

## پایش و پیش‌بینی حدی دما و تاثیر آن بر روی کشاورزی مطالعه موردی: توت فرنگی استان کردستان

سامان فشخورانی<sup>۱\*</sup> - محمد سلیقه<sup>۲</sup> - مهری اکبری<sup>۳</sup>

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۹/۱۳

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۱۰/۳۰

### چکیده

هدف از این پژوهش بررسی دماهای حدی استان کردستان، پیش‌بینی آن و تاثیری که بر عملکرد توت‌فرنگی خواهد گذاشت، می‌باشد، به این منظور ضمن اخذ داده‌های میانگین دمای روزانه، میانگین حداکثر و حداقل دما، دمای حداکثر مطلق، دمای حداقل مطلق و بررسی پتانسیل دمایی منطقه، درجه حرارت‌های بحرانی برای توت فرنگی تعیین و تاریخ وقوع آن و طول دوره رشد محاسبه گردید. داده‌های عملکرد توت فرنگی نیز اخذ و تاثیر دماهای حدی و تاریخ وقوع با استفاده از ضریب همبستگی اسپیرمن محاسبه گردید. در نهایت جهت بررسی اثر تغییرات اقلیمی با استفاده از مدل SDSM تحت سناریوی rcp2.6، از سناریوهای CMIP5 داده‌های آینده در بازه‌های زمانی ۲۰۵۹-۲۰۲۰ و ۲۰۹۹-۲۰۶۰ تولید شد. همچنین در نرم افزار SMADA احتمال وقوع دماهای حدی در دوره بازگشت‌های مختلف بررسی شد. نتایج نشان می‌دهد تاریخ‌های وقوع دماهای دی نوسان زیادی نداشته و آخرین دمای حدی (حداقل دمای مور نیاز برای آغاز رشد توت فرنگی) گرایش به زودرس بهاره (نسبت به میانگین تاریخ‌های وقوع زودتر رخ می‌دهد) و خرداد اولین دماهای حدی (حداکثر دمای مناسب برای رشد توت فرنگی) در اواخر تیر بصورت زودرس تابستانه (نسبت به میانگین تاریخ‌های وقوع زودتر رخ می‌دهد) می‌باشد و فصل رشد تقریباً کوتاه (چهار ماهه) برای توت فرنگی در فضای باز شاهد خواهیم بود. دمای حداقل، بیشترین تاثیر را در فروردین و دمای حداکثر بیشترین تاثیر را در تیر دارد. بالاترین میزان همبستگی بین میانگین ماهانه دما و عملکرد ماهانه توت فرنگی مربوط به ماه‌های اردیبهشت و خرداد می‌باشد. داده‌های شبیه سازی شده نشان می‌دهد در فصل رشد شاهد افزایش یک تا دو درجه‌ای دما و زودرس شدن دمای حداقل بهاره و دمای حداکثر تابستانه خواهیم بود. بنابراین با توجه به پتانسیل دمایی منطقه، پیشنهاد می‌شود در برنامه‌ریزی‌های مربوطه کشت زود هنگام و زودرس شدن توت فرنگی در دستور کار قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی: مدل SDSM، پتانسیل دمایی، دوره رشد

### مقدمه

فیزیولوژیکی در آن بوجود می‌آید که ممکن است مانع از رشد بهینه گیاه شود. بنابراین گیاهان برای رشد بهینه به محدوده دمایی خاصی احتیاج دارند و خارج شدن از این محدوده بعنوان یک تنش محسوب میشود. برای مثال دمای ۴ درجه سانتیگراد باعث سیاه شدن برگ‌های نوعی ریحان (*Ocimum × citriodourum*) شد که علت آن را فعالیت زیاد پراکسیدازها و پلیفنل اکسیداز دانستند. (۲۳) در پژوهشی برای انتخاب رقم مناسب توت فرنگی جهت کشت در فضای آزاد در استان کردستان، با بررسی یازده صفت مورفولوژیکی، فنولوژیکی، عملکرد اجزا و عملکرد میوه طی کاشت دوازده رقم توت فرنگی بر روی یک پشته با فواصل یک متری به این نتیجه رسیدند که رقم کوبین الیزا به دلیل سازگاری خوب با شرایط آب و هوایی و خاک استان کردستان و نیز داشتن عملکرد بالا میتواند جایگزین مناسبی برای رقم محلی کردستان باشد. (۳۰). این سیاه شدن در برگ‌های بالغ بیشتر از برگ‌های جوان بود. محدوده دمای بحرانی کاهو در شب ۳ تا

تاثیر عوامل آب و هوایی بر روی محصولات کشاورزی از اهمیت فوق العاده ای برخوردار می باشد، بنابراین اگر در برنامه‌ریزی‌های کشاورزی نسبت به نقش عوامل و عناصر جوی آگاهی کافی وجود نداشته باشد توفیق چندانی حاصل نخواهد شد، زیرا ثابت شده است که در بیشتر موارد، بازده کم محصولات کشاورزی نتیجه عدم حفظ و ناتوانی در ایجاد شرایط متعادل جوی است. تنش‌های دمایی از مهمترین عوامل محدودیت رشد گیاهان میباشند. در اکثر گیاهان وقتی گیاه در معرض فرین‌های دمایی قرار گیرد، تغییرات

۱، ۲، ۳- به ترتیب دانش‌آموخته دکتری و استادان گروه آب و هواشناسی، دانشگاه خوارزمی تهران

\*- نویسنده مسئول: (Email: Samanfashkhorani65@gmail.com  
DOI: 10.22067/jsw.v32i1.67964

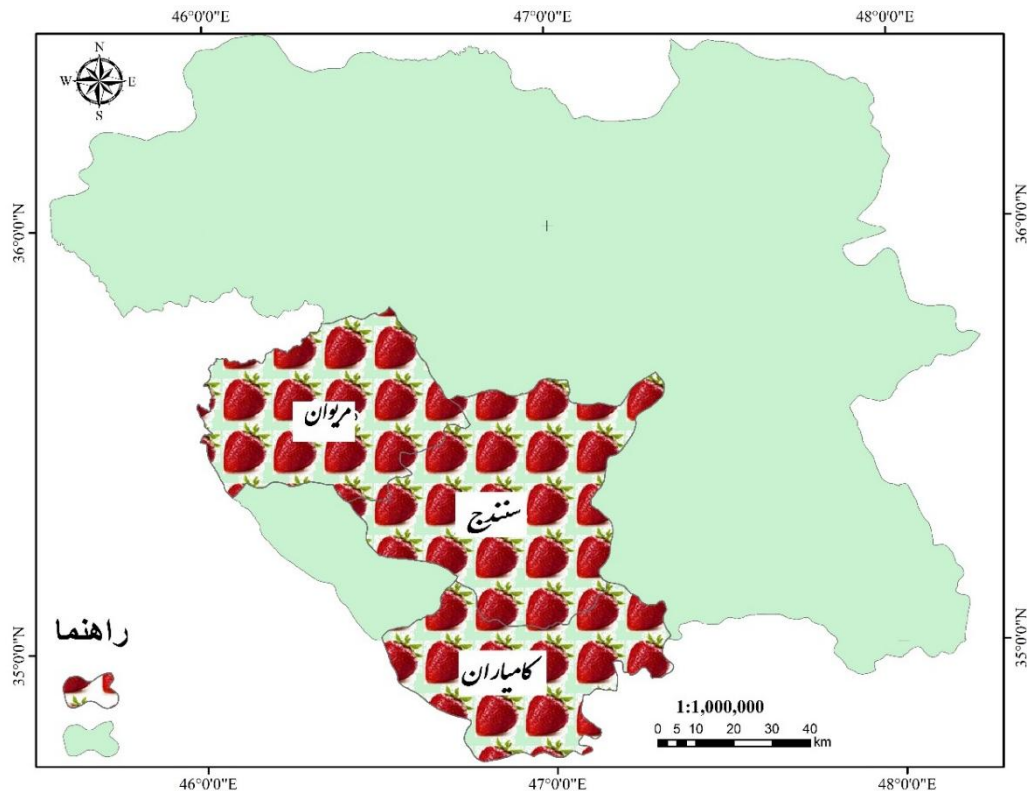
تولید سالانه بیش از چهل هزار تن و حدود ۸۰ درصد کل تولید سالانه توت فرنگی در کشور) باعث شد تا تحقیقی در زمینه تاثیر تنش‌های دمایی بر محصول توت فرنگی استان انجام شود بلکه نتایج تحقیق کمکی در حل مسائل مربوطه باشد.

