فصلنامه علمی-پژوهشی تحقیقات مرتع و بیابان ایران
جلد ۲۵، شماره ۱، صفحه ۱۰۱-۸۹ (۱۳۹۷)
شناسه دیجیتال (DOI): 10.22092/ijrdr.2018.116229

تحلیل آماری- دینامیکی میانگین ماهانه شبیه‌سازی شده درجه روز رشد گیاهان توسط مدل EH5OM

کمال امیدوار[1*]، رضا ابراهیمی[2]، فاطمه تقوی‌نیا[3] و نظام تنی[4]

۱*- نویسنده مسئول، استاد، اقلیم‌شناسی، دانشگاه یزد، ایران، پست الکترونیک: komidvar@ yazd.ac.ir

۲- دانشجوی دکترای مخاطرات آب و هواشناسی، دانشگاه یزد، ایران

۳- دانشجوی کارشناسی ارشد آب و هواشناسی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

۴- دانشجوی کارشناسی ارشد آب و هواشناسی، دانشگاه یزد، ایران

تاریخ دریافت: ۹۴/۱۱/۲۸ تاریخ پذیرش: ۹۵/۷/۲۵

چکیده

هدف از این پژوهش واکاوی اثر گرمایش جهانی بر درجه روزهای رشد گیاهان در دهه‌های آینده می‌باشد. برای این امر نخست داده‌های دمای روزانه شبیه‌سازی شده از پایگاه داده EH5OM و تحت سناریو A1B، طی بازه زمانی (۲۰۵۰-۲۰۱۵) از مؤسسه ماکس پلانک آلمان استخراج شد. سپس داده‌های دمای روزانه با تفکیک ۰/۲۷*۰/۲۷ درجه طول و عرض جغرافیایی که حدوداً نقاطی با ابعاد ۳۰*۳۰ کیلومتر مساحت ایران را پوشش می‌دهند توسط مدل اقلیم منطقه‌ای طراحی شده در مرکز فیزیک نظری عبدالسلام (ایتالیا) ریزمقیاس گردید. درنهایت آرایه‌ای به ابعاد ۲۱۴۰*۱۳۱۴۰ بدست آمد که سطرها بیانگر دمای روز و ستون‌ها ایستگاه‌ها (سلول) می‌باشند. برای محاسبه درجه روز رشد آستانه دمایی ۵ درجه انتخاب شد. در نهایت میانگین ماهانه درجه روز رشد گیاهان در ماتریسی به ابعاد ۲۱۴۰*۱۲ در نرم‌افزار MATLAB محاسبه شد. سپس نقشه‌های میانگین ماهانه درجه روز رشد گیاهان در نرم‌افزار سورفر ترسیم گردید. نتایج نشان داد که ماه‌های تیر و مرداد بیشترین میزان میانگین ماهانه رشد گیاهان را به میزان ۱۰۰۰-۱۰۰ درجه روز در بین ماه‌های سال دارند. در ماه‌های تابستان بیشینه درجه روز رشد گیاهان در جلگه خوزستان مشاهده می‌شود. ایران در فصل بهار و تابستان برحسب درجه روز رشد به سه منطقه کوهستانی و کوهپایه‌های داخلی، چاله‌های داخلی و کوهپایه‌های بیرونی و جلگه‌ها و سواحل جنوبی قابل تقسیم است.

واژه‌های کلیدی: سناریو A1B، مدل EH5OM، ریزمقیاس نمایی، ایران.

مقدمه

آثار مثبت گرمایش جهانی هوا در مسائل مربوط به آب و کشاورزی، در مقایسه با آثار منفی آن بسیار ناچیز می‌باشد که ازجمله موارد قابل ذکر این آثار مثبت می‌توان به افزایش دوره کشت در مناطق سردسیر و یا تأثیر مثبت آن در حاصلخیزی خاک و افزایش میزان محصول در مناطقی خاص اشاره کرد. در حال حاضر کشاورزی یکی از مهمترین بخش‌های اقتصادی کشور به‌شمار می‌آید، تا جایی که می‌توان گفت رشد اقتصادی کشور بدون رشد کشاورزی امکان‌پذیر نیست. بخش کشاورزی بیش از ۲۵ درصد تولید خالص داخلی، ۲۵ درصد اشتغال، ۳۵ درصد صادرات غیرنفتی، ۸۰ درصد نیازهای غذایی و ۹۰ درصد از نیازهای

صنایع را تأمین می‌نماید (Shahkooei, 2008). شناخت تغییرات زمانی درجه-روز مورد نیاز گیاهان، به‌عنوان یکی از مؤلفه‌های آب و هوایی تأثیرگذار بر رشد و بازده محصولات، امری ضروریست. بگونه‌ای که با شناخت صحیح از این تغییرات زمانی در بستر گرمایش جهانی، می‌توان زمان مناسب کاشت و برداشت محصول را مشخص و با توجه به تقویم زراعی جدید، حداکثر بازده را به‌دست آورد. به مقدار دمایی که یک گیاه از زمان کاشت تا هریک از مراحل فنولوژیکی و در نهایت رسیدن کامل نیاز دارد، درجه–روز رشد (GDD) اطلاق می‌شود. استفاده از درجه–روز رشد برای تعیین دقیق مراحل مختلف فنولوژیکی گیاه ضروریست (koocheki *et al.*, 1990). رشد و نمو گیاهان تابع درجه حرارت مشخصی است و برای هر گیاه می‌توان یک کمینه و یک بیشینه و یک بهینه درجه حرارت در نظر گرفت. آنچه که مسلم است گیاهان نه در درجه حرارت‌های پایین و نه در گرمای زیاد بهترین رشد و نمو خود را انجام می‌دهند. برای رشد و نمو هر گیاه یا هر درخت یک دامنه حرارتی مناسب وجود دارد که همان درجه حرارت بهینه است.

