷۹۹ و ۰/۸۰۳ به ترتیب برای تیمارهای دمایی صفر،۲۶؛ صفر،۳۰).

مقادیر RMSE (جدول ۷) مربوط به دو ایستگاه نیز نشان داد که در ایستگاه پارس آباد در همه تیمارهای دمایی، روش میانگین کمترین مقدار را داشت (به ترتیب تیمارهای دمایی : روش میانگین ۱/۳۶۳، ۱/۴۲۳، ۱/۴۱۲، ۱/۳۷ و روش حداقل-حداکثر ۱/۴۴۵، ۱/۴۴۷، ۱/۴۴۹، ۱/۴۴۶). در ایستگاه داراب به استثنای آستانه دمایی صفر درجه که روش میانگین کمترین RMSE را داشت، در سایر تیمارهای دمایی روش حداقل-حداکثر مقادیر کمتری دارد (به ترتیب ۱/۲۴۲، ۱/۲۳۱، ۱/۱۵). در نتیجه در ایستگاهی با اقلیم معتدل (پارس آباد) روش میانگین و در اقلیم خشک (داراب) روش حداقل-حداکثر دقت بالاتری داشتند.

از لحاظ بیش برآوردی یا کم برآوردی درجه-روز رشد نیز تغییرات جالبی مشاهده شد. در ایستگاه پارس آباد مقدار قدر مطلق RES در آستانه های دمایی صفر درجه و صفر، ۳۰ درجه سانتیگراد؛ روش میانگین و در دو آستانه دیگر روش حداقل- حداکثر مقدار کمتری نشان داد اما در ایستگاه داراب روش میانگین صرفاً در آستانه دمایی صفر درجه کمترین مقدار قدر مطلق RES و در سایر آستانه ها روش حداقل-حداکثر کمترین مقدار قدر مطلق RES را داشت. نتایج نشان دادند که با افزایش دامنه شبانه روزی دما و زیادتر شدن اختلاف بین دمای آستانه انتخاب شده و دمای حداکثر، روش حداقل-حداکثر بر روش میانگین برتری داشته و ارجح می باشد و این ارجحیت در اقلیم های خشک گرم بیشتر دیده شد.

بحث

با توجه به اینکه تخمین صحیح و دقیق درجه-روز رشد باعث برنامه ریزی دقیق در امور مربوط به هواشناسی زیستی می گردد، استفاده از داده های ساعتی دما باعث محاسبه دقیق تر این شاخص خواهد شد. با توجه به نتایج بدست آمده در این تحقیق، مشاهده گردید که روش های رایج محاسبه درجه-روز رشد که مبتنی بر استفاده از داده های روزانه دما می باشند با آنچه که در واقعیت وجود دارد اختلاف دارند. این اختلاف در کل مراحل فنولوژی (رویشی و زایشی) و کل دوره رشد مشاهده گردید. نتایج بیان می کنند که اقلیم تأثیر مهمی در محاسبه درجه-روز رشد در هر روز خواهد داشت به طوری که در اقلیم های گرم و خشک به ازای هر روز در طول فصل رشد، مقدار بیشتری درجه-روز رشد نسبت به اقلیم های معتدل تامین خواهد گردید به عبارت دیگر، این امر بیانگر رسیدگی زودتر محصول گندم در اقلیم های گرم و خشک نسبت به اقلیم های سرد و معتدل می باشد. روش محاسبه درجه-روز رشد پایه نیز بر این امر تأثیر بسزایی داشت. استفاده از مدل مبتنی بر داده های ساعتی دما نشان داد که روش های رایج مبتنی بر داده های روزانه بسته به مرحله فنولوژی مقادیر نیاز حرارتی را بیشتر یا کمتر برآورد کرده اند، طوری که در مناطقی با دماهای حداکثر بالاتر از آستانه تعریف شده، استفاده از روش حداقل-حداکثر نسبت به روش میانگین ارجح تر تشخیص داده شد. نتیجه نهایی بیانگر این موضوع است که اگر در مراحل ابتدایی رشد گندم (مراحل رویشی) که دامنه شبانه روزی دما کمتر می باشد از روش میانگین و در مراحل میانی و انتهایی (مراحل زایشی) که دامنه شبانه روزی

دما بالا می باشد از روش حداقل –حداکثر استفاده گردد، نتایج دقیق تر جهت محاسبه درجه-روز رشد گندم بدست خواهد آمد که با نتایج به دست آمده توسط محققان دیگر مطابقت دارد(Mc Master & Wilhelm,1997) مطابقت نشان می دهد. با توجه به نتایج گرفته شده ملاحظه گردید مقادیر درجه-روز رشد حاصل از داده های با مقیاس ساعتی، کمتر از مقادیر حاصل شده از داده های روزانه بوده که به معنی دخیل ننمودن روند ساعتی دما در محاسبه درجه-روز رشد می باشد. به دلیل محدودیت در ثبت داده های ساعتی دما که صرفاً در تعداد محدودی از ایستگاه های هواشناسی (سینوپتیک) انجام می شود، پیشنهاد می گردد داده های ساعتی دما ثبت گردد یا از مدل های دقیق تری برای استخراج داده های ساعتی دما بر اساس داده های روزانه استفاده گردد. در عین حال با توجه به اقلیم های موجود، استفاده از آستانه های دمایی مختلف نتایج متفاوتی در پی خواهد داشت. بدین جهت پیشنهاد می گردد در استفاده از آستانه های دمایی نیز توجه خاصی صورت گیرد.

