

Evaluation of Climate Change Scenarios Effect on the Chilling Requirement for Deciduous Fruit Trees in Kiasar of Sari

REZA NOROOZ VALASHEDI^{1*}, MOJTABA KHOSHRAVESH²

1. Assistant Professor, Water Engineering Department, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran
2. Assistant Professor, Water Engineering Department, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran

(Received: July. 29, 2018- Revised: Sep. 18, 2018- Accepted: Oct. 20, 2018)

ABSTRACT

Climate warming causes prevention of the latest spring frosts and reduces the spring freeze risk during flowering. The purpose of this study was to explore the effect of climate change on the chilling requirement and the flowering date of completion of the phenological stages of different plants in Sari. A 45-year weather data (1970-1970) of Kiasar Synoptic Station were used with data access from National Centers for Environmental Prediction. The predetermined output of the large-scale climatic model (CanESM2) was used after the downscaling observation for RCP2.6 scenarios. Using the ChillR and Climdex model, the flowering date of DOY (day of year) and the Growing Season Length (GSL) were estimated. Mann-Whitney non-parametric test and Kendall's trend were used to compare the first half of the near future (2016-2055) and the second half of the distant future (2056-2100) with the present. The results showed although the growing season length increases, but a significant difference between the air temperature in the chilling and forcing phases is caused a significant change in the appearance of phenology stages of the deciduous fruit trees in the studied area. Over the past decades (1980-2000), about two weeks was added to the length of the growing season. However, the flowering date will take place three decades earlier than the past climate. These significant changes in cultivated climate parameters lead to irreparable phenological disorders in the coming periods.

Key Words: Flowering, Growing Seasonal Length, Environmental Stress, Chilling Requirement, Mazandaran.

ارزیابی اثر سناریوهای تغییر اقلیم بر نیاز سرمایی درختان میوه خزان‌دار در بخش کیاسر شهرستان ساری

رضا نوروز ولاشدی*، مجتبی خوش روش^۲

۱. استادیار گروه مهندسی آب دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران

۲. استادیار گروه مهندسی آب دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۵/۷ - تاریخ بازنگری: ۱۳۹۷/۶/۲۷ - تاریخ تصویب: ۱۳۹۷/۷/۲۸)

چکیده

گرم‌شدن اقلیم محل موجب پیشگیری از یخبندان‌های دیررس بهاره و کاهش ریسک یخ‌زدگی در فصل بهار می‌شود. هدف این پژوهش بررسی اثر تغییر اقلیم بر تامین نیاز سرمایی و جابجایی تاریخ تکمیل مراحل فنولوژیکی گیاهان مختلف در شهرستان ساری است. از اطلاعات اقلیمی موجود در ایستگاه سینوپتیک کیاسر ساری طی دوره آماری درازمدت (۲۰۱۵-۱۹۷۰) به همراه داده‌های باز تحلیل مرکز ملی پیش‌بینی زیست‌محیطی استفاده شد. از خروجی پیش‌بینی مدل اقلیمی بزرگ‌مقیاس CanESM2 پس از ریزمقیاس‌نمایی برای سناریوهای چهارگانه RCP استفاده شد. با استفاده از مدل ChillR و Climdex تاریخ شکوفه‌دهی و طول فصل رویش GSL برآورد شد. بر اساس آزمون ناپارامتری من-ویتنی و روند من‌کنندال به مقایسه بین میانگین‌های نیمه‌ی اول آینده نزدیک (۲۰۱۶-۲۰۵۵) و نیمه دوم آینده دور (۲۰۵۶-۲۱۰۰) نسبت به حال حاضر پرداخته شد. نتایج نشان داد، اگرچه طول فصل رویش افزایش می‌یابد، اما اختلاف معنی‌دار دمای هوا در فاز سرمایشی و گرمایشی تغییرات معنی‌داری را در ظهور مراحل فنولوژی درختان خزان‌دار در منطقه منجر می‌شود. در دهه‌های آماری گذشته در حدود دو هفته به طول فصل رویش (در دهه ۱۹۸۰ میانگین ۳۰۰ روز به ۳۲۲ روز در دهه ۲۰۰۰) افزوده شد؛ اما تاریخ شکوفه‌دهی سه دهه زودتر از موعد نسبت به گذشته اقلیمی اتفاق خواهد افتاد. این تغییرات معنی‌دار در پارامترهای اقلیمی کشاورزی منجر به اختلالات فنولوژیکی غیر قابل‌جبران در دوره‌های آتی می‌گردد.

واژه‌های کلیدی: شکوفه‌دهی، طول فصل رویش، تنش محیطی، نیاز سرمایی، مازندران.

مقدمه

متوسط پارامترهای هواشناسی در درازمدت یکی از مشخصه‌های وضع آب و هواست. طی گزارش‌های پی در پی هیات بین‌المللی تغییر اقلیم و دانشمندان در سرتاسر دنیا و شواهد موجود، نوسانات اقلیمی امری بدیهی است (Stocker et al., 2013). بسیاری از نشانه‌های علمی وجود دارد که مبین تفاوت اقلیم‌های گذشته نسبت به وضع حاضرند. باغبانی در مازندران نقش اساسی در وضعیت اقتصادی و اجتماعی مردم دارد. تغییرات اقلیمی منجر به تغییر الگوی کشت شده و تنش محیطی ایجاد می‌کند. یکی از اثرات گرم شدن هوا، بر تولید سبزی‌های برگی، گلدهی زودهنگام است (Imani et al., 2017). گرمایش جهانی سبب تغییر در نمایه‌های حدی اقلیمی و افزایش و یا کاهش برخی از متغیرهای محیطی برای رشد گیاه شده است. درختان مختلف میوه خزان‌دار برای شکوفایی خود نیازمند شکستن خواب زمستانه هستند (Saure, 1985). خروج از این رکود و تخمین دیگر فرآیندهای فنولوژی درختان و پاسخ آن در برابر مقادیر مشخصی از سرما و گرما تحقق می‌یابد. این نیاز اغلب با مدل‌هایی ساده که اساس آن

