

## برآورد و تعیین الگوی فضایی نیاز آبی درخت سیب در ایران

حمزه احمدی<sup>۱</sup>، غلامعباس فلاح قاله‌ری<sup>۲\*</sup>، مسعود گودرزی<sup>۳</sup>

۱. دانشجوی دکتری، دانشکده جغرافیا و علوم محیطی، دانشگاه حکیم سبزواری، سبزواری

۲. استادیار، دانشکده جغرافیا و علوم محیطی، دانشگاه حکیم سبزواری، سبزواری

۳. استادیار، پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری ایران، تهران

(تاریخ دریافت ۱۳۹۶/۰۴/۰۵؛ تاریخ تصویب ۱۳۹۶/۰۷/۱۸)

## چکیده

بررسی نیاز آبی در طراحی سیستم‌های آبیاری و تأمین مصرف آب در کشاورزی اهمیت دارد. مطالعه حاضر با هدف برآورد و تعیین الگوی فضایی نیاز آبی درخت سیب با استفاده از آمار ایستگاه‌های هواشناسی طی سال‌های ۱۳۶۴ تا ۱۳۹۲ در مناطق کشت درخت سیب در ایران انجام شد. ابتدا تبخیر-تعرق مرجع سالانه براساس مدل فائو، پنمن-مانتیت برآورد شد، در ادامه نیاز آبی مراحل رشد درخت سیب تابستانه گلاب کهنز و سیب پاییزه رد دلشز مشخص شد. نتایج به دست آمده از محاسبه ETo سالانه و نیاز آبی مراحل رشد با استفاده از نرم‌افزار ArcGIS10.2 به صورت الگوی فضایی برای هر وارسته مشخص شد. نتایج نشان داد میزان ETo سالانه در مناطق شمال شرق و نیمه جنوبی محدوده کشت سیب به بیش از ۲ هزار میلی‌متر می‌رسد. درختان سیب تابستانه گلاب کهنز نسبت به وارسته‌های پاییزه رد دلشز نیاز آبی کمتری دارند و مرحله میانی رشد در درختان سیب بیشترین نیاز آبی را دارد. 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 ایران و همچنین نواحی جنوبی در مناطق کرمان و یزد در مناطق کشت درختان سیب، تبخیر-تعرق سالانه و نیاز آبی دارند، بنابراین انتخاب وارسته‌های با نیاز آبی کمتر در این مناطق مهم است.

**کلیدواژگان:** تبخیر-تعرق مرجع، توزیع مکانی، درخت سیب، نیاز آبی.

## مقدمه

تغییرات نامطلوب در پارامترهای اقلیمی 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 وضعیت نیاز آبی براساس پارامترهای اقلیمی اهمیت دارد [۱]. با توجه به شرایط تغییر اقلیم آینده شناخت نوسانات زمانی و مکانی پارامترهای اقلیمی به‌منظور مدیریت منابع آبی در کشاورزی بسیار ضروری است [۲]. کاهش منابع آبی برای تأمین نیاز آبی درختان میوه یکی از معضلات جدی در کره زمین محسوب می‌شود. با توجه به روند گرم‌شدن کره زمین و تأثیرات تغییر اقلیم، وضعیت منابع آبی به‌شدت با تنش مواجه است. تحقیقات یک دهه اخیر در سراسر کره زمین و گزارش‌های متعدد هیئت بین‌الدول تغییر اقلیم، مشخص کرده است که بارش‌ها کمتر خواهد شد و تبخیر-تعرق نیز افزایش می‌یابد. کاهش در میزان بارندگی و افزایش تبخیر - تعرق، از جمله مشکلات پیش رو در آینده کشاورزی مناطق خشک و نیمه‌خشک خواهد بود [۳]. ایران به‌عنوان کشوری خشک و نیمه‌خشک متوسط بارندگی ۲۵۰ میلی‌متر (حدود یک سوم متوسط بارش جهان) دارد. میانگین تبخیر آن دو برابر میزان بارندگی است و حجم متوسط ریزش‌های آن بین ۳۷۰-۴۰۰ میلیارد مترمکعب در سال است [۴]. برنامه‌ریزی آبیاری بدون داشتن اطلاعات کافی از تبخیر - تعرق مرجع امکان‌پذیر نیست. دقت در برآورد تبخیر - تعرق مرجع می‌تواند از یک طرف نیاز آبی گیاه را به‌صورت مطمئن‌تری تأمین کرده و از طرف دیگر از هدررفتن آب جلوگیری کند [۵]. نیاز آبی گیاهان و میزان تولیدات در بخش کشاورزی به تغییر در پارامترهای اقلیمی بسیار حساس‌اند. تغییر اقلیم بر دما و توزیع بارش تأثیرات متفاوتی دارد که نتیجه آن روی توزیع مکانی و زمانی منابع آبی و همچنین نیاز آبی گیاهان و مصرف آب در بخش کشاورزی مؤثر است [۲]. به واسطه افزایش تولیدات کشاورزی مناطق تحت آبیاری در مناطق خشک و نیمه‌خشک در سراسر کره زمین گسترش یافته است. با این شرایط، سنجش نیاز آبی درختان و گیاهان براساس شرایط اقلیمی ضروری به نظر می‌رسد [۶].

سیب با نام علمی (مالس دامستیکا بورکس)<sup>۱</sup> از مهم‌ترین و سازگارترین گونه میوه‌ها در مناطق معتدله

محسوب می‌شود. سیب درختی چهارمین میوه عمده در جهان محسوب می‌شود [۱]. این محصول در مناطق مرتفع جهان تا جایی که دما ممکن است به ۴۰- درجه سانتی‌گراد برسد نیز قادر به رشد است. در مناطق حاره‌ای در ارتفاعات بالا این محصول نیز می‌تواند رشد کند [۷ و ۱۱]. سیب به همراه دیگر محصولات میوه مناطق معتدله مربوط به خانواده روزاسه<sup>۲</sup> یا وردسانان است [۸-۱۰].

سیاری و همکارانش [۲] با مقایسه دو مدل گردش عمومی جو در پیش‌بینی پارامترهای اقلیمی و نیاز آبی گیاهان تحت تغییر اقلیم مشخص کردند که تبخیر - تعرق در آینده برای محصولات مختلف افزایش خواهد داشت و این افزایش تبخیر - تعرق موجب افزایش نیاز آبی خواهد شد. اشرف و همکارانش [۱۲] با بررسی نیاز آبی چغندر قند طی دوره ۲۰۱۱-۲۰۳۰ با استفاده از داده‌های اقلیمی شبیه‌سازی شده در خراسان رضوی، مشخص کردند که نیاز آبی در بیشتر مناطق افزایش خواهد داشت و همچنین تغییرات محلی نیز مشاهده می‌شود. میرموسوی و همکارانش [۱۳] برای واسنجی تبخیر-تعرق مرجع و نیاز آبی زیتون در استان کرمانشاه از روش‌های مختلف تبخیر - تعرق استفاده کردند. نتایج مطالعات ایشان نشان داد روش فائو، پنمن - مانیتث نتایج بهتری در تخمین مقدار تبخیر-تعرق دارد. جهانبخش و همکارانش [۱۴] با روندیابی تغییرات نیاز آبی گیاه مرجع و متغیرهای هواشناختی در آذربایجان شرقی مشخص کردند که هر چند در بیشتر متغیرهای اقلیمی روند معناداری آشکار نشد، اما روند معناداری در تبخیر - تعرق مشاهده می‌شود. فلاح‌قاهری و احمدی [۱۵] با بررسی نیاز آبی و توزیع مکانی آن برای کشت زعفران در استان اصفهان مشخص کردند که مناطق نیمه شرقی نیاز آبی بیشتری دارد و همچنین مرحله میانی زعفران بیشترین نیاز آبی را دارد. ذاکری‌نیا و همکارانش [۴] در بررسی نیاز آبی گیاهان الگوی کشت در دشت درودزن فارس، با بررسی بارش و وضعیت تبخیر - تعرق الگوی نیاز آبی در این منطقه را مشخص کردند. حسین پناهی و همکارانش [۳] عملکرد ارقام گندم تحت شرایط تنش رطوبتی براساس مدل پنمن-مانیتث فائو را بررسی کردند. نتایج مطالعه ایشان نشان داد مدل پنمن-مانیتث فائو عملکرد خوبی در برآورد نیاز آبی دارد. آشفته و امید حداد [۱] با