نحوه محاسبه درجه-روز رشد نیز نشان داد تفاوت زیادی در مراحل فنولوژی مختلف بدست خواهد آمد. لذا پیشنهاد می گردد بسته به فصل رشد، آستانه های دمایی و نوع روش یا مدل محاسبه درجه-روز رشد پایه در مراحل زایشی و رویشی از روش های مختلفی برای تخمین درجه-روز رشد استفاده گردد (Mc Master & Wil-helm,1997). با توجه به اینکه در مراحل فنولوژی مختلف دمای پایه و آستانه بالایی فرق می کنند (Porter & Gawith,1999)، پیشنهاد می گردد بررسی نیاز حرارتی با دماهای پایه و آستانه مختص هر مرحله فنولوژی صورت گرفته و با مقیاس های زمانی کوتاه تر ترکیب گردد که در این حالت نیاز حرارتی به طور واقعی تری تخمین زده خواهد شد.

تشکر و قدردانی

بدینوسیله از همکاری سازمان هواشناسی کشور به علت در اختیار گذاشتن داده های هواشناسی و فنولوژی تشکر و قدردانی می شود.

مشخصات ایستگاه	داراب	پارس آباد
طول جغرافیایی	۵۴ درجه و ۱۷ دقیقه شرقی	۴۶ درجه و ۴۷ دقیقه شرقی
عرض جغرافیایی	۲۸ درجه و ۴۷ دقیقه شمالی	۳۹ درجه و ۳۹ دقیقه شمالی
ارتفاع از سطح دریا(متر)	۱۰۹۸/۲	۳۲
نرمال دمای سالانه (C^o)	۲۴	۱۵/۱
نرمال بارندگی سالانه(mm)	۲۹۲/۷	۲۷۱/۲
گرمترین ماه(C^o)	جولای ۳۶/۱	جولای ۲۷/۲
سردترین ماه(C^o)	ژانویه ۱۰/۹	ژانویه ۳/۸
دامنه تغییرات سالانه دما(C^o)	۱۵/۳	۱۰/۹
پر بارانترین ماه(mm)	ژانویه ۹۲/۳	اکتبر ۳۶/۵
کم بارانترین ماه(mm)	می ۰/۳	جولای ۶/۸
جمع درجه روزهای سرمایشی با آستانه ۲۵ درجه (C^o)	۱۵۹۳/۶	۵۵۳/۸
جمع درجه روزهای گرمایشی با آستانه۱۸ درجه(C^o)	۷۰۹/۷	۲۰۲۲/۵
میانگین رطوبت نسبی(٪)	۳۲	۷۲
متوسط ساعات آفتابی(ساعت)	۳۴۸۹/۸	۲۲۲۱/۳
اقلیم (دمارتن-گسترش یافته خلیلی)	خشک گرم A۴m۱.۲	نیمه خشک معتدل A۲m۳

جدول ۲- تاریخ شروع مراحل فنولوژی پارس آباد مغان

سال زراعی	کاشت	سبز شدن	پنجه زنی	ساقه دهی	خوشه دهی	گلدهی	رسیدگی شیری	رسیدگی خشک	رسیدگی کامل
۶۶-۶۷	۷ آذر	۲۷ آذر	۱ اسفند	۱۰ فروردین	۱۲ اردیبشت	۲۰ اردیبشت	۲۸ خرداد	۹ خرداد	۲۸ خرداد
۶۷-۶۸	۹ آذر	۶ آبان	۲۹ اسفند	۸ فروردین	۸ اردیبشت	۱۸ اردیبشت	۲۶ خرداد	۶ خرداد	۲۶ خرداد
۶۸-۶۹	۲۹ آذر	۱۰ بهمن	۱۹ اسفند	۸ فروردین	۱۶ اردیبشت	۲۴ اردیبشت	۵ خرداد	۱۴ خرداد	۵ تیر
۶۹-۷۰	۸ آذر	۳۰ دی	۲۹ اسفند	۱۷ فروردین	۱۶ اردیبشت	۲۲ اردیبشت	۱ خرداد	۲۴ خرداد	۳ تیر
۷۰-۷۱	۷ آذر	۴ بهمن	۴ فروردین	۲۱ فروردین	۱۴ اردیبشت	۲۴ اردیبشت	۱۲ خرداد	۲۴ خرداد	۱ تیر
۷۷-۷۸	۳۰ آبان	۱۵ آذر	۱۳ بهمن	۱۵ اسفند	۲۹ اردیبشت	۱۰ اردیبشت	۲۲ اردیبهشت	۳۰ اردیبهشت	۱۲ خرداد
۷۸-۷۹	۲۵ آبان	۱ آذر	۱۰ بهمن	۲۹ اسفند	۲۱ فروردین	۴ اردیبشت	۱۲ اردیبهشت	۲۶ اردیبهشت	۱۴ خرداد
۷۹-۸۰	۱۲ آذر	۲۱ آذر	۱۶ دی	۱۷ اسفند	۲۵ فروردین	۲ اردیبشت	۱۲ اردیبهشت	۲۰ اردیبهشت	۱۶ خرداد
۸۰-۸۱	۲۲ آبان	۱۱ آذر	۲۹ بهمن	۱۵ اسفند	۲۹ فروردین	۳۱ اردیبشت	۱ خرداد	۱۲ خرداد	۲۸ خرداد
۸۱-۸۲	۲۶ آبان	۲۸ بهمن	۲۹ اسفند	۱۵ فروردین	۱ خرداد	۵ خرداد	۱۴ خرداد	۲۰ خرداد	۹ تیر
۸۲-۸۳	۷ آذر	۲۴ آذر	۶ بهمن	۲۷ بهمن	۷ فروردین	۲۱ اردیبشت	۲۹ اردیبهشت	۳ خرداد	۱۷ خرداد
۸۳-۸۴	۲۹ آبان	۲۴ آذر	۵ اسفند	۲۱ اسفند	۱۳ اردیبشت	۲۴ اردیبشت	۳۱ اردیبهشت	۵ خرداد	۱۹ خرداد
۸۴-۸۵	۵ آذر	۲۴ آذر	۱۹ بهمن	۷ اسفند	۳ اردیبشت	۲۶ اردیبشت	۱ خرداد	۷ خرداد	۲۰ خرداد
۸۵-۸۶	۲۶ آبان	۹ آذر	۱۵ بهمن	۱۹ اسفند	۲۰ اردیبشت	۲۶ اردیبشت	۷ خرداد	۱۸ خرداد	۲۶ خرداد

