

مجله مخاطرات محیط طبیعی، دوره هشتم، شماره بیست و یکم، پاییز ۱۳۹۸

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۷/۰۳/۰۵

تاریخ بازنگری نهایی مقاله: ۱۳۹۷/۰۷/۲۸

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۷/۱۲/۱۹

صفحات: ۱۶۴ - ۱۴۹

## بررسی اثرات تغییر اقلیم بر نیاز آبی درخت سیب در طول دوره رشد (مطالعه موردی: ایستگاه‌های ارومیه و سمیرم)

مینو احمدیان<sup>۱</sup>، بهروز سبحانی<sup>۲\*</sup>، سعید جهانبخش اصل<sup>۳</sup>

### چکیده

آب و امنیت غذایی چالش‌های جدی در مطالعات تغییر اقلیم محسوب می‌شوند. چراکه هر دو عامل به شدت از این پدیده تأثیر می‌پذیرند. بر همین اساس، هدف از پژوهش حاضر بررسی اثرات تغییر اقلیم بر نیاز آبی سیب در طول فصل رشد می‌باشد. به این منظور از آمار پایگاه ECMWF برای داده‌های مشاهده‌ای دو ایستگاه سمیرم و ارومیه طی بازه زمانی ۲۰ ساله (۲۰۱۶-۱۹۹۶) استفاده شد. برای بررسی این کمیت در ۲۰ سال آبی از داده‌های روزانه ریز گردانی دینامیک پروژه CORDEX با دقت مکانی چهل و چهار صدم برای خروجی مدل ICHEC-EC-EARTH تحت دو خط سیر ۴/۵ و ۸/۵ واداشت تابشی (RCP) برای بازه زمانی (۲۰۳۷-۲۰۱۷) بهره گرفته شد. به منظور کاهش خطاهای موجود در برآوردهای مدل، عمل پس پردازش روی داده‌های برآورد شده صورت گرفت. سپس با داده‌های دمای کمینه، دمای بیشینه، رطوبت نسبی، سرعت باد و تابش، تبخیر-تعرق پتانسیل به روش پنمن مانتیث فائو که از دقت بالاتری نسبت به سایر مدل‌ها برخوردار است محاسبه و با استفاده از آزمون ناپارامتریک من-کندال و شیب سن در محدوده اطمینان ۹۵٪ روند تبخیر-تعرق مشخص شد. در آخر نیاز آبی در طول فصل رشد سیب نیز بررسی گردید. نتایج نشان داد که روند تبخیر-تعرق در هر دو ایستگاه در طول فصل رشد رو به افزایش است. افزایش ETO فصل رشد درخت سیب ایستگاه‌ها نسبت به دوره پایه برای خط سیر ۴/۵ و ۸/۵ در مورد ایستگاه سمیرم ۳/۸۴ و ۷/۳۷ و برای ایستگاه ارومیه ۵/۰۴ و ۸/۱۶ پیش‌بینی گردید؛ و از طرفی این روند افزایشی باعث افزایش نیاز آبی درخت سیب خواهد شد. بیشترین میزان تبخیر و نیاز آبی در داده‌های مشاهده‌ای و برآورد شده برای دوره رشد میوه رخ داده است، در این مرحله کم‌ترین بارش مؤثر، بیش‌ترین میانگین دما اتفاق افتاده است؛ اما در مجموع درصد تغییرات آینده مرحله جوانه‌زنی بیشتر از مراحل دیگر بود.

واژگان کلیدی: تبخیر-تعرق، نیاز آبی، درخت سیب، آزمون من-کندال و شیب سن، روش پنمن مانتیث فائو.

<sup>۱</sup>- m\_ahmadyan89@yahoo.com

sobhani@uma.ac.ir

s\_jahan@tabrizu.ac.ir

<sup>۱</sup>- دانشجوی دکتری اقلیم‌شناسی دانشگاه محقق اردبیلی

<sup>۲</sup>- دانشیار و عضو هیات علمی دانشگاه محقق اردبیلی (نویسنده مسئول)

<sup>۳</sup>- استاد و عضو هیات علمی دانشگاه تبریز

## مقدمه

تغییرات نامطلوب در متغیرهای آب و هوایی و تأثیر آن بر کشاورزی، آثار زیان‌باری بر امنیت غذایی جوامع بشری خواهد داشت. از آنجا که در ایران بخش کشاورزی عمده‌ترین مصرف‌کننده آب است، واکاوی نیاز آبی بر اساس متغیرهای آب و هوایی اهمیت دارد. با توجه به شرایط تغییر آب و هوا در آینده شناخت نوسانات زمانی و مکانی متغیرهای آب و هوایی به منظور مدیریت منابع آبی در کشاورزی بسیار ضروری است. تغییر آب و هوا بر دما و توزیع بارش تأثیرات متفاوتی دارد که نتیجه‌ی آن روی توزیع مکانی و زمانی آبی و همچنین نیاز آبی گیاهان در بخش کشاورزی مؤثر است. نیاز آبی گیاهان و میزان تولیدات در بخش کشاورزی به تغییر در متغیرهای آب و هوایی بسیار حساس‌اند. با توجه به روند گرم شدن کره‌ی زمین و تأثیرات تغییر آب و هوا، وضعیت منابع آبی به شدت با تنش مواجه است و تنش آبی یکی از معضلات جدی در کره‌ی زمین برای تأمین نیاز آبی درختان میوه محسوب می‌شود. با این شرایط، سنجش نیاز آبی درختان و گیاهان بر اساس شرایط آب و هوایی ضروری به نظر می‌رسد. همچنین برای بهبود بهره‌وری مصرف آب در شبکه‌های آبیاری، تعیین نیاز آبی گیاهان و برآورد دقیق مقدار تبخیر-تعرق، امری ضروری است که به کمک آن می‌توان مدیریت مصرف آب در کشاورزی را بهبود بخشید در این راستا مطالعاتی در ایران و جهان انجام شده است از جمله بررسی پاو و همکاران (۲۰۰۰) نشان داد که در شرایط اقلیمی آینده، در مناطق خشک به علت افزایش تبخیر-تعرق در اثر افزایش دمای از یک سو و کاهش بارندگی از سوی دیگر، شاخص کمبود آب افزایش می‌یابد که اثرات قابل توجهی بر عملکرد محصولات خواهد داشت. دول (۲۰۰۲) نشان داد که در دو سوم اراضی جهان، نیاز خالص آبیاری در دهه‌های ۲۰۲۰ و ۲۰۷۰ افزایش می‌یابد. همچنین تغییر اقلیم در اکثر مناطق باعث جابجایی فصل رشد و تغییر اقلیم الگوی کشت خواهد شد. کوروبو (۲۰۰۲) اثرات تغییر اقلیم را بر تولید حبوبات در مالدیو بررسی کرد و نتیجه گرفت که تغییر اقلیم منجر به وقوع خشکی در طول دوره‌های رشد گیاه خواهد شد و در منطقه مطالعاتی شرایط اقلیمی آینده بر تولید حبوبات و گندم زمستانه اثراتی منفی خواهد داشت. یو و همکاران (۲۰۰۲) با بررسی روند تبخیر-تعرق در شالیزارهای تایوان اعلام کردند تا سال ۲۰۵۰، حدود ۳ تا ۵ درصد به تبخیر-تعرق برنج اضافه خواهد شد. باگویس و همکاران (۲۰۱۰) تأثیر افزایش غلظت دی‌اکسید کربن هوا با افزایش دما را در دهه‌های آتی در نواحی مرکزی بلژیک مورد بررسی قرار دادند. نتایج مطالعات آن‌ها نشان داد که در خصوص محصولات بهاره و پاییزه نظیر گندم، افزایش نیاز آبی مورد توجه نخواهد بود اما در عوض در مورد محصولات بهاره-تابستانه نظیر گوجه‌فرنگی، افزایش معنی‌دار در نیاز آبی رخ خواهد داد. چاتاراجی و همکاران (۲۰۱۴) اثر تغییر اقلیم بر نیاز آبی گندم در مناطق نیمه خشک دشت هند با کمک (HADCM3) برای سال‌های ۲۰۲۱-۲۰۲۰ و ۲۰۵۱-۲۰۵۰ بررسی کردند. نتایج نشان داد که در دوره مشاهداتی به دلیل کاهش ساعت آفتابی میزان تبخیر-تعرق روند نزولی داشته است. در دوره‌های پیش‌بینی با وجود افزایش دما به دلیل کاهش روزهای رشد میزان نیاز آبی کاهش یافته است. شردرن و همکارانش (۲۰۱۵) مدل‌سازی نیاز آبی و منابع آبی با نرم افزار CROPWAT در بخش پلاکاد از نواحی مرطوب هندوستان را برای محصولات گرمسیری مانند (نارگیل، موز، چای) انجام داده‌اند. نتایج تحقیق آن‌ها نشان داد با توجه به افزایش جمعیت و میزان تقاضای آب و نیز کاهش بارش، نیاز آبی و منابع آبی محصولات مختلف با ریسک همراه خواهد بود آچراجی و همکاران (۲۰۱۷) اثر تغییر اقلیم بر نیاز آبی در فصل خشک