### مواد و روش‌ها

در این پژوهش به منظور بررسی و پایش حدی دما، در استان کردستان با توجه به اینکه قسمت جنوب غرب استان کردستان و بالاخص سه شهرستان سنندج، مریوان و کامیاران در زمینه تولید توت فرنگی بیشتر از سایر شهرستان‌های استان فعالیت داشته و در حدود ۹۰ درصد کل تولید توت فرنگی استان به ویژه در زمینه تولید در فضای باز را به عهده دارند. بنابراین این منطقه به عنوان منطقه اصلی پژوهش در نظر گرفته شد (شکل ۱) و داده‌های مربوط به دما و تولید توت فرنگی در این منطقه زمینه اصلی این پژوهش را تشکیل میدهد. لازم به ذکر است استان کردستان با مساحتی بالغ بر ۲۸۲۰۳ کیلومتر مربع (معادل ۱/۷ درصد مساحت کل کشور) در غرب کشور ایران و در مجاورت خاک عراق واقع شده است، از شمال به استانهای آذربایجان غربی و زنجان از غرب به کشور عراق از جنوب به استان کرمانشاه و از شرق به استان همدان و قسمتی دیگر از استان زنجان محدود می‌شود. شهرستان سنندج مرکز استان کردستان است.

با توجه به اینکه در این پژوهش کشت توت فرنگی در فضای باز مورد توجه است و اینکه ایستگاه‌های هواشناسی در این شهرستان‌ها به لحاظ نزدیکی بعد مسافت به مزارع، ارتفاع از سطح آب‌های آزاد و طول و عرض جغرافیایی میتوانند مبین شرایط دمایی در فضای باز مزارع باشند. بنابراین آمار روزانه دمای سه شهرستان سنندج، مریوان و کامیاران را در جداول اکسل قرار داده و بررسی کافی بودن سال‌های آماری، توسط کنترل دقیق داده‌ها بر روی آنها انجام گرفت و نقص‌های اندک آماری موجود در دوره مطالعاتی با روش تفاضل‌ها و نسبت‌ها اصلاح گردید. سپس همگنی داده‌ها با فرمول موکاس (*MOCKUS*) و ران تست کنترل شد. پس از کنترل داده‌ها و بررسی پتانسیل دمایی منطقه مورد مطالعه به تعیین دماهای حداقل و حداکثر مورد نیاز توت فرنگی برای رشد که با توجه به رجوع به جهاد کشاورزی استان کردستان و مرکز تحقیقات توت فرنگی و مشاوره با کارشناسان این سازمان از جمله مصاحبه با آقای محمد سرسیفی که تحقیقات بسیاری در مورد توت فرنگی انجام داده اند و دمای حداقل ۵ درجه سانتیگراد و حداکثر ۳۵ درجه سانتیگراد را برای محصول توت فرنگی در استان کردستان را اعلام کردند، بنابراین در این پژوهش نیز از این درجه حرارت‌ها استفاده شد.

۱۲ درجه سانتیگراد و در روز ۱۷ تا ۲۸ درجه است. دماهای خارج از این محدوده باعث به گل رفتن، کاهش تشکیل سر و تلخی کاهو میشود (۳۱). در مورد گوجه فرنگی نیز تنش سرما باعث کاهش فتوسنتز خالص و هدایت روزنه ای مخصوصا در گیاهان دارای کمبود عناصر غذایی میشود (۲۷). (۷) میزان خسارت گل‌های توت فرنگی بر اثر یخبندان را به روش غربال‌گیری ارزیابی کردند. آنها گل‌های توت فرنگی را در معرض دماهای پایین قرار داده و فلورسانس کلروفیل را در همه تیمارها اندازه‌گیری کردند. میزان فلورسانس کلروفیل متغیر در همه ژنوتیپ‌ها وقتی گل‌ها در ۳- درجه سانتیگراد نگهداری شدند، قدری کاهش پیدا کرد. این کاهش کم در بیشتر ارقام مقاوم به سرما معنی‌دار نبود، اما در بسیاری از ارقام حساس به سرما رابطه معنی‌داری مشاهده شد. (۱۲) به پیش بینی سرمای دیررس بهاره و یخبندان زودرس پاییزه برای تعدادی از گیاهان زراعی و باغی استان چهارمحال و بختیاری پرداخت که در نهایت به این نتیجه رسید که روند تغییرات زمان وقوع سردهای مضر حرارتی برای دوران سرمای بهاره از یک روند صعودی و برای دوران یخبندان پاییزه از یک روند نزولی پیروی میکند. (۱۱) به بررسی درجه حرارت تحمل به سرمای ارقام مختلف برنج در مرحله جوانه‌زنی پرداخت. نتایج حاصل از تعیین شاخص حساسیت نسبت به تنش برای ارقام مورد مطالعه از نظر صفات درصد جوانه زنی نشان داد که ارقام مورد بررسی از نظر مقاومت و حساسیت به سرما اختلاف زیادی دارند. (۳۰) طی مطالعه ای بر روی روند رخداد یخبندان دیر رس بهاره، زود رس پاییزه، طول دوره یخبندان و تعداد روزهای یخبندان با هدف کاهش خسارت‌های کشاورزی در چند نمونه اقلیمی ایران (تبریز، تهران، زاهدان، شیراز، کرمانشاه و مشهد) به طور کلی به این نتیجه رسیدند که جز در مورد تبریز و زاهدان، طول دوره ای که گیاه به دور از ریسک مواجه شدن با یخبندان میتواند به رشد و توسعه بپردازد، افزایش یافته و همچنین جز در زاهدان، تعداد روزهای یخبندان در مابقی ایستگاه‌ها دچار کاهش شده است (۲۲) به مدلسازی خسارت یخبندان بهاره درختان میوه (محصول سیب) در مکان دشت مشهد پرداختند و به این نتیجه رسیدند که بیشترین ضریب همبستگی میان خطر خسارت یخبندان با دمای حداقل و به میزان ۰/۸۶۷ می‌باشد. در زمینه تاثیر تنش‌های دمایی بر زراعت، پژوهش‌های بسیاری صورت گرفته، این موضوع و خسارات فراوان ناشی از تنش‌های دمایی که سالانه گریبانگیر محصولات زراعی استان کردستان میشود (خسارت ۵۰ تن محصولات باغی استان کردستان در سال ۹۴، با ارزش ریالی ۲۴۴ میلیارد تومان به دلیل سرمای دیر رس بهاره) نشان دهنده اهمیت موضوع تاثیر دماهای حدی بر کشاورزی منطقه می‌باشد. همچنین با توجه به جایگاهی که میوه استراتژیک توت فرنگی در استان کردستان دارد



شکل ۱- نقشه محدوده تولید توت فرنگی در استان کردستان  
Figure 1- Map of Strawberry Production Range in Kurdistan Province

دمای حدی (دمای حداکثر تابستانه) روز شمار شده و طول فصل رشد مشخص گردید. در مرحله بعد جهت محاسبه همبستگی میزان تولید توت فرنگی با دماهای حدی و تاریخ وقوع دماهای حدی و همچنین محاسبه همبستگی میزان تولید توت فرنگی در هر سال با طول فصل رشد توت فرنگی در آن سال، آمار میزان تولید این گیاه از سازمان جهاد کشاورزی استان کردستان اخذ گردید که متأسفانه به علت اینکه توت فرنگی میوه‌ای نسبتاً جدید بوده و از تولید عمده آن در استان کردستان زمان زیادی نمی‌گذرد و از اوایل دهه هشتاد تولید این میوه در سازمان جهاد کشاورزی و تحقیقات توت فرنگی استان کردستان ثبت شده است، لذا با توجه به این موضوع که آمار معتبر موجود در سازمان جهاد کشاورزی استان کردستان در مورد میزان تولید و سطح زیر کشت توت فرنگی از سال ۱۳۸۱ به بعد موجود می‌باشد، بنابراین آمار ۱۵ ساله میزان تولید این میوه در سطح استان تهیه شد و میزان همبستگی محاسبه و در جداولی تهیه گردید. در این زمینه از روش های آماری همچون ضریب چولگی برای بررسی توزیع نرمال داده‌های مربوط به تاریخ وقوع دماهای حدی و از ضریب همبستگی اسپیرمن (رتبه‌ای) برای بررسی رابطه دماهای حدی و عملکرد توت‌فرنگی استفاده شد، این ضریب همبستگی به این دلیل انتخاب گردید که داده‌های مربوط به تاریخ وقوع دمای حدی باید تبدیل شود