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. جی و همکارانش [۲۴] در بررسی تبخیر - تعرق گیاه مرجع گیاه یونجه به صورت ساعتی و روزانه در چین، روش پنمن - مانیتث را برای برآورد تبخیر - تعرق مرجع و نیاز آبی بااهمیت دانستند. منسوری و منانی [۲۵] براساس نرم‌افزار CROPWAT و روش فائو پنمن - مانیتث، نیاز آبی درختان زردآلو و زیتون در شرایط اقلیمی خشک در منطقه شمال شرقی کشور الجزیره را بررسی کردند. نتایج تحقیق آنها نشان داد درختان زردآلو و زیتون به ترتیب ۳۵۸۰۰ و ۶۹۸۰ مترمکعب در هکتار آب برای آبیاری نیاز دارند.

کشت درختان میوه و تولیدات باغی مزیت شناخته شده اقتصاد کشاورزی ایران محسوب می‌شود. یکی از محصولات عمده باغی استراتژیک که ایران را به یکی از کشورهای صادرکننده تبدیل کرده، تولید میوه سیب است. ظهور پدیده 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 برآورد و سنجش الگوی فضایی حاکم بر نیاز آبی در مناطق مستعد زیر کشت درخت سیب در ایران اجرا شده است.

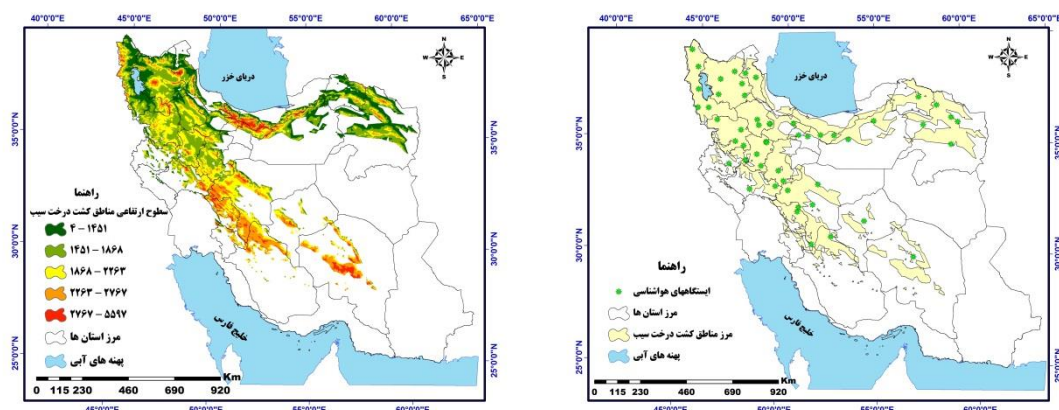
## مواد و روش‌ها

### منطقه مطالعه شده

با توجه به اهداف تحقیق، کل کشور در حالت اولیه مورد توجه تحقیق حاضر بوده است که با سلسله بررسی‌های ممتد براساس آمار و اطلاعات ایستگاه‌های هواشناسی سراسر کشور و اطلاعات میدانی و کتابخانه‌ای، مناطق عمده کشت درخت سیب براساس شرایط اقلیمی مکان‌یابی شده که نقشه مناطق مناسب کشت درخت سیب در شکل ۱ مشخص شده است. منطقه مناسب کشت درخت سیب از نظر اقلیمی مساحتی برابر با ۲۷/۲۹۵۵۹۴ کیلومترمربع، برابر با ۳۰ درصد از سطح مساحت کشور را شامل می‌شود. ماهیت درخت سیب به عنوان یک درخت خزان‌کننده سردسیری با نیاز سرمایی زیاد، موجب شده است که مناطق کشت این درخت، بیشتر مرتفع و کوهستانی باشد (شکل ۱).

بررسی ریسک نیاز آبی محصولات تحت شرایط تغییر اقلیم نشان دادند در آینده ریسک تغییرات نیاز آبی بیشتر خواهد شد و حجم تقاضای آب افزایش شایان توجهی خواهد یافت. فلاح قاهره و همکارانش [۱۶] با بررسی نیاز آبی کنگد در اقلیم سبزوار براساس آمار پارامترهای اقلیمی مشخص کردند که در دشت سبزوار میزان نیاز آبی از شمال به جنوب افزایش می‌یابد. احمدی و همکارانش [۱۷] با ارزیابی الگوی فضایی تبخیر - تعرق مرجع سالانه در شمال شرق ایران براساس روش‌های زمین‌آمار، نشان دادند از شمال به جنوب منطقه شمال شرق میزان تبخیر - تعرق مرجع افزایش می‌یابد و عوامل مکانی ارتفاع و عرض جغرافیایی در تعیین پهنه‌های هم‌تبخیر - تعرق کارکرد مهمی دارند.

سو و همکارانش [۱۸] توزیع زمانی - مکانی تغییرات تبخیر - تعرق مرجع و تبخیر تشت در حوضه آبریز رودخانه یانگ تسه را براساس آمار پارامترهای اقلیمی ایستگاه‌های هواشناسی و روش پنمن - مانیتث ارزیابی کردند. نتایج تحقیق ایشان نشان داد توزیع مکانی تبخیر - تعرق مرجع و تبخیر تشت مشابه هم است. داپتاو و همکارانش [۱۹] وضعیت تبخیر - تعرق و نیاز آبی گیاهان از نظر الگوهای زمانی - مکانی با استفاده از شاخص‌های زمینی را بررسی کردند. نتایج این تحقیق نشان داد الگوی فضایی تبخیر - تعرق و نیاز آبی از شرایط مکانی به خصوص عوامل عرض جغرافیایی و ارتفاع تأثیر می‌پذیرد. کوثری و آهانی [۲۰] با بررسی روند تبخیر - تعرق مرجع از سال ۱۹۷۵ تا ۲۰۰۵ در ایران مشخص کردند که در بیشتر مناطق روند افزایشی در ETo وجود دارد و با توجه به روند افزایشی تبخیر - تعرق مرجع معضل کم‌آبی جدی‌تر خواهد شد. جیو و همکارانش [۲۱] توزیع زمانی - مکانی تبخیر - تعرق واقعی را در حوضه آبریز هیبهی در چین بررسی کردند. نتایج تحقیق آنها نشان داد روند کاهش می‌یابد در میزان بارش و افزایش تبخیر - تعرق، ریسک کاهش منابع آبی حوضه را افزایش خواهد داد. شن و همکارانش [۲۲] نیاز آبی و توزیع فضایی آن را برای پنج محصول عمده گندم، ذرت، کتان، دانه روغنی و چغندر قند در مناطق شمال غربی چین از سال ۱۹۸۹ تا ۲۰۱۰ برآورد کردند. نتایج تحقیق آنها نشان داد الگوی فضایی نیاز آبی از شرایط مکانی تأثیر می‌پذیرد و نیاز آبی در آینده با ریسک همراه خواهد بود. شرندرن و همکارانش [۲۳] مدل‌سازی نیاز آبی و منابع آبی با نرم‌افزار CROPWAT در بخش پلاکاد از نواحی مرطوب