Adams و همکاران (۲۰۱۱) در مقاله‌ای با عنوان اثر دما بر رشد و توسعه گوجه فرنگی، میوه گوجه فرنگی را تحت شرایط کنترلی در محیطی با دماهای ۱۴،۱۸، ۲۲ و ۲۶ به‌ترتیب رشد دادند. نتایج آنان نشان داد که میوه‌ها بعد از بلوغ به بالا رفتن درجه حرارت حساسیت نشان می‌دهند. Liو همکاران (۲۰۰۹) در تحقیق خود به این نتیجه رسیدند که رشد سویا در دمای حدود ۱۰ درجه سانتیگراد متوقف می‌شود، همچنین آنان اضافه کردند که در دمای کمتر از ۲۰ درجه سانتیگراد، گلدهی به طور ضعیف انجام می‌شود و با بالا رفتن آن تا ۳۲ درجه سانتی‌گراد گلدهی افزایش می‌یابد. Ghahraman و همکاران (۲۰۱۱) توزیع جغرافیایی درجه روز رشد در ایران را مورد مطالعه قرار دادند. درجه روز رشد با استفاده از پارامترهای حرارتی روزانه (حداکثر و حداقل روزانه دمای هوا) محاسبه شد. نتایج نهایی پنج نقشه درجه روز رشد بود (دو نقشه برای شروع و پایان دوره گرم، یکی برای ژانویه، یکی برای فصل سرد و یکی برای آخرین درجه روز رشد). Kauppi و همکاران (۲۰۱۴) در مقاله‌ای با عنوان اثرات گرمایش هوا بر رشد جنگل‌های شمالی در سال ۱۹۶۰ بیان کردند که بین رشد جنگل و درجه روز رشد یک همبستگی مثبت وجود دارد و این افزایش در جنگل‌های شمالی بورال کمتر از ۱,۳۵۰ متر است. Spinoni و همکاران (۲۰۱۵) در مقاله‌ای روند و درجه روز رشد اروپا برای دوره زمانی ۱۹۵۱ تا ۲۰۱۱ را مورد مطالعه قرار دادند. ازجمله تحقیقات داخل کشور می‌توان به موارد زیر اشاره کرد. Ghasemi و Zadkhany (۲۰۰۴) در تحقیقی اثرات بالقوه تغییرات اقلیمی بر بازدهی مراتع حوزه‌های آبریز گلستان را موری واکاوی قراردادند. نتایج بدست آمده نشان داد، افزایش در رشد علوفه مراتع بیشترین تأثیرپذیری را از درجه حرارت نشان می‌دهد، اگرچه در تابستان کل میزان تبخیر و تعرق افزایش می‌یابد. Dastjerdi و Shahsavarie (۲۰۰۵) در مقاله‌ای شرایط محیطی و محاسبه نیازهای حرارتی کشت پسته در دشت برخوار را بررسی کردند. شناخت درجه حرارت‌های لازم و مطلوب در هریک از مراحل فنولوژی و درجه توسعه هر مرحله با توجه به مجموع واحدهای حرارتی کسب شده و نیز آستانه‌های حداقل و حداکثر محدوده طاقت گیاه مسئله‌ای است که باید برای کشت هر گیاه در نظر گرفته شود. Nouhi و همکاران (۲۰۰۸) در مقاله‌ای بررسی و تحلیل تأثیر تنش گرمایی بر محصول گندم در استان‌های جنوبی کشور را واکاوی کردند و به این نتیجه دست یافتند که درجه حرارت یکی از مهمترین عوامل محیطی مؤثر بر رشد و نمو گیاهان است. Noorit و همکاران (۲۰۰۹) در مطالعه‌ای نیازهای حرارتی مراحل نمو آفتابگردان براساس تعداد روز و درجه روز–رشدهای تجمعی و ارتباط این مراحل با رشد رویشی و عملکرد دانه و روغن را در یک طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار در مزرعه تحقیقاتی کبوترآباد اصفهان در سال ۱۳۸۴ مقایسه کردند، نتایج آنان نشان داد بین تعداد روز و درجه روز–رشدهای تجمعی با صفات رشد رویشی و زایشی عمدتا همبستگی مثبت و معنی‌دار وجود دارد. Dastjerdi و همکاران (۲۰۰۹) در مقاله‌ای با عنوان

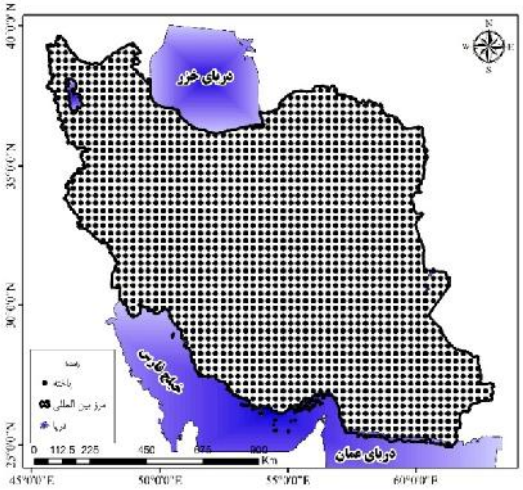
مدل‌سازی مراحل نمو یک رقم گلرنگ بهاره، با استفاده از درجه حرارت و طول روز، به ارزیابی تأثیرپذیری طول مراحل مختلف نمو یک رقم گلرنگ، از تغییرات طول روز و دما و مدل‌سازی سرعت نمو در دوره‌های مختلف نمو پرداختند. Farajzadeh و همکاران (۲۰۱۱) به‌منظور مدل‌سازی آماری و پیش‌بینی عملکرد محصول گندم دیم در استان کردستان، برمبنای شاخص‌های هواشناسی کشاورزی و پارامترهای اقلیمی انجام شده به مطالعه پرداختند. به این منظور مدل رگرسیون خطی داده‌های عملکرد محصول گندم دیم، برای سال‌های ۱۳۷۰ تا ۱۳۸۲ محاسبه شد. Alikhani و همکاران (۲۰۱۱) در مطالعه‌ای به بررسی تأثیر تغییرات زمانی درجه حرارت و بارندگی بر عملکرد محصول گندم آبی در ایران پرداختند. در این مطالعه، تأثیر تغییرات زمانی درجه حرارت و بارندگی بر عملکرد محصول گندم در ایران با استفاده از تکنیک سری زمانی بررسی شد. نتایج نشان داد درجه حرارت اثر منفی بر عملکرد گندم دارد.

Roshan و همکاران (۲۰۱۱) در مقاله‌ای با عنوان دورنمای گرمایش جهانی بر تغییرات درجه روز مورد نیاز گندم بر خوشه‌های آب و هوایی مختلف ایران به این نتایج دست یافتند، با افزایش گرمایش هوا و افزایش مقادیر درجه–روز در ماه‌های پاییز که حتی دیگر فصول سال نیز از آن مستثنی نیستند، به جای آغاز دوره کشت گندم پاییزه از اواسط و اوایل پاییز که این فرایند با کمی تغییرات در بیشتر مناطق کشور دیده می‌شود. Omidvar و همکاران (۲۰۱۶) در پژوهشی به پیش‌بینی نیاز سرمایش استان فارس از طریق مدل ریزمقیاس نمایی RegCM4 پرداختند و به این نتیجه رسیدند که وجود روند مثبت و افزایشی دما در فصل بهار، به‌ویژه در ماه‌های می و ژوئن در بیشتر نقاط استان، گرم شدن هوا را در این فصل نسبت به تابستان درپی دارد.

همان‌گونه که بیان شد شناخت تغییرات مکانی زمانی درجه-روز به‌عنوان یکی از مؤلفه‌های آب و هوایی تأثیرگذار بر رشد و بازده محصولات، امری ضروریست. بگونه‌ای که با شناخت صحیح از این تغییرات (درجه روز) در بستر گرمایش جهانی، می‌توان زمان مناسب کاشت و برداشت محصول را مشخص کرد تا بتوان در دهه‌های آینده محصولات با بازدهی مناسب را به‌عمل آورد. از این‌رو در این مطالعه بر آن شدیم که میانگین ماهانه این فراسنج را طی دهه‌های آینده شبیه‌سازی نماییم.