برنج بورو<sup>۱</sup> بررسی کردند. در این پژوهش بخش‌های شمال‌غربی بنگلادش با روش ریزمقیاس نمایی آماری تحت ۴/۵ و RCP ۸/۵ بررسی کردند. نیاز آبی برای سال‌های ۲۰۵۰-۲۰۸۰ با کمک نرم افزار کراپ وات تخمین زدند. نتایج حاکی از افزایش تبخیر - تعرق در نتیجه افزایش درجه حرارت است. با این حال به دلیل کاهش روزهای رشد در اثر افزایش درجه حرارت نیاز آبی کاهش یافته است. منسوری و منانی (۲۰۱۷) بر اساس نرم افزار CROPWAT و روش پنمن-مانتیث، نیاز آبی درختان زردآلو و زیتون در شرایط اقلیمی خشک در شمال شرقی کشور الجزایر را بررسی کردند. نتایج نشان داد که درختان زردآلو و زیتون به ترتیب ۳۵۸۰۰ و ۶۹۸۰ مترمکعب در هکتار آب برای آبیاری نیاز دارند. منسوری و منانی (۲۰۱۷) بر اساس نرم افزار CROPWAT و روش پنمن-مانتیث، نیاز آبی درختان زردآلو و زیتون در شرایط اقلیمی خشک در شمال شرقی کشور الجزایر را بررسی کردند. نتایج نشان داد که درختان زردآلو و زیتون به ترتیب ۳۵۸۰۰ و ۶۹۸۰ مترمکعب در هکتار آب برای آبیاری نیاز دارند. فرشی و امداد (۱۳۷۸) در مطالعه اثر افزایش دما بر روی افزایش تبخیر-تعرق پتانسیل گیاهان در سه اقلیم عمده کشور از جمله فراخشک سرد مثل اصفهان، فراخشک معتدل مثل یزد و نیمه‌خشک مثل اراک را مورد بررسی قرار دادند. نتایج مطالعه نشان داد که در اقلیم فراخشک سرد و معتدل تا افزایش دو درجه سانتی‌گراد، به ازای هر درجه افزایش، هفت درصد نیاز آبی افزایش می‌یابد. این افزایش در اقلیم فراخشک سرد ۱۰ درصد و در اقلیم فراخشک معتدل ۵ درصد می‌باشد. در اقلیم نیمه-خشک سرد شدت نیاز آبی تا افزایش سه درجه، چهار درصد سپس به پنج درصد رسیده است. علیزاده و کمالی (۱۳۸۱) اثر تغییر اقلیم بر افزایش مصرف آب کشاورزی در دشت مشهد را مورد بررسی قرار داده و نشان دادند که در اثر افزایش دمای هوا به میزان دو درجه سانتی‌گراد، نیاز خالص آبیاری با الگو و کشت کنونی در آینده شش درصد افزایش خواهد یافت. مجرد و همکاران (۱۳۸۴)، به منظور برآورد بارش مؤثر و نیاز آبی برنج در استان مازندران از نرم‌افزار CROPWAT استفاده کرده و نشان دادند که نیاز خالص آبیاری در شرق جلگه مازندران بیشتر از غرب آن است. سلطانی و قلی‌پور (۱۳۸۵) با شبیه‌سازی اثر تغییر اقلیم بر رشد، عملکرد و مصرف آب گیاه نخود نشان دادند که تحت شرایط دو برابر شدن غلظت  $CO_2$  و در نتیجه تغییرات اقلیمی ناشی از آن، دوره رشد گیاه کاهش یافته و عملکرد دانه در شرایط دیم افزایش پیدا کرد و مصرف آب کاهش می‌یابد. سپهوند (۱۳۸۸) نیاز آبی گیاهان گندم و کلزا را در مناطق غرب ایران محاسبه نمود. نتایج به‌دست‌آمده نشان داد که در سال‌های پرباران مناطق غرب کشور بهره‌وری آب و بهره‌وری اقتصادی کشت کلزار نسبت به کشت پاییزه گندم برتری دارد. سلیمانی‌ننادگانی و همکاران (۱۳۹۰) اثر تغییر اقلیم بر نیاز خالص آبیاری و عملکرد کشت گندم دیم در دوره‌های آبی را با استفاده از خروجی مدل CGCM3، از سری مدل‌های AOGCM، در منطقه بهشهر مورد بررسی قرار دادند. در پژوهش مذکور برای تخمین نیاز خالص آبیاری، تبخیر-تعرق پتانسیل به روش هارگریوز سامانی و باران مؤثر به روش USDA محاسبه شده است. نتایج نشان دادند که بارندگی در فصل پاییز افزایش پیدا کرده اما در فصل‌های زمستان و بهار کاهش می‌یابد. در حالی که درجه حرارت در تمامی ماه‌های سال افزایشی بوده است و نیاز خالص آبیاری با جابجایی تاریخ

<sup>۱</sup>- Boro

کشت به سمت فصل زمستان افزایش می‌یابد که این افزایش در دوره‌های آبی تحت تأثیر تغییر اقلیم تشدید خواهد شد. زارع ابیانه و همکاران (۱۳۹۰)، تعیین نیاز آبی و تأثیرات آن بر برخی از صفات کمی و کیفی محصول چغندر قند را مطالعه کردند. نتایج نشان داد که در دوره رشد ۱۳۰ روزه، آب مصرفی کاهش یافته است. میرموسوی و همکاران (۱۳۹۱) تبخیر-تعرق گیاه مرجع و نیاز آبی گیاه زیتون را در استان کرمانشاه برآورد کردند. نتایج نشان داد که بیشترین نیاز آبی سالانه با مقدار ۹۲۳ میلی‌متر در ایستگاه روانسر می‌باشد. خسرو شاهی (۱۳۹۲) نیاز آبی گونه سمر را برای کرانه خلیج فارس محاسبه کرد. نتایج تحقیق نشان داد که دشت آزادگان با ۲۵۵ میلی‌متر در طول هفت ماه سال بیشترین و چابهار در طول نه ماه از سال کمترین مقدار را برای آبیاری تکمیلی نیاز دارد. قربانی و همکاران (۱۳۹۲) اثر تغییر اقلیم بر نیاز آبی گیاه سویا در منطق گرگان را با استفاده از مدل لارس برای بازه زمانی ۳۰ ساله بررسی کردند. آزمون مقایسه میانگین‌ها افزایش معنی‌داری را در بیشتر ماه‌های سال برای میانگین بیشینه و کمینه دماهای روزانه و در چند ماه سال برای میانگین بارش ماهانه تأیید کرد؛ و نتایج نشان داد که تبخیر-تعرق در دوره آبی برای کشت آبی تغییر محسوس نخواهد داشت. رجبی و همکاران (۱۳۹۳) مقدار تبخیر-تعرق را به روش پنمن را در استان اصفهان محاسبه کرده و نیاز آبی و بارش در فصول مختلف زعفران رشد را در استان اصفهان مشخص کردند. نتایج نشان داد که ایستگاه‌های غرب و جنوب غرب استان دمای لازم برای کسب درجه روز گیاه به دست نمی‌آورد. در دوره رشد زعفران ایستگاه اردستان ۵۲۸ میلی‌متر بیشترین نیاز آبی و ایستگاه کاشان با ۲۷۹ میلی‌متر کمترین نیاز آبی لازم دارند. شعبانی و همکاران (۱۳۹۵) با استفاده از روش سری زمانی ابتدا دمای حداکثر و حداقل ماهانه دشت مشهد را پیش‌بینی کرده و سپس با فرمول تجربی هارگریوز سامانی میزان تبخیر-تعرق پتانسیل را محاسبه کرده و نیاز آبی پنج محصول عمده زراعی و باغی دشت مشهد را در طول فصل رشد برای دوره پایه و دهه آتی دست‌آمده آورده و مقایسه کردند. نتایج مدل نشان داد که دماها افزایش پیدا خواهند کرد و پیش‌بینی تبخیر-تعرق پتانسیل نشان داد که تغییرات آن بیشتر تحت تأثیر تغییرات دمای حداکثر می‌باشد. همچنین بیشترین درصد تغییرات در نیاز آبی بین محصولات منتخب برای چغندر قند خواهد بود. قهرمان و همکاران (۱۳۹۵) اثر تغییر اقلیم بر نیاز آبی و فصل رشد نیشکر را بر اساس خروجی مدل اقلیم جهانی EC-EARTH تحت دو سناریو RCP4/5 و RCP8/5 بررسی کردند. نتایج نشان داد که جز در ایستگاه دزفول، بارش فصل رشد گیاه نیشکر، نسبت به میانگین اقلیمی، افزایش می‌یابد. همچنین طول دوره رشد در سناریوی RCP8/5 به شکل معنی‌داری برای تمامی ایستگاه‌ها کاهش نشان می‌دهد، اما تغییرات تبخیر در طول دوره رشد معنی‌دار نبود. احمدی و همکاران (۱۳۹۷) به بررسی الگوی فضایی نیاز آبی درخت سیب در ایران طی سال‌های ۱۳۶۴ تا ۱۳۹۲ با استفاده از ArcGIS 10.2 پرداختند. نتایج پژوهش آن‌ها نشان داد که مرحله‌ی میانی رشد در درختان سیب بیشترین نیاز آبی را دارند و تغییرات مکانی تبخیر-تعرق و نیاز آبی درخت سیب بیشتر ناشی از عامل ارتفاع از سطح دریاست. از شمال به جنوب و از غرب به شرق مناطق کشت درخت سیب در ایران، میزان نیاز آبی افزایش می‌یابد. مناطق شمال شرق و دامنه‌های مجاور نواحی داخلی و همچنین نواحی داخلی و جنوبی در مناطق کرمان و یزد در مناطق کشت درختان سیب، تبخیر-تعرق و نیاز آبی بیشتری دارند، بنابراین انتخاب واریته‌های با نیاز آبی کمتر در این مناطق مهم است.

کشت درختان میوه و تولیدات باغی مزیت شناخته شده‌ی اقتصاد کشاورزی ایران و مناطق مورد مطالعه محسوب می‌شود. یکی از محصولات عمده‌ی باغی استراتژیکی که ایران را به یکی از کشورهای صادر کننده تبدیل کرده تولید میوه‌ی سیب است. ظهور پدیده‌ی گرمایش جهانی و افزایش میزان تقاضا برای منابع آبی، میزان تولید و عملکرد محصولات باغی را مخاطره‌آمیز ساخته است. با توجه به اهمیت نیاز آبی در درختان سیب، تحقیق حاضر با هدف بررسی نیاز آبی در مناطق عمده‌ی تولید سیب در ایران انجام گردیده است.

## داده‌ها و روش‌ها

### الف- منطقه مورد مطالعه

مناطق مورد بررسی در این پژوهش، شهرستان‌های ارومیه و سمیرم می‌باشد. شرایط طبیعی و جغرافیایی استان آذربایجان غربی برای تولید و صادرات سیب بسیار مناسب است. باغ‌های سیب در همه شهرهای این استان وجود دارند ولی ارومیه با داشتن ۴۵ درصد از این باغ‌ها در رتبه اول قرار دارد. شهرستان ارومیه مهد تولید و برداشت انواع سیب درختی در کشور به حساب می‌آید. شهرستان سمیرم ۴/۹ درصد مساحت استان اصفهان را شامل می‌شود. سمیرم دارای آب‌وهوای کوهستانی با زمستان‌های سرد و پربرف و تابستان‌های خشک و معتدل است. ارتفاع بلند، چشمه‌ها و رودهای این دیار کوهستانی و آب‌وهوای معتدل از جمله علل مرغوبیت و تفاوت سیب سمیرم با دیگر انواع و ارقام این محصول است.

