

برآورد نیاز خالص آبیاری گیاهان الگوی کشت دشت کرمانشاه و مقایسه آن با داده‌های سند ملی آب

خدیدجه براتی، جهانگیر عابدی‌کوپایی^{۱*}، الهام درویشی، آرش آذری و علی یوسفی

دانشجوی دکترای آبیاری و زهکشی، گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان.

kh_barati@yahoo.com

استاد گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان.

koupai@cc.iut.ac.ir

استادیار گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه رازی.

darvishi86@yahoo.com

استادیار گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه رازی.

arashazari.ir@gmail.com

استادیار گروه توسعه روستایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان.

ayousefi@cc.iut.ac.ir

چکیده

در انجام محاسبات سند ملی آب کشور، از دوره آماری ۲۵ ساله ۱۳۷۴-۱۳۴۹ برای محاسبه تبخیر و تعرق پتانسیل روزانه بهره گرفته شده است. با توجه به تغییرات اقلیمی ایجاد شده در سال‌های اخیر، به روز رسانی این کار ارزشمند ملی ضروری به نظر می‌رسد. از آنجا که تاکنون مطالعه‌ای در خصوص تعیین میزان تغییرات مقادیر نیاز خالص آبیاری گیاهان الگوی کشت دشت کرمانشاه در شرایط آب و هوایی کنونی نسبت به مقادیر ارائه شده در نرم‌افزار NETWAT صورت نگرفته است. لذا در این تحقیق، این موضوع مورد مطالعه و بررسی قرار گرفت. در این مطالعه، برای محاسبه نیاز آبی گیاهان، از آمار هواشناسی سال‌های ۶۶-۱۳۶۵ تا ۹۵-۱۳۹۴ استفاده شد و به منظور برآورد نیاز خالص آبیاری الگوی کشت دشت کرمانشاه از نرم‌افزار ET₀ Calculator برای محاسبه تبخیر و تعرق گیاه مرجع استفاده شد. سپس مقادیر تبخیر و تعرق گیاهان الگوی کشت، مقادیر باران مؤثر، و در ادامه مقادیر نیاز خالص آبیاری گیاهان محاسبه شدند. نتایج حاصل از مقایسه مقادیر بدست آمده در این تحقیق با مقادیر موجود در نرم‌افزار NETWAT نشان داد که برای اغلب گیاهان، مقادیر بدست آمده در این تحقیق به طور میانگین ۱/۲ برابر مقادیر ارائه شده در نرم‌افزار NETWAT می‌باشد. این نسبت برای دو گیاه گندم و جو تقریباً ۲ و برای گیاهان شبدر، گرمک و طالبی، نخود و بادام تقریباً یک می‌باشد. نتایج تحقیقات لایسیمیتری در منطقه مورد مطالعه، مؤید درستی محاسبات انجام گرفته در این تحقیق می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: تبخیر و تعرق، روش پنمن-مانتیت-فائو، گندم، جو

۱ - آدرس نویسنده مسئول: گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان

* - دریافت: مرداد ۱۳۹۷ و پذیرش: آبان ۱۳۹۷

مقدمه

تحت عنوان سند ملی آبیاری کشور شناخته شده و به طور گسترده‌ای توسط کارشناسان بخش کشاورزی و منابع آب مورد استفاده قرار می‌گیرد. این سند در سال ۱۳۷۸ بر اساس مطالعات متخصصین وزارت کشاورزی و همچنین سازمان هواشناسی کشور به روش توصیه شده توسط سازمان فائو تهیه شد و کماکان اطلاعات موجود در آن جهت انجام برنامه‌ریزی‌های آبیاری مورد استفاده قرار می‌گیرد (حیدری بنی و همکاران، ۱۳۹۰). در تهیه این سند از دوره آماری ۲۵ ساله ۱۳۷۴-۱۳۴۹ برای محاسبه تبخیر و تعرق پتانسیل روزانه بهره گرفته شده است (عرفانیان و همکاران، ۱۳۸۹). رشد و توسعه هواشناسی در کشور و احداث ایستگاه‌های هواشناسی جدید از یک سو و تغییرات اقلیمی دهه اخیر از سوی دیگر، ضرورت به روز رسانی و بازنگری در این کار ارزشمند ملی را دو چندان ساخته است (حیدری بنی و همکاران، ۱۳۹۰). در سال-های اخیر مطالعات متعددی برای بررسی تغییرات احتمالی مقادیر نیاز خالص آبیاری گیاهان در شرایط آب و هوایی کنونی نسبت به مقادیر ذکر شده در نرم‌افزار NETWAT صورت گرفته است.