دماست (به‌طور عمده مدل صفر تا ۷/۲ درجه سلسیوس (Weinberger, 1950)، انجام می‌شود (Cesaraccio et al., 2004). دمای فراسنج هواشناسی است که نوسان آن در برخی نواحی، موجب بروز تنش‌های محیطی در گونه‌های مختلف زراعی و باغی می‌شود. تغییر شاخص‌های حدی دما در برخی از نقاط دنیا (Aguilar et al., 2005) و گزارش کاهش وقایع حدی سرما و افزایش دمای کمینه مطابق آخرین چشم‌اندازها تحت شرایط جدید اقلیمی، می‌تواند ناشی از سطوح انتشار متفاوتی از گازهای گلخانه‌ای و گرم شدن هوا باشد. در سناریوهای جدید گزارش پنجم (۲۰۱۳) ارزیابی تغییر اقلیم بر اساس میزان سطح واداشت تابشی انجام شده است. این تغییر در سطح واداشت تابشی می‌تواند به طور قابل ملاحظه‌ای مقدار دامنه دمایی هوا، طول فصل رویش (Kheirandish et al., 2013)، نیاز سرمایی و گرمایی موردنیاز برای تکمیل مراحل فنولوژی گیاه را برای گونه‌های مختلف باغی تحت تاثیر قرار دهد. در پژوهشی (Jafarzadeh et al., 2016) به‌منظور تعیین الگوی کشت بهینه تحت تأثیر پدیده تغییر اقلیم، مدلی چند هدفه ارائه نمودند. نتایج و یافته‌های

۳۶ درجه و ۱۴ دقیقه شمالی و ۵۳ درجه و ۳۲ دقیقه شرقی در ارتفاع ۱۲۹۴/۳ متر از سطح دریاهای آزاد واقع شده است (شکل ۱). گسترش و توسعه باغات جدید در منطقه کیاسر و وقوع پدیده‌های زیانبخش جوی متاثر از تغییرات اقلیمی (یخبندان‌های نابجا، عدم تامین نیاز سرمایی درختان و غیره) در سال‌های اخیر دلیل انتخاب ایستگاه موردنظر بوده است. تنها ایستگاه همدیدی مرتفع در شهرستان ساری است که می‌توان به نتایج حاصل از آن بر مبنای دقت اندازه‌گیری‌ها و تعمیم آن برای باغات منطقه اعتماد کرد. لذا متوسط بارندگی در این ایستگاه ۴۸۰/۳ میلی‌متر و بیشترین بارش‌ها در ماه نوامبر و دسامبر رخ می‌دهد. متوسط سالانه دمای هوا ۱۳/۱ درجه سلسیوس با انحراف معیار ۱/۸۴ درجه سلسیوس است. طول دوره آماری مورد استفاده از داده‌های بازتحلیل NCEP و ایستگاه کیاسر پس از کنترل کیفی و کمی به روش‌های استاندارد به نقل از مقاله (Feng *et al.*, 2004) از سال ۱۹۷۰ لغایت ۲۰۱۵ به مدت ۴۵ سال بوده است. در نهایت بیش از ۱۲۹۳۷ روز اطلاعات دمای کمینه و بیشینه، بارش و تابش وارد شد. نمایه GSL در این پژوهش توسط تیم کارشناسی ETCCDMI تعریف شده است. این نمایه‌ها با نرم‌افزار Rclimindex برآورد شد.

این نرم‌افزار توسط بخش تحقیقات اقلیمی هواشناسی کانادا در محیط نرم افزار قدرتمند آماری R 1.84 تهیه شده است (Zhang & Yang, 2004). همچنین برای برآورد تاریخ فنولوژی و برآورد نیاز سرمایی و تحلیل دما در فاز سرمایشی و گرمایشی از بسته نرم افزاری ChillR تحت محیط R 2.3.0 استفاده شد (Luedeling, 2013). در این پژوهش از نمایه اقلیمی دمایی طول فصل رویش (GSL) و برآورد تاریخ شکوفه‌دهی (DOY=Day Of Year) و نیاز سرمایی در دو دوره تاریخی و دوره آینده تحت سناریو اقلیمی RCP استفاده شد. برای بررسی تغییرات اقلیمی از سناریوهای جدیدی که هیات بین‌الدول تغییر اقلیم در تدوین گزارش پنجم در سال ۲۰۱۳ ارزیابی خود به‌عنوان نماینده‌های خطوط سیر غلظت‌های گوناگون گازهای گلخانه‌ای معرفی کرده است، استفاده شد که شامل سناریوهای حدبالا و پایین واداشت تابشی RCP2.6 و RCP8.5 است (Stocker *et al.*, 2013). نام-گذاری سناریوهای جدید در گزارش پنجم ارزیابی تغییر اقلیم براساس میزان سطح واداشت تابشی ناشی از انتشار گازهای گلخانه‌ای تا پایان قرن ۲۱ بر حسب وات بر مترمربع (برای مثال RCP2.6 یعنی واداشت تابشی خط مشی این سناریو معادل ۲/۶ وات بر مترمربع) انجام شده است (Stocker *et al.*, 2013). برای شبیه‌سازی و تولید سناریوهای اقلیمی در این پژوهش از مدل