مواد و روش‌ها

محدوده مورد مطالعه: محدوده مورد مطالعه کشور ایران با مساحت ۱۶۴۸۱۹۵ کیلومترمربع میان ۲۵ تا ۴۰ درجه عرض شمالی و ۴۴ تا ۶۳ درجه طول شرقی واقع شده‌است (شکل ۱).



شکل ۱– محدوده مورد مطالعه با یاخته‌های ۳۰*۳۰ کیلومتر

نخست داده‌های میانگین دمای هوای شبیه‌سازی شده مدل دینامیکی (EH5OM) از مدلهای ترکیبی گردش عمومی هوا (General Circulation Modeling) تحت سناریو A1B در بازه زمانی بین سال‌های (۲۰۵۰-۲۰۱۵) از مؤسسه ماکس پلانک آلمان استخراج شد. به دلیل اینکه تجزیه‌وتحلیل تغییرات آب و هوایی براساس یک مدل دارای نقطه ضعف در مقایسه با رویکرد چند مدلی است (Roeckner *et al.*, 2003). در این پژوهش از داده‌های مدل ترکیبی EH5OM استفاده شد. در مدل EH5OM گام زمانی داده‌ها به‌صورت شش ساعته بوده که دمای روزانه را در بازه زمانی بین سال‌های (۲۰۵۰-۲۰۱۵) در محدوده عرض‌های ایران شبیه‌سازی می‌کند. ابعاد شبکه داده‌های مدل گردش عمومی مورد استفاده ۱/۷۵*۱/۷۵ درجه طول و عرض جغرافیایی می‌باشد.

معرفی مدل EH5OM: بر اساس تحقیقات ریچاردو کیم، مدل‌ترکیبی EH5OM یکی از موفق‌ترین مدل‌های CMIP3 در شبیه‌سازی آب و هوا نسبت به مدل‌های قرن بیستم است. EH5OM یکی از مدل‌های ترکیبی جو اقیانوس می‌باشد (AOGCMs) که ECHAM5 مربوط به مدل اتمسفری و MPI-OM مربوط به مدل اقیانوسی است که در مؤسسه پلانک در دانشگاه هامبورگ تولید شد. ECHAM نسل پنجم از مدل گردش عمومی هوا (GCM) با هسته دینامیکی طیفی تعریف شده‌است (Roeckner *et al.*, 2003). با توجه به اینکه این پژوهش بعد منطقه‌ای (ایران) دارد و مدلهای گردش عمومی هوا کل سیاره زمین را دربر می‌گیرند و قدرت تفکیک پایینی دارند (۲۰۰*۲۰۰ کیلومتر)، از این‌رو قادر به آشکارسازی رفتار اقلیم در مقیاس محلی و منطقه‌ای نیستند. بنابراین داده‌ها در مدل‌های اقلیم منطقه‌ای (Regional Climate Modeling) طراحی شده در مرکز فیزیک نظری عبدالسلام ایتالیا که برای فرایندهای کوچک مقیاس و منطقه‌ای مناسبترند ریزمقیاس می‌شوند (Roshan *et al.*, 2012; Randall., 2007). داده‌های خروجی مدل ریزگردانی شده با ابعاد ۰/۲۷*۰/۲۷ درجه طول و عرض جغرافیایی است که حدوداً نقاطی با ابعاد ۳۰*۳۰ کیلومتر مساحت ایران را پوشش می‌دهند. بعد از شبیه‌سازی، داده‌های میانگین دمای هوا در بازه زمانی ۳۶ ساله (۲۰۵۰ -۲۰۱۵) با ابعاد یاخته‌ای‌ها ۲۱۴۰* ۱۳۱۴۰توسط مدل استخراج شد. در این ماتریس سطرها (۱۳۱۴۰) نشان‌دهنده زمان (ساعت، هر روز، هرسال) و ماتریس ستون‌ها یاخته‌ها (نقاط میان‌یابی شده با ابعاد ۳۰*۳۰ کیلومتر) می‌باشند.

محاسبه درجه روز رشد گیاهان: برای محاسبه درجه روز رشد، تفاضل دمای هر روز نسبت به آستانه دمایی موردنظر به‌دست می‌آید.

ابتدا تفاضل میانگین دمای هر روز از آستانه دمایی محاسبه می‌شود: رابطه (۱)

$$GDD=\frac{T_{max}+T_{min}}{2}-T_{base} \qquad \text{رابطه(۱)}$$

Tmax و Tmin به‌ترتیب حداکثر و حداقل دمای روزانه، GDD مقدار درجه-روز رشد و Tbase آستانه دمایی است. اصولا آستانه دمایی اگر برای انتخاب یک محصول خاص باشد باید طبق آن محصول و نوع آن انتخاب گردد اما در حالت کلی آستانه‌های دمایی ۵/۵ درجه و ۱۰ درجه روز برای رشد گیاهان استفاده می‌شود. این آستانه نیز برحسب مطالعات قبلی انجام‌شده انتخاب شده است (Spinoni *et al.*, 2015).

رابطه‌های ۲ تا ۴ بیانگر تفاضل دمای روزانه (دمای حداقل و حداکثر تقسیم بر۲) از آستانه دمایی است. اگر جواب این تفاضل مثبت باشد، نیاز به درجه روز رشد گیاه مثبت است. اگر جواب این تفاضل منفی باشد نیاز به درجه روز رشد گیاه منفی است و اگر تفاضل برابر صفر باشد فاقد نیاز به درجه روز رشد می‌باشد.

$$\text{If } (T_{min}+T_{max/2}) - T_{base} > 0 \quad GDD > 0 \qquad \text{رابطه(۲)}$$

$$\text{If } (T_{min}+T_{max/2}) - T_{base} < 0 \quad GDD < 0 \qquad \text{رابطه(۳)}$$

$$\text{If } (T_{min}+T_{max/2}) - T_{base} == 0 \quad GDD = 0 \qquad \text{رابطه(۴)}$$

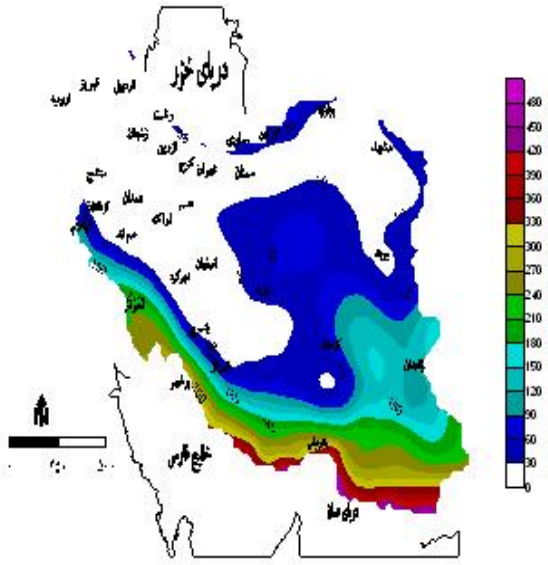
در نهایت میانگین ماهانه رشد گیاه در قلمرو ایران طی آرایه‌ای به ابعاد ۲۱۳۸ *۱۲ در نرم‌افزار متلب با کدهای

مخصوص محاسبه شد. در این ماتریس ۱۲ مربوط به ماه سال و ۲۱۳۸ میزان یاخته‌ها یا نقاط (یاخته) می‌باشد. همچنین میانگین فصلی این فراسنج نیز در ارایه‌ای به ابعاد ۲۱۳۸*۳ محاسبه شد و نقشه‌های آنها در نرم‌افزار سورفر ترسیم گردید.