شکل ۱. مناطق کشت درخت سیب و موقعیت جغرافیایی ایستگاه‌های هواشناسی مطالعه شده (شکل سمت راست)، وضعیت ارتفاعی مناطق کشت درخت سیب در ایران (شکل سمت چپ) (منبع: نگارندگان، ۱۳۹۶)

اطلاعاتی مناطق کشت درختان سیب روی لایه رقومی ارتفاع کشور ایران مشخص شد تا براساس آن بستر لازم برای اعمال وضعیت تبخیر - تعرق مرجع سالانه و نیاز آبی درخت سیب در کنار مؤلفه‌های مکانی و مدل رقومی ارتفاع فراهم شود. بعد از تعیین معادله خط (جدول ۱) بین تبخیر - تعرق و نیاز آبی واریته‌های سیب تابستانه گلاب کهنز و سیب پاییزه رد دلیشز با مؤلفه‌های مکانی (طول جغرافیایی، عرض جغرافیایی و ارتفاع از سطح دریا) لایه‌های رستری لازم ترسیم شد. در ادامه، با استفاده از ابزار Raster calculator و امکانات فرمول‌نویسی این ابزار، لایه نهایی از الگوی فضایی تبخیر - تعرق و نیاز آبی مشخص شد. ضریب همبستگی و ضریب تعیین بالا براساس نتایج جدول ۱ نشان داد بین تبخیر - تعرق سالانه و نیاز آبی مراحل رشد درخت سیب و مؤلفه‌های مکانی (طول جغرافیایی، عرض جغرافیایی و ارتفاع از سطح دریا) ارتباط زیاد و معناداری وجود دارد.

#### تبخیر - تعرق مرجع سالانه

در این مطالعه از روش فائو، پنمن - مانیتث نیز برای برآورد تبخیر - تعرق مرجع سالانه استفاده شد. محاسبات این روش در محیط نرم‌افزار CROPWAT.8 انجام شد. پارامترهای کمینه و بیشینه دما برحسب سلسیوس، بارش برحسب میلی‌متر، سرعت باد برحسب متر بر ثانیه، رطوبت نسبی برحسب درصد و تابش آفتاب به‌صورت مجموع ساعات آفتابی برای هر ماه تنظیم و سپس در محیط نرم‌افزار یادشده برای برآورد تبخیر - تعرق برحسب میلی‌متر در ماه محاسبه شد. شاید مطمئن‌ترین و

#### روش بررسی

##### داده‌های تحقیق

در این تحقیق از داده‌های ماهانه ۵۳ ایستگاه هواشناسی واقع در مناطق مستعد کشت درختان سیب در کشور استفاده شد. پراکنش و موقعیت جغرافیایی ایستگاه‌های منتخب در مناطق زیر کشت درخت سیب در شکل ۱ مشخص شده است. آمار و اطلاعات پارامترهای اقلیمی مورد نیاز ایستگاه‌های مطالعه شده از سازمان هواشناسی کشور از بدو تأسیس تا ۱۳۹۲ تهیه و استخراج شد. بعد از پالایش داده‌ها، دوره آماری ۱۳۶۴ تا ۱۳۹۲ به عنوان دوره مطلوب برای دستیابی به اهداف تحقیق استفاده شد. برای تحقیق حاضر متناسب با هدف و محتوای تحقیق دو واریته از درختان سیب بررسی شد. سیب تابستانه گلاب کهنز<sup>۱</sup> برای ارقام زودرس و سیب پاییزه رد دلیشز<sup>۲</sup> برای ارقام دیررس انتخاب شد. ارقام یادشده در کشور سطح بالایی از زیر کشت درختان سیب را به خود اختصاص می‌دهند [۱۲]. این واریته‌ها روی پایه‌های مالینگ ۱۰۷ تا ۱۱۱ رشد و نمو خوبی دارند.

داده‌های تحقیق بعد از پالایش و تعیین تبخیر - تعرق مرجع و تعیین نیاز آبی، که روش بررسی آن‌ها در ادامه تشریح شده است، با استفاده از امکانات محیط سامانه اطلاعات جغرافیایی<sup>۳</sup> در قالب ابزارهای تحلیل مکانی، الگوی فضایی آنها در مناطق زیر کشت درخت سیب در ایران مشخص شد. در محیط نرم‌افزار ArcGIS10.2 لایه

1. Kohanz Crab Apple
2. Red Delicious
3. Geographical Information System (GIS)

جدول ۱. نتایج ارتباط پارامترهای مکانی با تبخیر - تعرق مرجع سالانه و نیاز آبی درخت سیب و معادله‌های خط

معادله خط	R <sup>2</sup>	R	پارامتر
Y=23.469+0.516 Lon-3.541 Lat-0.216 Elv	۰/۸۴	۹۲	تبخیر - تعرق مرجع سالانه
Y=21.739+0.338Lon-1.484Lat-0.023Elv	۰/۸۲	۹۱	نیاز آبی مرحله اولیه سیب تابستانه (کهنز)
Y=21.639+0.709Lon-1.185Lat-0.027Elv	۰/۸۱	۹۰	نیاز آبی مرحله میانی سیب تابستانه (کهنز)
Y=31.639+0.555Lon-1.722Lat-0.019Elv	۰/۸۲	۹۱	نیاز آبی مرحله پایانی سیب تابستانه (کهنز)
Y=40.639+0.941Lon-1.822Lat-0.119Elv	۰/۸۲	۹۱	مجموع نیاز آبی سیب تابستانه (کهنز)
Y=24.639+0.341Lon-1.422Lat-0.038Elv	۰/۸۲	۹۱	نیاز آبی مرحله اولیه سیب پاییزه (رد دلشز)
Y=25.639+0.988Lon-1.422Lat-0.059Elv	۰/۸۱	۹۰	نیاز آبی مرحله میانی سیب پاییزه (رد دلشز)
Y=15.639+0.988Lon-1.122Lat-0.119Elv	۰/۸۲	۹۱	نیاز آبی مرحله پایانی سیب پاییزه (رد دلشز)
Y=28.639+0.998Lon-1.322Lat-0.159Elv	۰/۸۲	۹۱	مجموع نیاز آبی سیب پاییزه (رد دلشز)

Lon: طول جغرافیایی، Lat: عرض جغرافیایی، Elv: ارتفاع از سطح دریا

در رابطه یادشده، Etc تبخیر - تعرق (mm/day)، Kc ضریب گیاهی (بدون واحد) و ETo تبخیر - تعرق مرجع (mm/day) است.

در این مطالعه همچنین نیاز آبی درخت سیب در مراحل رشد از طریق تبخیر و تعرق پتانسیل (ETo) و ضریب گیاهی (Kc) مشخص شد. روش معمول در تعیین نیاز آبی گیاهان استفاده از تبخیر - تعرق مرجع (ETo) و اعمال ضریب گیاهی (Kc) است. نیاز آبی درخت سیب مانند هر گیاه دیگر از روی ضرایب گیاهی<sup>۱</sup> (Kc) آن طی دوره رشد و تبخیر - تعرق گیاه مرجع<sup>۲</sup> به دست می‌آید.