داده‌های مشاهداتی این پژوهش مربوط به دوره‌ی پایه ۱۹۹۶ تا ۲۰۱۶ میلادی شامل پارامترهای اقلیمی، کمینه، بیشینه و متوسط دما، بارش، رطوبت نسبی، سرعت باد و ساعت آفتابی است که به صورت روزانه از نسخه‌ی ERA-Interim<sup>۱</sup> با تفکیک مکانی ۰/۱۲۵×۰/۱۲۵ درجه قوسی به دلیل کوتاه‌مدت بودن طول دوره داده‌های سازمان هواشناسی کشور برای ایستگاه سمیرم دریافت شد. برای شناخت و ارزیابی مقدار دقت و صحت داده‌های پایگاه ECMWF با داده‌های مشاهداتی سازمان هواشناسی کشور طی بازه زمانی مشترک ایستگاه ارومیه از سال ۱۹۹۶ تا ۲۰۱۶ و ایستگاه سمیرم از سال ۲۰۰۲ تا سال ۲۰۱۶ با نزدیک‌ترین نقطه ERA-Interim به ایستگاه‌های مورد مطالعه از آماره‌های ضریب همبستگی پیرسون (R) برای شناخت ارتباط بین دو سری زمانی بهره گرفته شد. همچنین از روش‌های ضریب تعیین (R<sup>2</sup>)، میانگین قدر مطلق خطا (MSE)، ریشه‌ی دوم میانگین مربعات خطا (RMSE) و NRMSE استفاده شد. از آنجاکه مقدار آماره RMSE به دامنه‌ی تغییرات داده‌ها وابسته است، نمی‌توان مقدار RMSE به‌دست‌آمده از دو مقایسه متفاوت را باهم قیاس کرد. همچنین نمی‌توان گفت که چه مقداری از RMSE نشان‌دهنده‌ی کفایت مدل است چراکه مقدار RMSE متناسب با دامنه‌ی تغییرات سری‌های مورد بررسی، از موضوعی به موضوع دیگر متفاوت خواهد بود. برای برطرف کردن این مشکل بهتر است مقدار RMSE به صورت

۱- پایگاه داده‌ی مرکز پیش‌بینی میان مدت جوی اروپا ECMWF

استاندار شده عرضه شود تا بتوان مقدار RMSE به دست آمده در نقاط گوناگون را باهم مقایسه کرد. به همین دلیل در این پژوهش از آماره‌ی دیگری به نام NRMSE نیز استفاده شده است. در این رابطه با تقسیم مقدار RMSE به دست آمده بر میانگین داده‌های مشاهداتی آن را استاندارد و به صورت بی بعد نمایش می‌دهیم تا مقدار به دست آمده در ایستگاه‌های متفاوت را بتوان با یکدیگر مقایسه کرد (رضیعی و ستوده، ۱۳۹۶). این آماره‌ها بیشترین کاربرد را در تجزیه و تحلیل‌های مقایسه‌ای دارند و از آن‌ها برای مقایسه پیش‌بینی‌های یک مدل در برابر داده‌های مشاهده‌ی استفاده می‌شود (موریاسی و همکاران، ۲۰۰۷). مهم‌ترین عامل در تعیین نیاز آبی، برآورد دقیق ETO در هر منطقه است که توزیع مکانی آن در مدیریت منابع آب، مطالعات بیلان آبی و برآورد نیاز آبی گیاهان اهمیت بسیاری دارد، بنابراین مقادیر تبخیر - تعرق پتانسیل (ETO) به روش پنمن - مونتیت فائو محاسبه شد (فرمول ۱).

$$ET^0 = \frac{0.408 \Delta(Rn-G) + \gamma \left( \frac{900}{T} + 273 \right) (US)(es - ea)}{\Delta + \gamma(1 + 0.34 US)} \quad (1)$$

در رابطه فوق ETO تبخیر-تعرق پتانسیل بر حسب میلی‌متر بر روز،  $Rn$  تابش خالص در سطح پوشش گیاهی بر حسب  $(MJ M^{-2} day^{-1})$ ،  $T$  متوسط دمای هوا در ارتفاع ۲ متری از سطح زمین  $(^{\circ}C)$ ،  $e_s - e_a$  اختلاف فشار بخار آب در ارتفاع دوم متری نسبت به حالت اشباع بر حسب  $(kPa^{\circ} C^{-1})$ ،  $G$  شار گرمایی به داخل خاک MJ و ضریب رطوبتی  $(kPa^{\circ} C^{-1})$  است. از آنجایی که پارامترهای کمینه و بیشینه دما بر حسب  $(^{\circ}C)$ ، برش بر حسب mm، رطوبت نسبی بر حسب درصد، سرعت باد  $(m/s)$  در ارتفاع ۲ متری، تابش آفتاب بر حسب  $(MJ M^{-2} day^{-1})$  مورد نظر است، داده‌های پایگاه ECMWF تبدیل واحد شدند.

در ادامه با توجه به اینکه بیشترین سطح زیر کشت درخت سیب در مناطق مورد مطالعه از نوع پاییزه هستند بنابراین نوع سیب دیررس پاییزه جهت بررسی انتخاب گردید. با توجه به همبستگی مرحله رشد سیب با عامل حرارتی دما، دوره‌های رویشی درخت سیب که شامل مراحل تشکیل جوانه، شکفتن جوانه، گل‌دهی، رشد میوه و رسیدن میوه به تفکیک هر سال با استفاده از شاخص درجه-روز بر اساس رابطه (۲) محاسبه شد. سپس میزان تبخیر-تعرق روزانه مراحل رشد محاسبه و بر مبنای آن مجموع نیاز آبی بدست آورده شد. برای مشخص کردن روند داده‌ها در این مراحل از آزمون آماری-گرافیکی من-کندال و جهت برآورد نمودن شیب واقعی روند زمان از روش نا پارامتریک سن استفاده شد.

$$GDD = \sum_i^N \frac{(T_{max} + T_{min})}{2} - T_{Bas} \quad (2)$$

در این معادله، GDD معرف درجه روز است که طی  $N$  روز جمع‌آوری شده است،  $T_{max}$  بیشینه‌ی دمای روزانه،  $T_{min}$  کمینه‌ی دمای روزانه و  $T_{Bas}$  دمای هوای پایه یا صفر فیزیولوژیکی گیاه که  $4/5$  درجه سانتی‌گراد است (فری و وارینگتون، ۲۰۰۳) و  $N$  تعداد روزها در یک‌زمان مشخص را نشان می‌دهد (مک استر و یلهلم، ۱۹۹۷).

#### ب- مدل اقلیمی

برای بررسی اثر تغییر اقلیم بر تبخیر-تعرق و نیاز آبی ایستگاه‌های مورد مطالعه مدل اقلیمی جهانی منتخب از مرکز هواشناسی و آب‌شناسی سوئد (SMHI) که طی طرح CORDEX ریزمقیاس شده بود، تحت دو خط سیر RCP4.5 و RCP8.5 برای دوره‌ی ۲۰ ساله‌ی ۲۰۱۷-۲۰۳۷ تهیه شد. طرح CORDEX ترکیبی از چندین مدل منطقه‌ای

می‌باشد که برای ۱۳ دامنه شامل اروپا، آفریقا، آسیای مرکزی، غرب آسیا، شرق آسیا، منا، استرالیا، امریکای شمالی، امریکای جنوبی، امریکای مرکزی، قطب شمال، قطب جنوب و منطقه مدیترانه در حال انجام است. کشور ایران به‌طور کامل در دامنه جنوب آسیا، منا، آسیای مرکزی و بخش عظیمی از آن در دامنه آفریقا قرار دارد. خروجی CORDEX برای دوره تاریخی (۲۰۰۵-۱۸۵۰) و در دوره آینده (۲۰۰۶-۲۱۰۰) و در شبکه ۰/۲۲ و ۰/۴۴ درجه فراهم شده است. (میان آبادی و همکاران ۱۳۹۵) با توجه به این‌که داده‌های CORDEX با قدرت تفکیک مکانی ۰/۴۴ داده‌های برآورد شده تحت سناریوی تغییر اقلیم و داده‌های تاریخی برای دامنه ی منا را پوشش می‌دهد داده‌های این تفکیک مکانی در پژوهش حاضر استفاده شد. از میان سه مدل پیشنهادی، ICHEC-EC-CNRM-CERFACS-CNRM-CM5، NOAA-GFDL-GFDL-ESM2M، EARTH، CORDEX با توجه به نتایج حاصل از تخمین‌گرهای خطا (R)، (R2)، (MSE)، (RMSE) و NRMSE بر روی داده‌های تاریخی، مدل مرکز اروپایی تحقیقات زمین (ICHEC-EC-EARTH) انتخاب گردید. سپس داده‌های روزانه دماهای کمینه و بیشینه، بارش، رطوبت نسبی، تابش و سرعت باد این مدل استخراج گردید. با توجه به واحد پارامترهای اقلیمی موردنیاز برای محاسبه  $ET_0$  به روش پنمن-مونتیث فائو داده‌های روزانه‌ی پایگاه CORDEX تبدیل واحد شدند.

در راستای تعدیل خطای مدل از عملیات پس پردازش استفاده شد. به‌طور کلی مکانیسم عمل مدل منطقه‌ای با استفاده از روش عامل تغییر<sup>۱</sup> به این صورت است که تفاوت یا نسبت مدل منطقه‌ای در آینده با دوره‌ی گذشته محاسبه می‌شود و به دوره‌ی گذشته‌ی ایستگاه مشاهداتی اضافه می‌شود (فرمول ۳). در نهایت این مقدار پس پردازش در مدل اعمال شد (بابائیان و همکاران، ۱۳۸۸).

$$ET_{PP} = ET_{Obs} \times \left( \frac{ET_{GCM}^{FUT}}{ET_{GCM}^{base}} \right) \quad (3)$$

در رابطه فوق،  $ET_{PP}$ ،  $ET_{Obs}$ ،  $ET_{GCM}^{FUT}$  و  $ET_{GCM}^{base}$  به ترتیب مربوط به تبخیر-تعرق پس پردازش‌شده، تبخیر-تعرق مشاهده شده، تبخیر-تعرق پیش‌بینی‌شده بر روی شبکه مدل در دوره‌ی آینده و تبخیر-تعرق بر روی شبکه‌ی مدل در دوره‌ی گذشته می‌باشند. در نهایت سه سری داده تولید شد، سری اول داده‌های مربوط به  $ET_0$  محاسبه شده با توجه به داده‌های پایگاه ECMWF برای هر دو ایستگاه می‌باشند که تحت عنوان مقادیر تبخیر مشاهده شده (obs) ثبت شده‌اند. سری دوم داده‌های مربوط به  $ET_0$  محاسبه شده با توجه به داده‌های حاصل از خروجی مدل در دوره پایه ICHEC-EC-EARTH هستند که این دسته از داده‌ها تحت عنوان داده‌های تاریخی برآورد شده (hist) نام‌گذاری شدند و دسته سوم داده‌های پس پردازش شده (pp) می‌باشند.