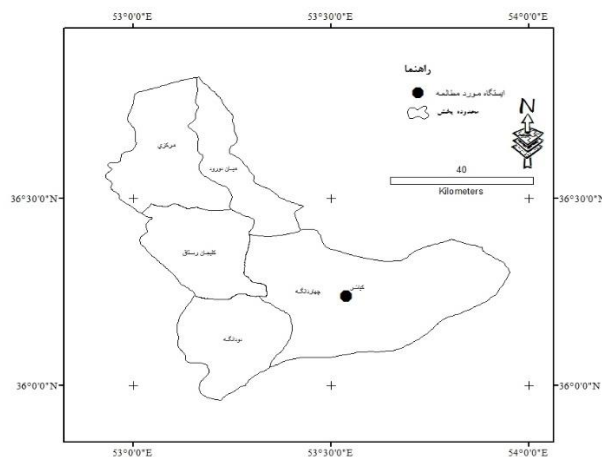
تحقیق ایشان نشان داد که ظرفیت‌های لازم برای رسیدن به حالت مطلوب‌تری نسبت به وضعیت فعلی وجود دارد، به‌طوری‌که ارائه راهکارهایی برای سازگاری با شرایط تغییر اقلیم پیش‌رو برای محصولات زراعی و باغی می‌تواند منجر به افزایش درآمد کل حاصل از فروش محصولات شود. در پژوهش‌هایی اثر دماهای بالا بر نیاز سرمایی گیاهان باغی مورد بررسی قرار گرفت، آنها اثرات بالقوه منفی را گزارش نمودند (Campoy *et al.*, 2018; Darbyshire *et al.*, 2011). محققین در شمال شرقی آسیا به ارزیابی تاریخ شکوفه‌دهی درختان میوه در کره شمالی پرداختند (Hur & Ahn, 2017). آنها با استفاده از پیش‌یابی مدل اقلیمی HadGEM2-AO در دو دوره تاریخی (۲۰۱۰-۱۹۸۱) و چهار سناریوی اقلیمی RCP در دوره (2021-2100) تأثیر گرم شدن کره زمین بر تاریخ اولین شکوفه‌دهی درختان خزان‌دار را مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد در سناریوی حدی RCP8.5 تاریخ شکوفه‌دهی در مقایسه با دوره تاریخی به مدت دو هفته زودتر اتفاق خواهد افتاد. (Di Lena *et al.*, 2018). به اثر تغییر اقلیم بر گستره جغرافیایی قابل کشت بادام درختی و نحوه تغییرات آن در منطقه شمالی آبروزو ایتالیا پرداختند. نتایج پژوهش آن‌ها نشان می‌دهد که سازگاری فنولوژی بادام با تغییرات اقلیمی می‌تواند منجر به ادامه گسترش کشت این محصول به نواحی شمالی و قطبی در ایتالیا شود. در پژوهشی ارزیابی اثر تغییر اقلیم بر روی مرحله گل‌دهی درخت سیب در منطقه مشکین‌شهر استان اردبیل با استفاده از سناریوهای گزارش قبلی (A2 و B1) مدل اقلیمی HadCM3 انجام شد (Rahimpour *et al.*, 2012). تا کنون پژوهش‌های کمی در این زمینه انجام شده است، اما نتایج تحقیقات مختلف، اثر تغییر اقلیم را بر عدم تامین نیاز سرمایی مورد تایید قرار داده (Sabziparvar & Norooz, 2015) و برخی کاهش ۵۰ درصدی بهره‌وری گیاهان خزان‌دار را گزارش نمودند (Campoy *et al.*, 2018). هدف از این پژوهش بررسی و پیش‌یابی میزان تغییر نمایه‌های مهم باغبانی تاریخ شکوفه‌دهی در شهرستان ساری منطقه کیاسر برای چشم‌انداز دوره‌های آتی تحت سناریوهای جدید اقلیمی RCP می‌باشد.

مواد و روش‌ها

برای بررسی اثر تغییر اقلیم بر تامین نیاز سرمایی و تاریخ تکمیل مرحله فنولوژی درختان خزان‌دار و ارزیابی روند تغییرات نمایه‌ی طول فصل رویش بر محصولات باغی از اطلاعات ایستگاه هواشناسی کیاسر استفاده شده است. کیاسر از توابع شهرستان ساری در استان مازندران به ترتیب در عرض و طول جغرافیایی

فنولوژی (تاریخ شکوفه‌دهی) در منطقه بر مبنای نیاز سرمایی تامین شده و نیاز حرارتی ثابت به مدل ChillR معرفی شد. لازم به ذکر است خروجی‌های مدل برای سناریوی حدبالای واداشت تابشی RCP8.5 به دلیل افزایش بیش از اندازه دما و عدم تامین نیاز سرمایی مرحله فنولوژی در منطقه، غیر قابل محاسبه شد. لذا تنها به ارزیابی نتایج حاصل از بررسی پارامترهای اقلیمی کشاورزی دما در فاز سرمایشی و گرمایشی در سناریوی RCP2.6 پرداخته شد. این نمایه‌ها و مقایسه میانگین آن‌ها در سطح معنی‌داری ۰/۰۵ برآورد و مورد بررسی قرار داده شده‌اند. در نهایت روند و میانگین نمایه‌های اقلیمی باقی‌مورد بررسی به همراه آزمون روند ناپارامتری من-کندال (Hamed & Rao, 1998) و مقایسه میانگین ناپارامتری من-ویتنی (Tallarida & Murray, 1987) برای آشکارسازی تغییرات ارزیابی شده است. به منظور رعایت اختصار از ذکر جزئیات و نحوه انجام آزمون خودداری شده است.

بزرگ‌مقیاس CanESM2 و برای ریزمقیاس‌نمایی و تولید سناریوهای اقلیمی از مدل SDSM استفاده شده است (Wilby *et al.*, 2002). برای شبیه‌سازی داده‌های هواشناسی دمای حداقل و حداکثر مورد نیاز در این طرح پژوهشی به دلیل دقت مناسب داده‌های ایستگاه همدیدی کیاسر، این ایستگاه انتخاب شد. بعد از مرحله غربالگری و مشخص شدن پارامترهای موثر برای واسنجی و صحت‌سنجی مدل، اطلاعات هواشناسی ایستگاه به نسبت ۷۰ به ۳۰ درصد به ترتیب برای مراحل واسنجی و صحت-سنجی به کار رفتند. این مراحل با در نظر گرفتن و مقایسه شاخص‌های انحراف معیار و میانگین داده‌های شبیه‌سازی و مشاهداتی با نمایه‌های RMSE و نمایه توافق (d) مورد ارزیابی قرار گرفتند (Willmott, 1982). سپس سناریوهای اقلیمی موردنظر پژوهش حاضر برای سال‌های ۲۰۱۰-۲۰۱۶ توسط مدل ریزمقیاس‌نمایی SDSM تولید و برای بررسی اثرات آن‌ها بر نوسانات دما در فاز سرما و گرما و برآورد روز تکمیل مرحله



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه در شهرستان ساری، مازندران (مطالعه موردی ایستگاه هواشناسی کیاسر)

متوسط هوا در سال‌های مختلف در دو فاز سرمایشی و گرمایشی نیز برای تحلیل اثر تغییر اقلیم و نحوه تغییرات مراحل فنولوژی با آن ترسیم شد.