تاریخ وقوع آنها و در نهایت تعیین طول فصل رشد این گیاه پرداخته شد. در واقع آخرین تاریخی که در آن درجه حرارت حداقل ۵ درجه سانتیگراد به مدت ۵ روز پیاپی در ابتدای فصل رویش و اولین تاریخی که در آن دمای حداکثر ۳۵ درجه سانتیگراد به مدت ۵ روز پیاپی در پایان فصل رشد توت فرنگی به ثبت رسیده است، استخراج شود. در این مورد با توجه به اینکه پس از رجوع به مرکز تحقیقات توت فرنگی و مصاحبه با کارشناسان این مرکز به خصوص راهنمایی‌های آقای دکتر محمد سرسیفی که سالها بر روی توت فرنگی تحقیق کرده اند، دمای مورد نیاز برای آغاز رویش توت فرنگی دمای حداقل ۵ درجه سانتیگراد در نظر گرفته شد که معمولاً این مقدار دما در ماه‌های اسفند و فروردین رخ می‌دهد و رشد توت فرنگی در فضای باز نیز در ماه‌های اسفند و فروردین می‌باشد، بنابراین ماه‌های اسفند و فروردین به منظور بررسی اولین رخداد دمای حداقل بهار و همین‌طور با توجه به اینکه دمای ۳۵ درجه سانتیگراد به عنوان حداکثر دمای مناسب برای رشد و نمو توت فرنگی در نظر گرفته شد و این مقدار دما به طور معمول در ماه‌های تیر و مرداد رخ میدهد بنابراین ماه‌های تیر و مرداد برای بررسی اولین رخداد حداکثر دمای مورد نیاز گیاه توت فرنگی انتخاب و مبنای کار قرار داده شدند و حفاصل بین تاریخ آخرین دمای حدی (دمای حداقل بهار) و اولین

آزمون کلموگروف-اسمیرنوف مشخص کرد که اعداد روزشماری شده تاریخ وقوع دمای بحرانی و طول فصول رشد در تمامی سالهای مورد مطالعه (از سالی به سال دیگر) در ایستگاه سنندج تقریباً دارای توزیع نرمال هستند. خط روند نیز نشان داد بین تاریخ های وقوع اولین و آخرین فرین های دمایی با زمان (سال) در ایستگاه سنندج ارتباطی ضعیف و منفی وجود داشته و روند زمان از سالی به سال دیگر، در نوسان رخداد آنها مؤثر نبوده است. محاسبات مربوط به ضریب چولگی ایستگاه سنندج در مورد تاریخ وقوع دماهای بحرانی و طول فصل رشد (جدول ۱) چوله های تقریباً متقارنی را نشان میدهد و در سالهای مورد مطالعه، نخستین دماهای بحرانی در تاریخ های تقریباً مساوی نسبت به تاریخ میانگین به دست آمده (۲۹ اسفند)، رخ داده اند و به نسبت بسیار کمی چوله به چپ گرایش دارد، یعنی تقریباً تعداد بیشتری از تاریخ های رخداد اولین دماهای بحرانی قبل از تاریخ میانگین رخ داده اند و اکثراً در اسفندماه رخ داده اند. همچنین در مورد آخرین دمای بحرانی نیز چولگی ضعیف و مثبت نشان دهنده تقسیم رخداد فرین های دمایی واپسین به نسبت تقریباً مساوی نسبت به تاریخ میانگین به دست آمده (۲۳ تیر) می باشد. ضریب چولگی طول فصل رشد نیز بسیار ضعیف و نشان دهنده تقارن تعداد روزهای رشد نسبت به میانگین به دست آمده (۱۱۶ روز) است. بنابراین در کل شاهد نوسان زیادی در تاریخ های رخداد دمای فرین و طول فصل رشد نمیباشیم. ضریب چولگی ضعیف منفی مربوط به اعداد تاریخ وقوع اولین دماهای بحرانی، نشان می دهد که اغلب فرین های دمایی بهاره در طی دوره آماری انتخاب شده در این ایستگاه، بیشتر گرایش به سوی فرین های زودرس بهاره داشته (اواخر اسفند) و کمتر به صورت دمای بحرانی دیر رس بهاره ظاهر شده اند. به عبارت دیگر خاتمه تاریخ وقوع آخرین دمای بحرانی بهاره این ایستگاه اکثراً زود انجام گرفته و بارها در اسفند اتفاق افتاده است. همچنین محاسبات نشان میدهد ضرایب چولگی در میوان و کامیاران نیز ضعیف بوده و نسبت به میانگین خود حالت متقارنی را نشان میدهند.

جهت بررسی تاثیر زمان وقوع دماهای حدی بر روی میزان عملکرد سالانه توت فرنگی، داده های مربوط به تاریخ وقوع آخرین دمای حدی بهاره و اولین دمای حدی تابستانه با عملکرد سالانه توت فرنگی در منطقه مورد مطالعه مقایسه شد. برای این کار ابتدا داده های مربوط به تاریخ وقوع دماهای حدی رتبه بندی گردید به طور مثال به داده ای که مربوط به تاریخ وقوع دمای حدی در اواخر فروردین بود و تاثیر منفی بر رشد توت فرنگی داشت ارزش کمتر و به تاریخی که در اوایل اسفند رخ داده بود و خسارتی به رشد توت فرنگی وارد نمیکرد ارزش و رتبه بالاتری تعلق گرفت. به همین صورت داده های عملکرد توت فرنگی نیز بنابه میزان عملکردی که داشته اند ارزش دهی شدند و همبستگی اسپیرمن (رتبه ای) آنها محاسبه گردید. نتایج نشان داد که همبستگی تاریخ وقوع دمای حدی بهاره بر روی عملکرد سالانه

و یا اینکه دمای ۳۵ درجه سانتیگراد با وجود اینکه بازدهی منفی در عملکرد توت فرنگی دارد، اما در محاسبات همبستگی معمول مثبت محاسبه میشود، بنابراین این داده ها نسبت به ارزشی که دارند رتبه بندی و سپس بر حسب رتبه ای که دارند همبستگی آنها محاسبه شود. از ضریب تعیین برای بررسی توانمندی و اعتبار خط رگرسیون و از خط روند برای بررسی گرایش داده های دمایی استفاده شد. در نهایت پس از محاسبه میزان همبستگی طول فصل رشد و میزان عملکرد و همچنین محاسبه همبستگی تاریخ و میزان دمای حداقل و حداکثر رخ داده با میزان تولید توت فرنگی و تعیین اینکه دمای حداکثر و حداقل و تاریخ وقوع این دماها تا چه میزان بر روی تولید توت فرنگی تاثیر داشته است، با آگاهی نسبت به این موضوع که دماهای حدی چه تاثیری در میزان تولید توت فرنگی دارند، به منظور پیش بینی دمای حداقل و حداکثر استان کردستان در آینده براساس سناریوی *rcp26* از سناریوهای اقلیمی *CMIP5* در بازه های ۲۰۵۹-۲۰۲۰ و ۲۰۹۹-۲۰۶۰ داده های شبیه سازی شده تولید و خلاصه شدند. لازم به ذکر است در این پژوهش از نرم افزار های آماری همچون اکسل (*Excell*) و اس پی اس اس (*Spss*) برای برآزش داده ها و بررسی رابطه آنها و از روش ریزمقیاس نمایی در نرم افزار اس دی اس ام (*SDSM*) برای پیش بینی وضعیت اقلیمی آینده و از نرم افزار اس مادا (*SMADA*) برای برآورد احتمال دوره بازگشت درجه حرارت های تنش زا و تاریخ وقوع آنها استفاده گردید.