### ج- نیاز آبی سیب‌درختی

نیاز آبی یا تبخیر-تعرق نشان دهنده تلفات آب از سطح زمین است که طی دو فرایند جداگانه صورت می‌گیرد. یکی تبخیر از سطح خاک و دیگری تعرق توسط گیاه که به آن تبخیر داخلی هم گفته می‌شود. نیاز آبی به مقدار آبی گفته

<sup>1</sup>- Change factor

می‌شود که باید به صورت آبیاری به زمین داده شود تا گیاه با حداکثر توان خود رشد کرده و تولید محصول نماید (میر موسوی، ۱۳۸۹: ۱۲۶). به منظور محاسبه مقدار نیاز آبی ( $ET_c$ ) و باران مؤثر ( $p_e$ ) در هر یک از مراحل رویشی درخت سیب بصورت روزانه به تفکیک هر سال برای شرایط اقلیمی فعلی و آینده از روابط زیر استفاده گردید:

$$(4) \quad KC = \text{ضریب گیاهی} \quad \text{تبخیر و تعرق مرجع} = ETO \quad ET_c = ETO * KC$$

مقادیر ضریب گیاهی KC در مراحل مختلف رشد بر اساس گزارشات فائو لحاظ شد. ضریب گیاهی در گیاهان مختلف متفاوت بوده و به عواملی مانند؛ نوع گیاه، مرحله رشد گیاه و شرایط آب‌وهوایی بستگی دارد؛ و در طول دوره رشد گیاه تغییر می‌کند (علیزاده، ۱۳۹۰). محاسبه باران مؤثر نیز با استفاده از روش سازمان حفاظت خاک امریکا، USDA، به صورت زیر انجام شد (فرمول ۵ و ۶):

$$p_e = \frac{p \times (4.17 - 0.2p)}{4.17} \quad p \leq 8.3 \frac{mm}{day} \quad (5)$$

$$p_e = (4.17 + 1p) \quad p > 8.3 \frac{mm}{day} \quad (6)$$

در رابطه فوق  $p$  متوسط بارندگی در دوره مورد نظر (روزانه یا ماهانه) بر حسب میلی‌متر در روز و  $p_e$  بارش مؤثر می‌باشد (سلیمانی ننادگانی، ۱۳۹۰).

### یافته‌های تحقیق

نتایج حاصل از این پژوهش در چند بخش عرضه شده است. در بخش اول نتایج آماری بین داده‌های ERA-Interim و داده‌های مشاهداتی در ایستگاه‌های مورد بررسی در جدول و نمودار (۱) برای نمونه نمایش داده شده است. دقت زیاد داده‌های این پایگاه برای ایستگاه‌های سمیرم و ارومیه تأیید شد. یافته‌های این پژوهش با یافته‌های دیگر پژوهشگران در زمینه دقت زیاد داده‌های نسخه‌ی ERA-Interim از جمله دارند و کریمی (۱۳۹۴)، همخوانی دارد. در بخش بعدی برای انتخاب بهترین مدل برای مناطق مورد مطالعه، خروجی داده‌های تبخیر-تعرق فصل رشد دوره پایه مدل‌های مختلف پروژه CORDEX با داده‌های مشاهداتی مقایسه گردید (جدول ۲). همان‌طور که در جدول مشخص می‌شود مدل ICHEC-EC-EARTH توانایی به نسبت بهتری در برآورد میزان تبخیر-تعرق پتانسیل در مقایسه با دو مدل دیگر را دارد. با انتخاب مدل ICHEC-EC-EARTH و تحلیل داده‌های پس پردازش شده‌ی حاصل از خروجی این مدل ریزمقیاس نمایی، توانایی آن در برآورد میزان تبخیر-تعرق پتانسیل فصل رشد دوره‌ی پایه بررسی شد (جدول ۳ و ۴). همان‌طور که در جدول ۳ دیده می‌شود، اعمال پس پردازش روی داده‌های تاریخی، توانسته است به مقدار بسیار زیادی کارایی مدل را در شبیه‌سازی تبخیر-تعرق افزایش دهد. بعد از آن با استفاده از داده‌های مشاهداتی و خروجی مدل تحت دو خط سیر RCP4.5 و RCP8.5 برای دوره‌ی آینده میزان تغییرات تبخیر-تعرق و نیاز آبی در طول دوره رشد درخت سیب مورد بررسی قرار گرفت.



جدول ۱: مقادیر RMSE, MSE, R<sup>2</sup> و NRSME متغیرهای آب و هوایی مشاهداتی با داده‌های پایگاه ECMWF

ارومیه					سمیرم					
NRSME	R	R <sup>2</sup>	MSE	RMSE	NRSME	R	R <sup>2</sup>	MSE	RMSE	
۰/۰۴	۰/۹۹	۰/۹۸	۰/۰۴	۰/۲۲	۰/۰۱	۰/۹۹	۰/۹۸	۰/۰۱	۰/۱	دمای کمینه (C <sup>0</sup> )
۰/۰۰۳	۰/۹۹	۰/۹۹	۰/۰۰۴	۰/۰۶	۰/۰۰۲	۰/۹۹	۰/۹۹	۰/۰۰۱	۰/۰۳	دمای بیشینه (C <sup>0</sup> )
۰/۰۰۲	۰/۹۹	۰/۹۸	۰/۰۰۳	۰/۰۶	۰/۰۰۶	۰/۹۹	۰/۹۸	۰/۰۰۷	۰/۲۸	بارش (mm)
۰/۰۰۵	۰/۹۹	۰/۹۹	۰/۰۰۱	۰/۰۴	۰/۰۰۶	۰/۹۹	۰/۹۹	۰/۰۰۳	۰/۰۵	ساعت آفتابی (h)
۰/۰۱	۰/۹۹	۰/۹۹	۰/۳۸	۰/۶۱	۰/۰۰۰۷	۰/۹۹	۰/۹۹	۰/۰۰۰۶	۰/۰۲	رطوبت نسبی (%)
۰/۰۲	۰/۹۸	۰/۹۶	۰/۰۰۸	۰/۰۹	۰/۰۰۰۶	۰/۹۹	۰/۹۸	۰/۰	۰/۰۰۲	باد (m/s)

جدول ۲: مقادیر RMSE, MSE, R<sup>2</sup> و NRSME تبخیر-تعرق داده‌های تاریخی فصل رشد درخت سیب برای مدل‌های مختلف CORDEX

ایستگاه سمیرم					ایستگاه ارومیه					
NRSME	R	R <sup>2</sup>	MSE	RMSE	NRSME	R	R <sup>2</sup>	MSE	RMSE	
۰/۰۶	۰/۹۸	۰/۹۶	۰/۷۵	۰/۸۶	۰/۲۶	۰/۹۹	۰/۹۸	۰/۵۶	۰/۷۲	EC-EARTH
۰/۱۶	۰/۹۹	۰/۹۸	۲/۷۱	۱/۶۴	۰/۰۸	۰/۸۹	۰/۷۹	۳/۰۵	۱/۷۶	CNRM
۰/۰۷	۰/۹۸	۰/۹۶	۳/۰۴	۱/۷۴	۱/۰۴	۰/۹۸	۰/۹۶	۱/۲۸	۱/۱۳	NOAA

جدول ۳: مقادیر RMSE, MSE, R<sup>2</sup> و NRSME در مقایسه با مقادیر ET<sub>obs</sub> در ایستگاه سمیرم.

ماه	RMSE		MSE		R <sup>2</sup>		R		NRSME	
	Hist	pp	Hist	pp	Hist	pp	Hist	pp	Hist	pp
آوریل	۰/۲۲	۰/۱۸	۰/۰۴	۰/۰۳	۰/۸۴	۰/۹۸	۰/۹۲	۰/۹۹	۰/۱۰	۰/۰۸
مه	۰/۳۶	۰/۱۳	۰/۱۲	۰/۰۱	۰/۸۲	۰/۹۸	۰/۹۱	۰/۹۹	۰/۱۷	۰/۰۶
ژوئن	۰/۵۲	۰/۰۶	۰/۲۷	۰/۰۰۳	۰/۸۲	۰/۹۸	۰/۹۱	۰/۹۹	۰/۲۵	۰/۰۲
ژوئیه	۰/۲۱	۰/۱۳	۰/۰۴	۰/۰۱	۱	۱	۱	۱	۰/۱۰	۰/۰۶
اوت	۰/۱۱	۰/۰۴	۰/۰۱	۰/۰۰۱	۰/۹۴	۰/۹۶	۰/۹۷	۰/۹۸	۰/۰۵	۰/۰۱
سپتامبر	۰/۶۰	۰/۴۴	۰/۳۶	۰/۱۹	۰/۹۴	۰/۹۴	۰/۹۷	۰/۹۷	۰/۲۹	۰/۲۱
اکتبر	۰/۸۲	۰/۵۲	۰/۶۷	۰/۲۷	۰/۹۰	۰/۹۶	۰/۹۵	۰/۹۸	۰/۳۹	۰/۲۵

جدول ۴: مقادیر RMSE, MSE, R<sup>2</sup> و NRSME در مقایسه با مقادیر ET<sub>obs</sub> در ایستگاه ارومیه.

ماه	RMSE		MSE		R <sup>2</sup>		R		NRSME	
	Hist	PP	Hist	pp	Hist	pp	Hist	pp	Hist	pp
آوریل	۰/۷۲	۰/۱۵	۰/۵۱	۰/۰۲	۰/۸۴	۰/۹۸	۰/۹۲	۰/۹۹	۰/۲۵	۰/۰۵
مه	۰/۸۴	۰/۱	۰/۷۰	۰/۰۱	۰/۸۴	۰/۹۸	۰/۹۳	۰/۹۹	۰/۲۵	۰/۰۵
ژوئن	۰/۹۳	۰/۵۱	۰/۸۶	۰/۲۶	۰/۹۴	۰/۹۸	۰/۹۷	۰/۹۹	۰/۳۲	۰/۱۷
ژوئیه	۱	۰/۸۹	۱	۰/۷۹	۰/۹۶	۰/۹۸	۰/۹۸	۰/۹۹	۰/۳۵	۰/۳۱
اوت	۰/۸۷	۰/۷	۰/۷۵	۰/۴۹	۰/۹۴	۰/۹۸	۰/۹۷	۰/۹۹	۰/۳۰	۰/۲۴
سپتامبر	۰/۶۳	۰/۴۵	۰/۲۹	۰/۲۰	۰/۹۶	۰/۹۸	۰/۹۸	۰/۹۹	۰/۲۲	۰/۱۵
اکتبر	۰/۹۱	۰/۴۵	۰/۸۲	۰/۲۰	۰/۹۶	۰/۹۸	۰/۹۸	۰/۹۹	۰/۳۲	۰/۱۵