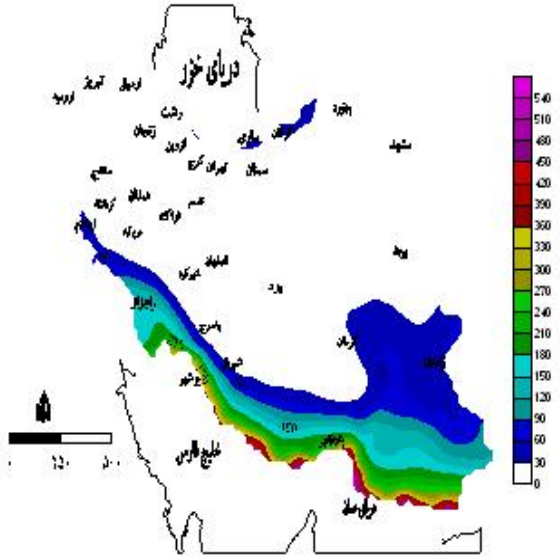
نتایج

الف) میانگین ماهانه درجه روز رشد: همان‌گونه که بیان شد گیاهان در طول روز طی مراحل مختلف رشد نیاز به درجه روزهای خاصی دارند. میانگین ماهانه درجه روزهای رشد گیاهان در ایران با استفاده از سناریو A1B و با آستانه دمایی ۵/۵ درجه در دهه‌های آینده محاسبه و ترسیم گردید. در ماه‌های دی و بهمن درجه روز رشد گیاهان در بخش‌های جنوب و جنوب‌شرق کشور به میزان ۰ تا ۴۰۰ درجه روز در نوسان می‌باشد، این در حالی است که طبق شبیه‌سازی این سناریو در بخش‌های کوهستانی، کوهپایه‌ای و سواحل خزر نیاز رشد گیاهان صفر درجه روز می‌باشد که مساعدبودن شرایط را در یک‌سوم نوار جنوبی کشور برای رشد گیاه گویاست. فشردگی منحنی‌ها در نوار جنوبی تغییرات شدید درجه روز رشد گیاهان را برحسب تغییرات عرض جغرافیایی و دوری از ساحل نمایان می‌کند، به‌طوری‌که بیشینه درجه روز رشد گیاهان را سواحل چابهار به میزان ۴۰۰ درجه روز داراست (شکل‌های ۲ و ۳). در ماه‌های اسفند تا مهر ایران را می‌توان برحسب درجه روز رشد گیاه به سه پهنه کوهستانی و سواحل خزر، کوهپایه‌ای و چاله‌های داخلی و سرانجام سواحل جنوبی تقسیم کرد. در ماه‌های اسفند و فروردین کمترین میزان این فراسنج را نوار کوهستانی در کشور داشته که کمینه آن مربوط به فلات آذربایجان و بلندی‌های زاگرس مرکزی (اصفهان، شهرکرد و یاسوج) می‌باشد. جلگه خوزستان، سواحل شرقی خلیج فارس و چاله جازموریان نیز بیشترین میزان درجه روز رشد گیاه را در این دو ماه در کشور داشته که بیشینه آن مربوط به سواحل چابهار خواهد بود. نوار کوهپایه‌ای از لحاظ میزان کمی درجه روز رشد گیاه حد فاصل نواحی ارتفاعی از نواحی کم ارتفاع و سواحل جنوبی است که متغیرترین بخش کشور می‌باشد و وجود منحنی‌های فشرده در این بخش گویای تغییرات شدید این فراسنج است. البته نیاز بیشتر درجه روز رشد گیاهان در دشت لوت و نیمه جنوبی دشت‌ها و چاله‌های داخلی نسبت به دشت کویر و بخش‌های شمالی چاله‌ها ناشی از تغییرات ارتفاع و دوری از منابع رطوبتی در نتیجه کاهش اثر گلخانه‌ای جو است (مسعودیان و همکاران، ۱۳۹۲) (شکل‌های ۴ و ۵). در ماه‌های اردیبهشت و خرداد شاهد افزایش نسبی درجه روز رشد گیاهان به‌نسبت ماه‌های قبل خواهیم بود که این میزان فراسنج بین ۹۰۰-۳۰۰ درجه روز در نوسان است. بخش‌های ارتفاعی کشور از متغیرترین میزان درجه روز رشد گیاه برخوردار بوده به‌گونه‌ای که با حرکت به سمت نقاط کوهستانی و فلات آذربایجان میزان درجه روز رشد به کمترین میزان در این پهنه (۳۰۰ درجه روز) و با دوری از نقاط ارتفاعی و قرارگیری در مناطق کم‌ارتفاع‌تر این میزان تا ۶۰۰ درجه روز نیز خواهد رسید. وجود خرده ناحیه‌های اقلیمی همانند دشت کویر، مرکز دشت لوت، دشت زابل، دشت ترکمن، ارتفاعات تفتان، کرمان و بیرجند نیز بیش از هرچیز نقش ارتفاع را در تغییر نیاز رشد گیاه گویا می‌سازد (مسعودیان و همکاران، ۱۳۹۳). جلگه‌ها و سواحل جنوبی به‌جز ناحیه ساحلی بوشهر با درجه روز رشد بین ۷۰۰ تا ۹۵۰ درجه روز طی دو ماه مذکور بیشترین میزان را در کشور داشته که بیشینه آن را جلگه خوزستان و سواحل چابهار به خود اختصاص می‌دهند (شکل‌های ۶ و۷). گرم‌ترین ماه‌های کشور را تیر و مرداد به خود اختصاص می‌دهند که میزان درجه روز رشد گیاهان تا ۱۰۰۰ درجه روز نیز در این فصل گرم از سال را کشور تجربه خواهد کرد. جلگه خوزستان بیشترین میزان را مانند دو ماه قبل در کشور داراست. نوار کوهستانی زاگرس جنوبی، کرمان و بلندی‌های آذربایجان با ۶۵۰ درجه روز کمترین میزان را در کشور در ماه‌های گرم سال دارد. کمینه این فراسنج مربوط به ناحیه بلندی‌های زاگرس با ۵۵۰ درجه روز می‌باشد. نکته جالب کمبود درجه روز رشد زاگرس جنوبی نسبت به سایر