## نتایج و بحث

داده های دمایی (دمای حداقل، دمای حداکثر و میانگین دما) منطقه مورد مطالعه (سنندج، میوان و کامیاران) از زمان بدو تاسیس هر ایستگاه تا سال ۱۳۹۵ از سازمان هواشناسی استان، اخذ و کارهای ابتدایی بر روی آنها انجام گرفت. آزمون کافی بودن تعداد سالهای آماری، مشخص نمود که دوره آماری ۱۵ سال برای تجزیه و تحلیل دماهای بحرانی کافی است، بنابراین یک دوره ۱۵ ساله (۱۳۹۰-۱۳۷۶) به عنوان جامعه آماری نمونه انتخاب گردید تا بین میانگین آمار دراز مدت و میانگین جامعه نمونه و همچنین میان تک تک سال های آماری موجود با جامعه نمونه مقایسه به عمل آید. نتایج آزمون ران تست نشان داد که تمام داده های مربوط به روز شمار کردن تاریخ وقوع دماهای بحرانی و طول فصول رشد در ایستگاه سنندج همگن بوده و به همگن سازی آنها نیازی نیست. سپس تاریخ رخداد فرین های دمایی مشخص شد و با روزشمار کردن فاصله میان این دو تاریخ، طول دوره رشد محاسبه گردید. آزمون های نرمال بودن داده های مربوط به اعداد روز شمار تاریخ وقوع اولین و آخرین دمای بحرانی و نیز طول فصل رشد ایستگاه سنندج ثابت کرد که اعداد مذکور از توزیع نرمال پیروی می کنند و نمودار توزیع نرمال براساس

توت فرنگی به ترتیب برای سنندج، مریوان، کامیاران ۰۰/۳۲۵، ۰۰/۳۴۳، عملکرد توت فرنگی به ترتیب برای سنندج، مریوان، کامیاران ۰۰/۰۱۶، ۰۰/۴۲۵، و همبستگی تاریخ وقوع نخستین دمای حدی تابستانه و ۰۰/۰۱۲، ۰۰/۰۲۲ میباشد.

جدول ۱- ضریب چولگی و میزان نوسان تاریخ‌های وقوع دماهای فرین ایستگاه سنندج

Table 1- Kurtosis and swing rate of date of the temperatures at the station of Sanandaj

متغیرها Variables	میانگین Average	میزان نوسان swing rate	ضریب چولگی coefficient of kurtosis
اولین دمای بحرانی (first critical temperature)	29 اسفند March 29	از 6 اسفند تا 29 فروردین March 6 to March 29	-0.071
آخرین دمای بحرانی (last critical temperature)	23 تیر July 23	از 8 تیر تا 2 مرداد July 8 to August 2	0.048
تعداد روزهای طول فصل رشد (days of growing)	116.5 روز 116.5 days	از 97 روز تا 147 روز From 97 days to 147 days	0.011

جدول ۲- میزان همبستگی تاریخ وقوع آخرین دمای حداقل (تاریخی که در آن برای آخرین بار در آن سال زراعی، حداقل دمای مورد نیاز توت فرنگی رخ داده و از آن پس دما بالاتر از حداقل مورد نیاز بوده و توت فرنگی میتواند رشد کند) و عملکرد توت فرنگی سالانه در سنندج

Table 2- Correlation between the date of occurrence of the latest minimum temperature and annual strawberry production in Sanandaj

سال‌ها years	رتبه تاریخ آخرین دمای حداقل Date of last minimum temperature rating	تاریخ آخرین دمای حداقل Date of last minimum temperature	رتبه میزان عملکرد Performance rating	سطح کشت Under cultivation (ha)
1381	3	1.11	3	1500
1382	3	1.10	3	1530
1383	1	1.29	2	1560
1384	4	1.7	4	1620
1385	9	12.6	5	1625
1386	3	1.10	3	1620
1387	8	12.15	7	1358
1388	7	12.28	6	1300
1389	7	12.28	2	1310
1390	10	12.8	6	1300
1391	8	12.25	7	1310
1392	6	1.1	8	1410
1393	7	12.29	10	1450
1394	7	12.25	10	1600
1395	7	12.21	10	1650

می‌باشد. همچنین میزان همبستگی تاریخ وقوع نخستین دمای حدی تابستانه و میانگین ماهانه دمای تیر ماه نیز محاسبه گردید که ضریب آن برای سنندج، مریوان و کامیاران به ترتیب ۰۰/۰۵، ۰۰/۰۳ و ۰۰/۰۶ به دست آمد. این نتایج در واقع میتواند نشان دهنده عدم تاثیر تاریخ وقوع دمای حدی بر روی میانگین دمای ماهانه باشد، بطوریکه بیشترین ضریب همبستگی فقط مابین تاریخ رخداد دمای حدی بهاره و میانگین دمای فروردین ماه به دست آمده است و در سایر ماه‌ها تاریخ‌های وقوع، تاثیر چندانی بر میانگین ماهانه دما ندارد.

برای بررسی تاثیر زمان وقوع دماهای حدی بر روی میانگین ماهانه دمای هوا، داده‌های تاریخ وقوع آخرین دمای حدی بهاره و اولین دمای حدی تابستانه را با میانگین دمای ماهانه ماه‌های فصل رشد توت فرنگی (فروردین، اردیبهشت، خرداد، تیر) مقایسه و میزان همبستگی آنها محاسبه گردید. نتایج نشان داد که همبستگی تاریخ وقوع دمای حداقل بهاره بر روی میانگین ماهانه دمای فروردین ماه به ترتیب برای سنندج، مریوان، کامیاران ۰۰/۳۵، ۰۰/۱۷، ۰۰/۱۶، بر روی میانگین ماهانه دمای اردیبهشت به ترتیب ۰۰/۰۹، ۰۰/۰۲، ۰۰/۰۵ و بر روی میانگین ماهانه دمای خرداد به ترتیب ۰۰/۰۲۱، ۰۰/۰۰۸، ۰۰/۰۱

جدول ۳- ضریب همبستگی تاریخ وقوع آخرین دمای بحرانی (تاریخی که در آن برای آخرین بار در آن سال زراعی، حداقل دمای مورد نیاز توت فرنگی رخ داده و از آن پس دما بالاتر از حداقل مورد نیاز بوده و توت فرنگی میتواند رشد کند) و میانگین دمای ماهانه ماه فروردین سنندج

Table 3- Correlation coefficient of the occurrence date of the last critical temperature and average monthly temperature of March of Sanandaj

سالها	رتبه آخرین دمای بحرانی Date of last minimum temperature rating	تاریخ آخرین دمای حداقل Date of last minimum temperature	میانگین دمای فروردین Average April Temperature
1381	3	1.11	10.0
1382	3	1.10	11.0
1383	1	1.29	10.5
1384	4	1.7	11.3
1385	10	12.6	12.6
1386	3	1.10	9.9
1387	8	12.15	14.4
1388	7	12.28	9.4
1389	7	12.28	12.3
1390	10	12.8	11.8
1391	8	12.25	12.1
1392	5	1.1	11.7
1393	6	12.29	11.6
1394	6	12.25	11.2
1395	6	12.21	11.5

حداکثر مطلق و عملکرد توت فرنگی به ترتیب برای سنندج، مریوان و کامیاران در فروردین ۰/۰۰۷، ۰/۰۰۶، ۰/۰۰۵، در اردیبهشت ۰/۰۰۲، ۰/۰۰۱، ۰/۰۰۱، در خرداد ۰/۰۹۱، ۰/۰۸۷، ۰/۰۱۷، و در تیرماه ۰/۱۸۸، ۰/۲، ۰/۱۷۸ میباشد. این نتایج میتواند نشان دهنده این موضوع باشد که دمای حداقل مطلق، بیشترین تاثیر را بر روی عملکرد توت فرنگی در فروردین ماه و دمای حداکثر مطلق بیشترین تاثیر را در تیر ماه دارد و بالعکس کمترین تاثیر دمای حداقل مطلق در تیر ماه و کمترین تاثیر دمای حداکثر مطلق در فروردین و اردیبهشت مشاهده می شود.