جدول ۳- تاریخ شروع مراحل فنولوژی داراب فارس

سال زراعی	کاشت	سبز شدن	پنجه دهی	ساقه دهی	خوشه دهی	گلدهی	رسیدگی شیری	رسیدگی خشک	رسیدگی کامل
۷۷-۷۸	۲۱ آذر	۳ دی	۲۲ دی	۱۵ بهمن	۲ فروردین	۱۵ فروردین	۲۸ فروردین	۱۲ اردیبهشت	۱۹ اردیبهشت
۷۹-۷۸	۲۸دی	۵ بهمن	۱۳ اسفند	۲۶ اسفند	۱۷ فروردین	۲۹ فروردین	۲ اردیبهشت	۱۴ اردیبهشت	۲۷ اردیبهشت
۸۰-۷۹	۲۱ آذر	۷ دی	۲۹ بهمن	۱۹ اسفند	۱۳ فروردین	۲۴ فروردین	۱۰ اردیبهشت	۱۶ اردیبهشت	۲۵ اردیبهشت
۸۲-۸۱	۶ دی	۲۶ دی	۳۰ بهمن	۱۷ اسفند	۱۳ فروردین	۲۴ فروردین	۲۹ فروردین	۱۴ اردیبهشت	۲۷ اردیبهشت
۸۳-۸۲	۱۱ آذر	۱۹ آذر	۱۰ دی	۲۵ دی	۱۹ اسفند	۲۴ اسفند	۲۲ فروردین	۸ اردیبهشت	۱۲ اردیبهشت
۸۴-۸۳	۱۹ آذر	۲۹ آذر	۲۴ دی	۱۳ بهمن	۵ فروردین	۱۶ فروردین	۲۵ فروردین	۱۰ اردیبهشت	۲۴ اردیبهشت
۸۵-۸۴	۲۸ آذر	۲۸ آذر	۱۹ دی	۱۹ بهمن	۱۱ اسفند	۹ فروردین	۲۳ فروردین	۱۰ اردیبهشت	۲۷ اردیبهشت
۸۶-۸۵	۱۸ آذر	۲۷ آذر	۳۰ دی	۳۰ دی	۱۳ فروردین	۲۳ فروردین	۱۰ اردیبهشت	۲۰ اردیبهشت	۲ خرداد

جدول ۴- ضرائب تبدیل درجه- روزهای رشد رایج روزانه به درجه-روزهای رشد تعدیل شده از داده‌های ساعتی در مراحل فنولوژی گندم (پارس آباد مغان)