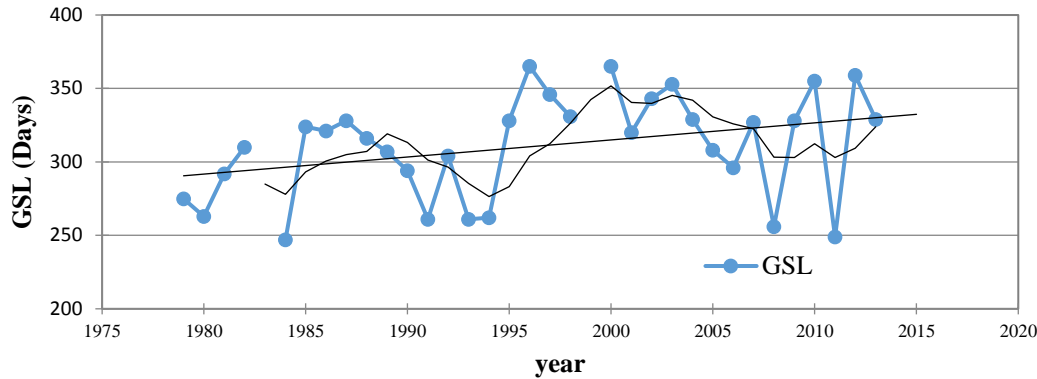
نتایج و بحث

با اجرای مدل‌های نیاز سرمایی و نمایه اقلیمی، تاریخ شکوفه‌دهی (DOY) و طول فصل رشد (GSL) در منطقه برآورد شد. نحوه تغییرات آن بر مبنای آزمون‌های آماری در منطقه مورد بحث و بررسی قرار گرفت. سری زمانی روند تغییرات نمایه GSL در شکل (۲) ارزیابی شد، مقادیر GSL از ۲۴۰ در کمترین حالت تا ۳۶۵ روز (میانگین ۳۱۰ روز و انحراف معیار ۳۵ روز) دچار تغییر شده است. برآورد شیب نمودار روند GSL نشان می‌دهد که شیب رو به بالای

طول فصل رویش GSL طبق تعریف در نیم‌کره شمالی زمین، فاصله زمانی بین اولین دوره بعد از اول ژوئیه (دهم تیرماه) که حداقل ۶ روز پی در پی دمای میانگین روزانه هوا بیشتر از ۵ درجه سلسیوس باشد تا اولین دوره ۶ روزه با دمای میانگین روزانه کمتر از ۵ درجه سلسیوس است و آن را حسب روز (Days) نشان می‌دهند. الگوی ساده CH یا ساعات سرمایی (Bennett, 1950) از نخستین الگوهایی است که برای برآورد سرمای زمستانه، شمار ساعات صفر تا ۷/۲ درجه سلسیوس را از ۱۰ آبان تا ۱۰ اسفند در زمستان نیمکره شمالی محاسبه می‌کند. معادله ریاضی برآورد نیاز تجمعی سرما طی دوره رکود در مقاله (Darbyshire *et al.*, 2011) آمده است. تکمیل مرحله فنولوژی و برآورد تاریخ فنولوژی بر اساس نیاز سرمایی و حرارتی متوسط در منطقه انجام شد. دمای

دوره تاریخی درازمدت در سطح اطمینان ۹۵ درصد حاکی از معنی‌داری (P-Value=۰/۰۳۰) روند افزایشی طول فصل رویش در منطقه موردبررسی است.

معنی‌داری (P-Value=۰/۰۵۳) به میزان ۱/۲۴ (انحراف معیار شیب برآورد شده برابر ۰/۵۷۷ بوده است) مطابق شکل (۲) در طول دوره آماری وجود داشته است. تحلیل من کندال GSL در



شکل ۲. سری زمانی تغییرات اقلیمی طول فصل رویش (GSL) در ایستگاه هواشناسی کیاسر

RCP8.5 به ترتیب ۲۲ و ۸/۵ درجه سلسیوس است که نسبت به دوره تاریخی، به ترتیب ۸/۵ و ۱۴ درصد در سناریوی RCP2.6 و ۱۲ و ۲۳/۵ درصد در سناریوی RCP8.5 افزایش خواهد داشت. همچنین با توجه به تغییرات زیاد دما در سناریوی حدی RCP8.5 نسبت به دوره تاریخی، تامین نیاز سرمایی در دوره آبی دچار خلل شده، لذا محاسبات تعیین مراحل فنولوژی در مورد این سناریو غیر قابل برآورد بوده است. در نهایت نتایج مربوط به سناریوی RCP2.6 ارائه شده است. لازم به ذکر است متوسط دمای هوا به ترتیب در دو دوره اقلیمی آینده نزدیک و آینده دور مطابق جدول (۱) در سناریوی اقلیمی RCP2.6 حدود ۹ درصد و ۱۲ درصد نسبت به دوره گذشته افزایش معنی‌داری داشته است. این تغییر در دمای سطحی هوا در منطقه مورد مطالعه منجر به جابجایی مرحله شکفتن گیاهان خزان‌دار به مقدار دو تا سه دهه در دوره آینده خواهد شد. به عبارتی تغییر دما در فازهای سرمایشی و گرمایشی منجر به تغییر زمان وقوع تکمیل مرحله فنولوژی در گیاه شده است. ماهیت مدل نیاز سرمایی ساده در تعیین تاریخ شکوفه‌دهی گیاهان خزان‌دار یک تابع تک‌مرحله‌ای هست که با تجمیع ساعات سرمایی در محدوده تعریف‌شده در مدل و تکمیل ساعات حرارتی مورد نیاز در فاز گرمایشی که پس از تامین سرما برای شکفتن است، تا ظهور مرحله فنولوژیکی گیاه تاریخ مورد نظر را پیش‌بینی می‌کند. به نقل از (Zhang & Taylor, 2011) این مدل به دلیل ماهیت خود و تایید صحت فنولوژی در سرتاسر دنیا به طور یکنواخت با زمان و صرفاً با تجمیع ساعات دمایی مورد انتظار DOY را با دقت خوبی برآورد می‌کند. در این پژوهش برای آشکارسازی نحوه تغییرات در منطقه مورد مطالعه از الگوی ساده (صفر و ۷ درجه سلسیوس) و میانگین نیاز سرمایی و گرمایی

تحلیل کمی نتایج در نمایه طول فصل رویش نشان می‌دهد، به میزان دو هفته در هر دهه به مقادیر GSL افزوده شده است. برای مثال متوسط طول فصل رویش در دهه ۱۹۸۰ برابر ۳۰۰ روز و در دهه ۲۰۰۰ برابر ۳۲۲ روز شده است. به طوری که در انتهای دوره آماری نسبت به ابتدای آن حدود یک ماه و نیم به GSL افزوده شد. در حالی که دامنه تغییرات دمای شبانه روزی حدود ۰/۲ درجه افزایش پیدا کرد. البته نکته قابل توجه این است که این نمایه اقلیمی تنها بعد دمایی فصل رویش گیاه را مورد بررسی قرار می‌دهد، لذا در مورد کشت دیم، بارندگی عامل مهم دیگری است که طول فصل رویش را تحت تاثیر خود کنترل می‌کند. لذا با توجه به تغییرات اقلیمی سال‌های اخیر بررسی طول فصل رویش و میزان تغییرات آن در این پژوهش مورد بحث است. در مورد کشت دیم در علوم زراعی و باغی بایستی از تحلیل نمودار دما - بارش نیز برای برآورد طول فصل رویش بهره برد.