به منظور بررسی تاثیر دمای حداقل مطلق بر روی عملکرد توت فرنگی در استان کردستان، داده های دمای حداقل مطلق ماهانه در ماه های طول فصل رشد این محصول (فروردین، اردیبهشت، خرداد و تیر) در منطقه (سنندج، مریوان و کامیاران) را با میزان عملکرد توت فرنگی منطقه در ماه های طول فصل رشد مقایسه و میزان همبستگی آنها محاسبه گردید. نتایج نشان داد همبستگی دمای حداقل مطلق و عملکرد توت فرنگی به ترتیب برای سنندج، مریوان و کامیاران در فروردین ۰/۱۱۰، ۰/۲۴۸، ۰/۱۷۳، در اردیبهشت به ترتیب ۰/۱۸۴، ۰/۱۳۸، ۰/۱۱۴، در خرداد به ترتیب ۰/۰۶۹، ۰/۰۱۳، ۰/۰۵۳، و در تیرماه ۰/۰۲۴، ۰/۰۱، ۰/۰۴۸ میباشد. همچنین همبستگی دمای

جدول ۴- همبستگی حداقل دمای ماهانه ماه فروردین سنندج با عملکرد توت فرنگی

Table 4- Correlation of minimum monthly temperature of March of Sanandaj with strawberry performance

سال years	دمای حداقل مطلق فروردین April minimum temperature	عملکرد توت فرنگی (کیلوگرم) Performance of strawberry (kg)	سطح زیر کشت (هکتار) Under cultivation (ha)
1381	-1.6	351	75
1382	-1	351	70
1383	-0.6	360	75
1384	2.8	405	40
1385	-0.2	414	40
1386	0.8	414	12
1387	-1	394	11
1388	1.6	390	10
1389	-0.5	270	15
1390	-0.4	300	10
1391	0.6	420	100
1392	-5	450	200
1393	-5	480	150
1394	-1,6	480	22
1395	-1	480	50

عملکرد توت فرنگی پرداخته شد به ترتیبی که بیشترین بازدهی عملکرد، بالاترین رتبه (رتبه ۱۰) و کمترین بازدهی عملکرد نیز کمترین ارزش (رتبه ۱) تعلق گرفت و سپس میزان همبستگی اسپیرمن (رتبه‌ای) آنها محاسبه گردید. نتیجه محاسبات نشان می‌دهد همبستگی میانگین ماهانه دما و میزان عملکرد ماهانه توت فرنگی در فروردین برای شهرهای سنندج، مریوان و کامیاران به ترتیب ۰/۲۰۳، ۰/۲۵۵، ۰/۴۴۵، ۰/۳۰۳، ۰/۴۵۱، در خرداد ۰/۶۲۷، ۰/۶۴۹، ۰/۵۴۱ و در تیر ماه ۰/۱۶۰، ۰/۱۸۷ و ۰/۱۸۵ می‌باشد. بنابراین نتایج نشان می‌دهد که بیشترین تاثیر میانگین ماهانه دما بر روی عملکرد ماهانه توت فرنگی در منطقه مورد مطالعه در ماه‌های اردیبهشت و خرداد و کمترین تاثیر میانگین دما بر عملکرد توت فرنگی در تیر ماه می‌باشد.

جهت بررسی تاثیر میانگین دمای ماهانه بر روی عملکرد توت فرنگی در منطقه، داده‌های میانگین دمای ماهانه مربوط به ماه‌های طول فصل رشد توت فرنگی (فروردین، اردیبهشت، خرداد و تیر) از سازمان هواشناسی اخذ و میزان همبستگی آن با عملکرد ماهانه توت فرنگی در طول فصل رشد محاسبه گردید. برای این کار داده‌ها به ترتیب میزان تاثیرگذاری که بر روی عملکرد توت فرنگی دارند ارزش دهی و رتبه‌بندی (۱ تا ۱۰) شدند به طور مثال چون بهترین عملکرد توت فرنگی در میانگین دمای ۱۸ درجه سانتیگراد می‌باشد به بازه دمایی که این درجه حرارت را شامل می‌شود (۱۷ درجه تا ۱۹ درجه سانتیگراد) رتبه ۱۰ و به بازه‌های دمایی که تاثیرگذاری کمتری دارند ارزش کمتری تعلق گرفت. پس از رتبه بندی میانگین دمای ماهانه در طول سال‌های مورد مطالعه، به رتبه بندی و ارزش دهی میزان

جدول ۵- ضریب همبستگی اسپیرمن میانگین دمای ماهانه فروردین و میزان عملکرد سالانه توت فرنگی در سنندج

Table 5- Spearman correlation coefficient The average monthly temperature of April and annual yield of strawberry in Sanandaj

سال‌ها years	رتبه میانگین دمای فروردین April average rating	رتبه میزان عملکرد Performance rating	سطح زیر کشت Under cultivation (ha)
1381	2	2	1500
1382	2	2	1530
1383	2	2	1560
1384	3	3	1620
1385	4	3	1625
1386	2	3	1620
1387	6	3	1358
1388	2	2	1300
1389	4	2	1310
1390	3	2	1300
1391	4	4	1310
1392	3	3	1410
1393	3	3	1450
1394	3	3	1600
1395	3	3	1650

بازگشت ۴ ساله رخ خواهد داد. همچنین با احتمال ۹۵ درصد و در دوره بازگشت ۲۰ ساله آخرین تاریخ وقوع دمای حداقل بهاره در سنندج ۲۳ فروردین، در مریوان ۱۹ فروردین و در کامیاران ۱۲ فروردین می‌باشد. بنابراین با توجه به نتایج به دست آمده، زودترین روز احتمال وقوع آخرین دمای حداقل بهاره ۱۳ اسفند در سنندج و کامیاران می‌باشد که این درجه حرارت نسبت به میانگین به دست آمده در دوره مشاهداتی (۲۹ اسفند) ۱۶ روز زودتر رخ می‌دهد و در واقع احتمالاً دمای حداقل بهاره در آینده به صورت زودرس بهاره رخ خواهد داد. همچنین زودترین تاریخ رخداد اولین دمای حداکثر تابستانه نیز در مریوان ۱۱ تیر می‌باشد که با توجه به میانگین دوره مشاهداتی (۲۳ تیر) نشان دهنده احتمال زودرس شدن اولین دمای حدی می‌باشد.

محاسبه تاریخ وقوع آخرین دمای حدی (حداقل بهاره) به لحاظ زمان شروع دوره رشد گیاه توت فرنگی و تاریخ وقوع اولین دمای حدی (حداکثر تابستانه) به عنوان زمان خاتمه دوره رشد توت فرنگی بسیار مهم می‌باشد. بدین منظور پس از بررسی و تعیین تاریخ وقوع دماهای حدی، با استفاده از نرم افزار SMADA در صد احتمال وقوع درجه حرارت‌های حدی در دوره‌های بازگشت متفاوت با روش نرمال در ایستگاه‌های منتخب محاسبه گردید و نتایج حاصله در ۶ و ۷ نشان داده شد.

بر اساس جدول ۶ احتمال وقوع آخرین دمای حدی در دوره آماری مورد بررسی با استفاده از روش نرمال برای ایستگاه‌ها منتخب استان کردستان با احتمال ۷۵ درصد در شهرستان سنندج ۱۰ فروردین، در مریوان ۹ فروردین و در کامیاران ۲ فروردین در دوره

جدول ۶- درصد احتمال تاریخ وقوع اولین دمای بحرانی

Table 6- Percentage probability of the occurrence date of the first critical temperature

درصد احتمال وقوع		10%	20%	50%	70%	75%	90%	95%	99%
Likelihood of occurrence									
دوره بازگشت		1ساله	1ساله	2ساله	3ساله	4ساله	10ساله	20ساله	100ساله
Return period		1 years	1 years	2 years	3 years	4 years	10 years	20 year	100 years
تاریخ وقوع Date of occurrence	SANANDAJ	jul/12	jul/18	jul/25	jul/28	jul/29	jul/31	aug/1	aug/3
	MARIVAN	jul/11	jul/13	jul/17	jul/21	jul/22	jul/25	jul/27	/31jul
	KAMYARAN	jul/13	/15jul	jul/21	/2jul	jul/25	jul/28	jul/31	jul/۵

جدول ۷- درصد احتمال تاریخ وقوع آخرین دمای بحرانی

Table 7- Percentage probability of the occurrence date of the last critical temperature

درصد احتمال وقوع		10%	20%	50%	70%	75%	90%	95%	99%
Likelihood of occurrence									
دوره بازگشت		1ساله	1ساله	2ساله	3ساله	4ساله	10ساله	20ساله	100ساله
Return period		1 years	1 years	2 years	3 years	4 years	10 years	20 years	100 years
تاریخ وقوع Date of occurrence	SANANDAJ	Mar/13	Mar/19	Apr/1	Apr/8	Apr/10	Apr/18	Apr/23	Apr/31
	MARIVAN	/18Mar	Mar/23	Apr/1	Apr/7	Apr/9	Apr/15	Apr/19	Apr/26
	KAMYARAN	Mar/13	Mar/18	Mar/26	Apr/1	Apr/2	Apr/8	Apr/12	Apr/18

سطحی و ژئوپتانسیل در ارتفاع فشاری ۵۰۰ هکتوپاسکال که بیشترین ارتباط را با داده‌های مشاهداتی داشتند، انتخاب گردید. در مرحله بعد براساس سناریوی *rcp26* از سناریوهای اقلیمی *CMIP5* داده‌های آینده را در بازه‌های ۲۰۲۰-۲۰۵۹ و ۲۰۲۰-۲۰۹۹ و ۲۰۶۰-۲۰۹۹ تولید شده و خلاصه شدند. بر اساس داده‌های تولید شده توسط مدل برای دمای حداکثر در فصل سرد شاهد کاهش و در بهار و تابستان شاهد افزایش دما خواهیم بود، برای مثال میانگین حداکثر دمای مربوط به ماه ژانویه در دوره ۲۰۲۰-۲۰۵۹ و ۲۰۲۰-۲۰۹۹ و ۲۰۶۰-۲۰۹۹ به ترتیب ۱.۲۸۷ و ۱.۵۵۲ درجه سانتیگراد نسبت به دوره مشاهداتی دچار کاهش خواهد شد. همچنین در ماه مه میانگین حداکثر دما در دوره ۲۰۲۰-۲۰۵۹ و ۲۰۶۰-۲۰۹۹ به ترتیب ۲.۱ و ۲.۱۹۸ درجه سانتیگراد نسبت به دوره مشاهداتی دچار افزایش خواهد شد.