دماهای آستانه و پایه (C°)		صفر، بدون آستانه		صفر و ۲۵		صفر و ۲۶		صفر و ۳۰	
روشها									
مراحل فنولوژی	ضرایب	max-min	mean	max-min	mean	max-min	mean	max-min	mean
	A	۷/۷۱۸	-۵/۲۳	۷/۷۹۸	-۵/۲۴۵	۷/۷۷۱	-۵/۲۳۶	۷/۷۱۸	-۵/۲۳۶
	B	۰/۸۱۷	۰/۹۶۳	۰/۸۱۷	۰/۹۶۳	۰/۸۱۷	۰/۹۶۳	۰/۸۱۷	۰/۹۶۳
سبز شدن	R^2	۰/۹۸۹	۰/۹۹۳	۰/۹۸۹	۰/۹۹۳	۰/۹۸۹	۰/۹۹۳	۰/۹۸۹	۰/۹۹۳
	A	۱۲/۰۵	۱۲/۰۷	۱۲	۱۲/۰۷	۱۲/۰۵	۱۲/۰۷	۱۲/۰۵	۱۲/۰۷
	B	۰/۷۷۷	۰/۸۶۸	۰/۷۷۸	۰/۸۶۸	۰/۷۷۷	۰/۸۶۸	۰/۷۷۷	۰/۸۶۸
پنجه زنی	R^2	۰/۹۵۷	۰/۹۷	۰/۹۵۷	۰/۹۷	۰/۹۵۷	۰/۹۷	۰/۹۵۷	۰/۹۷
	A	۹/۸۳۸	۲/۷۸۱	۱۰/۰۲	۲/۷۳۵	۹/۹۱۷	۲/۷۷۲	۹/۸۳۸	۲/۷۸۱
	B	۰/۸۴۲	۰/۹۱۱	۰/۸۴۱	۰/۹۱۲	۰/۸۴۲	۰/۹۱۱	۰/۸۴۲	۰/۹۱۱
ساقه دهی	R^2	۰/۹۹۵	۰/۹۹۷	۰/۹۹۵	۰/۹۹۷	۰/۹۹۵	۰/۹۹۷	۰/۹۹۵	۰/۹۹۷
	A	-۲/۹۴۳	-۵/۷۰۷	-۴/۴۵۴	-۵/۱۱۵	-۴/۳۹۳	-۴/۴۵۱	-۳/۰۴۴	-۵/۶۹۹
	B	۰/۹۶۲	۰/۹۶۹	۰/۹۷۱	۰/۹۶۶	۰/۹۶۸	۰/۹۶۷	۰/۹۶۲	۰/۹۶۹
خوشه دهی	R^2	۰/۹۹۷	۰/۹۹۷	۰/۹۹۶	۰/۹۹۷	۰/۹۹۶	۰/۹۹۷	۰/۹۹۷	۰/۹۹۷
	A	۰/۳۶۴	۰/۳۶۴	۰/۸۲۷	۰/۲۵۲	۰/۶۰۶	۰/۲۶۶	۰/۳۸۳	۰/۳۶۱
	B	۰/۹۶۷	۰/۹۶۷	۰/۹۷۶	۰/۹۶۴	۰/۹۷۳	۰/۹۶۵	۰/۹۶۷	۰/۹۶۷
گلدهی	R^2	۰/۹۹۹	۰/۹۹۹	۰/۹۹۹	۰/۹۹۹	۰/۹۹۹	۰/۹۹۹	۰/۹۹۹	۰/۹۹۹
	A	-۰/۲۰۲	-۰/۲۰۲	۲/۶۸۵	-۰/۳۴۳	۱/۴۴۳	۰/۰۵۱	-۰/۶۳۴	-۰/۰۷
	B	۰/۹۶۸	۰/۹۶۸	۰/۹۸	۰/۹۵۹	۰/۹۷۹	۰/۹۶	۰/۹۷۳	۰/۹۶۷
رسیدگی شیری	R^2	۰/۹۹۹	۰/۹۹۹	۰/۹۹۷	۰/۹۹۸	۰/۹۹۸	۰/۹۹۸	۰/۹۹۹	۰/۹۹۹
	A	۱۱/۷	۱۱/۷	۱۰/۸۴	۱۰/۷۱	۱۱/۳۶	۱۰/۸	۱۲/۵۱	۱۱/۵
	B	۰/۹۳۷	۰/۹۳۷	۰/۹۸۷	۰/۹۱۷	۰/۹۷۶	۰/۹۲۴	۰/۹۴۳	۰/۹۳۶
رسیدگی خشک	R^2	۰/۹۸۹	۰/۹۸۹	۰/۹۸۷	۰/۹۹	۰/۹۸۷	۰/۹۸۹	۰/۹۸۹	۰/۹۸۹
	A	-۵/۵۴۳	-۵/۵۴۳	۱۴/۲	-۱۰/۳۵	-۹/۰۱۴	۲/۵۷۳	-۲/۹۷۷	-۴/۵۱۲
	B	۱/۰۰۱	۱/۰۰۱	۱/۰۴۲	۰/۹۷	۰/۹۷۲	۱/۰۳۴	۱/۰۱۸	۰/۹۸۸
رسیدگی کامل	R^2	۰/۹۹۷	۰/۹۹۷	۰/۹۹۴	۰/۹۹۶	۰/۹۹۶	۰/۹۹۶	۰/۹۹۴	۰/۹۹۷
	A	-۱۶۷/۸	-۱۳۲/۶	-۱۶۷/۸	-۱۳۲/۶	-۱۷۱/۹	-۱۲۲/۸	-۱۴۷/۷	-۱۴۲/۸
	B	۱/۰۳۲	۱/۰۰۸	۱/۰۳۲	۱/۰۰۸	۱/۰۳	۱/۰۰۶	۱/۰۰۸	۱/۰۳۲
کل دوره رشد	R^2	۰/۸۸۲	۰/۹۲۹	۰/۸۸۲	۰/۹۲۹	۰/۸۸۶	۰/۹۲۱	۰/۹۸۲	۰/۹۱

جدول ۵- ضرائب تبدیل درجه-روزهای رشد رایج روزانه به درجه-روزهای رشد تعدیل شده از داده‌های ساعتی در مراحل فنولوژی گندم (ایستگاه داراب)