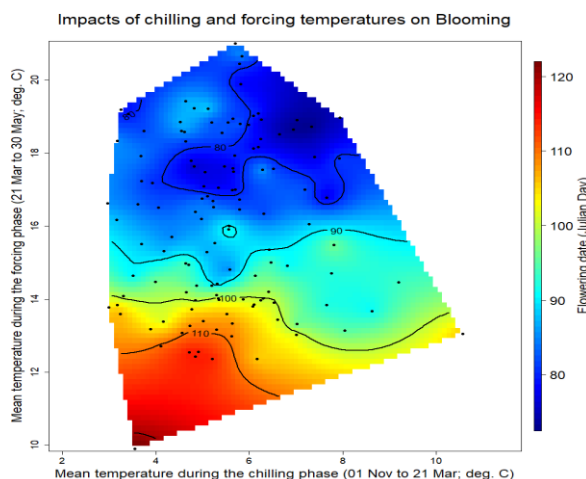
اما به منظور آشکارسازی تغییر اقلیم و تاثیر آن بر تامین نیاز سرمایی در منطقه، متغیر اقلیمی دمای هوا با مدل ریزمقیاس نمایی SDSM به صورت روزانه برای یک دوره درازمدت اقلیمی تا سال ۲۱۰۰ تحت سناریوهای اقلیمی RCP2.6 و RCP8.5 معرفی و بعد از واسنجی (۷۰ درصد) و صحت‌سنجی (۳۰ درصد) در این مرحله نمایه توافقی (d) (Willmott, 1982) برابر ۰/۹ با دقت قابل قبول (RMSE=0.8)، مدل مورد تجزیه و تحلیل در نرم‌افزار CHILLR قرار گرفته است. مشاهده می‌شود که دمای بیشینه و کمینه طی سال‌های ۲۱۰۰-۲۰۱۶ برای هر دو سناریوی RCP2.6 و RCP8.5 نسبت به دوره تاریخی (سال‌های ۲۰۱۵-۱۹۷۰) افزایش خواهد یافت. میانگین دمای بیشینه و کمینه در سناریوی RCP2.6 به ترتیب ۲۱ و ۸ درجه سلسیوس و در سناریوی

که احتمال شکفتن جوانه‌ها در اثر تامین ساعات سرمایی می‌رود، بین ۲ تا ۱۲ درجه سلسیوس است (محور افقی). در شکل (۳) روزشمار از مبدا ژانویه (Julian Day) یا DOY است که بر روی خطوط هم‌مقدار از ابتدای سال میلادی و نقاط مشکی در محدوده نمودار تاریخ‌های مرحله تکمیل فاز فنولوژی گیاه در طول دوره آماری و سناریوی اقلیمی RCP2.6 می‌باشد. محدوده درجه حرارت هوا در فاز گرمایشی که پس از تامین نیاز سرمایی تا شکوفایی گل گیاهان خزان‌دار ادامه دارد، بین ۱۰ تا ۲۲ درجه سلسیوس است. همان‌طور که در منحنی‌های شکل (۳) نشان داده شده است، تاریخ شکوفه‌دهی با فرض تامین نیاز سرمایی در فصل رکود گیاه در دوره مورد مطالعه با اثر گرمایش جو به میزان ۲ درجه سلسیوس در فاز گرمایشی در طول دوره آماری به میزان ۱۰ روز زودتر اتفاق می‌افتد.

مربوط به گیاهان خزان‌دار استفاده شد. مطابق نتایج حاصل از تحلیل تاریخ شکوفه‌دهی در سناریوی RCP2.6 بر مبنای تامین نیاز سرمایی و حرارتی به طور معنی‌داری (جدول ۱) از روز ژولویوسی ۱۰۵ (۲۶ فروردین) در دوره تاریخی مورد مطالعه به روز ژولویوسی ۸۴ (۵ فروردین) و ۷۹ (۲۹ اسفند) با انحراف معیار ۱۰ روز در آینده نزدیک (۲۰۱۶-۲۰۵۵) و آینده دور (۲۰۵۶-۲۱۰۰) تغییر خواهد کرد (جدول ۱). این تحلیل صرف‌نظر از مقادیر نیاز سرمایی و گرمایی با استفاده از مدل ChillR نشان‌دهنده تاثیر گرم شدن هوا بر تکمیل مراحل فنولوژی گیاهان در منطقه خواهد بود. همان‌طور که نتایج تحلیل تغییر دما در دو فاز سرمایشی و گرمایشی در منطقه مورد مطالعه مطابق شکل (۳) نشان می‌دهد، از آغاز خزان ۱۱ آبان (اول نوامبر) لغایت اول فروردین (۲۱ مارس)

جدول ۱. مقایسه میانگین و میزان تغییرات متغیرهای اقلیمی-فنولوژی در دوره تاریخی با دوره آینده