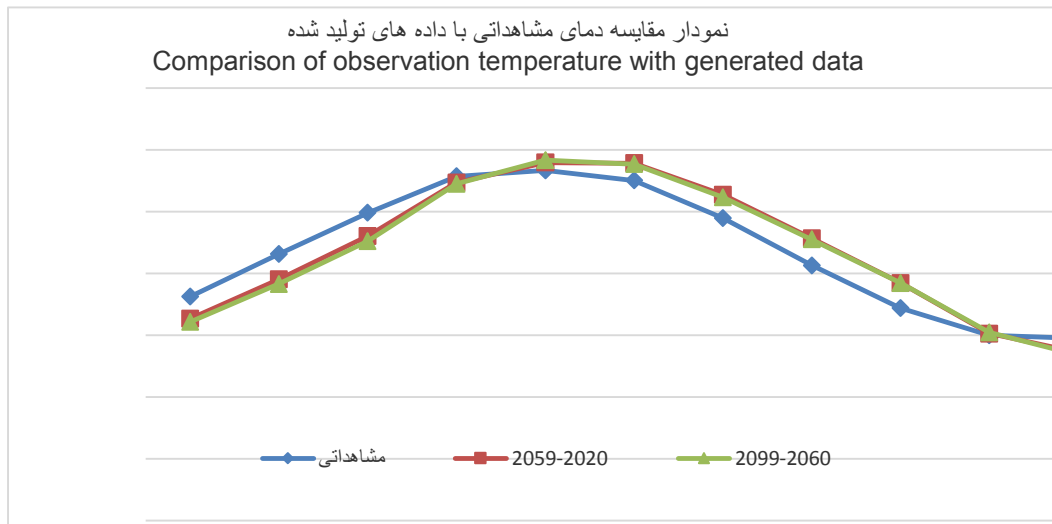
بر اساس داده‌های تولید شده توسط مدل برای دمای حداقل نیز همانند دمای حداکثر که قبلاً بررسی شد، در فصل‌های پاییز و زمستان شاهد افت دما و در بهار و تابستان شاهد افزایش دما خواهیم بود، برای مثال میانگین حداقل دمای مربوط به ماه نوامبر در دوره ۲۰۲۰-۲۰۵۹ و ۲۰۲۰-۲۰۹۹ و ۲۰۶۰-۲۰۹۹ به ترتیب ۱/۷۸ و ۱/۷۸۱ درجه سانتیگراد نسبت به دوره مشاهداتی دچار کاهش خواهد شد. همچنین در ماه ژوئن میانگین حداقل دما در دوره ۲۰۲۰-۲۰۵۹ و ۲۰۲۰-۲۰۹۹ و ۲۰۶۰-۲۰۹۹ به ترتیب ۱/۶۹۴ و ۱/۲۱۶ درجه سانتیگراد نسبت به دوره مشاهداتی دچار افزایش خواهد شد.

به منظور پیش بینی وضعیت دماهای حدی منطقه در آینده و مقایسه آن با وضعیت کنونی دمای حدی با استفاده از مدل *SDSM* برای ریز مقیاس نمایی داده‌های بزرگ مقیاس ابتدا یک رابطه مناسب بین متغیرهای بزرگ مقیاس (*NCEP*) و داده‌های مشاهداتی جهت تعمیم ایجاد شد. در این مرحله بمنظور کالیبراسیون و اعتبار سنجی مدل *SDSM*، داده‌های مربوط به بازه زمانی ۱۹۶۱-۱۹۷۵ جهت کالیبراسیون مدل و داده‌های بازه زمانی ۱۹۷۶-۱۹۹۰ جهت اعتبار سنجی مدل مورد استفاده قرار گرفت. نتایج صحت سنجی مدل نشان داد داده‌های دوره پایه دمای حداقل و حداکثر با داده‌های تولید شده در دوره ۱۹۷۶-۱۹۹۰ از لحاظ میانگین و انحراف معیار دارای شباهت نسبی بوده و اختلاف داده‌های تولید شده با داده‌های تولید شده بسیار ناچیز می‌باشد، به طور مثال میانگین حداقل دما در دوره پایه ۵.۴۲۱ و در دوره تولید شده ۵.۴۵۳ می‌باشد، بنابراین متوجه شدیم که مدل قابلیت اطمینان دارد. داده‌های ورودی *SDSM* در کل به دو دسته تقسیم می‌شوند: داده‌های مشاهداتی (شامل بارش روزانه، دمای حداکثر و حداقل روزانه) و داده‌های بزرگ مقیاس *NCEP* و *GCM* به دست آمده از نزدیکترین شبکه جهانی به منطقه مورد مطالعه (محمدی و همکاران، ۱۳۹۵). برای برقراری ارتباط میان داده‌های مشاهداتی و مولفه‌های بزرگ مقیاس به روش آزمون و خطا برای دمای حداقل سه مولفه میانگین دما در ارتفاع ۲ متری، رطوبت ویژه سطحی و رطوبت ویژه در ارتفاع فشاری ۵۰۰ هکتوپاسکال و برای دمای حداکثر، سه مولفه میانگین دما در ارتفاع ۲ متری، رطوبت ویژه



جدول ۸- مقایسه داده‌های میانگین دمای حداکثر پایه (۱۹۶۱-۲۰۰۵) و داده‌های تولید شده (۲۰۲۰-۲۰۵۹ و ۲۰۶۰-۲۰۹۹)  
 Table 8- Comparison of the average maximum temperature of the base (1961-2005) and the produced data (2059-2020 and 2060-2099)

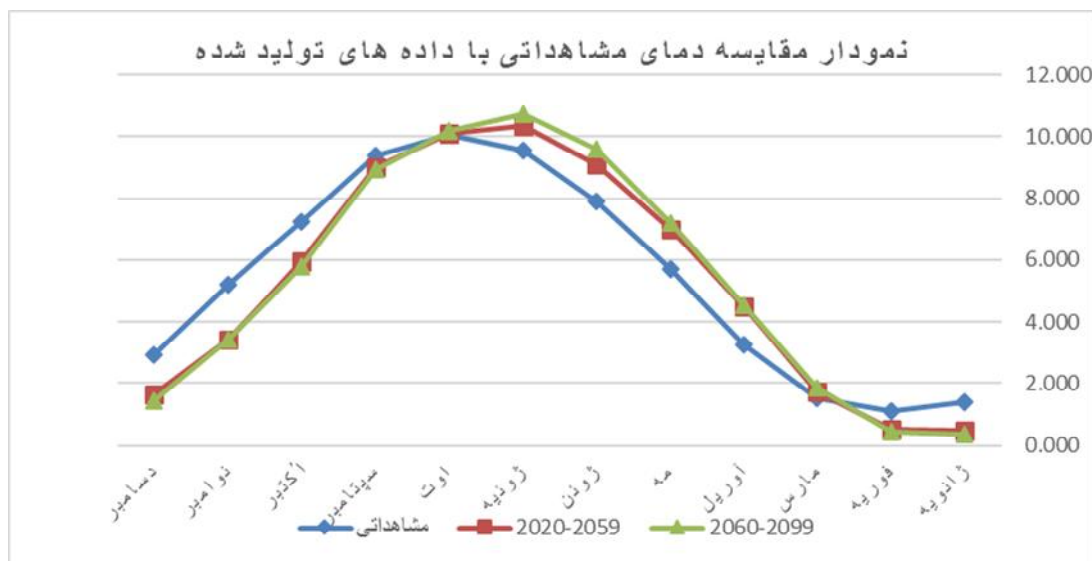
ماهها month	دوره مشاهداتی Observation period	2059-2020	2099-2060
jan	15.437	14.15	13.885
feb	14.745	13.6	13.379
mar	15.002	15.14	15.236
apr	17.203	19.226	19.232
may	20.66	22.858	22.76
jun	24.477	26.373	26.164
jul	27.528	28.919	28.847
aug	28.344	28.966	29.162
sep	27.858	27.36	27.253
oct	24.907	23.034	22.623
nov	21.586	19.535	19.15
dec	18.126	16.353	16.084