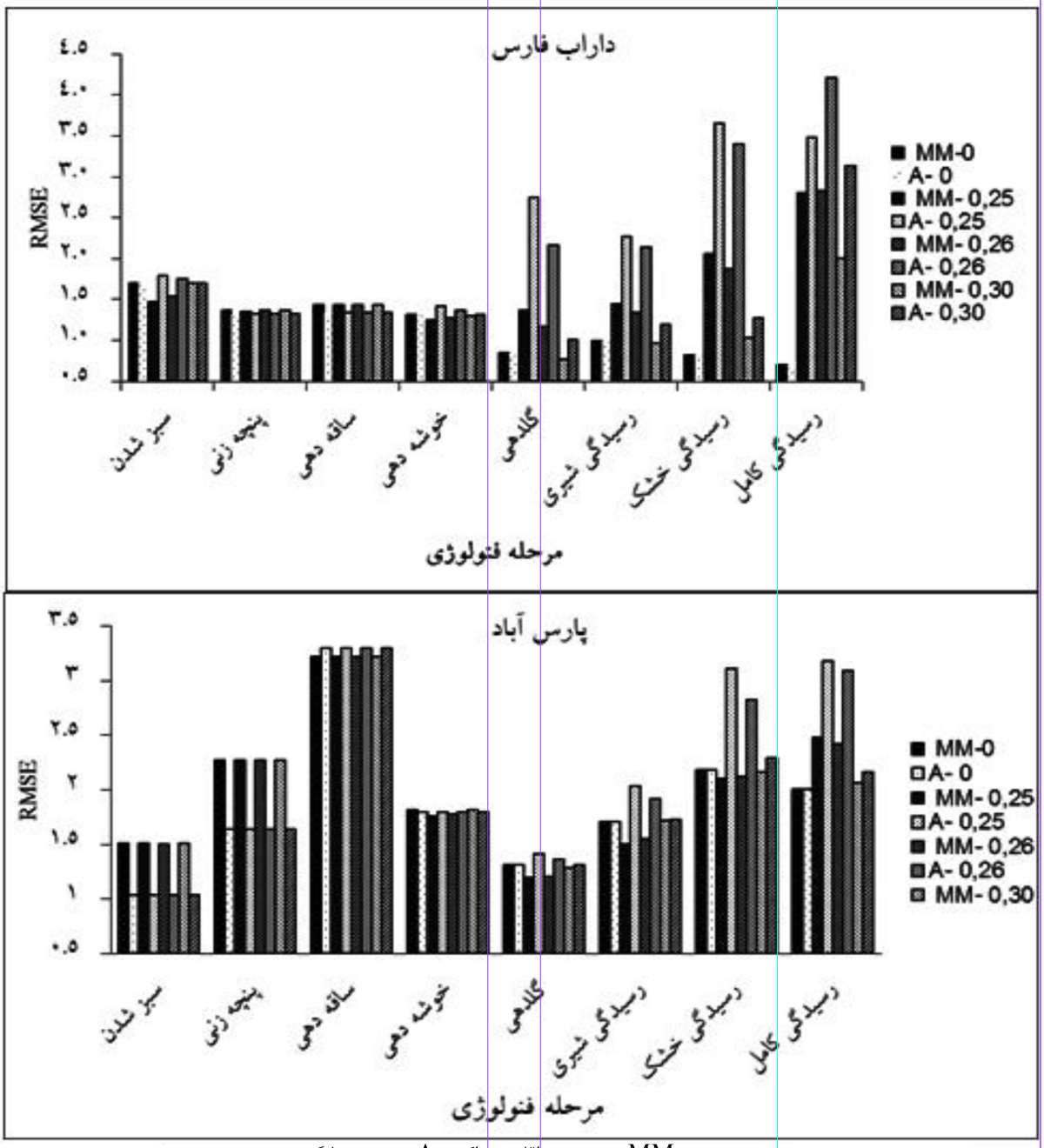
مراحل فنولوژی	ضرایب	دماهای آستانه و پایه (C°) / روشها	صفر، بدون آستانه		صفر و ۲۵		صفر و ۲۶		صفر و ۳۰	
			max-min	mean	max-min	mean	max-min	mean	max-min	mean
سبز شدن	A		۵/۱۵۹	۴/۱۸۲	۴/۱۸۲	۵/۵۱۲	۴/۴۴۷	۵/۳۴۹	۵/۱۵۹	۵/۱۵۹
	B		۰/۸۷۱	۰/۸۸۴	۰/۸۸۴	۰/۸۶۷	۰/۸۸	۰/۸۶۹	۰/۸۷۱	۰/۸۷۱
	R^2		۰/۹۹۹	۰/۹۹۹	۰/۹۹۷	۰/۹۹۸	۰/۹۹۸	۰/۹۹۹	۰/۹۹۹	۰/۹۹۹
پنجه زنی	A		-۱۴/۸۲	-۱۳/۹۷	-۱۴/۷۱	-۱۳/۹۹	-۱۴/۸۲	-۱۳/۹۷	-۱۴/۸۲	-۱۳/۹۷
	B		۰/۹۷۲	۰/۹۷۱	۰/۹۷۲	۰/۹۷۱	۰/۹۷۲	۰/۹۷۱	۰/۹۷۲	۰/۹۷۱
	R^2		۰/۹۹۹	۰/۹۹۹	۰/۹۹۹	۰/۹۹۹	۰/۹۹۹	۰/۹۹۹	۰/۹۹۹	۰/۹۹۹
ساقه دهی	A		۳/۹۶۱	۲/۷۷۹	۳/۹۶۱	۲/۷۷۹	۳/۹۶۱	۲/۷۷۹	۳/۹۶۱	۲/۷۷۹
	B		۰/۹۱۶	۰/۹۲۳	۰/۹۱۶	۰/۹۲۳	۰/۹۱۶	۰/۹۲۳	۰/۹۱۶	۰/۹۲۳
	R^2		۰/۹۹۷	۰/۹۹۸	۰/۹۹۷	۰/۹۹۸	۰/۹۹۷	۰/۹۹۸	۰/۹۹۷	۰/۹۹۸
خوشه دهی	A		۳۹۹۸۲	۱۷/۸۴	۲۸/۶۹	۳۹۸۵۷	۲۴/۶۲	۴۰۰۴۰	۲۳/۹۳	۲۳/۶۲
	B		۰/۹۱۸	۰/۹۱۹	۰/۹۰۹	۰/۹۲۴	۰/۹۱۲	۰/۹۲۲	۰/۹۱۲	۰/۹۱۲
	R^2		۰/۹۹۸	۰/۹۹۸	۰/۹۹۵	۰/۹۹۸	۰/۹۹۶	۰/۹۹۸	۰/۹۹۴	۰/۹۹۴
گلدهی	A		-۱/۴۹۳	-۱/۴۹۳	۲۸۰۶۵	-۴/۸	۲۵۱۷۳	-۳/۲۱۹	-۰/۲۰۷	-۰/۹۰۱
	B		۰/۹۷۵	۰/۹۷۵	۰/۹۶۷	۰/۹۵۲	۰/۹۶۲	۰/۹۵۴	۰/۹۸۴	۰/۹۶۸
	R^2		۰/۹۹۷	۰/۹۹۷	۰/۹۸۵	۰/۹۹۳	۰/۹۸	۰/۹۹۵	۰/۹۹۱	۰/۹۹۸
رسیدگی شیری	A		۰/۷۴۱	۰/۷۴۱	۴/۰۰۴	-۱/۲۵۳	۴/۳۵۸	-۱/۰۱	۲/۱۰۵	۰/۳۶
	B		۰/۹۶۵	۰/۹۶۵	۱/۰۰۱	۰/۹۴۵	۰/۹۸۹	۰/۹۴۹	۰/۹۷۲	۰/۹۶۲
	R^2		۰/۹۹۹	۰/۹۹۹	۰/۹۹۴	۰/۹۹۸	۰/۹۹۴	۰/۹۹۸	۰/۹۹۷	۰/۹۹۹
رسیدگی کامل	A		۰/۷۴۶	۰/۷۴۶	۵/۸۵۲	-۰/۹۹۵	۸/۱۱۴	-۷/۷۳۲	۱۸۹۳۳	۶/۸۸۶
	B		۰/۹۷۵	۰/۹۷۵	۱/۰۲۹	۰/۹۲۷	۱/۰۱۳	۰/۹۶۴	۰/۹۷	۰/۹۸۵
	R^2		۰/۹۹۸	۰/۹۹۸	۰/۹۹۵	۰/۹۹۸	۰/۹۹۳	۰/۹۹۸	۰/۹۹۵	۰/۹۹۹
رسیدگی خشک	A		-۰/۹۳۵	-۰/۹۳۵	-۰/۵۴۴	-۴/۱۵۶	-۱/۰۱۶	۰/۳۸۷	-۴/۰۳۸	۹/۸۹۲
	B		۰/۹۸۹	۰/۹۸۹	۱/۰۷۳	۰/۹۴۱	۱/۰۷۳	۰/۹۲۲	۱/۰۵۹	۰/۹۱۵
	R^2		۰/۹۹۹	۰/۹۹۹	۰/۹۹۹	۰/۹۹۸	۰/۹۹۹	۰/۹۹۹	۰/۹۹۵	۰/۹۹۹
کل دوره رشد	A		۱۷۷/۸	۱۶۴/۶	۳۱۹	-۱۶/۲۳	۳۳۱/۶	-۱۶/۵۶	۳۳۲/۳	۱۶۴/۳
	B		۰/۸۸	۰/۸۸۶	۰/۸۴۲	۰/۹۳۹	۰/۸۳۵	۰/۹۴۱	۰/۸۲۶	۰/۸۷۸
	R^2		۰/۹۹	۰/۹۹	۰/۹۹	۰/۹۹۴	۰/۹۸۳	۰/۹۹۴	۰/۹۷۱	۰/۹۹۳