### روند تغییرات تبخیر- تعرق گیاه مرجع

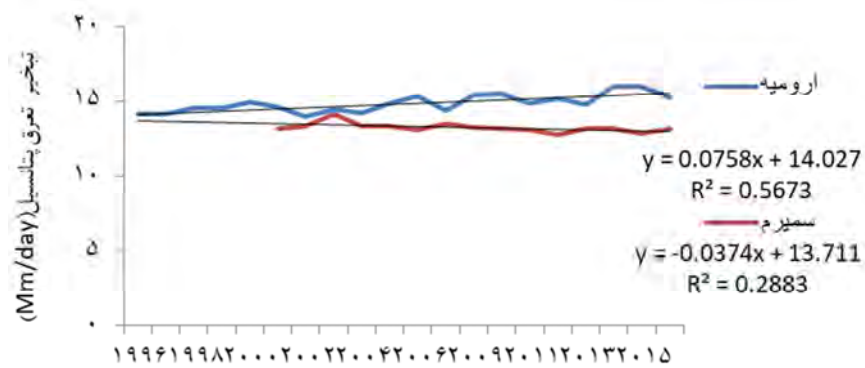
محاسبه مقادیر تبخیر-تعرق پتانسیل علاوه بر نشان دادن ویژگی‌ها اقلیم یک منطقه، در محاسبه نیاز آبی گیاهان مختلف و نیز طراحی سیستم‌های آبیاری، زهکشی و ذخیره آب کاربرد دارد. به‌منظور شناخت از وضعیت روند تغییرات تبخیر-تعرق گیاه مرجع، آزمون من-کندال و شیب سن بر روی سری‌های ETo طول فصل رشد درخت سیب ایستگاه‌های مورد مطالعه اعمال گردید. نتایج آماره آزمون من-کندال و شیب سن در جدول ۵ مشخص شده است. در ایستگاه سمیرم بر روی داده‌های مشاهداتی شیب تغییرات منفی و روند آن کاهشی است ولی در ایستگاه ارومیه شیب تغییرات مثبت و روند افزایشی است، در هر دو ایستگاه روند معنی‌داری مشاهده نگردید. میزان تبخیر-تعرق پتانسیل برآورده شده در فصل رشد، تحت خط سیر RCP4/5 و RCP8/5 برای ایستگاه‌ها روندی افزایشی را نشان می‌دهد. برای ایستگاه سمیرم تحت خط سیر RCP8/5 روند در سطح پنج درصد معنی‌دار می‌باشد. شکل ۲ نتایج وضعیت تغییرات شیب خط روند سری فصل رشد برای ایستگاه‌های مورد مطالعه را نشان می‌دهد. همان‌طور که در نمودارهای ۳ و ۴ مشخص شده است، در بیشتر سال‌ها، میزان تبخیر-تعرق برآورده شده تحت سناریوی RCP8/5 بیش از مقدار تبخیر-تعرق برآورده شده تحت سناریوی RCP4/5 است؛ اما روند افزایشی آن‌ها تقریباً شبیه هم می‌باشند.

در ایستگاه ارومیه نتایج آماره‌ها بر روی ETo مراحل رشد درخت سیب، برای داده‌های مشاهداتی در تمام مراحل روند افزایشی را نشان می‌دهند. روند دوره‌های شکفتن جوانه، رشد و رسیدن میوه در سطح پنج درصد معنی‌دار می‌باشد. در این شهرستان تحت هر دو سناریو مراحل شکفتن جوانه و گل‌دهی روند ETo کاهشی و در سایر مراحل روند افزایشی می‌باشد. از نظر آماری روند معنی‌داری مرحله رسیدن میوه در سناریوی RCP4/5 در سطح پنج درصد تأیید گردید. نتایج حاصل از آزمون‌ها در ایستگاه سمیرم در دوره مشاهداتی برای مراحل رشد و رسیدن میوه و در سناریوی RCP8/5 مراحل گل‌دهی، رشد و رسیدن میوه و سناریوی RCP4/5 در مرحله گل‌دهی روند کاهشی را نشان می‌دهند که از نظر آماری روند معنی‌داری در دوره مشاهداتی تأیید گردید. روند ETo در سایر مراحل رشد افزایشی می‌باشد.

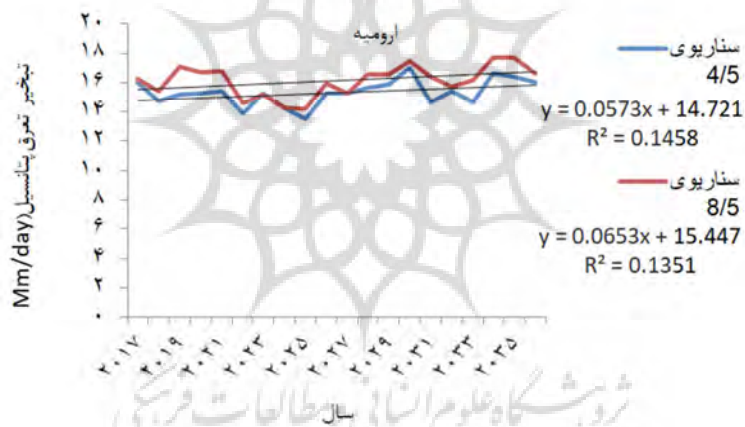
جدول ۵: نتایج آماره Z من‌کندال و Q شیب سن بر روی سری تبخیر-تعرق مرجع در فصل رشد درخت سیب در ایستگاه‌های

مورد مطالعه

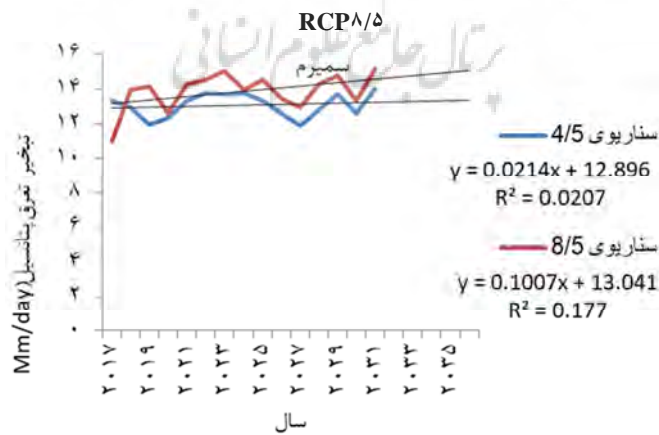
ایستگاه‌ها	داده‌های مشاهداتی	سناریوی ۴/۵		سناریوی ۸/۵	
		Z	Q	Z	Q
سمیرم	-۰/۰۲	-۱/۹۷	۰/۰۲	۰/۲۹	۱/۲۸
ارومیه	۰/۰۷	۳/۱۴	۰/۰۵	۱/۶۵	۱/۳۳



شکل ۲: تغییرات مجموع سالانه تبخیر-تعرق سالیانه طول فصل رشد در دوره ۱۹۹۶-۲۰۱۶



شکل ۳: تغییرات مجموع سالانه تبخیر-تعرق سالیانه طول فصل رشد آرومیه در دوره ۲۰۱۷-۲۰۳۷ تحت دو سناریوی RCP ۴/۵ و



شکل ۴: تغییرات مجموع سالانه تبخیر-تعرق سالیانه طول فصل رشد سمیرم در دوره ۲۰۱۷-۲۰۳۷ تحت دو سناریوی RCP ۴/۵ و

RCP ۸/۵

افزایش ETO فصل رشد ایستگاه‌ها نسبت به دوره پایه با سناریوی ۴/۵ و ۸/۵ برای ایستگاه سمیرم ۳/۸۴ و ۷/۳۷ و برای ایستگاه ارومیه ۵/۰۴ و ۸/۱۶ پیش‌بینی شد. به ترتیب بیشترین و کمترین میزان افزایشی ETO نسبت به دوره پایه برای ایستگاه‌ها تحت هر دو سناریو در مرحله جوانه زنی و رشد میوه رخ می‌دهد. لازم به ذکر است که درصد نرخ تغییرات ETO به شرح زیر محاسبه شد:

$$\text{Change rate\%} = \frac{ETO(\text{future}) - ETO(\text{baseline})}{ETO(\text{baseline})} \times 100 \quad (7)$$

در رابطه فوق  $ETO(\text{future})$  مقدار متوسط تبخیر-تعرق در دوره آینده و  $ETO(\text{baseline})$  مقدار متوسط تبخیر-تعرق (mm) در دوره پایه است.

### نتایج روند تغییرات پارامترهای اقلیمی مؤثر در طول فصل رشد

به‌منظور شناخت مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار بر تبخیر-تعرق مرجع در طی فصل و مراحل رشد درخت سیب، از رگرسیون گام به گام استفاده شد و بعد از آن روند پارامترهای اقلیمی، کمینه و بیشینه دما، ساعت آفتابی، سرعت باد و رطوبت نسبی، بر اساس آزمون نا پارامتری من-کندال و شیب سن ارزیابی گردید. مهم‌ترین عامل تأثیرگذار در فصل رشد دوره مشاهداتی ایستگاه سمیرم، کمینه و بیشینه دما و ساعات آفتابی بوده است. نتایج حاصل از هر دو آزمون روند کاهشی را نشان می‌دهد که از نظر آماری روند معنی‌داری آن‌ها تأیید نگردید. مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار ETO فصل رشد درخت سیب داده‌های برآورد شده خط سیر RCP۴/۵ ایستگاه سمیرم، سرعت باد و دماهای کمینه و بیشینه‌ی بود. نتایج حاصل از هر دو آزمون روند افزایشی را نشان می‌دهند که از نظر آماری روند معنی‌داری سرعت باد در سطح پنج درصد تأیید گردید. برای سناریوی RCP۸/۵ این ایستگاه به احتمال زیاد روند افزایشی تبخیر-تعرق به دلیل روند افزایشی دماها، تابش، سرعت باد و روند کاهشی رطوبت نسبی می‌باشد. روند معنی‌داری دمای کمینه تأیید گردید. مهم‌ترین پارامتر تأثیرگذار برای شهرستان ارومیه در ETO دوره مشاهداتی فصل رشد سیب دمای بیشینه و رطوبت بوده است. روند افزایشی دمای بیشینه و روند نزولی رطوبت نسبی به احتمال زیاد دلیل روند افزایشی تبخیر-تعرق در فصل رشد می‌باشد. روند معنی‌دار دمای بیشینه از نظر آماری تأیید گردید. مهم‌ترین پارامتر تأثیرگذار در شهرستان ارومیه برای داده‌های برآورد شده فصل رشد سیب، خط سیر RCP۴/۵ دماهای بیشینه، کمینه و تابش بوده است سه پارامتر روند مثبت و افزایشی داشته‌اند، روند معنی‌داری پارامترها تأیید نشد. در خط سیر RCP۸/۵ مهم‌ترین پارامترها دمای بیشینه، تابش و سرعت باد نشان داده شد. روند این سه پارامتر افزایشی است و معنی‌داری سرعت باد تأیید گردید. بررسی مراحل رشد نشان داد که به‌طورکلی می‌توان افزایش سرعت باد و دمای کمینه مهم‌ترین پارامترها تخمین زد.