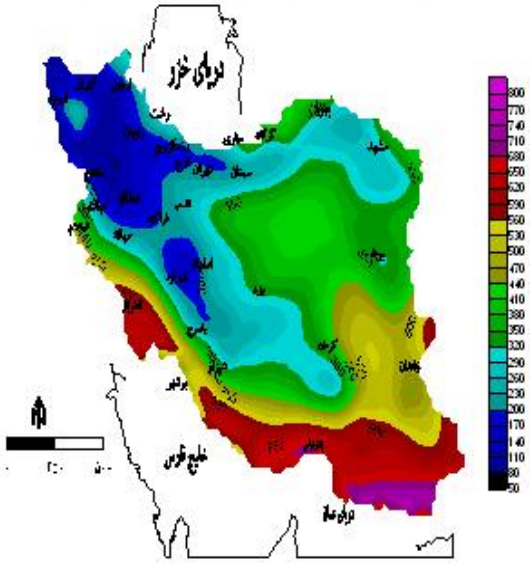
نقاط کوهستانی کشور در فصل تابستان خواهد بود که یکی از موارد آن را شاید بتوان به نقش اثرگذار سامانه‌های موسمی در کاهش دمای این مناطق طی دهه‌های آینده در این بخش از کشور دانست. کاهش درجه روز رشد گیاهان در نیمه شرقی خلیج فارس به‌نسبت نیمه غربی و تغییر بیشینه درجه روز رشد گیاهان از سواحل چابهار و هرمزگان به جلگه خوزستان در فصل تابستان نیز می‌تواند دلیلی بر نظریه مطرح شده باشد که محل عبور سامانه‌های موسمی نیز می‌باشند (شکل‌های ۸ و ۹). نتایج حاصل بیانگر این نکته می‌باشد که در ماه‌های فصل بهار افزایش درجه روز رشد در بخش‌های ارتفاعی کشور گویای مساعدتر شدن شرایط رشد گیاه این مناطق در دهه‌های آینده می‌باشد. همچنین افزایش درجه روز رشد در سواحل و جلگه‌های جنوبی در ماه‌های گرم سال نیز در میزان مدت و طول دوره رشد گیاهان دهه‌های آینده اثری بارز خواهد داشت که با شروع فصل پاییز در ماه‌های مهر، آبان و آذر شاهد کاهش نسبی درجه روز رشد گیاهان در کشور خواهیم بود. به‌گونه‌ای که نیاز رشد گیاهان در بخش‌های کوهستانی از ۴۰۰ درجه روز در ماه شهریور به میزان صفر درجه روز در ماه‌های آبان و آذر تقلیل پیدا خواهد کرد. در طی این ماه‌ها عمده میزان رشد گیاهان را نیمه جنوبی کشور به خود اختصاص می‌دهند که جلگه خوزستان همچنان از بیشترین میزان درجه روز رشد برخوردار خواهدبود. در ماه مهر از میزان درجه روز رشد نوار کوهستانی کشور کاسته و این ناحیه به شکل یک پهنه مجزا نمایان می‌شود. سواحل و جلگه‌های شمالی برخلاف ماه‌های گرم سال به دلیل اثر تعدیلی دمای دریا در پاییز میزان درجه روز به‌نسبت بیشتری نسبت به بخش کوهستانی داشته و در این ماه با پهنه کوهپایه‌ای کشور همتراز می‌شود (شکل۱۱). در ماه‌های آبان و آذر کوهپایه‌های داخلی و دشت کویر به دلیل کاهش درجه روز رشد با نوار کوهستانی کشور در یک پهنه قرار گرفته، این امر گویای سردتر شدن هوا در ماه آبان در این بخش از کشور می‌باشد. دشت لوت و کوهپایه‌های بیرونی نیز طی این ماه‌ها به دلیل درجه روز رشد بالاتر به شکل یک ناحیه مجزا نمایان می‌باشد (شکل‌های ۱۱ تا ۱۳).



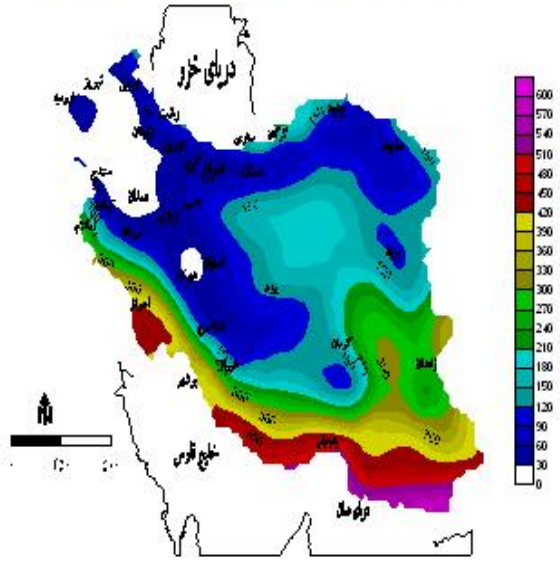
شکل ۲- میانگین درجه روز رشد گیاه بهمن در قلمرو ایران با آستانه دمایی ۵/۵ درجه طی دوره آماری ۲۰۵۰-۲۰۱۵



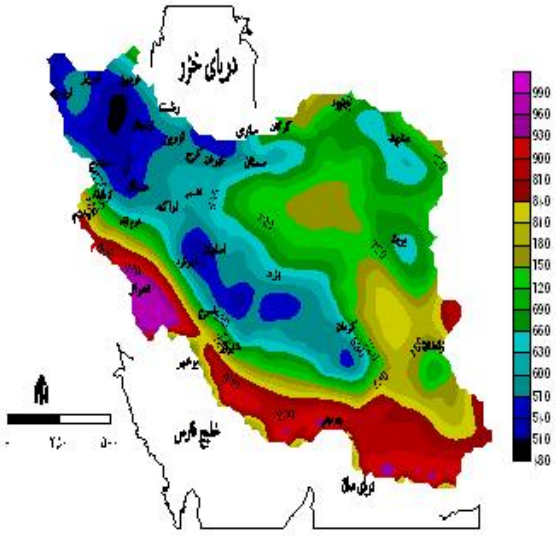
شکل ۳- میانگین درجه روز رشد گیاه دی در قلمرو ایران با آستانه دمایی ۵/۵ درجه طی دوره آماری ۲۰۵۰-۲۰۱۵