شکل ۲- نمودار مقایسه دمای مشاهداتی و دمای شبیه سازی شده  
 Fig 2- Comparison of temperature and simulated temperature

جدول ۹- مقایسه داده‌های میانگین دمای حداکثر پایه (۱۹۶۱-۲۰۰۵) و داده‌های تولید شده (۲۰۲۰-۲۰۵۹ و ۲۰۶۰-۲۰۹۹)  
 Table 9- Comparison of the average maximum temperature of the base (1961-2005) and the produced data (2059-2020 and 2060-2099)

ماهها month	دوره مشاهداتی Observation period	2059-2020	2099-2060
jan	1.397	0.484	0.375
feb	1.093	0.529	0.446
mar	1.536	1.721	1.857
apr	3.244	4.486	4.527
may	5.713	6.998	7.186
jun	7.89	9.106	9.584
jul	9.554	10.329	10.695
aug	10.064	10.103	10.178
sep	9.403	9.001	8.93
oct	7.239	5.942	5.805
nov	5.198	3.418	3.417
dec	2.942	1.646	1.457



شکل ۳- نمودار مقایسه دمای مشاهداتی و دمای شبیه سازی شده  
 Fig. 3- Comparison of the observed temperature and simulated temperature

### نتیجه گیری

دمای حدی (دمای حداقل بهاره) بر روی تعداد روزهای طول فصل رشد بیشتر بوده بنابراین میتوان نتیجه گرفت آخرین دمای حدی بر روی طول فصل رشد و نهایتاً میزان محصول دهی توت فرنگی تاثیر بیشتری دارد، این موضوع توسط نتایج میزان همستگی تاریخ وقوع دمای حداقل بهاره و میزان عملکرد سالانه توت فرنگی در منطقه نیز قابل تایید است. نتایج مربوط به بررسی تاثیر دمای حداقل و حداکثر مطلق بر روی عملکرد توت فرنگی نیز نشان میدهد که دمای حداقل مطلق، بیشترین تاثیر را بر روی عملکرد توت فرنگی در فروردین ماه و دمای حداکثر مطلق بیشترین تاثیر را در تیر ماه یعنی آغاز و پایان فصل رشد دارند و به شکل دیررس و زودرس شدن موجب اختلال در رشد رویشی و زایشی توت فرنگی شده و خسارتی را بر این محصول وارد میکند. بر اساس داده‌های تولید شده توسط مدل برای دمای حداقل و حداکثر در فصل رشد توت فرنگی (بهار و تابستان) شاهد افزایش دما خواهیم بود. این افزایش دما میتواند به شکل زودرس شدن دمای حداقل بهاره و دمای حداکثر تابستانه ظاهر شود، این موضوع همچنین در بررسی احتمال دوره بازگشت دماهای حدی نیز مشاهده شد و احتمال زودرس شدن دماهای حدی مشاهده شد با علم به این موضوع باید تمهیداتی اندیشیده شود تا از خسارت‌های احتمالی جلوگیری شود.

در تحقیق (۲۳) دمای ۴ درجه سانتیگراد دمایی مخرب و عامل سیاه شدن برگ ریحان اعلام شد، همچنین در تحقیق (۳۰) نیز محدوده دمایی ۳ تا ۱۲ درجه سانتیگراد در شب و محدوده ۱۷ تا ۲۰ درجه سانتیگراد محدوده مورد نیاز کاهو اعلام شد و دماهای خارج از این محدوده خسارت‌بار توصیف شد که در این تحقیق نیز محدوده دمایی ۵ درجه تا ۳۵ درجه سانتیگراد به عنوان محدوده مورد نیاز توت فرنگی برای رشد اعلام شد که دمای خارج از این محدوده موجب خسارت در عملکرد توت فرنگی میشود. در تحقیق (۱۲) سرردهای مضر حرارتی برای سرمای بهاره با روند صعودی پیش بینی شده و یخبندان پاییزه نیز با روند نزولی پیش بینی شده که این تحقیق نیز موید این موضوع میباشد و طبق پیش بینی انجام شده دمای حداقل بهاره دچار افزایش و دمای حداقل پاییزه با کاهش روبرو خواهد بود. همچنین تحقیق (۳۰) بیان کرد طول دوره‌ای که گیاه بدون ریسک مواجهه با یخبندان میتواند به رشد خود ادامه دهد نسبت به گذشته دچار افزایش شده است که در این تحقیق نیز در جدول (۱) هم مشاهده میشود به این نتیجه رسیدیم که توت فرنگی به طور متوسط از ۲۹ اسفند تا ۲۳ تیر به دور از ریسک دمایی رشد خواهد کرد. در نهایت با توجه به این موضوع که میزان تاثیر تاریخ آخرین رخداد

### منابع

- Ahmadi M., Lashgari H., Kaikhosravi Q., Azadi M. 2015. Analysis of Temperature Indicators in Detecting the Climate Change of the Great Khorasan, Geographic Quarterly, Thirteenth Year, 45, 53-75.
- Alexander L. V., Zhang X., T. C. Peterson T. C., Caesar J., Gleason B., Klein Tank A. 2006. Global observed changes in daily climate extremes of temperature and precipitation. Journal of Geophysical Research, 111,