طول دوره تاریخی و سناریو اقلیمی اعمال شده	آماره	روز ژولویوسی (DOY)	میانگین دما در فاز سرمایش	میانگین دما در فاز گرمایش	میانگین دما در سال
۱۹۷۰-۲۰۱۵	میانگین	۱۰۵	۵/۹	۱۳/۸	۱۳/۲
	انحراف معیار	۱۰	۱/۵	۱/۱	۰/۹
	میانگین	۸۴	۴/۷	۱۶	۱۴
	انحراف معیار	۱۰	۱/۱	۱/۴	۰/۶
RCP2.6_ ۲۰۱۶-۲۰۵۵	درصد تغییرات %	-۲۰/۲	-۱۹/۴	۱۶/۱	۸/۹
	میزان تغییر	-۲۱	-۱/۱	۲/۲	۱/۲
	معنی‌داری	<۰/۰۰۰۱**	<۰/۰۰۰۱**	<۰/۰۰۰۱**	<۰/۰۰۰۱**
	میانگین	۷۹	۵/۷	۱۸/۵	۱۴/۷
RCP2.6_ ۲۰۵۶-۲۱۰۰	انحراف معیار	۱۱	۱/۱	۱/۰	۰/۶
	درصد تغییرات %	-۲۵	-۲/۸	۳۴/۵	۱۱/۹
	میزان تغییر	-۲۶	-۰/۲	-۴/۸	۱/۶
	معنی‌داری	<۰/۰۰۰۱**	۰/۹۲۳	<۰/۰۰۰۱**	<۰/۰۰۰۱**



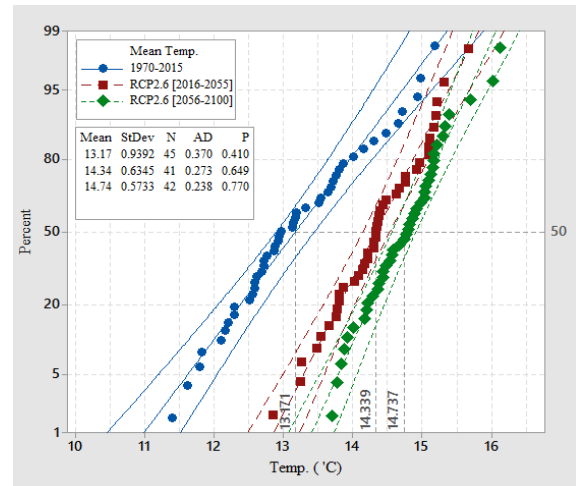
شکل ۳. اثر تغییر دمای هوا در فاز سرمایشی (محور افقی) و گرمایشی (محور عمودی) بر تاریخ فنولوژی گیاه

به طوری که تحلیل کمی آماری نشان می‌دهد با گرم شدن روزافزون در چند دهه آینده جابه‌جایی تاریخ شکوفه‌دهی در منطقه به میزان یک ماه و حتی بیشتر جابه‌جا می‌گردد. نتایج این پژوهش نشان داد که افزایش یا کاهش درجه حرارت هوا در طول دوره آماری به میزان ۵ تا ۶ هفته منجر به جابه‌جایی زمان وقوع رخداد مرحله فنولوژی گیاه خزان‌دار خواهد شد. این تغییر با توجه به خطر سرمازدگی دماهای پایین در بهار و پیش از بهار منجر به آسیب دیدن گل‌ها می‌گردد. تحلیل فراوانی دمای متوسط هوا و تاریخ شکوفه‌دهی در سه دوره مورد مطالعه تاریخی (۱۹۷۰-۲۰۱۵) و دوره آینده نزدیک (۲۰۱۶-۲۰۵۵) و دور (۲۰۵۶-۲۱۰۰) تحت سناریوی اقلیمی RCP2.6 مطابق شکل (۴) و (۵) آمده است.

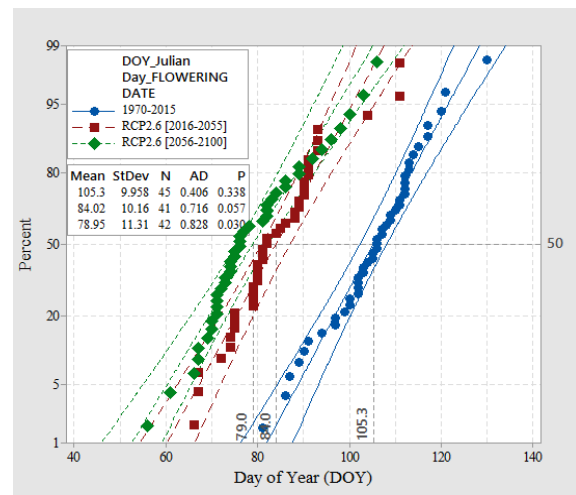
حال آن که مدل در دوره آینده تحت سناریو اقلیمی RCP2.6 به طور متوسط سه دهه زودتر از تاریخ‌های واقعی در طول دوره تاریخی وقوع مرحله شکوفه‌دهی را برآورد می‌کنند. این امر به خاطر افزایش قابل توجه دمای هوا طی این سال‌هاست. به طوری که در برخی از سال‌های حدی در توزیع تاریخ شکوفه‌دهی به هفته ابتدایی اسفند ماه نیز خواهد رسید. برای مثال مقدار حدی (DOY=56) برابر با هفتم اسفند ماه نیز در سناریوی RCP2.6 برآورد شد. مطابق شکل (۳) در دماهای بالا در فاز گرمایشی در آینده اقلیمی منطقه، تاریخ شکوفه‌دهی به کمتر از DOY=80 قبل از شروع فصل بهار می‌رسد. روند تغییرات در این پژوهش با مطالعات انجام شده توسط (Eccel *et al.*, 2009) با سناریوهای A2 و B1 با مدل HadCM3 و پژوهش (Hur & Ahn, 2017) با مدل HadGEM2-AO تحت سناریوهای RCP و مطالعه (Di Lena *et al.*, 2018) در شش دهه گذشته در آبروزو ایتالیا همخوانی دارد. برای مثال در شمال شرقی آسیا در سناریوهای اقلیمی حدی دوره آینده به میزان دو هفته زودتر، تاریخ اولین شکوفه‌دهی اتفاق خواهد افتاد. به نقل از Campoy *et al.*, 2018 و Di Lena *et al.*, 2018 اثر گرمایش جهانی بر کاهش عملکرد گیاهان خزان‌دار و جابه‌جایی به عرض‌های شمالی‌تر منجر می‌گردد. ارزیابی و پیش‌بینی تاریخ شکوفه‌دهی بر مبنای تامین ساعات سرمایشی و گرمایشی در منطقه مورد مطالعه بر حسب خروجی مدل اقلیمی در دو دوره تاریخی (۱۹۷۰-۲۰۱۵) و سناریوی اقلیمی RCP2.6 در دوره (۲۰۱۶-۲۱۰۰) تأثیر گرم شدن کره زمین در جابه‌جایی تاریخ شکوفه‌دهی را با تغییر معنی‌دار در میانگین دمای هوا به میزان سه دهه نشان می‌دهد. برای مثال تحقیقات (Kheirandish *et al.*, 2013) نیز به‌طور کلی نشان داد، طول فصل رشد برای هر سه آستانه دمایی تحت هر دو سناریوی انتشار پیشین (A2 و B1) در ایستگاه‌های مشهد و تهران و رشت افزایش خواهد یافت. لازم به ذکر است عوامل متعددی نظیر عوامل ژنتیکی (گونه و رقم)، نوع جوانه، نیاز سرمایی کمتر جوانه گل نسبت به جوانه رویشی، عرض جغرافیایی، ارتفاع از سطح دریاهای آزاد، نور و تغذیه می‌تواند بر تامین نیاز سرمایی گیاهان موثر باشد.