جدول ۶- ضرائب تبدیل درجه-روزهای رشد رایج روزانه به درجه-روزهای رشد تعدیل شده از داده‌های ساعتی در کل دوره رشد

دماهای پایه و آستانه(C°)	روش	پارس آباد			داراب		
		ضرایب رگرسیونی			ضرایب رگرسیونی		
		A	B	R^2	A	B	R^2
صفر، بدون آستانه	max-min	-۰/۶۲۳	۰/۹۹۱	۰/۹۲۲	۰/۶۲۸	۰/۹۶۳	۰/۷۹۷
	Mean	۰/۱۵	۰/۹۴۲	۰/۹۳۱	۰/۶۳۳	۰/۹۶۳	۰/۷۹۷
صفر، ۲۵	max-min	-۱/۰۶۲	۱/۰۵۵	۰/۹۰	۱/۴۱۵	۰/۹۳۶	۰/۷۳۱
	Mean	-۰/۰۵	۰/۹۵	۰/۹۳۹	۲/۰۹۵	۰/۸۲۸	۰/۶۸۷
صفر، ۲۶	max-min	-۱/۱۸۶	۱/۰۶۳	۰/۹۰۴	۱/۳۲۸	۰/۹۴۱	۰/۷۳۳
	Mean	۰/۰۱۲	۰/۹۴۶	۰/۹۳۲	۰/۸۹۴	۰/۹۱۳	۰/۷۹۹
صفر، ۳۰	max-min	-۱/۳۲۴	۱/۰۶۴	۰/۹۱۳	۰/۹۳۸	۰/۹۵۶	۰/۷۵۵
	Mean	-۰/۰۵	۰/۹۶	۰/۹۲۱	۰/۷۶۹	۰/۹۴	۰/۸۰۳

جدول ۷- مقادیر RMSE و RES در ایستگاه‌های مورد مطالعه در کل دوره رشد (متوسط روزانه)