#### مراحل رشد و مقدار ضریب گیاهی درخت سیب

تاج پوشش سطح گیاه، ارتفاع گیاه و سطح برگ با رشد گیاه تغییر می‌کند. ضریب گیاهی یک گیاه مشخص در دوره رشد به دلیل تفاوت تبخیر - تعرق در مراحل مختلف، تغییر خواهد کرد. دوره رشد گیاه را می‌توان به سه مرحله متمایز اولیه، توسعه میانی و پایانی تقسیم کرد. نیاز آبی درخت سیب در مرحله اول ۰/۴۵ و در مرحله دوم و سوم به ترتیب ۰/۹۵ و ۰/۷۰ است [۲۷]. جدول ۲ طول خزان کننده مانند سیب، مرحله اولیه از انتهای رکود تا گل‌دهی، مرحله میانی یا توسعه، از گل‌دهی تا برداشت میوه و مرحله پایانی یا مرحله سوم بعد از برداشت تا آغاز خزان و رکود دوباره درخت رخ می‌دهد.

جهانی‌ترین روش پذیرفته شده برای برآورد تبخیر - تعرق گیاه مرجع براساس انواع پارامترهای اقلیمی مختلف، فائو، پنمن - مانتیث است [۲۶]. این روش بر مبنای ترکیبی از پارامترهای فیزیکی و آثرودینامیکی ابداع شده است، بهترین پیشنهاد محاسبه این روش توسط آلن و همکارانش [۲۶] ارائه شده است.

$$ET_o = \frac{0408 \Delta (R_n - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0.34u_2)} \quad (1)$$

در این رابطه ETo تبخیر - تعرق گیاه مرجع (mm/day)، Rn مقدار تابش خالص (MJ m<sup>-2</sup> day<sup>-1</sup>) در سطح پوشش گیاهی، G جریان حرارتی خاک MJ، T متوسط دمای هوا در ارتفاع دو متری از سطح خاک (C°)، U2 سرعت باد در ارتفاع دو متری از سطح زمین (m/s) شیب منحنی فشار بخار اشباع با دما (C<sup>-1</sup> Kpa°) و γ ضریب سایکرومتر (C°، Kpa°)، (e<sub>s</sub>-e<sub>a</sub>) کمبود فشار بخار اشباع هوا (Kpa) [۲۶].

#### تعیین نیاز آبی

نیاز آبی به مقدار آبی گفته می‌شود که باید به صورت آبیاری به زمین داده شود تا گیاه با بیشترین توان خود رشد کرده و تولید محصول کند [۱۳]. روش زیر یکی از روش‌های برآورد نیاز آبی است که سازمان فائو ارائه کرده است [۶]. این روش که به روشی دومرحله‌ای مشهور شده، برای گیاهان مجزا بسیار مفید است. در روش ضریب گیاهی تبخیر - تعرق گیاه براساس ضریب گیاهی در تبخیر - تعرق گیاه مرجع محاسبه می‌شود [۲۷].

$$ETc = ETo.Kc \quad (2)$$

1. Crop coefficients  
2. Reference Evapotranspiration

جغرافیایی کم در مناطق کرمان و یزد مشاهده می‌شود. مناطق شمال غرب، محدوده‌های آذربایجان غربی و شرقی و زاگرس شمالی و مرتفع کمترین میزان تبخیر - تعرق مرجع سالانه را دارند. بنابراین، مؤلفه‌های مکانی کارکرد مؤثری در میزان تبخیر - تعرق مرجع سالانه و الگوی حاکم بر آن دارند. الگوی توزیع فضایی تبخیر - تعرق مرجع سالانه در شکل ۳ مشخص شده است.

### برآورد نیاز آبی درخت سیب تابستانه گلاب کهنز

نتایج برآورد نیاز آبی درخت سیب تابستانه گلاب کهنز در مراحل مختلف رشد و نمو در شکل ۴ مشخص شده است. نتایج نشان داد سیب تابستانه واریته گلاب کهنز طی دوره رشد و نمو کمترین نیاز آبی را در مراحل آغازین و پایانی داشته و بیشترین نیاز آبی آن مربوط به مرحله میانی رشد است. در مرحله آغازین، که کمترین نیاز آبی وجود دارد، میزان نیاز آبی در بیشتر ایستگاه‌های مطالعه شده کمتر از ۵۰ میلی‌متر است. در مرحله میانی میزان نیاز آبی در بیشتر ایستگاه‌های مطالعه شده بین ۱۲۰ تا ۱۵۰ میلی‌متر برآورد شد. بررسی‌ها نشان داد ایستگاه‌ها و مناطقی که ETo سالانه بیشتری دارند، نیاز آبی بیشتری نیز دارند. میزان نیاز آبی درخت سیب در ایستگاه‌های سمنان، سبزوار، کرمان، یزد و تهران در همه مراحل رشد بیش از سایر ایستگاه‌ها به دست آمد. در واقع، مناطق حاشیه کویر مرکزی و نیمه جنوبی محدوده کشت سیب مانند استان‌های یزد و کرمان، نیاز آبی بیشتری نسبت به مناطق مرتفع و عرض‌های بالاتر دارند. در این مناطق میزان نیاز آبی در مرحله میانی به بیش از ۲۰۰ میلی‌متر هم می‌رسد. مراحل آغازین و انتهایی رشد درختان سیب تابستانه، تقریباً نیاز آبی کمتر و یکسانی دارند.

جدول ۲. طول مراحل رشد درختان سیب [۲۷]

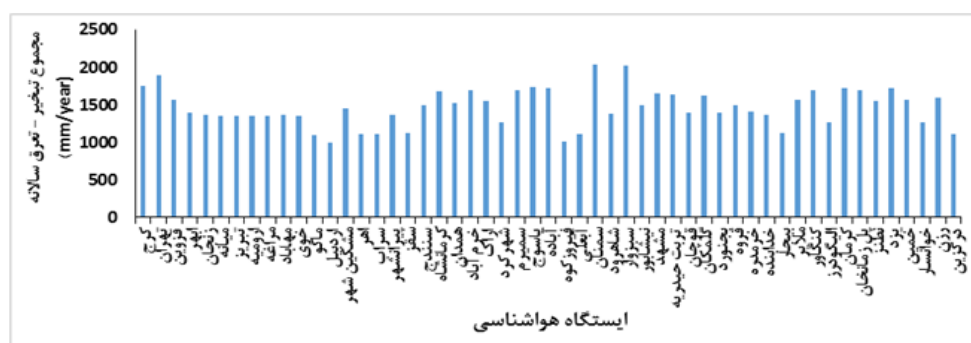
تاریخ کشت	کل	مرحله پایانی	مرحله توسعه گیاه	مرحله میانی	مرحله اولیه
اسفند	۲۷۰	۶۰	۷۰	۱۲۰	۲۰

### نتایج و بحث

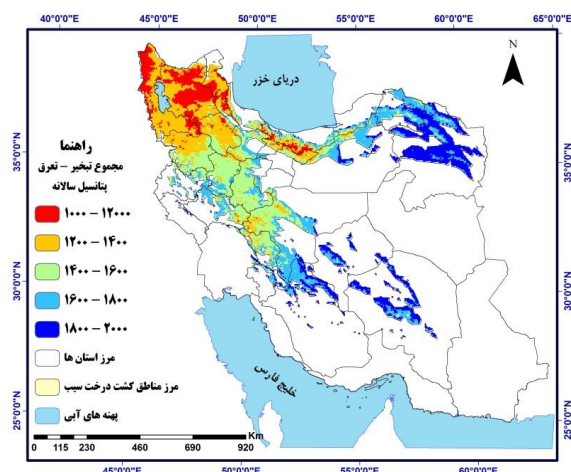
#### تبخیر - تعرق گیاه مرجع منطقه کشت درختان سیب

وضعیت تبخیر - تعرق گیاه مرجع در مناطق کشت درخت سیب در شکل ۲ مشخص شده است. نتایج نشان می‌دهد بیشترین میزان تبخیر - تعرق مرجع سالانه در دوره مطالعه شده تا بیش از دو هزار میلی‌متر در سال، در ایستگاه‌های سمنان، سبزوار، کرمان، یزد، آباد، یاسوج، سمیرم و تهران رخ می‌دهد. کمترین میزان تبخیر - تعرق مرجع سالانه تا کمتر از ۱۲۰۰ میلی‌متر در سال، در ایستگاه‌های اردبیل، ماکو، خوی، فیروزکوه و بیجار مشاهده می‌شود. ایستگاه‌های واقع شده در حاشیه نواحی بیابانی و کویری مرکزی و مناطق با عرض جغرافیایی کمتر در نیمه جنوبی محدوده کشت درخت سیب، تبخیر - تعرق مرجع بالاتری دارند. میزان تبخیر - تعرق مرجع سالانه در مناطق شمال شرق، محدوده خراسان رضوی و شمالی بیشتر از مناطق نیمه غربی و شمال غربی است.