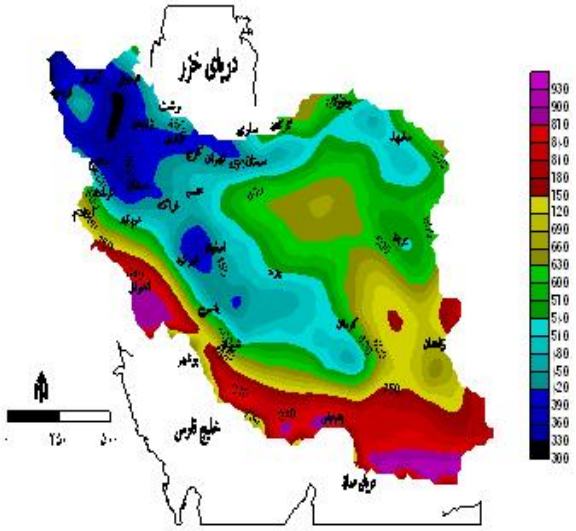
شکل ۴- میانگین درجه روز رشد گیاه فروردین در قلمرو ایران با آستانه دمایی ۵/۵ درجه طی دوره آماری ۲۰۵۰-۲۰۱۵



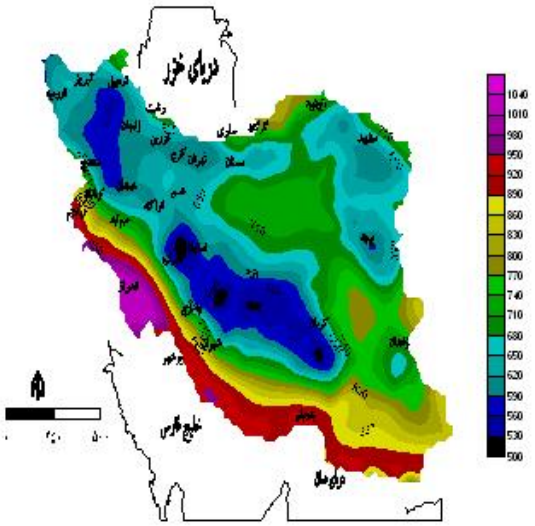
شکل ۵- میانگین درجه روز رشد گیاه اسفند در قلمرو ایران با آستانه دمایی ۵/۵ درجه طی دوره آماری ۲۰۵۰-۲۰۱۵



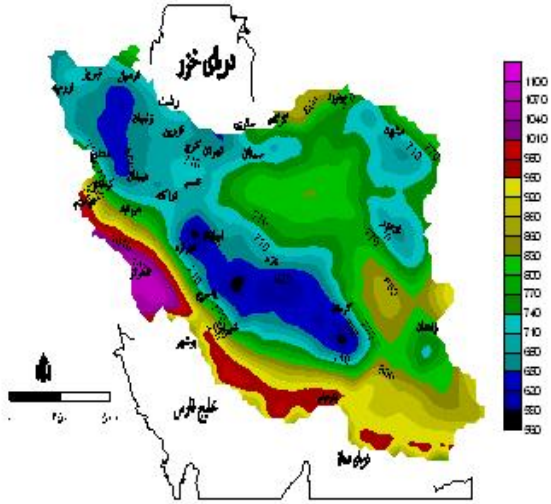
شکل ۶- میانگین درجه روز رشد گیاه خرداد در قلمرو ایران با آستانه دمایی ۵/۵ درجه طی دوره آماری ۲۰۵۰-۲۰۱۵



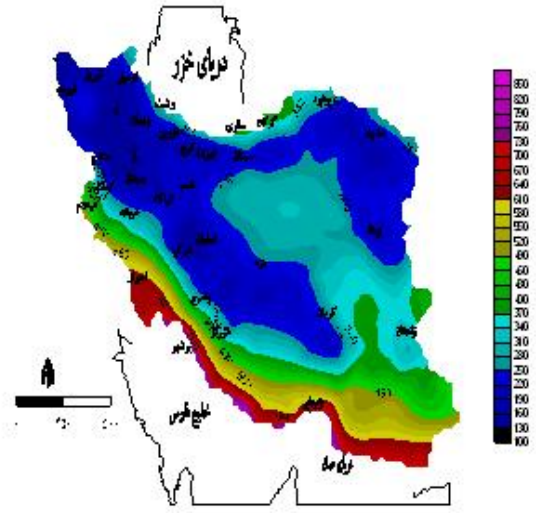
شکل ۷- میانگین درجه روز رشد گیاه اردیبهشت در قلمرو ایران با آستانه دمایی ۵/۵ درجه طی دوره آماری ۲۰۵۰-۲۰۱۵



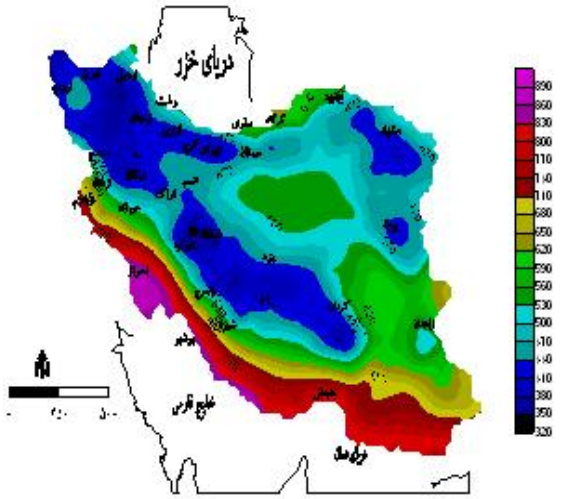
شکل ۸- میانگین درجه روز رشد گیاه مرداد در قلمرو ایران با آستانه دمایی ۵/۵ درجه طی دوره آماری ۲۰۵۰-۲۰۱۵



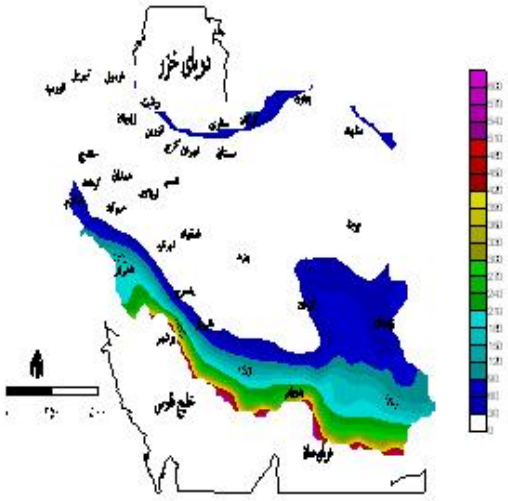
شکل ۹- میانگین درجه روز رشد گیاه تیر در قلمرو ایران با آستانه دمایی ۵/۵ درجه طی دوره آماری ۲۰۵۰-۲۰۱۵



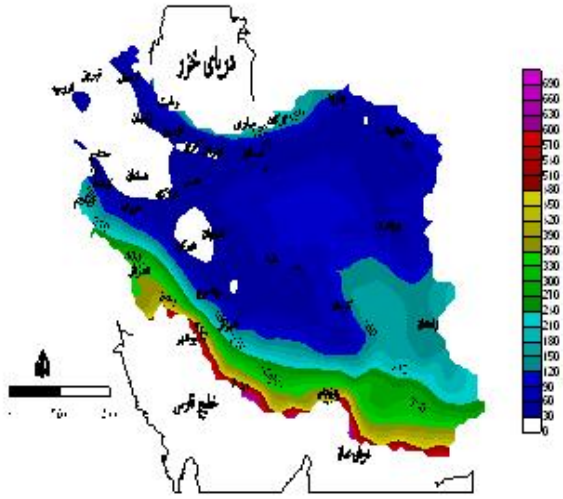
شکل ۱۰- میانگین درجه روز رشد گیاه مهر در قلمرو ایران با آستانه دمایی ۵/۵ درجه طی دوره آماری ۲۰۵۰-۲۰۱۵