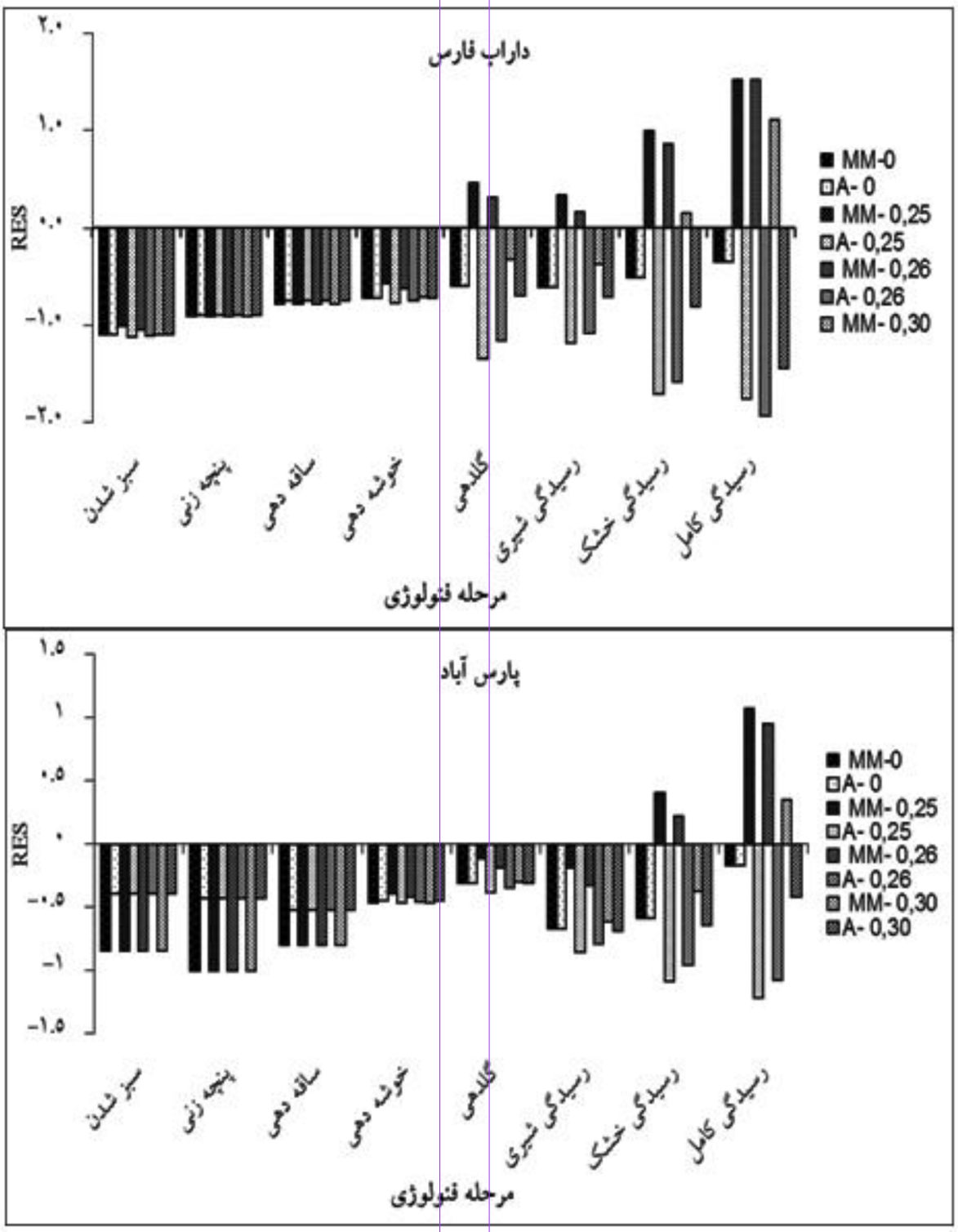
روش	دماهای پایه و آستانه (°C)							
	صفر و بدون آستانه		صفر و ۲۵		صفر و ۲۶		صفر و ۳۰	
پارامتر و ایستگاه	max-min	mean	max-min	mean	max-min	mean	max-min	Mean
پارس آباد RMSE	۱/۴۴۵	۱/۳۶۳	۱/۴۴۷	۱/۴۲۳	۱/۴۴۹	۱/۴۱۲	۱/۴۴۶	۱/۳۷
داراب RMSE	۱/۰۹۷	۱/۰۸۸	۱/۲۴۲	۱/۴۰۹	۱/۲۳۱	۱/۳۹۶	۱/۱۵	۱/۲۰۹
پارس آباد RES	-۰/۶۹۸	-۰/۴۳۴	-۰/۴۹۲	-۰/۵۶۶	-۰/۵۲۹	-۰/۵۴	-۰/۶۴	-۰/۴۶
داراب RES	-۰/۷۲۵	-۰/۷۱۷	-۰/۲۰۹	-۱/۰۷۴	-۰/۲۶۹	-۱/۰۴۷	-۰/۴۹۴	-۰/۸۵۳



MM ، روش حداقل-حداکثر؛ A ، روش میانگین

شکل۱- RMSE مدلهای مختلف درجه - روز با آستانه های مختلف

در مقایسه با مقادیر بدست آمده از داده های ساعتی در مراحل فنولوژی گندم



MM ، روش حداقل – حداکثر؛ A ، روش میانگین

شکل ۳- مجموع باقیمانده مدلهای مختلف درجه - روز با آستانه های دمایی مختلف

در مقایسه با درجه – روز رشد بدست آمده از داده های ساعتی در مراحل فنولوژی گندم

منابع و مورد استفاده

۱. ابراهیمی، ا. (۱۳۸۵). بررسی تطبیقی چند مدل رژیم شبانه روزی ساعتی دما و جستجوی مدل جدید. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه تهران.

۲. خاکیان دهکردی، غ؛ کمالی، غ؛ حجام، س، ابراهیمی، ع (۱۳۹۰). تعیین تاریخ کاشت گیاه کلزا با استفاده از شاخص درجه- روز- رشد جهت مقابله با سرمای زمستان در استان چهارمحال و بختیاری، اولین کنفرانس ملی هواشناسی و مدیریت آب کشاورزی.۱و۲ آذر ،کرج

۳. رحیمی، ا؛ جهانسوز، م، رحیمیان مشهدی، ح؛ پوریوسف، م؛ روستا، ح (۱۳۸۸). تأثیر خشکی و تراکم بوته بر عملکرد و مراحل نمو دو گونه دارویی اسفرزه و پسیلیوم با استفاده از درجه روز رشد، مجله الکترونیک تولید گیاهان زراعی، جلد دوم، شماره اول، ۷۴-۵۷.

۴. زارع کیا، ص؛ احسانی، ع؛ زارع، ن؛ میرحاجی، ت (۱۳۹۰). مطالعه فنولوژی گونه های Astragalus chaborasicus، Poa sinaica، Stipa hohenackeriana از طریق محاسبه درجه روز رشد (GDD) در منطقه خشکه رود ساوه، تحقیقات مرتع و بیابان ایران، جلد ۱۸، شماره ۳، صص ۴۸۵-۴۷۴

۵. زمانیان، م (۱۳۸۴)، تعیین نیاز حرارتی (GDD) مراحل رشدونمو علوفه و بذر شبدر برسیم، نهال و بذر، جلد ۲۱، شماره ۱.