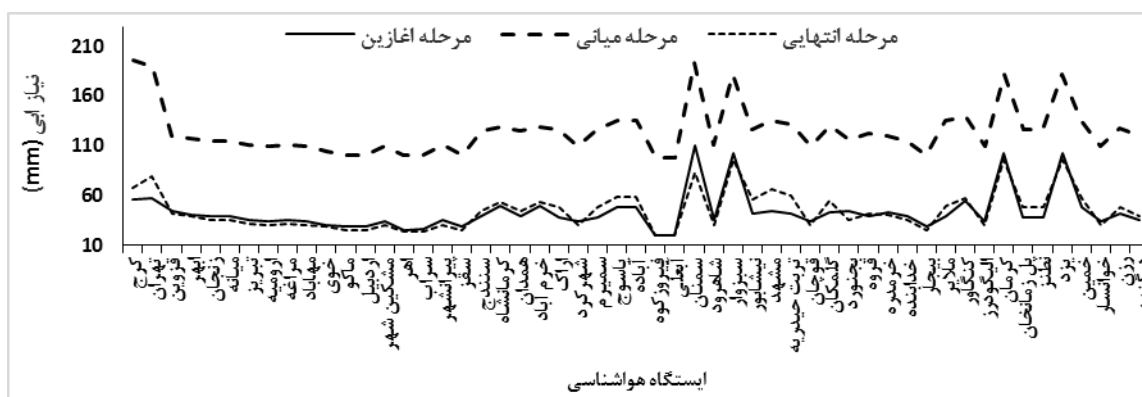
الگوی فضایی حاکم بر وضعیت تبخیر - تعرق مرجع با اعمال روی مدل رقومی ارتفاع مشخص شده است. به این منظور نتایج نشان می‌دهد مؤلفه مکانی ارتفاع از سطح دریا در وهله نخست و سپس مؤلفه مکانی عرض جغرافیایی بیشترین سهم را در شکل‌دهی و تعیین الگوی فضایی تبخیر - تعرق مرجع سالانه به خود اختصاص می‌دهند. پهنه مناطق با تبخیر - تعرق یکسان در مناطق کم‌ارتفاع خراسان رضوی و شمالی و مناطق نیمه جنوبی کشت سیب با عرض



شکل ۲. تبخیر - تعرق مرجع سالانه در ایستگاه‌های منتخب مناطق زیر کشت درخت سیب در ایران (منبع: نگارندگان، ۱۳۹۶)



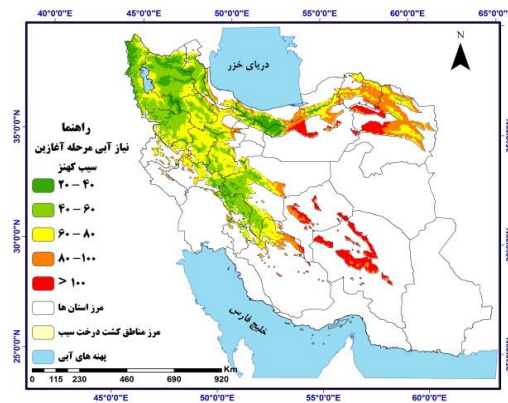
شکل ۳. الگوی فضایی تبخیر - تعرق مرجع سالانه در مناطق زیر کشت درخت سیب در ایران (منبع: نگارندگان، ۱۳۹۶)



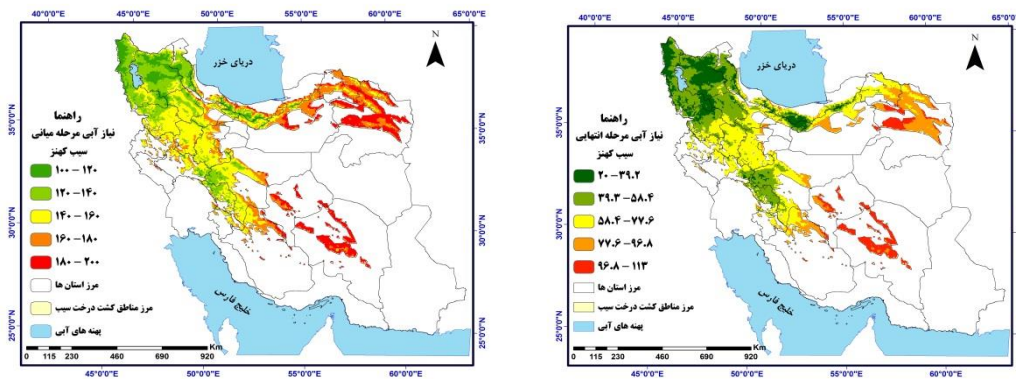
شکل ۴. نیاز آبی درخت سیب تابستانه گلاب کهنز در مراحل مختلف رشد و نمو در ایستگاه‌های منتخب مناطق زیر کشت سیب (منبع: نگارندگان، ۱۳۹۶)

آبی بیشتری نسبت به دیگر مناطق دارند. توزیع نیاز آبی از ۱۰۰ میلی‌متر در مناطق شمال غربی و مناطق مرتفع نیمه غربی آغاز شده و به تدریج با کاهش ارتفاع و عرض جغرافیایی به ۲۰۰ میلی‌متر در مناطق جنوبی و شمال شرقی می‌رسد. توزیع فضایی مرحله پایانی رشد درخت سیب تابستانه گلاب کهنز در شکل ۶ مشخص شده است. نیاز آبی درختان سیب در این مرحله از رشد به صورت تدریجی کاهش می‌یابد، به طوری که در اوایل پاییز با شروع خزان، نیاز آبی متوقف می‌شود. مناطق شمال غرب و مناطق زاگرس مرتفع، کمترین میزان نیاز آبی و در مناطق کم‌ارتفاع شمال شرق و مجاور مناطق مرکزی بیشترین نیاز آبی وجود دارد. در این مرحله بخش‌های زیادی از منطقه کشت سیب ۳۹ تا ۷۷ میلی‌متر نیاز آبی را دارند.