نتیجه‌گیری کلی

هر گیاه خزان‌داری برای تکمیل چرخه فنولوژیکی خود به مقداری حرارت و سرما نیاز دارند. با توجه به تنوع ارقام گیاهی، بین محققین اختلاف نظر زیادی در چگونگی تأمین این نیازها وجود دارد. مطالعات میدانی و آزمایشگاهی زیادی برای ارقام مختلف گیاهان برای تأمین نیاز سرمایی و پیش‌بینی مراحل فنولوژی



شکل ۴. توزیع آماری نرمال و مقایسه میزان تغییر میانگین دمای هوا در طول سه دوره آماری



شکل ۵. توزیع آماری نرمال و مقایسه میزان تغییر تاریخ شکوفه‌دهی در طول سه دوره آماری

داده‌های دما و تاریخ تکمیل فنولوژی در هر سه دوره در سطح آماری ۹۹ درصد اطمینان از توزیع نرمال پیروی می‌کنند. بر این اساس با احتمال وقوع ۵۰ درصد دمای متوسط هوا در سال‌های مورد مطالعه در سه دوره در نمودار مشخص شده است (شکل ۵). افزایش ۱/۵ درجه سلسیوس دما منجر به تغییر تاریخ شکوفه‌دهی از DOY برابر ۱۰۵ به ۸۰ در آینده نزدیک و ۷۹ در آینده دور می‌گردد. لازم به ذکر است تغییر اقلیم با کاهش و افزایش معنی‌دار میانگین منجر به جابه‌جایی توزیع آماری به سمت مقادیر حدی شده و با افزایش احتمال وقوع مقادیر حدی در مورد دما و تاریخ تکمیل مراحل فنولوژی در آینده مواجه خواهد شد. به طور متوسط در محدوده فصل بهار سال‌های دوره تاریخی ۱۹۷۰ تا ۲۰۱۵ با احتمال ۵۰ درصد تاریخ شکوفه‌دهی (شکل ۴) برآورد شده قبل از تاریخ ۲۷ فروردین یا (DOY=105) است.

درختان خزان‌دار، سه دهه پیش‌تر از موعد در مقایسه با حال حاضر می‌باشد. بر اساس تحلیل دوره‌های حرارتی حدی و افزایش وقوع احتمال دماهای پایین در تاریخ‌های پیش‌یابی‌شده در مورد گیاهان خزان‌دار احتمال تلاقی مراحل شکوفه‌دهی با یخبندان‌های دیررس و ریسک سرمازدگی و کاهش عملکرد افزایش پیدا می‌کند. نتایج این پژوهش بر مبنای الگوهای ساده پرکاربرد با توجه به نیاز سرمایشی و گرمایشی گیاه و تجمیع آن در طول دوره رویش سالانه به پیش‌یابی مرحله فنولوژی پرداخته است. به هر حال تغییر روند معنی‌دار تامین نیاز سرمایی بر اساس انباشت سرما و نیازهای گرمایشی موثر منجر به جابه‌جایی فصل رویش در منطقه مورد مطالعه است. در نهایت افزایش میزان دمای آینده، متاثر از تغییرات اقلیمی فرآیند تامین نیاز سرمایی و گرمایی را تحت تاثیر قرار داده و در وقوع تاریخ فنولوژیکی محصولات باغی خلل ایجاد می‌کند. بنابراین فرضیه اثر گرمایش جهانی بر عدم تامین نیاز سرمایی مورد تایید است. لذا اگرچه گرم‌شدن اقلیم محل موجب پیشگیری از یخبندان‌های دیررس بهاره و کاهش ریسک یخ‌زدگی در فصل بهار می‌شود، اما تغییر معنی‌دار در تاریخ وقوع مراحل فنولوژی منجر به افزایش ریسک در تولید محصولات باغی خزان‌دار در منطقه می‌شود.

سیاسگزاری

از حمایت مالی و معنوی معاونت پژوهش و فناوری دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری برای این پژوهش که در قالب طرح پژوهشی با شماره ۱۷-۱۳۹۶-۰۲ انجام شده است، قدرانی به‌عمل می‌آید.

انجام شده است. تعیین تاریخ شکوفه‌دهی با تامین نیاز سرمایی و حرارتی موردنیاز ممکن می‌گردد. این پژوهش با هدف ارزیابی اثر تغییر اقلیم بر تامین نیاز سرمایی و برآورد تاریخ شکوفه‌دهی در شرایط نماینده اقلیمی ایستگاه هواشناسی کیاسر در شهرستان ساری انجام شد. با استفاده از الگوهای ساده، نیاز سرمایی و تجمیع سرما و گرما در دو دوره اقلیمی تاریخی و آینده تحت سناریوی اقلیمی RCP انجام شده است. مطابق با پژوهش (Hur & Ahn, 2017) که با سناریوهای اقلیمی مشابه (RCP) انجام شد، نتایج این تحقیق نیز نشان داد که افزایش دمای سطحی هوا منجر به جابجایی و تغییر روند زمان وقوع مراحل فنولوژیکی گیاهان خزان‌دار در منطقه مورد مطالعه می‌گردد. لازم به ذکر است آگاهی دقیق از زمان وقوع شکوفه‌دهی تحت تاثیر دمای کمینه و بیشینه هوا در دوره آینده و نیاز گیاه مورد نظر است. اما پاسخ این پرسش که آیا نیاز سرمایی درخت خزان‌دار در دوره آتی تامین می‌شود، می‌تواند کمک قابل توجهی به مدیریت درختان پیش از گلدهی و ثمردهی باغ و به‌ویژه احداث باغ‌ها در منطقه نماید. نتایج این پژوهش با توجه به پیش‌یابی دمای هوا تحت سناریو اقلیمی بزرگ مقیاس هواشناسی در آینده تا سال ۲۱۰۰ نشان از افزایش ۱/۵ درجه سلسیوس دما در دوره آینده تحت سناریوی RCP2.6 بوده است. تغییر معنادار دمای سطحی هوا منجر به تغییر معنادار تاریخ شکوفه‌دهی در دو دوره اقلیمی آینده نزدیک و دور به مقدار قابل توجه یک ماه (همخوانی با نتایج تغییر ۱۵ روزه نسبت به دوره تاریخی (Hur & Ahn, 2017) و جابجایی ۴۵ روزه در سه دهه آماری (Eccel *et al.*, 2009)) می‌گردد. به این معنی که با افزایش دما در آینده در طول ساعات شبانه روز بر اساس انباشت دماهای فنولوژیکی، تاریخ وقوع رخداد هر کدام از مراحل رشد و نمو