شکل ۱۱- میانگین درجه روز رشد گیاه شهریور در قلمرو ایران با آستانه دمایی ۵/۵ درجه طی دوره آماری ۲۰۵۰-۲۰۱۵



شکل ۱۲- میانگین درجه روز رشد گیاه آذر در قلمرو ایران با آستانه دمایی ۵/۵ درجه طی دوره آماری ۲۰۵۰-۲۰۱۵

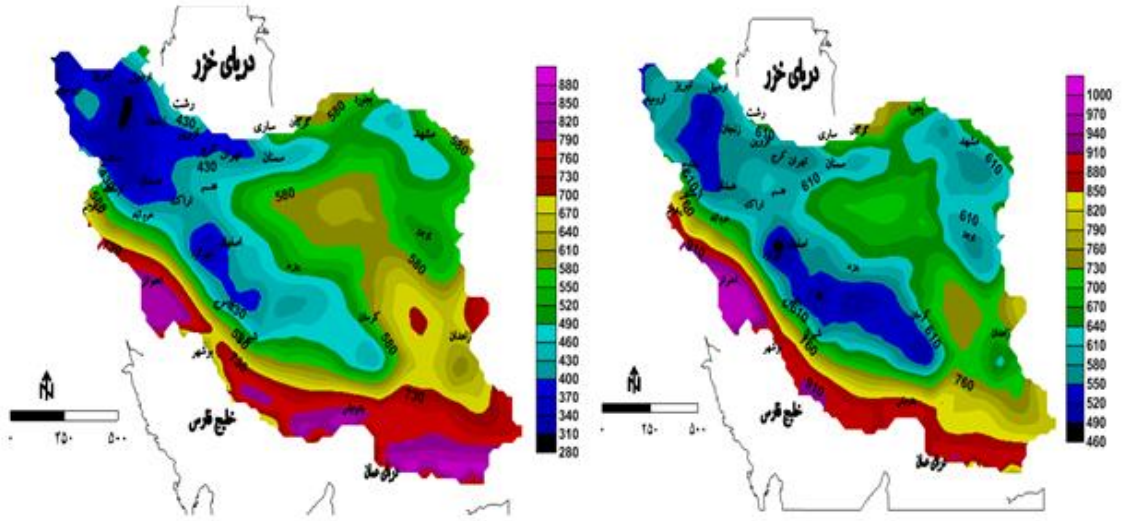


شکل ۱۳- میانگین درجه روز رشد گیاه آبان در قلمرو ایران با آستانه دمایی ۵/۵ درجه طی دوره آماری ۲۰۵۰-۲۰۱۵

ب) **میانگین فصلی درجه روز رشد:** میانگین فصلی درجه روزهای رشد گیاهان در فصول بهار، تابستان و پاییز طی دوره‌های آینده شبیه‌سازی و نقشه‌های آن ترسیم شد. در فصل بهار ایران برحسب درجه روزهای رشد به سه منطقه کوهستانی و کوهپایه‌های داخلی، چاله‌های داخلی و کوهپایه‌های بیرونی و سرانجام جلگه‌ها و سواحل جنوبی قابل تقسیم است. خطوط فشرده تغییرات شدید درجه روز رشد را نسبت به تغییرات ارتفاع نشان می‌دهد. جلگه خوزستان و سواحل شرقی خلیج فارس و دریای عمان بیشینه‌های حرارتی رشد گیاه

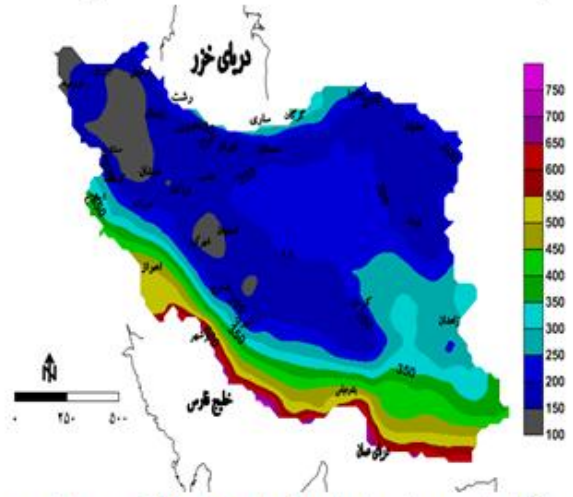
را در این فصل دارند (شکل ۱۴). در فصل تابستان میزان درجه روز رشد گیاه در سه پهنه ذکر شده افزایش محسوسی داشته، که بیشینه آن در سواحل جنوبی به‌ویژه جلگه خوزستان نمایان است. دشت گرگان و پارس آباد مغان با وجود قرارگرفتن در عرض بالا به دلیل ارتفاع کم، درجه روز رشد یکسانی با نواحی داخلی کشور دارند.

کمینه درجه روز رشد گیاه کشور در نوار کوهستانی زاگرس جنوبی و ارتفاعات کرمان و شمال‌غرب گویای خنک‌تر شدن هوا در دهه‌های آینده در فصل تابستان در این بخش از کشور می‌باشد (شکل ۱۵). در فصل تابستان نوار جنوبی کشور با درجه روز رشد ۶۰۰- ۳۰۰ درجه شرایط مساعدتری برای رشد گیاه نسبت به سایر نقاط کشور دارد (شکل ۱۶).



شکل ۱۴- میانگین درجه روز رشد گیاه تابستان در قلمرو ایران با آستانه دمایی ۵/۵ درجه طی دوره آماری ۲۰۵۰-۲۰۱۵

شکل ۱۵- میانگین درجه روز رشد گیاه بهار در قلمرو ایران با آستانه دمایی ۵/۵ درجه طی دوره آماری ۲۰۵۰-۲۰۱۵



شکل ۱۶- میانگین درجه روز رشد گیاه پاییز در قلمرو ایران با آستانه دمایی ۵/۵ درجه طی دوره آماری ۲۰۵۰-۲۰۱۵