الگوی توزیع فضایی نیاز آبی مرحله آغازین درخت سیب تابستانه گلاب کهنز در شکل ۵ مشخص شده است. در مرحله آغازین رشد بخش بزرگی از مناطق کشت سیب به ۴۰ تا ۶۰ میلی‌متر آب نیاز دارد. الگوی فضایی حاکم بر این مرحله از رشد درخت سیب نشان می‌دهد مناطقی از دامنه‌های جنوبی البرز در استان سمنان و مناطق نیمه غربی و جنوبی خراسان رضوی و مناطقی از استان‌های کرمان و یزد، بیشترین میزان نیاز آبی را دارند. در مناطق مرتفع زاگرس، شمال غرب و البرز میانی کمترین نیاز آبی مشاهده می‌شود. الگوی توزیع فضایی مرحله میانی رشد درخت سیب واریته گلاب کهنز در شکل ۶ مشخص شده است. مرحله میانی رشد درختان سیب نسبت به دیگر مراحل رشد بیشترین نیاز آبی را لازم دارد. مناطق شمال شرق و حاشیه کویر مرکزی، سمنان و دامنه‌های داخلی زاگرس جنوبی نیاز



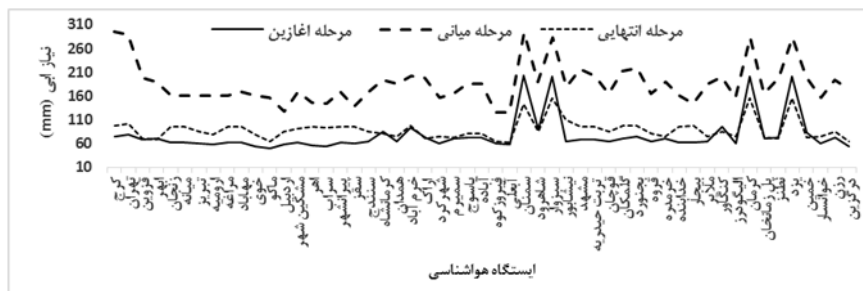
شکل ۵. الگوی فضایی توزیع نیاز آبی مرحله آغازین رشد درخت سیب تابستانه گلاب کهنز در مناطق زیر کشت سیب در ایران (منبع: نگارندگان، ۱۳۹۶)



شکل ۶. الگوی فضایی توزیع نیاز آبی مرحله میانی (شکل سمت راست) و مرحله نهایی رشد (شکل سمت چپ) رشد درخت سیب تابستانه گلاب کهنز در مناطق زیر کشت سیب در ایران (منبع: نگارندگان، ۱۳۹۶)

آبی را نسبت به وارپته زودرس دارند. درختان سیب دیررس به دلیل طول فصل رشد طولانی تر و همزمانی نمو میوه با ایام گرم سال، بیشترین نیاز آبی را دارند. در این وارپته نیز مانند وارپته زودرس، بیشترین نیاز آبی در مرحله میانی رشد و نمو و کمترین نیاز آبی در مراحل آغازین و پایانی است.

برآورد نیاز آبی درخت سیب دیررس یا پاییزه، وارپته رد دلیشز نتایج برآورد نیاز آبی درخت سیب پاییزه رد دلیشز در ایستگاه‌های منتخب مناطق زیر کشت درخت سیب در ایران در شکل ۷ مشخص شده است. در نگاه نخست کاملاً مشخص است که وارپته‌های دیررس یا پاییزه بیشترین نیاز

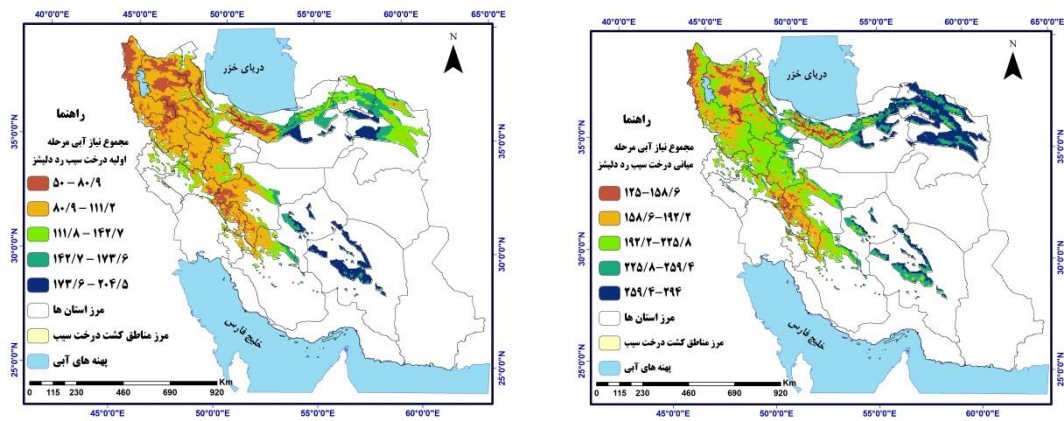


شکل ۷. نیاز آبی مراحل رشد و نمو درخت سیب دیررس یا پاییزه، وارپته رد دلیشز در ایستگاه‌های منتخب مناطق زیر کشت سیب (منبع: نگارندگان، ۱۳۹۶)

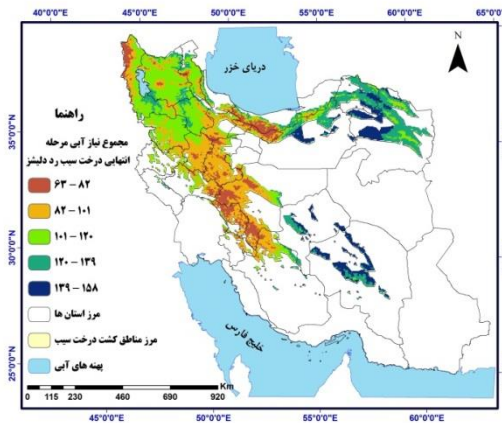


میلی‌متر در مناطق کم‌ارتفاع خراسان و مناطق کرمان و یزد متغیر است. می‌توان بیان کرد که این عامل ارتفاع است که میزان نیاز آبی را تعیین می‌کند، به‌طور نمونه در منطقه آذربایجان با نیاز آبی کمتر نسبت به دیگر مناطق کشور، در دشت‌های اطراف دریاچه ارومیه نیاز آبی بیشتر از مناطق اطراف مشاهده می‌شود. در مرحله میانی رشد درخت سیب بخش زیادی از مناطق کشت سیب، نیاز آبی بین ۱۹۲ تا ۲۲۵ میلی‌متر را دارند. الگوی فضایی این مرحله بیشتر از عامل ارتفاع از سطح دریا تبعیت می‌کند. توزیع فضایی مرحله نهایی رشد درخت سیب پاییزه رد دلپش در شکل ۹ مشخص شده است. در این مرحله نیاز آبی از ۵۸ تا ۱۶۳ میلی‌متر متغیر است. مانند دیگر مراحل رشد در این مرحله نیز عامل ارتفاع از سطح دریا و عرض جغرافیایی در ایجاد این الگوی فضایی تأثیر مهمی دارند.

توزیع فضایی نیاز آبی مرحله آغازین درخت سیب پاییزه رد دلپش در شکل ۸ مشخص شده است. در این مرحله نیاز آبی از ۵۰ تا ۲۰۴ میلی‌متر به‌ترتیب برای مناطق با نیاز آبی کم و زیاد متغیر است. مناطق شمال شرق، دامنه‌های جنوبی البرز در منطقه سمنان و تهران، نیمه جنوبی منطقه کشت سیب در مناطق کرمان و یزد و دشت‌های حاشیه مناطق مرتفع زاگرس، مناطق با نیاز آبی زیاد برای کشت محسوب می‌شوند. در مرحله آغازین رشد و نمو بخش بزرگی از مناطق کشت سیب نیاز آبی بین ۸۵ تا ۱۱۱ میلی‌متر را دارند. توزیع فضایی نیاز آبی مرحله میانی رشد درخت سیب پاییزه رد دلپش در شکل ۸ مشخص شده است. الگوی فضایی این مرحله از عامل ارتفاع از سطح دریا تبعیت بیشتر می‌کند. توزیع مکانی نیاز آبی از مقادیر ۱۲۵ میلی‌متر در مناطق مرتفع زاگرس و آذربایجان تا ۲۹۴