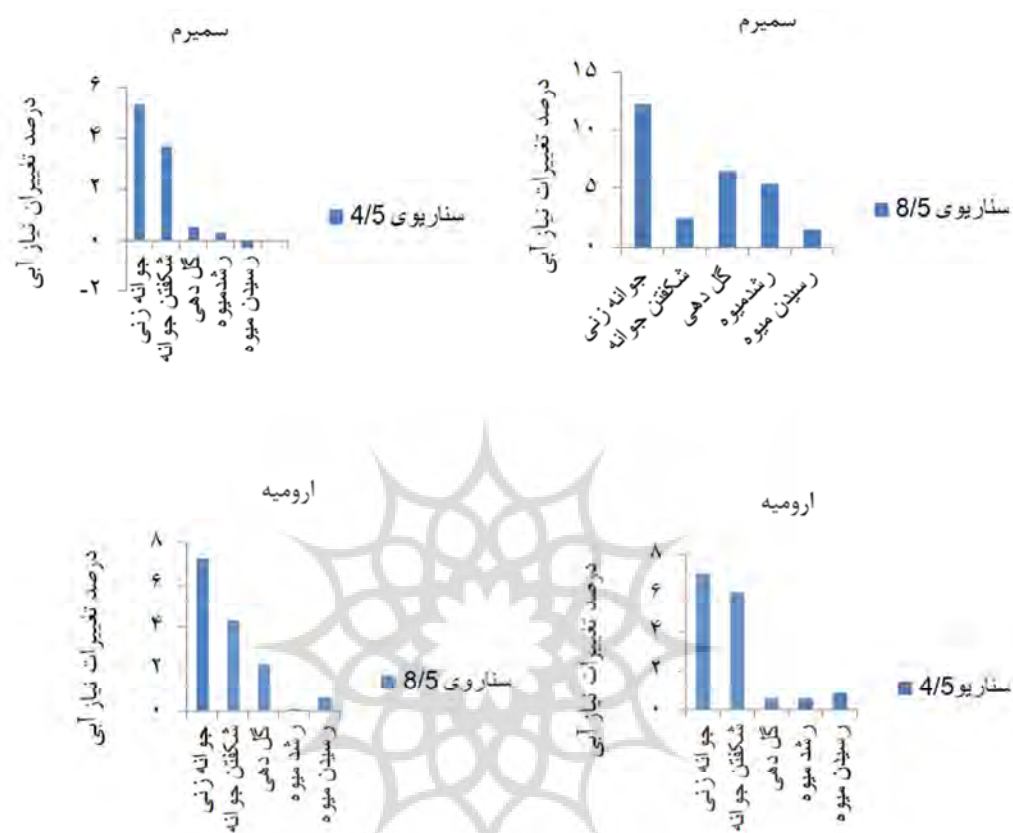
### نیاز آبی

نیاز آبی گیاه نشان دهنده مقدار آب مورد نیاز است که گیاه در کل فصل رشد برای رشد کامل و محصول دهی به آن نیاز دارد. در ایستگاه‌های ارومیه و سمیرم متوسط سالانه بارش مؤثر در دوره مشاهداتی به ترتیب ۲۶۹ و ۴۳۲ میلی-متر است از این مقادیر ۴۳ درصد در ایستگاه ارومیه و ۱۷ در ایستگاه سمیرم در طول فصل رشد سیب رخ می‌دهند.

برای داده‌های برآورد شده نیز بارش مؤثر فصل رشد در ایستگاه ارومیه بیش‌تر از سمیرم می‌باشد؛ به تبع آن در طول فصل رشد درخت سیب، ایستگاه سمیرم در دوره مشاهداتی و سال‌های پیش‌بینی نسبت به ایستگاه ارومیه نیاز آبی بیشتری خواهد داشت. در هر دو ایستگاه در دوره مشاهداتی و داده‌های برآورد شده میزان بارش مؤثر در مرحله جوانه‌زنی بیش از چرخه‌های دیگر می‌باشد. در خط سیر ۸/۵ برای هر دو ایستگاه بارش مؤثر نسبت به دوره مشاهداتی افزایش خواهد یافت. این نتیجه مشابه با نتایج کار قهرمان و همکاران (۱۳۹۵) است. نتایج بررسی آن‌ها نشان داد که بر اساس هر دو سناریوی ۴/۵ و ۸/۵ مقدار بارش در انتهای قرن بیست و یکم در دشت اهواز نسبت به مقدار میانگین اقلیمی این کمیت افزایش خواهد یافت. گووا و همکاران (۲۰۰۹) نیز در مطالعه خود به اهمیت بسزای دما در تغییر نیاز آبی نیشکر اشاره کرده‌اند. با توجه به این که افزایش دما بر مقدار تبخیر-تعرق پتانسیل تأثیر گذاشته و به تبع آن افزایش آب آبیاری را به دنبال خواهد داشت افزایش بارش می‌تواند افزایش فشار گرمایی را جبران کند. لوم و همکاران (۲۰۰۹) افزایش در درجه حرارت و میانگین بارندگی سالانه را در نواحی مرکزی تانزانیا در دوره زمانی ۲۰۷۱-۲۱۰۰ نشان دادند.

با توجه به مقدار تبخیر-تعرق و بارش مؤثر در طول فصل رشد سیب، نتایج شبیه‌سازی‌ها نشان داد که در شرایط تغییر اقلیم نسبت به دوره پایه نیاز آبیاری درخت سیب در ایستگاه‌های ارومیه و سمیرم تحت هر دو سناریو افزایش پیدا کرده است. این نتیجه با نتایج پژوهش نه‌بندانی و سلطانی (۱۳۹۵) بیان کرده‌اند که تحت شرایط سناریوهای مختلف اقلیمی (کاهش دما، افزایش دما و افزایش  $CO_2$ ) در گیاه سویا، افزایش یک تا سه درجه سانتی‌گراد دما منجر به افزایش نیاز آبیاری به ۳۰ میلی‌متر خواهد شد مطابقت دارد. باگیس و همکاران (۲۰۱۰) نیز تأثیر افزایش غلظت دی‌اکسید کربن هوا را با افزایش دما در دهه‌های آتی بر روی تبخیر-تعرق گیاهان زراعی در نواحی مرکزی بلژیک مورد بررسی قرار دادند. نتایج مطالعات آن‌ها نشان داد که در مورد محصولات بهاره و تابستانه نظیر گوجه‌فرنگی، افزایش معنی‌دار در نیاز آبی رخ خواهد داد به نحوی که این افزایش حتی با بستن روزنه‌ها کاهش دوره رشد گیاهان نیز جبران نخواهد شد.

در ایستگاه ارومیه با اینکه میزان تبخیر-تعرق در سناریوی ۸/۵ نسبت به خط سیر RCP۴/۵ روند صعودی بیشتری داشته اما به دلیل افزایش بارش مؤثر نیاز آبی آن نسبت به خط سیر RCP۴/۵ کاهش یافته است؛ بنابراین در خط سیر RCP۴/۵ این ایستگاه به آبیاری بیشتری نیازمند است. در ایستگاه سمیرم با وجود اینکه بارش‌های مؤثر در سناریوی ۸/۵ نسبت به خط سیر RCP۴/۵ افزایش پیدا کرده‌اند، اما به دلیل افزایش تبخیر خط سیر RCP۸/۵ نیاز آبی در این سناریو نسبت به RCP۴/۵ بیشتر شده است. در هر دو ایستگاه بیش‌ترین نیاز آبی در مرحله رشد میوه مشاهده می‌شود که در این مرحله کم‌ترین بارش مؤثر، بیش‌ترین مقادیر تبخیر-تعرق و میانگین دما اتفاق در نتیجه بیش‌ترین میزان آبیاری درخت سیب در همین مرحله می‌باشد. مرحله‌ی جوانه‌زنی، نیازمند کم‌ترین نیاز آبی می‌باشد، چون بیش‌ترین بارش مؤثر در این دوره رخ داده است. همچنین در دوره جوانه‌زنی تحت سناریوهای دوگانه بیش‌ترین درصد تغییرات در نیاز آبی اتفاق می‌افتد.



شکل ۵: میزان تغییرات نیاز آبی طی مراحل رشد درخت سیب در ایستگاه‌های مورد مطالعه

### نتیجه‌گیری

بر پایه‌ی روش‌های ارزیابی، مقایسه داده‌های برآورد شده پایگاه ECMWF با مقادیر مشاهده‌شده در همه‌ی پارامترها همبستگی (R) بسیار زیاد است. مقدار خطای برآورد داده‌های پایگاه ECMWF با داده‌های مشاهده‌اتی بسیار ناچیز بوده و داده‌های این پایگاه برای ایستگاه‌های مورد مطالعه قابل تأیید است. مدل ICHEC-EC-EARTH توانایی به نسبت بهتری در برآورد میزان تبخیر-تعرق پتانسیل در مقایسه با دو مدل دیگر را داشت. نتایج این پژوهش نشان داد که روند افزایشی دما و سرعت باد منجر به افزایش میانگین تبخیر-تعرق مناطق مورد مطالعه در هر دو سناریو نسبت به دوره مشاهده‌اتی خواهد شد و از طرفی این روند افزایشی باعث افزایش نیاز آبی درخت سیب خواهد شد. در مجموع ETO خط سیر RCP ۴/۵ در مقایسه با شرایط کنونی (۱۹۹۶-۲۰۱۶) به نسبت خط سیر RCP ۸/۵ تفاوت و تغییرات کمتری نشان می‌دهد؛ اما به دلیل افزایش بارش مؤثر در خط سیر RCP ۸/۵ به آبیاری کمتر نیاز خواهد داشت. نسبت تغییرات ETO فصل رشد ایستگاه‌ها نسبت به دوره پایه برای سناریوهای ۴/۵ و ۸/۵ برای ایستگاه سمیرم سه و هشتاد و چهار صدم و هفت و سی و هفت صدم و برای ایستگاه ارومیه پنج و چهار صدم و هشت و

شانزده صدم پیش‌بینی شد و میزان تغییرات ETO برای ایستگاه ارومیه بیشتر از سمیرم بود؛ اما بارش مؤثر بیشتر ایستگاه ارومیه در فصل رشد موجب شده که ایستگاه سمیرم در دوره مشاهداتی و سال‌های پیش‌بینی نسبت به ایستگاه ارومیه نیاز آبی بیشتری را نشان دهد. در هر دو ایستگاه بیش‌ترین نیاز آبی سیب در مرحله رشد میوه می‌باشد چون در این مرحله کم‌ترین بارش مؤثر، بیش‌ترین تبخیر-تعرق و میانگین دما اتفاق افتاده است. مرحله‌ی جوانه‌زنی، نیازمند کم‌ترین نیاز آبی می‌باشد، چون بیش‌ترین بارش مؤثر در این دوره رخ داده است. درصد تغییرات آینده نسبت به دوره پایه در مرحله جوانه‌زنی بیش از دو مرحله‌ی دیگر بود.