REFERENCE

- Aguilar, E., Peterson, T. C., Obando, P. R., Frutos, R., Retana, J. A., Solera, M., ... & Valle, V. E. (2005). Changes in precipitation and temperature extremes in Central America and northern South America, 1961–2003. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 110(D23).
- Bennett, J. (1950). Temperature and bud rest period: Effect of temperature and exposure on the rest period of deciduous plant leaf buds investigated. *California Agriculture*, 4, 11-16.
- Campoy, J. A., Darbyshire, R., Dirlwanger, E., Quero-Garcia, J., & Wenden, B. (2018). Productivity definition of the chilling requirement reveals underestimation of the impact of climate change on winter chill accumulation. *bioRxiv*, 285361.
- Cesaraccio, C., Spano, D., Snyder, R.L., Duce, P. (2004). Chilling and forcing model to predict bud-burst of crop and forest species. *Agricultural and Forest Meteorology*, 126, 1-13.
- Darbyshire, R., Webb, L., Goodwin, I., Barlow, S. (2011). Winter chilling trends for deciduous fruit trees in Australia. *Agricultural and Forest Meteorology*, 151, 1074-1085.
- Di Lena, B., Farinelli, D., Palliotti, A., Poni, S., DeJong, T. M., & Tombesi, S. (2018). Impact of climate change on the possible expansion of almond cultivation area pole-ward: a case study of Abruzzo, Italy. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 93(2), 209-215.
- Eccel, E., Rea, R., Caffarra, A., Crisci, A. (2009). Risk of spring frost to apple production under future climate scenarios: the role of phenological acclimation. *International journal of biometeorology*, 53, 273-286.
- Feng, S., Hu, Q., & Qian, W. (2004). Quality control of daily meteorological data in China, 1951–2000: a new dataset. *International Journal of Climatology: A Journal of the Royal Meteorological*

- Society, 24(7), 853-870.
- Hamed, K. H., & Rao, A. R. (1998). A modified Mann-Kendall trend test for autocorrelated data. *Journal of Hydrology*, 204(1-4), 182-196.
- Hur, J., & Ahn, J. B. (2017). Assessment and prediction of the first-flowering dates for the major fruit trees in Korea using a multi-RCM ensemble. *International Journal of Climatology*, 37(3), 1603-1618.
- Imani, M., Hosseinzadeh, A., Hasandokht, M., Naghavi, M., Choukan, R. (2017). Inheritance flowering time survey in Lettuce (*Lactuca sativa* L.) by generations mean analysis. *Iranian Journal of Horticultural Science*, 48(3), 681-688. doi: 10.22059/ijhs.2017.209742.1031.
- Jafarzadeh, A., Khaseii, A., Shahidi, A. (2016). Designing a multiobjective decision-making model to determine optimal crop pattern influenced by climate change phenomenon (case study: Birjand plain). *Iranian Journal of Soil and Water Research*, 47(4), 849-859. doi: 10.22059/ijswr.2016.59991
- Kheirandish, M., Ghahreman, N., Bazrafshan, J. (2013). A Study of the Effects of Climate Change on Length of Growing Season in Several Climatic Regions of Iran. *Iranian Journal of Soil and Water Research*, 44(2), 143-150. doi: 10.22059/ijswr.2013.50059
- Luedeling, E. (2013). chillR: statistical methods for phenology analysis in temperate fruit trees. R package version 0.54.
- Rahimpour, P., Sobhani B. & Salahi B., (2012), Evaluation of the Climate Change Effect on the Apples' Flowering Stage in Meshgin Shahr Region, Ardabil. 5th International Conference on New Ideas in Agriculture, Environment and Tourism. Tehran.
- Sabziparvar, A., & Norooz Valashedi, R. (2015). Impact of Climate Change on Winter Chilling Trend for Deciduous Fruit Trees (Case Study: Hamadan). *Journal of Horticulture Science*, 29(3), 358-367. doi:10.22067/jhorts4.v0i0.25197.
- Saure, M. C. (1985). Dormancy release in deciduous fruit trees. *Horticultural Reviews*, 7, 239-300.
- Stocker, T. F., Qin, D., Plattner, G. K., Tignor, M., Allen, S. K., Boschung, J. & Midgley, P. M. (2013). IPCC, 2013: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, 1535 pp.
- Tallarida, R. J., & Murray, R. B. (1987). Mann-whitney test. In *Manual of Pharmacologic Calculations* (pp. 149-153). Springer, New York, NY.
- Weinberger, J. H. (1950). Chilling requirements of peach varieties. In *Proceedings. American Society for Horticultural Science*. 56, 122-8.
- Wilby, R. L., Dawson, C. W., & Barrow, E. M. (2002). SDSM—a decision support tool for the assessment of regional climate change impacts. *Environmental Modelling & Software*, 17(2), 145-157.
- Zhang, J., & Taylor, C. (2011). The Dynamic model provides the best description of the chill process on 'Sirora' pistachio trees in Australia. *HortScience*, 46(3), 420-425.
- Zhang, X., & Yang, F. (2004). RCLimDex (1.0) user manual. Climate Research Branch Environment Canada, 22.
- Willmott, C. J. (1982). Some comments on the evaluation of model performance. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 63(11), 1309-1313.