شکل ۸. الگوی فضایی توزیع نیاز آبی مرحله آغازین (شکل سمت راست) و مرحله میانی رشد (شکل سمت چپ) درخت سیب دیررس یا پاییزه، واریته رد دلپش در مناطق زیر کشت سیب در ایران (منبع: نگارندگان، ۱۳۹۶)



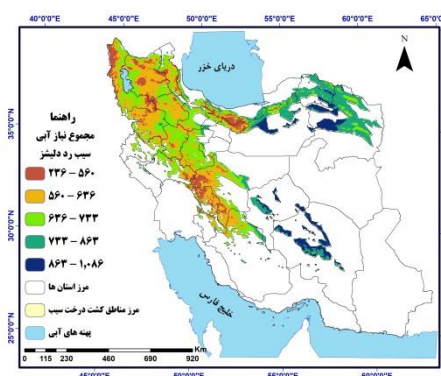
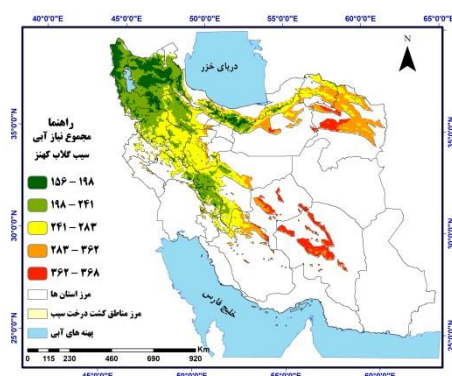
شکل ۹. الگوی فضایی توزیع نیاز آبی مرحله نهایی درخت سیب پاییزه رد دلپش در مناطق زیر کشت سیب در ایران (منبع: نگارندگان، ۱۳۹۶)

درختان زودرس یا تابستانه از ۱۶۵ میلی‌متر در عرض‌های بالا تا ۳۶۸ میلی‌متر در نواحی با عرض جغرافیایی پایین‌تر و کم‌ارتفاع متغیر است. مناطق غرب خراسان رضوی و نواحی جنوبی رشته‌کوه البرز و نقاطی از یزد و کرمان، بیشترین نیاز آبی را دارند. توزیع فضایی مجموع نیاز آبی سیب پاییزه رد دلشیز در شکل ۱۰ مشخص شده است. نیاز آبی در این واریته از ۲۵۶ میلی‌متر در کمترین مقدار تا ۱۰۸۶ میلی‌متر در بیشترین شرایط توزیع شده است. مجموع نیاز آبی در بخش‌های زیادی از مناطق کشت درخت سیب پاییزه دیررس از ۵۰۰ تا ۷۰۰ میلی‌متر در نوسان است. بیشترین مجموع نیاز آبی درخت سیب پاییزه رد دلشیز به مناطق خراسان، سمنان و مناطق کرمان و یزد محدود است.

### مجموع نیاز آبی درختان سیب تابستانه گلاب کهنز و پاییزه رد دلشیز

نتایج اولیه نشان می‌دهد واریته دیررس رد دلشیز نیاز آبی بیشتری نسبت به واریته زودرس گلاب کهنز دارد، به‌طوری که مجموع نیاز آبی برای درخت سیب پاییزه رد دلشیز در نقاطی از مناطق کشت درخت سیب در ایران، تا بیش از ۶۰۰ میلی‌متر هم مشاهده می‌شود. در واریته سیب تابستانه گلاب کهنز مجموع نیاز آبی در بیشترین مقدار به ۴۰۰ میلی‌متر و در کمترین میزان به ۲۰۰ میلی‌متر می‌رسد.

توزیع فضایی مجموع نیاز آبی درخت سیب تابستانه گلاب کهنز در شکل ۱۰ مشخص شده است. الگوی توزیع مکانی از عامل ارتفاع و عرض جغرافیایی تأثیرپذیر بوده و الگوی نهایی را شکل داده است. مناطق مختلف کشت



شکل ۱۰. الگوی فضایی مجموع نیاز آبی دوره رشد درخت سیب تابستانه گلاب کهنز (شکل سمت راست) و سیب پاییزه رد دلشیز (شکل سمت چپ) در مناطق زیر کشت سیب در ایران (منبع: نگارندگان، ۱۳۹۶)

کمتری دارند. استفاده از واریته‌های سیب تابستانه گلاب کهنز برای مناطق با ریسک نیاز آبی بیشتر در محدوده مناطق کم‌ارتفاع حاشیه نواحی مرکزی و مناطق جنوبی مناطق کشت سیب عملکرد بهتری دارد. از شمال به جنوب و از غرب به شرق مناطق کشت سیب در ایران، بر میزان ETo و نیاز آبی افزوده می‌شود. با توجه به نتایج به‌دست‌آمده، مناطق خراسان رضوی و دامنه‌های جنوبی رشته‌کوه البرز و همچنین عرض‌های جنوبی مناطق کشت سیب مانند کرمان و یزد، تبخیر - تعرق و نیاز آبی بیشتری دارند. انتخاب واریته‌های با نیاز آبی کمتر به‌خصوص ارقام زودرس در این مناطق اهمیت دارد. در واقع، با این شرایط از وضعیت تبخیر - تعرق سالانه و نیاز آبی ضروری است که برنامه‌های مدیریتی و سازگار در مناطق کشت درخت سیب استفاده شود. انتخاب واریته‌های

### نتیجه‌گیری

مطالعه حاضر با هدف برآورد تبخیر - تعرق مرجع سالانه و نیاز آبی مراحل رشد درخت سیب و الگوی فضایی حاکم بر آنها در مناطق زیر کشت سیب در ایران انجام شده است. نتایج به‌دست‌آمده از اعمال مدل فائو پنمن - مانیتث نشان داد مناطق شمال شرق و عرض‌های جنوبی منطقه کشت درخت سیب تبخیر - تعرق بیشتری نسبت به دیگر مناطق داشته و در ایجاد الگوی فضایی ETo و نیاز آبی سالانه، عوامل مکانی ارتفاع از سطح دریا و عرض جغرافیایی سهم بسزایی دارند. متناسب با افزایش تبخیر - تعرق مرجع میزان نیاز آبی نیز افزایش می‌یابد. در درختان سیب میزان نیاز آبی مرحله میانی بیشتر از دیگر مراحل رشد و نمو مشاهده شد. درختان سیب تابستانه گلاب کهنز نسبت به سیب پاییزه رد دلشیز نیاز آبی