## منابع

- احمدی حمزه؛ فلاح قله‌ری غلامعباس؛ گودرزی مسعود (۱۳۹۷). برآورد و تعیین الگوی فضایی نیاز آبی درخت سیب در ایران، اکوهیدرولوژی، دوره‌ی ۵، شماره ۱، ص ۱۶۰-۱۴۹.
- بایوردی محمد؛ (۱۳۷۲). روابط آب‌و‌خاک، انتشارات دانشگاه تهران، چاپ ششم، صفحه ۵۶۷.
- بابائیان ایمان؛ نجفی نیک زهرا؛ زایل عباسی فاطمه؛ حبیبی نوخندان مجید؛ ادب حامد؛ ملبوسی شراره (۱۳۸۸). ارزیابی تغییر اقلیم کشور در دوره‌ی ۲۰۳۹-۲۰۱۰ میلادی با استفاده از ریزمقیاس‌نمایی داده‌های مدل گردش عمومی جو ECHO-G، جغرافیا و توسعه، شماره ۱۶، صص ۱۵۲-۱۳۵.
- خسروشاهی محمد (۱۳۹۲). محاسبه نیاز آبی گونه سمر در چند ناحیه رویشی خلیج عمان ایران، فصلنامه علمی پژوهشی تحقیقات جنگل و صنوبر ایران، جلد ۱، شماره ۲، صص ۳۱۵-۳۰۰.
- دارند محمد؛ زند کریمی سوما (۱۳۹۴). واکاوی سنجش دقت زمانی-مکانی بارش پایگاه داده‌ی مرکز پیش‌بینی میان‌مدت جوی اروپایی (ECMWF) بر روی ایران زمین، پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، دوره‌ی ۴۷، شماره ۴، صص ۶۷۵-۶۵۱.
- رجبی زهره؛ بهیار محمدباقر؛ غیور حسنعلی؛ عزتیان ویکتوریا؛ گندمکار امیر (۱۳۹۳). محاسبه تبخیر-تعرق زعفران با روش پنمن مونتیث و نیاز آبی آن در استان اصفهان، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، سال ۳۰، شماره ۱، صص ۲۵۲-۲۳۹.
- رضیانی طیب؛ ستوده فاطمه (۱۳۹۶). بررسی دقت مرکز اروپایی پیش‌بینی‌های میان‌مدت جوی (ECMWF) در پیش‌بینی بارش مناطق گوناگون اقلیمی ایران، فیزیک زمین و فضا، دوره ۴۳، شماره ۱، صص ۱۴۷-۱۳۳.
- زارع ابیانه حمید؛ فرخی الهام؛ بیات ورکشی مریم؛ احمدی محمود (۱۳۹۰). تعیین نیاز آبی و تأثیر تغییرات آن بر برخی از صفات کمی و کیفی محصول چغندر، مجله، چغندر، شماره ۲۷، صص ۱۶۷-۱۵۳.
- سلطانی افشین؛ قلی‌پور منوچهر (۱۳۸۵). شبیه‌سازی اثر تغییر اقلیم بر رشد، عملکرد و مصرف آب نخود، مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی، سال سیزدهم، شماره دوم، صص ۲۷-۲۳.
- سپه‌وند مراد (۱۳۸۸). مقایسه نیاز آبی، بهره‌وری آب و بهره‌وری اقتصادی آن در گندم و کلزار در غرب کشور در سال‌های پرباران، مجله پژوهش آب ایران، سال سوم، شماره ۴، صص ۶۸-۶۳.
- سلیمانی ننادگانی مجید؛ پارس‌نژاد مسعود؛ عراقی نژاد شهاب؛ مساح بوانی علیرضا (۱۳۹۰). تأثیر تغییر اقلیم بر نیاز خالص آبیاری و عملکرد گندم دیم (مطالعه موردی بهشر)، نشریه آب‌و‌خاک (علوم صنایع و کشاورزی) جلد ۲۵، شماره ۲، صص ۳۹۷-۳۸۹.
- شعبانی بهاره؛ موسوی پایگی محمد؛ جباری نوقایی مهدی (۱۳۹۵). پیش‌بینی تغییران نیاز آبی برخی از محصولات کشاورزی دشت مشهد ناشی از تغییرات دمای هوا، علوم و مهندسی آبیاری (مجله علمی-پژوهشی) جلد ۳۹ شماره ۲، صص ۱۳-۱.
- علیزاده امین؛ کمالی غلامعلی (۱۳۸۱). اثر تغییر اقلیم برافزایش مصرف آب کشاورزی در دشت مشهد، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، شماره ۳، صص ۲۱۰-۱۹۰.

- علیزاده امین (۱۳۹۰). اصول هیدرولوژی کاربردی، انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد، چاپ سی و دوم، صفحه ۲۳۴.
- فرشی علی اصغر؛ امداد محمد رضا (۱۳۷۸). بررسی اثر افزایش درجه حرارت کره زمین در افزایش مصرف آب کشاورزی، دومین کنفرانس منطقه‌ای تغییر اقلیم، صص ۲۴.
- قربانی خلیل؛ ذاکری نیا مهدی؛ هزارجریبی ابوطالب (۱۳۹۲). بررسی اثرات تغییر اقلیم بر نیاز آبی سویا در منطقه گرگان، نشریه هواشناسی کشاورزی، جلد ۲، شماره ۱، صص ۷۲-۶۰.
- قهرمان نوذر؛ بابائیان ایمان؛ طباطبایی سیدمحمود رضا (۱۳۹۵). بررسی اثرات تغییر اقلیم بر نیاز آبی و طول دوره رشد گیاه تحت سناریوهای واداشت تابشی، نشریه حفاظت منابع آب و خاک، سال ششم، شماره اول، صص ۷۴-۶۴.
- موسوی بایگی محمد؛ اشرف بتول (۱۳۸۸). هوا و اقلیم‌شناسی در کشاورزی، انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد، چاپ اول، پاییز، صفحه ۳۳۹.
- میر موسوی حسین؛ اکبری حمید؛ پناهی حمید؛ اکبرزاده یونس (۱۳۹۱). واسنجی روش‌های برآورد تبخیر-تعرق پتانسیل گیاه مرجع (ETO) و محاسبه نیاز آبی گیاه (ETC) زیتون در استان کرمانشاه، جغرافیا و پایداری محیط، شماره ۳، صص ۶۴-۴۵.
- میان آبادی آمنه؛ علیزاده امین؛ ثنایی نژاد سیدحسین؛ قهرمان بیژن؛ داوری کامران (۱۳۹۵). پیش‌بینی تغییرات تبخیر واقعی سالانه در مناطق خشک با استفاده از چهار چوب اصلاح شده بادیکو (مطالعه موردی: حوضه آبریز نیشابور- رخ) نشریه آبیاری و زهکشی ایران، جلد ۱۰، شماره ۳، صص ۴۱۱-۳۹۸.
- نهبندانی علیرضا؛ سلطانی افشین (۱۳۹۵). شبیه سازی تاثیر تغییرات اقلیمی بر نیازهای آبیاری و عملکرد سویا در گرگان نشریه منابع آب و خاک (علوم صنایع و کشاورزی)، جلد ۳۰، شماره ۱، صص ۸۷-۷۷.
- Acharjee, TK., Ludwig, F., van Halsema, G., Hellegers, P., Supit, I., (2017), Future changes in water requirements of Boro rice in the face of climate change in North-West Bangladesh, *Agricultural Water Management*, 194, PP. 172-183.
- Baguis, P., Roulin, E., Willems, P., Ntegeka, V., (2010), Climate change scenarios for precipitation and crop evapotranspiration over central Belgium. *Theoretical Applied Climatology*, 99, PP. 273-286.
- Corobov, R., 2002. Estimation of Climate change impacts crop production in the Republic of Moldova. *Geojournal*, 57, pp 195-202.
- Doll, P., (2002), Impact of climate change and variability on irrigation requirement: a global perspective. *J. of Climate Change*, 54, PP. 269-293.
- Ferree, D.C., Warrington, I. J., (2003), Apples: botany, production, and uses. CABI publishing, PP. 635.
- Chattaraj, S., Chakraborty, D., Sehgal, V.K., Paul, R.K., Singh, S.D., Daripa, A., Pathak, H (2014), Predicting the impact of climate change on water requirement of wheat in the semi-arid Indo-Gangetic Plains of India, *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 197, PP. 174-183.
- Gouvea, J.R.F., Sentelhas, P.C., Gazzool, S. T., Santos, M.C., (2009), Climate Change and technological advances: impact on sugarcane productivity in tropical southern Brazil. *Scientia Agricola*, 66(5), PP. 593-605.
- Lhome. J.p., Mougou, R., Mansour, M., (2009), Potential Impact of climate change on durum Wheat cropping in Tunisia. *J. of Climate Change*, 5, PP. 93-105.
- McMaster, G.S., Wilhelm, W.W., (1997), Growing degree-days: one equation, two interpretations, *Agricultural and Forest Meteorology*, 87, PP.291-300.
- Moriasi, D.N., Arnold, M.W., Van Liew, R.L., Harmel, R.D., Veith, T.L., (2007), model evaluation guidelines for systematic quantification of accuracy in watershed simulations, *Transactions of the ASABE*, 50(3), pp.885-900.
- Mansouri, Z., Menani, MR... (2017), Assessment of the water needs of Apricot and Olive crops under arid climatic conditions: Case study of Tinibaouine region (North-East of Algeria), 12, pp. 46-52.
- Surendran, U., Sushanth, CM., Mammen, G., Joseph, EJ., (2015), Modelling the crop water requirement using FAO-CROPWAT and assessment of water resources for sustainable water resource management: A case study in Palakkad district of humid tropical Kerala, India. *Aquatic Procedia*, 4, PP, 1211-1219.
- Pouw, E.D., Gbela, W., Adamb, H., (2000), Agrometeorological aspect of agriculture and forestry in the arid zone of Nigeria 1961-1991. *Journal of. Arid. Environ*, 4, pp. 263-288.
- Yu, P.S., Yang, T.C., Chou, C.C., (2002), Effects of Climate Change on evapotranspiration from paddy fields in southern Taiwan. *J. Clim Chang*, 54, Pp. 165-179.