- D05109, doi: 2005, JD006290.
- 3- Alijani B., Mahmodi P., Salighe M., Rigi chahi A. 2011. Study of Minima and Annual Maxima of Temperature in Iran, Geographical Quarterly, Twenty sixth Year, 3, 101-122.
  - 4- Alijani B., Spatial Analysis of Critical Temperature and Critical Rainfall in Iran, Applied Geosciences Research Journal, Volume 17, 20, 9-30.
  - 5- Bradford K.J., Hsiao, T.C. 1982. Physiological response to moderate stress. In: Lange, O.I.,
  - 6- Bustani M., Sahari M.A., Hamidi esfahani Z. 2002. Effect of Low Degree Cooling on Vitamin C and Quality Characteristics of Frozen Strawberries (Iranian Kurdistan Cultivar), Journal of Agricultural Engineering, Third Period, 12, 17-30.
  - 7- Deell Y.R., Kooten, O.V., Prang, R.K., Murr, D.P. 1999. Applications of chlorophyll fluorescence techniques in postharvest physiology. Hort. Rev. 23, 69-107.
  - 8- Eshghi S., tafasoli bandari E. 2006. Changes in photosynthesis and vegetative growth during flowering period of strawberry cultivar Kordestan, Iranian Journal of Horticultural Science and Technology, seventh period, 1, 33-44.
  - 9- IPCC (2007). Executive summary of the Intergovernmental Panel on Climate Change, February 2007, [www.ipcc.com](http://www.ipcc.com).
  - 10- Kamkar B., Nozari nejad M., Zainali E., Soltani A. 2015. Quantification of Suckler Herb Germination Reaction to Temperature and Water Potential Using Nonlinear Models, to Agricultural Crop, Period 17, 1, 229-240.
  - 11- Karbalaei M., 2004. Study of temperature and duration of cold tolerance of different varieties of rice in germination stage Research project. Rice Research Institute of the country.
  - 12- Khalaji M. 2001. Forecast of late spring and late autumn cold weather for a number of crops and gardens in Chaharmahal and Bakhtiari province. Nahal and bazr, period 17, 2, 126-139.
  - 13- Klein Tank A. M., Können G. P. 2003. Trends in Indices of Daily Temperature and Precipitation Extremes in Europe, 1946-99. J. Climate , 16 ,3665–3680.
  - 14- Mahdavi B., Effect of temperature and salinity on germination and seedling growth of two varieties of Mashk, Seed Research Journal, Fourth Year, 4, 60-69.
  - 15- Marashi H., Kamali Q., Kochaki A., Nasiri mahalati M. 2006. Investigating the Effect of Climate Change on Iran's Agricultural Climatic Indices, Journal of Agricultural Science and Technology, Volume Twenty, 7, 71-82.
  - 16- Moberg A., & Jones P. D. 2005. Trends In Indices For Extremes In Daily Temperature and Precipitation In Central And Western Europe 1901–99. Int. J. Climatology, 25, 1149–1171.
  - 17- Mohammad vand E., Kochaki A., Nasiri mahalati M., Shahdi komle A. 2014. The response of germination of two species of spruce to temperature and light period with an emphasis on invasion capability in newly arrived species, Iranian Journal of Crop Sciences, Forty-fifth period, 4, 639-648.
  - 18- Mudelsee M. B., Orngen M., Tetzlaff, G., Gr unewald, U. 2003. No upward trends in the occurrence of extreme floods in central Europe. Natural , 425, 166–169.
  - 19- New M., Todd M., Hulme M., Jones P. 2001. Precipitation measurements and trends in the Twentieth Century. Review Article. Int. J. Climatology, 21, 1889–1922
  - 20- Nobel P.S., Osmond C.B., Ziegler H. (Eds.), Encyclopedia of Plant Physiology. Physiological Plant Ecology. II. Water relations and carbon assimilation. New York, Berlin, Heidelberg: Springer. pp, 263–324.
  - 21- Qorbani KH., Valizae E. 2014. Investigation of the Effects of Ice Falls and Spares in Agriculture Under Climate Change, Journal of Soil and Soil Conservation Studies, Volume 21,4, 197-214.
  - 22- Rahimi M., 2010. Modeling the risk of damage to spring frost of fruit trees. Case study: Apple crop, plain location Mashhad, Iranian Journal of Field Crops Research, Vol. 9, No. 2, 2011, 273-284.
  - 23- Ranjbar A., Rabiei V., Karami F. 2014. Evaluation of suitable strawberry cultivar for outdoor cultivation in Kurdistan province, Journal of Crops of Seed and Plant, Volume 2-30, 3,351-355.
  - 24- Roosta H.R., Schjoerring J.K. 2007. Effects of ammonium toxicity on nitrogen metabolism and elemental profile of cucumber (*Cucumis sativus* L., cv. Styx) plants. J. Plant Nutri. 30, 1933-1951.
  - 25- Rusta H., Sajadinia, A. 2010. Investigating effects of cold stress on green basil, purple basil, tomato and lettuce using chlorophyll fluorine technique, Journal of Environmental Tensions in Crop Sciences, Vol 3, 1, 1-8.
  - 26- Seppanen M.M. 2000. Characterize of freezing tolerance in *Solanum commersonii* (dun.) with special reference of the relationship between and oxidative stress. University of Helsinki, Department of Production, Section of Crop Husbandry. 56, 4-44.
  - 27- Smillie R.M., Hethrington S.E. 1983. Stress tolerance and stress-induced injury in crop plants measured by chlorophyll fluorescence in vivo. Plant Physiol. 72, 1043-50.
  - 28- Starck Z., Niemyska B., Bogdan J., Akour Tawalbeh R.N. 2000. Response of tomato plants to chilling stress in association with nutrient or phosphorus starvation. Plant Soil 226, 99–106.
  - 29- Varshavian V., Ghahreman N., Khalili A., Hajam S. 2007. The study of the late flood event, the early fall, the ice free period and the number of frost days to reduce agricultural damage in several climatic samples, Agricultural

- research, Volume 7, 4, 39-48.
- 30- Wien H.C. 1995. The Physiology of Vegetable Crops. UK. Cab International. 651p.
- 31- Wongsheree, T., Ketsa, S., Wouter, G., van Doorn, W.G., 2009. The relationship between chilling injury and membrane damage in lemon basil (*Ocimum×citriodourum*) leaves. Postharvest Bio. Tech. 51, 91-96.
- 32- Xavier M., Thierry A., Rein A., Cathy K., Vojtich L., Francois L., Franco M., Isabelle C. 2007. Variation in cold hardiness and carbohydrate concentration from dormancy induction to bud burst among provenances of three European oak species. Tree Physiology, 27, 817-825.
- 33- Yamada M., Hidaka T., Fukamachi H. 1996. Heat tolerance in leaves of tropical fruit crop as measured by chlorophyll fluorescence. Sci. Hortic. 67, 39-48.

## Monitoring and Prediction of the Extent of Temperature and Its Impact on Agriculture in Kurdistan Province, Case study: Strawberry in Kurdistan Province

S. Fashkhorani<sup>1\*</sup>- M. Saliq<sup>2</sup>- M. Akbary<sup>3</sup>

Received: 04-12-2017

Accepted: 20-01-2018

**Introduction:** The effect of climate factors plays an important role on agricultural products. In this case, there is not enough knowledge about the role of climatic elements in agricultural planning, therefore, there would not be much achievements because it is proved that in most cases, the low yield of agricultural products is the result of not keeping and being unable to create a balanced climate. Temperature stresses are one of the most important factors in plant growth. In most plants, when the plant is exposed to extreme temperatures, physiological changes may prevent optimal plant growth. Therefore, plants need a specific temperature range for optimum growth and stepping outside of range is considered as a stress. Strawberries are generally herbaceous plants that are one of the most sedentary, dense, isolated petals without stems, more or less articulate with lower leaves and narrow stolon that are sensitive to temperature stresses. This temperature fluctuation causes major annual damage. Therefore, this study was carried out to investigate the extreme temperatures in the strawberry growing area in Kurdistan province (Sanandaj-Marivan-Kamyaran) and the effect of these stressful temperatures on strawberry yield, as well as future temperature prediction and future effects were investigated.

**Methods and Approaches:** In this study, the average daily temperature, maximum daily temperature and minimum daily temperature during the years 1381-1395 were obtained from Iran Meteorological Organization and the occurrence date of the last temperature (spring minimum temperature) for strawberry ( $5^{\circ}\text{C}$ ), which is actually the date of the beginning of the strawberry growth period. Also, the date of occurrence of the first stress temperature (maximum summer temperature) for strawberry ( $35^{\circ}\text{C}$ ) and the length of growth period of strawberry were estimated in the studied years. Data from the production and yield of strawberries were collected from the Jihad Agriculture Organization in Kurdistan province during this 15-year period. In order to study the effect of extreme temperature and the occurrence date of this temperature on the yield of strawberry, using Spearman correlation coefficient (SPSS), correlation between severe temperature and strawberry yield was calculated. Finally, in order to investigate the effect of climate change on the maximum and minimum temperature data in the future, using the SDSM model under the rcp26 scenario, CMIP5 climate scenarios were produced in the 2050-2020 and 2099-2099 periods.

**Results and Discussion:** The results indicated that the date of the extreme temperature did not change much and the latter extreme temperatures have tended to be more prevalent in the spring. The onset of the first extreme temperatures is also early in the summer of late July and we see an almost short (four-month) growth season for the growth of outdoor strawberries. Minimum temperature has the greatest effect on the yield of strawberries in April and the maximum temperature has the greatest impact in July. This issue is justified by the unfavorable temperature for growing strawberries and low yields in these months. The highest correlation between monthly average temperature and monthly yield of strawberries is in May and June. The simulated future data shows that in the months of the growing season (spring and summer), the temperature increases one to two degrees and the early minimum temperature and the maximum summer temperature will be lower than the base period.

**Conclusion:** The results of the correlation calculation between the date of the last event and the first critical temperature indicate a weak correlation, and it can be concluded that the occurrence of the first and the last extreme temperatures does not affect each other. The results of the study of the effect of the monthly average temperature on the monthly yield of strawberries in May and June showed that the average daily temperature of  $12$  to  $25^{\circ}\text{C}$ , especially  $17$  to  $20^{\circ}\text{C}$ , is higher on strawberries. Temperature higher and lower than this range ( $12$  to  $25^{\circ}\text{C}$ ) reduces or stops growth. According to the data produced, the final temperature (minimum spring temperature) occurs a little earlier, and strawberries begin to grow in early March, but this could be risky and a sudden cold time causes a lot of damage. The maximum summer temperatures are also higher. This is true

1, 2, 3- Ph.D. in Agriculmatology and Professors of Department of Climatology, Kharazmi University of Tehran  
(\*-Corresponding Author Email: Samanfashkhorani65@gmail.com)

especially in June, when strawberries have the highest yield, it is not good and it stops plant growth. The strawberry growth season is expected to begin in March and end in June. Therefore, measures should be taken to prevent possible damage by raising awareness of the subject.

**Keywords:** Growth period, SDSM model, Temperature potential