- model. *Journal of Environmental Stresses in Crop Sciences*, 2011;4 (1):63-47. [In Persian]
- [4]. Zakerinia M, Ghorbani K, HezarJaribi A. Crop water demand assessment for cropping pattern in irrigation network with ArcET (Case study: Doodzan basin, Fars Province). *Water and Soil Conservation Research Journal*, 2014;21 (2): 208-191. [In Persian]
- [5]. Bakhtiari B, Liaghat AM, Khalili A. Effect of measurements time scales of meteorological variables on the estimation of crop reference water requirement in Kerman region. *Iranian Journal of Irrigation and Drainage*, 2010; 23(1):89-83. [In Persian]
- [6]. Goyal MR, Harmsen EW, editors. *Evapotranspiration: principles and applications for water management*, Toronto; Apple Academic Press Inc; 2013.
- [7]. Janick J. *Horticultural Reviews*, Wild apple and fruit trees of central Asia. John Wiley & Sons; New York: 2003.
- [8]. Farajzadeh M, Rahimi M, Kamali GA, Mavrommatis T. Modelling apple tree bud burst time and frost risk in Iran. *Meteorological Applications*, 2010; 17(1): 45-52.
- [9]. Kamali Gh, Rahimi M, Mohammadian N, Mahdavian A. Prediction of flowering time of Golden apple cultivar based on cumulative chilling requirements for preventing frost damage in Golmakan area of Khorasan. *Journal of Humanities Research*, University of Isfahan, 2007, 1 (22): 171 - 182. [In Persian]
- [10]. Valashedi RN, Sabziparvar AA. Evaluation of winter chill requirement models using the observed apple tree phenology data in Kahriz (Urmia, Iran). *Iranian Horticultural Science*, 2015; 47 (3): 570-561. [In Persian]
- [11]. Erez A, Fishman S. The dynamic model for chilling evaluation in peach buds. In *IV International Peach Symposium*, 1997; 465: 507-510.
- [12]. Ashraf B, Mousavibaghi M, Kamali Gh, Davari K. Prediction of water requirement of sugar beet during 2011-2030 by using simulated weather data with LARS-WG downscaling model. *Journal of Water and Soil*, 2011; 25 (5):1196 - 1184. [In Persian]
- [13]. Mirmousavi SH, Akbari H, Akbarzadeh Y. Calibration of reference evapotranspiration (ET<sub>0</sub>) estimate and estimation of water requirement for Olive plant in Kermanshah province. *Journal of Geography and Environmental Sustainability*, 2012; 2(3): 64 -45. [In Persian]
- سازگار متناسب با توان اقلیمی هر منطقه، مهم‌ترین راهکار در مدیریت منابع آبی و تولید محصول سیب در آینده خواهد بود. نتایج و دستاوردهای این تحقیق در کمک به تصمیم‌سازی‌ها برای مدیریت سیستم‌های آبیاری، تأمین بهینه نیاز آبی در باغ‌ها سیب و همچنین مدیریت بهتر منابع آبی، اهمیت دارد.
- نتایج مطالعه حاضر از نظر رهیافت الگوی فضایی نیاز آبی همسو با مطالعات فلاح قاهره و احمدی [۱۵] روی نیاز آبی کشت زعفران در استان اصفهان و احمدی و همکارانش [۱۷] روی تبخیر- تعرق مرجع در شمال شرق ایران و کوثری و آهانی [۲۰] در ارزیابی تبخیر- تعرق مرجع ایران است. آنها تأثیر شرایط مکانی به‌خصوص مؤلفه ارتفاع از سطح دریا در ایجاد الگوی فضایی تبخیر- تعرق مرجع و نیاز آبی را با اهمیت دانستند که نتایج به‌دست‌آمده از این تحقیق تأییدکننده نتایج محققان دیگر است. همچنین، نتایج مطالعه حاضر با نتایج مطالعه شن و همکارانش [۲۲] برای تعیین نیاز آبی محصولات عمده گندم، ذرت، کتان، دانه روغنی و چغندر قند مطابقت دارد. ایشان برآورد نیاز آبی با کمک سامانه اطلاعات جغرافیایی و پارامترهای اقلیمی را در ارائه الگوی فضایی در مدیریت منابع آبی با اهمیت دانستند که نتایج به‌دست‌آمده از تحقیق حاضر آن را تأیید می‌کند. بنابراین، تلفیق سامانه اطلاعات جغرافیایی و روش فائو پنمن-مانتیت می‌تواند روش مناسبی برای مدیریت منابع آبی باشد و از آن در برآورد نیاز آبی مناطق مختلف استفاده شود.

## منابع

- [1]. Ashofteh P, Omidhadad B. Assessments based on the risk of water demand for products under climatic conditions using AOGCM models. *Pasture and Watershed, Iranian Journal of Natural Resources*, 2015; 68(3): 457- 441. [In Persian]
- [2]. Sayari A, Alizadeh M, Bannayan M, Hossaini F, Hesami Kermani MR. Comparison of two GCM models (HadCM3 and CGCM2) for the prediction of climate parameters and crop water use under climate change (Case Study: Kashafrud Basin). *Journal of Water and Soil*, 2011; 25(4): 912-925. [In Persian]
- [3]. Hosseinpanahi F, Kafi M, Parsa M, Nasiri Mahallati M, Banyayan M. Evaluation of yield and yield components of resistant and susceptible wheat cultivars under moisture stress conditions using the Penman-Monteith, FAO

- [14]. Jahanbakhsh S, Khorshiddoust AM, Mirhashemi H, Khorrami H, Tadayoni M. Trend changes of the reference crop water requirement and its associated meteorological variables in East Azerbaijan. *Journal of Water and Soil*, 2014; 28 (2): 306 -296. [In Persian]
- [15]. FallahGhalhari GA, Ahmadi H. The estimation of phenological thresholds of Saffron cultivation in Isfahan province based on the daily temperature statistics, *Saffron Agronomy and Technology*, 2015;3 (1):65-49. [In Persian]
- [16]. FallahGhalhari GA, Rahchamani M, Biranvand F. Estimation of Sesame plant water requirement in Sabzevar climate. *Quarterly Journal of Arid areas Research*, 2014; 5 (21): 14-1. [In Persian]
- [17]. Ahmadi H, FallahGhalhari GA, and Shaemi A. Estimating and evaluating the trends of annual reference evapotranspiration based on Influential climatic parameters in the North-East of Iran, *Journal of Water and Soil Science*, 2016; 26 (2&3): 269-257. [In Persian]
- [18]. Xu CY, Gong L, Jiang T, Chen D, Singh VP. Analysis of spatial distribution and temporal trend of reference evapotranspiration and pan evaporation in Changjiang (Yangtze River) catchment. *Journal of Hydrology*, 2006; 327(1): 81-93.
- [19]. Diodato N, Ceccarelli M, Bellocchi G. GIS-aided evaluation of evapotranspiration at multiple spatial and temporal climate patterns using geoindicators. *Ecological Indicators*, 2010; 10(5):1009-1016.
- [20]. Kousari MR, Ahani H. An investigation on reference crop evapotranspiration trend from 1975 to 2005 in Iran. *International Journal of Climatology*, 2012; 32(15): 2387-2402.
- [21]. Gao G, Xu CY, Chen D, Singh VP. Spatial and temporal characteristics of actual evapotranspiration over Haihe River basin in China. *Stochastic environmental research and risk assessment*, 2012; 26(5): 655-669.
- [22]. Shen Y, Li S, Chen Y, Qi Y, Zhang S. Estimation of regional irrigation water requirement and water supply risk in the arid region of Northwestern China 1989–2010. *Agricultural Water Management*, 2013; 128: 55-64.
- [23]. Surendran U, Sushanth CM, Mammen G, Joseph EJ. 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*, 2015; 4: 1211-1219.
- [24]. Ji XB, Chen JM, Zhao WZ, Kang ES, Jin BW, Xu SQ. Comparison of hourly and daily Penman-Monteith grass- and alfalfa-reference evapotranspiration equations and crop coefficients for maize under arid climatic conditions, *Agricultural Water Management*, 2017; 192: 1–11.
- [25]. Mansouri Z, Menani MR. Assessment of the water needs of Apricot and Olive crops under arid climatic conditions: Case study of Tinibaouine region (North-East of Algeria), 2017; 12(30): 46-52. [In Persian]
- [26]. Allen RG, Pereira LS, Raes D, Smith M. Crop evapotranspiration-Guidelines for computing crop water requirements-FAO Irrigation and drainage paper 56. FAO, Rome, 1998; 300(9):D05109.
- [27]. Vaziri J, Salamat A, Entesari MR, Meschee M, Heidari N, Dehghanisaniyeh H. Evapotranspiration of plants: Instructions for calculating required water for plants. National Iranian Irrigation and Drainage Committee Press, Tehran: First Edition; 1999. [In Persian]