**Research Article**

## **An investigation into the effects of climate change on water requirement of apple trees during the growth period: A case study of Orumiyeh and Semirom stations**

**Minoo Ahmadyan<sup>1</sup>, Bahroz Sobhani\*<sup>2</sup>, Saeed Jahanbakhsh Asl<sup>3</sup>**

Received: 26-05-2018

Revised: 20-10-2018

Accepted: 10-03-2019

### **Abstract**

Water and food security are serious challenges in climate change studies. the purpose of this study is to investigate the effects of climate change on water requirements of apple during the growing season. For this purpose, the ECMWF database has been used for observation data of Semirom and Urmia stations during the 20-year period (1996-2001). To check this quantity in the next 20 years, the daily Downscaling dynamic data of the CORDEX project with a precision of 44% \* 44% for the output of the ICHEC-EC-EARTH model under the two lines of 4.5 and 8.5 (RCP) was used for the period (2017-2037). In order to reduce the errors in the model estimates, the post-processing action of the estimated events was fulfilled. Then, minimum temperature data, maximum temperature, relative humidity, wind speed and radiation, potential evapotranspiration have been calculated using Penman-Monteith FAO method, which is more accurate than other models, and using the non-parametric Man-Kendall test and the Sen's Slope estimator nonparametric Method in the confidence range, 95% evapotranspiration was determined. In the end, the water requirement was also examined during the growing season of apples. The results showed that evapotranspiration in both stations is increasing during the growing season. The ETo increase in the growing season of the apple tree stations was predicted from the base period for the trajectory of 4.5 and 8.5 for the Semirom 4.14.7 and 7.99.7, respectively, and for Orumiye Station, 26.5 and 11.8, respectively, and however, this increasing process will raise the apple's need for water. The highest amount of evaporation and water requirement in the observed and estimated data has occurred in the bud break periods, growth fruits. At this stage, the lowest effective rainfall and the highest average temperature have occurred but generally, the percentage of upcoming changes of germination stage was more than other stages.

**Keywords:** Evapotranspiration, water requirement, the apple tree, Mann-Kendall, Sen's Slope estimator nonparametric method and Penman-Monteith FAO method.

<sup>1</sup>- PhD Student of Climatology, Faculty of Geographical Sciences, Mohaghegh Ardabili, Iran

<sup>2\*</sup>- Associate Professor of Climatology, Faculty of Geographical Sciences, Mohaghegh Ardabili, Iran.

<sup>3</sup>- Professor of Climatology, Faculty of Geographical Sciences. Tabriz, Iran

Email: sobhani@uma.ac.ir

## References

### References (in Persian)

- Alizadeh, A., Kamali, Gh., (2002), The effect of climate change on Agricultura water use in Mashhad Valley, Geographic Research Quarterly Journal, No. 3, pp. 190-210. [In Persian].
- Alizadeh, A., (2011), Principles of Applied Hydrology, Ferdowsi University Press, Mashhad, Second Edition, pp. 234. [In Persian].
- Amadi, H., Fallah Ghalhari, Gh. A., Goodarzi, M., (2018), Estimation and determination of the spatial pattern of Apple tree water requirement in Iran, ECO hydrology, NO.1, pp. 149-160. [In Persian].
- ByBourdie, M.,(1993), Water and soil relations, Tehran University Press, 6th Edition, pp. 567. [In Persian].
- Babaian, I., Nagafi Neik, Z., Zabol Abbasi, F., Habebei Nokhandan, M., Adab, H., Malbisei, F., (2010), Climate Change Assessment over Iran During 2010-2039 by Using Statistical Downscaling of ECHO- G Model. , Geography and development Iranian Journal, 7(16), pp. 135-152. [In Persian].
- Darand, M., Zande Karimi, S.,(2015), Evaluation of Spatio-Temporal Accuracy of Precipitation of European Center for Medium-Range Weather Forecasts (ECMWF) over Iran, Physical Geography Research Quarterly 47( 4). Pp. 651-657. [In Persian].
- Farshi, A., Amdad, M R., (1999), The Effect of Increasing Earth's Temperature on Increasing Agricultural Water Consumption, Second Climate Change Conference, pp. 24. [In Persian].
- Ghahramn, N., Babaian ., Tabatabaei, MR., (2016), Investigation the effect of climate change on sugarcane growing season and water requirement under RCP scenarios, Journal Water and Soil Resources Conservation, 6( 1), pp. 64-74. [In Persian].
- Khosroshahi, M., (2013), Estimating water requirement of Prosopis juliflora at different habitats of Persian Gulf - Aman Sea region of Iran, Iranian Journal of Forest and Poplar Research, 7( 16), pp. 300-315. [In Persian].
- Mousavi Baghi, M., Ashraf, B., (2009)., Air and Climatology in Agriculture; Mashhad Ferdowsi University Press, First Edition, Autumn, p. 339. [In Persian].
- Nehbandani A.R., and Soltani A.,(2016), Simulate the Effect of Climate Change on Development, Irrigation Requirements and Soybean Yield in Gorgan. Journal of water and soil, 30 ( 1), pp. 77-87. [In Persian].
- Qarabani, Kh., Zakirinia, M., Khazjaribi, A., (1392), the effects of climate change on water requirement OF soybean t in Gorgan, Journal of Agricultural Meteorology, 2 (1), pp. 60-72. [In Persian].
- Rajabi, Z., Bahyar, M. B., Ghayour, H. A., Ezatian, V., Gandomkar, A., (2014), Calculating the Evapotranspiration of Saffron by Penman-Monteith Method and Water Requirements in Isfahan Province, Geographic Research Quarterly Journal, vol. 30, No. 1, pp. 239-252. [In Persian].
- Razize, T., Sotoudeh, F.,(2017), Investigation of the accuracy of the European Center for Medium-Range Weather Forecast ECMWF) in forecasting observed precipitation in different climates of Iran, Journal of the Earth and Space Physics, 43( 1), pp. 133-147. [In Persian].
- Soltani, A., Gholipour, M., (2006), Simulation of the impact of climate change on growth, yield and water use of chickpea, Journal of Agricultural Science and Natural Resources, Thirteenth, 2, pp. 23-27. [In Persian].
- Sepahvand, M., (2009), Comparison of Water Requirement; Water Productivity and It's Economic Water Productivity in Wheat and rapeseed in the West of Iran in wet Years, Iranian Journal of Water Research, 3 ( 4), pp. 683-688. [In Persian].
- Soleymani Nandadgani, M., Parsi Nejad, M., Araghinejad, Sh., Masoumeh Boavani, A., (2011), Study on Climate change Effect on net irrigation Requirement and yield for Rainfed Wheat (Case Study: Behshahr), Journal of Water and Soil (Agricultural Sciences and Technology Journal).25( 2), pp. 389-397. [In Persian].
- Shabani, B., Mousavi -Paygi, M., Jabari Noghbi, M., (2016), Prediction of Water Requirement Changes some of Agricultural Products of Mashhad Plain due to Air Temperature Changes, Journal of Irrigation Science and Engineering, 39 (2) pp. 1-13. [In Persian].
- Zare Abyaneh, H., Farokhi, E., Bait Workshahi, M., Ahmadi, M., (2011), determination of water requirement and the effect of the changes on some quantitative and qualitative of the product of sugar beet, Journal of Sugar Beet, 27, pp. 153-167. [In Persian].
- Mehr Moussavi, Hosein, Akbari, Hamid, Panahi, Hamid, Akbarzadeh, Younes,(2012), Calibration Methods to Estimate Reference Crop Evapotranspiration and Calculated Potential Water Requirements of Olive Plant in Kermanshah Province, Geography and Sustainability OF Environmental, 3, pp. 45-64. [In Persian].
- Mianabadi, A., Alizadeh, A., Sanaeinejad, S, H., Ghahraman, B., Davary, K., (2016), Prediction of Annual Evaporation Change in Dry Regions Using the Budyko-type framework (Case Study of Neishaboor-Rokh Watershed), Iranian Journal of irrigation and Drainage,3, pp. 398-411. [In Persian]. [In Persian].
- Nafbandani, A., Soltani, A., (2016), Water and Soil Resources (Industrial and Agricultural Sciences), 30 (1), Pp. 7-87. [In Persian].

### References (in English)

- Acharjee, TK., Ludwig, F., van Halsema, G., Hellegers, P., Supit, I., (2017), Future changes in water requirements of Boro rice in the face of climate change in North-West Bangladesh, Agricultural Water Management, 194, PP. 172-183.
- Baguis, P., Roulin, E., Willems, P., Ntegeka, V., (2010), Climate change scenarios for precipitation and crop evapotranspiration over central Belgium. Theoretical Applied Climatology, 99, PP. 273-286.

- Corobov, R., 2002. Estimation of Climate change impacts crop production in the Republic of Moldova. *Geojournal*, 57, pp 195-202.
- Doll, P., (2002), Impact of climate change and variability on irrigation requirement: a global perspective. *J. of Climate Change*, 54, PP. 269-293.
- Ferree, D.C., Warrington, I. J., (2003), Apples: botany, production, and uses. CABI publishing, PP. 635.
- Chattaraj, S., Chakraborty, D., Sehgal, V.K., Paul, R.K., Singh, S.D., Daripa, A., Pathak, H( 2014), Predicting the impact of climate change on water requirement of wheat in the semi-arid Indo-Gangetic Plains of India, *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 197, PP. 174-183.
- Gouvea, J.R.F., Sentelhas, P.C., Gazzol, S. T., Santos, M.C., (2009), Climate Change and technological advances: impact on sugarcane productivity in tropical southern Brazil. *Scientia Agricola*, 66(5). PP. 593-605.
- Lhome. J.p., Mougou, R., Mansour, M.,( 2009), Potential Impact of climate change on durum Wheat cropping in Tunisia. *J. of Climate Change*, 5, PP. 93-105.
- McMaster, G.S., Wilhelm, W.W., (1997), Growing degree-days: one equation, two interpretations, *Agricultural and Forest Meteorology*, 87, PP.291-300.
- Moriasi, D.N., Arnold, M.W., Van Liew, R.L., Harmel, R.D., Veith, T.L.,( 2007), model evaluation guidelines for systematic quantification of accuracy in watershed simulations, *Transactions of the ASABE*, 50(3), pp.885-900.
- Mansouri, Z., Menani, MR., (2017), Assessment of the water needs of Apricot and Olive crops under arid climatic conditions: Case study of Tinibaouine region (North-East of Algeria, 12, pp. 46-52.
- Surendran, U., Sushanth, CM., Mammen, G., Joseph, EJ., (2015), Modelling the crop water requirement using FAO-CROPWAT and assessment of water resources for sustainable water resource management: A case study in Palakkad district of humid tropical Kerala, India. *Aquatic Procedia*, 4, PP, 1211-1219.
- Pouw, E.D., Gbela, W., Adamb, H.,( 2000), Agrometeorological aspect of agriculture and forestry in the arid zone of Nigeria 1961-1991. *Journal of. Arid. Environ*, 4. pp. 263-288.
- Yu, P.S., Yang, T.C., Chou, C.C.,(2002), Effects of Climate Change on evapotranspiration from paddy fields in southern Taiwan. *J. Clim Chang*, 54. Pp. 165-179.