بحث

این پژوهش به واکاوی اثر گرمایش جهانی بر درجه روزهای رشد کشور طی دهه‌های آینده پرداخت. نتایج نشان داد که با توجه به افزایش دی‌اکسید کربن جو و به‌تبع آن گرمایش جهانی، میزان درجه روزهای رشد گیاهان در ماه‌های فصل بهار و تابستان به‌ویژه در نوار جنوبی و برخی نواحی کوهستانی و کوهپایه‌ای کشور باعث افزایش دوره رشد خواهد شد. بلندی‌های زاگرس و شمال‌غرب به دلیل ارتفاع و قرارگیری در مسیر توده‌های هوای سرد از درجه روز رشد کمتری نسبت به سایر نقاط کشور برخوردار می‌باشند. در همه ماه‌ها سواحل و جلگه‌های جنوبی بیشترین میزان درجه روز رشد را دارند. در واقع اثر تعدیلی دریا در نوار جنوبی و قرارگیری در عرض‌های پایین بر روی دما این امکان را در این مناطق فراهم آورده است. بخش‌های کوهستانی و کوهپایه‌ای در ماه‌های فروردین و اردیبهشت نسبت به ماه‌های دیگر از میزان درجه روزهای بالاتری برخوردار بوده که همین امر نیز افزایش طول دوره رشد کشت بهاره را در این نواحی در دهه‌های آینده نمایان می‌کند. به‌طوری‌که بیشترین میزان میانگین ماهانه رشد گیاه در ماه‌های تیر و مرداد به میزان ۱۰۰۰–۱۰۰ درجه روز در کشور مشاهده می‌شود.

منابع مورد استفاده

-Alikhani, F., Canvas, A. S. and Muzaffar Mosannan, M., 2011. Effect of temperature and rainfall on irrigated wheat yield in Iran. Scientific Research. Journal of Agricultural Economics and Development, 76 (24): 166-143.

- Adams. S. R., Cockshull, K. E. and Cave, C. R. J., 2011. Effect of Temperature on the Growth and Development of Tomato Fruits. Journal of Annals of Botany, 88: 869-877.

- Farajzadeh Asl, D., Khorani, A., Moments, S. and Ziaeian, P., 2011. modeling and forecasting wheat yield due to plant phenological periods Case Study: Kurdistan, Research. Journal of Physical Geography, 14 (76): 34-21.

-Ghahreman, N. and Ebrahimi, G., 2011. GIS-based analysis of spatial distribution patterns of growing degree-days for agricultural applications in Iran. Journal of Desert, 16: 143-151.

-Khoshhal Dastjerdi, J., Rezaei, A. and Yslry, T., 2009. A figure modeling developmental stages of safflower, using temperature and day length, Research, Journal of Physical Geography, 72(14):21-34.

-Khoshhal Dastjerdi, J. and Shhsvary, S., 2005. The environmental condition and calculate the thermal requirements of pistachio cultivation in the plains Borkhar. Journal of Applied Sociology, 18(18): 210-193.

-Kauppi., P., Posch, M. and Pirinen, P., 2014. Large Impacts of Climatic Warming on Growth of Boreal Forests since 1960, Journal of PLoS One, 9(11): 11-30.

-Li, D., Chen, P., Shi, A., Shakiba, E., Gergerich, R. and Chen, Y., 2009. Temperature affects expression of symptoms induced by soybean mosaic virus in homozygous and heterozygous plants. Journal of Heredity, 100(3): 348-354.

- Masoodian, S., Alijani, O. and Abraham, R., 2013. Analysis of average total grade, day needs (heating and cooling) in Iranian territory. Journal of Geographical Research, 1: 26-11.

-Masoodian, S., Abraham, R., and Yar Ahmadi, A., 2014. Spatiotemporal analysis of the monthly heating degree days in the territory of Iran. Journal of Geography and Regional Development, 12(23):35-23.

-Nori, H., Ysaryf, T. and Khoshhal Dastjerdi, J., 2009. Investigated the thermal needs of different developmental stages of sunflower in Kabootarabad. Scientific Research, Journal of Geography and Environmental Planning, 36 (16):16-1.

-Nouhi, k., Kamali, Gh. and Mortazavi, A., 2008. An analysis of the impact of heat stress on crops in the southern provinces of the country. Scientific Research, Journal of Geographical Research, 88 (24):74-51.

Omidvar, K., Abraham, R. and Narngyfrd, M., 2016. Anticipated cooling needs of Fars province with Zahedan environmental hazards, Journal of application of dynamic modeling data, 4(6): 75-57.

- Qasim Azadkhany, m., 2004. The potential impacts of climate change on the productivity of rangeland watershed England. Journal of Geography Education, 69(6):41-36.

-Roshan, Gh. and Shahkoie, A., 2013. Growing degree days required changes when soybean plants based on

climate change coming decades about the city of Gorgan in Golestan University Journal Journal of Preparation Geographical Space.

-Randall, D.,Guy, P., Marco, G. and Daneila, J., 2007. Climate models and their evaluation in Climate change the physical science basis. Cambridge University Press, Cambridge.

-Roeckner, E., Brokopf, R., Esch, M., Giorgetta, M., Hagemann, S., Kornblueh, L., Manzini, E., Schlese, U. and Schulzweida, U., 2003. Sensitivity of simulated climate to horizontal and vertical resolution in the ECHAM5 atmosphere model. Journal of Climatology, 19:3771–3791.

-Roshan, G. R. and Grab, S. W., 2012. Regional climate change scenarios and their impacts on water requirements for wheat production in Iran. Journal of Plant Productivity, 6(2): 239-266.

- Spinoni, J., Vogt, J. and Barbosa, P., 2015. European degree-day climatologies and trends for the period 1951–2011, Journal of Climatology, 35: 25–36.

Statistical-dynamic analysis of simulated monthly average of plant growth degree day using EH5OM model

K. Omidvar[1*], R. Ebrahimi[2], F. Taghavinia[3] and N. Tani[4]

1*-Corresponding author, Professor of Climatology, Yazd University, Iran, Email: komidvar@ yazd.ac.ir
2-Ph.D. Student of Meteorological Hazards, Yazd University, Iran
3- M.Sc. Student of Meteorology, Mohaghegh Ardabili University, Ardabil, Iran
4-M.Sc. Student of Meteorology, Yazd University, Iran

Received:2/17/2016 Accepted:10/16/2016

Abstract

The aim of this study was to analyze the effects of global warming on plant growth degree day in the future decades. To this aim, simulated daily temperature data were drawn from EHOM database and under A1B scenario during 2015-2050 from Germany Plank Max. Then, daily degree data were downscaled with a separation of 0.27*.027 degrees longitude and latitude, covering around 30*30 km of Iran, by regional climate model designed at the Abdul Salam Center for Theoretical Physics, Italy. Finally, a matrix with dimensions of 13140*2140 was obtained that rows represent degree day and columns represent stations (cells). The threshold of 5 ° was selected to calculate the growth degree day. Finally, the monthly average of growth degree day was calculated in a matrix with dimensions of 12*2140 in MATLAB software. Then, the map of average of growth degree day was designed through Surfer software. The results showed that June and July had the highest average monthly growth rate in the 100-1000 degree-day. In summer months, the highest degree day was observed in Khozestan plain. With regard to the degree day in spring and summer, Iran can be divided into three areas of mountains and interior foothills, internal pits and external foothills, and plains and southern coast.

Keywords: A1B scenario, EH5OM model, downscaling, Iran.