۶. سادات عظیمی، م؛ بخشنده سواد رودباری، م؛ سندگل، ع؛ اکبرزاده، م؛ قصریانی، ف؛ جعفری، ف (۱۳۹۱). مطالعه تاثیر درجه روز رشد و رطوبت خاک بر فنولوژی گونه Stipa he-henackeriana در مراتع خشک و نیمه خشک، فصلنامه علمی پژوهشی تحقیقات مرتع و بیابان ایران، جلد ۱۹، شماره ۲، ۳۳۲-۳۲۱.

۷. سبزی پرور، ع ،ترکمان، م؛ مریانجی، ز (۱۳۹۱). بررسی تاثیر شاخص ها و متغیرهای هواشناسی در عملکرد گندم (مطالعه موردی: استان همدان)، آب و خاک، جلد ۲۶، شماره ۶، ۱۵۵۴-۱۵۶۷.

۸. سوقانی، م؛ واعظی، ش؛ صباغ پور، ح؛ نادعلی، ا؛ غفاری، م (۱۳۸۹). تعیین درجه روزهای رشد و رابطه آن با عملکرد و اجزای عملکرد در مراحل مختلف فنولوژیکی ژنوتیپهای لوبیا سفید، اکوفیزیولوژی گیاهان زراعی، دوره ۲، شماره ۴

۹. شهبازی، ع؛ متین خواه، ح؛ یعقوبی دهنوی، م (۱۳۹۰). بررسی ظهورشناسی خانواده Oleaceae در اصفهان با استفاده از روش توصیفی و شاخص درجه-روز رشد، همایش منطقه ای جنگلها و محیط زیست ضامن توسعه پایدار

۱۰. ضیایی اصل، ف (۱۳۸۷). جستجوی مدل آماری مناسب برای پیش بینی فنولوژی و عملکرد گندم پاییزه بر مبنای داده های هواشناسی در چند نمونه اقلیمی ایران، پایان نامه کارشناسی ارشد دانشگاه تهران.

۱۱. فتح زاده، علی؛ زارع بیدکی، رفعت (۱۳۹۱) برآورد توزیع آب معادل برف در زمان اوج انباشت برف با استفاده از مدل درجه-روز، تحقیقات آب و خاک ایران، جلد ۴۳ (۲)، ۱۷۷-۱۷۱.

۱۲. مظفری، غ؛ عزیزیان، م (۱۳۹۰). بررسی طغیان آفت سن گندم بر مبنای ویژگی های دما در استان کردستان (مطالعه موردی، شهرستان بیجار)، پژوهش های جغرافیای طبیعی، شماره ۷۶، صص ۱۳۵-۱۲۱.

۱۳. میرحاجی، ت؛ سندگل، ع؛ قاسمی، م ؛ نوری، س (۱۳۸۹). کاربرد درجه روز رشد (GDD) در تعیین مراحل فنولوژی چهار گونه از گندمیان در ایستگاه تحقیقات مراتع همند آبسرد، فصلنامه علمی-پژوهشی تحقیقات مرتع و بیابان ایران، جلد ۱۷، شماره ۳، صص ۳۷۶-۳۶۲

۱۴. یساری، ط؛ شهسواری، م (۱۳۹۰). پهنه بندی درجه روز رشدهای لازم برای سبز شدن گلرنگ بهاره در استان اصفهان، ششمین همایش ملی ایده های نو در کشاورزی.

15. Allen, J. C. (1976) A modified sine wave method for calculating degree days, *Environmental Entomology, Vul 5*:388-396.

16. Baskerville, G. L.; Emin, P. (1969) Rapid estimation of heat accumulation from maximum and minimum temperatures, *Ecology, Vul 50*: 514-517.

17. Cesaraccio, C., Donatella, S., Pierpaolo D., Snyder R. L. (2001) An improved model for determining degree-day values from daily temperature data , *International Journal of Biometeorology , 45*: 161 – 169.

18. Cross, H. Z. and Zuber, M.S. (1972) Prediction of flowering dates in maize based on different methods of estimating thermal units ,*Agronomy Journal , 64*: 351 – 355.

19. De Gaetano , A. and Knapp , W.W. (1993) Standardization of weekly growing degree day accumulations based on differences in temperature observation and method , *Agriculture and Forest Meteorology, 66* : 1–19.

20. Reicosky, D.C, Winkelman, L.J., Baker, J.M. and Baker, D.G. (1989) Accuracy of hourly air temperatures calculated from daily minima & maxima. *Agricultural & Forest Meteorology, 46*:pp 193 – 209.

21. Roltsch, W. J., Zalom, F. G., Strawn, A. J., Strand, J. F. and Pitcairn, M. J (1999) Evaluation of several degree-day estimation methods in California climates. *International Journal of Biometeorology, 42:* 169-176.

22. Schnorbus, M. and Alila, Y. (2004) Forest harvesting impacts on the peak flow regime in the Columbia Mountains of southeastern British Columbia: An investigation using long-term numerical modeling. *Water Resources Research, 40:* W05205.

23. Snyder, R.L. (1985) Hand calculating degree days. *Agricultural & Forest Meteorology, 35*: 353–358.

24. Undersander, D.J. and Christiansen, S. (1986) Interactions of water variables and growing degree Days on heading phase of winter wheat. *Agricultural and Forest Meteorology, 38:* pp 169-180.

25. Wilkerson, C.G., Jones, J.W., Boote, K.J., Ingram, K.T. and Mishoe, J.W. (1983) Modeling soybean for crop management. *trans. ASAE, 26:* 63-73.

26. Zalom, F.G., Goodell, P.B., Wilson, W.W. and Bentley, W.J. (1983) *Degree– days: the calculation and the use of heat units in pest management.* Leaflet n. 21373. Division of Agriculture and Natural Resources, University of California, Davis.