در مطالعه‌ای به بررسی روش محاسبه و مقادیر برآورد شده نیاز آبی محصولات استان خوزستان در سند ملی آبیاری پرداخته شد. بر اساس نتایج بدست آمده از این مطالعه، مقایسه نیاز آبی محاسبه شده در سند با دیگر مراجع جهت دشت‌های مختلف استان خوزستان تفاوتی در حدود ۳۸ تا ۸۶ درصد برای گندم و تا ۹۴ درصد برای برنج را نشان داده است (مینائی و مادح خاکسار، ۱۳۸۲). پژوهش انجام گرفته برای سه منطقه برنج (واقع در استان کرمانشاه) و شیخ بشارت و قصریان (واقع در استان کردستان) جهت مقایسه مقادیر محاسبه شده آب مورد نیاز الگوی کشت به روش پنمن-مانتیت و مقادیر ارائه شده در سند ملی آبیاری کشور، بیانگر آن است که سند ملی آبیاری کشور در برخی موارد مقدار نیاز خالص آبی را بیشتر از مقدار محاسبه شده و در برخی از موارد کمتر گزارش نموده است (قمرنیا و سپهری، ۱۳۸۸).

تبخیر و تعرق یکی از اجزاء اصلی سیکل هیدرولوژی است که تعیین صحیح آن برای بسیاری از مطالعات، نظیر توازن هیدرولوژیکی آب، طراحی و مدیریت سیستم‌های آبیاری، شبیه‌سازی تولید محصول و مدیریت منابع آب از اهمیت بسزایی برخوردار است. به علت مشکل بودن محاسبه دقیق ET_0 در مزرعه، از داده‌های اقلیمی منطقه استفاده می‌شود. تنها عامل مؤثر بر ET_0 پارامترهای آب و هوایی می‌باشند. در واقع ET_0 توان تبخیر اتمسفر در یک موقعیت و زمان معین از سال را نشان می‌دهد و مشخصات محصول و عوامل خاک را در برنمی‌گیرد. در مطالعه‌ای بیست روش برآورد تبخیر و تعرق در یازده ایستگاه در نقاط مختلف جهان با اقلیم‌های متفاوت نسبت به نتایج لایسیمتر مقایسه شد. نتایج نشان داد که برای همه اقلیم‌ها روش پنمن-مانتیت، بهترین روش برآورد تبخیر و تعرق است و مرتبه سایر روش‌ها با توجه به اقلیم، متفاوت است (جنسن و همکاران، ۱۹۹۰).

در مطالعه دیگری پنج روش محاسبه تبخیر و تعرق گیاه مرجع (فائو-پنمن-مانتیت، ترنت وایت، بلانی کریدل اصلاح شده، هارگریوز، پنمن اصلاح شده) بر روی اطلاعات هواشناسی پنج ایستگاه منتخب در استان کرمانشاه مورد بررسی قرار گرفتند. نتایج نشان داد از بین پنج روش مذکور، روش فائو-پنمن-مانتیت برآورد دقیق‌تری از تبخیر و تعرق گیاه مرجع را در استان کرمانشاه ارائه می‌دهد (میرموسوی و همکاران، ۱۳۹۱).

برای تعیین مقدار نیاز خالص آبیاری گیاهان یک منطقه، تعیین مقدار تبخیر و تعرق گیاه مرجع و به تبع آن تعیین تبخیر و تعرق گیاه مورد نظر با دخالت دادن ضریب گیاهی و همچنین تعیین مقدار باران مؤثر برای هر یک از گیاهان الگوی کشت یک منطقه، ضروری می‌باشد. از جمله اقدامات مسئولین بخش کشاورزی در زمینه تعیین نیاز خالص آبیاری گیاهان زراعی و باغی کشور ایران، تولید نرم‌افزاری نسبتاً جامع با نام NETWAT است که

و هوایی کنونی برآورد و با مقادیر موجود در نرم‌افزار NETWAT مقایسه شده‌اند.

روش انجام تحقیق

منطقه مورد مطالعه

استان کرمانشاه با وسعتی حدود ۲۵۰۰۰ کیلومتر مربع در غرب ایران قرار دارد. در یک دید کلی، اراضی استان را می‌توان به دو واحد کوهستان و دشت تقسیم کرد. بیش از نیمی از استان را سرزمین‌های کوهستانی و مرتفع فرا گرفته است. در استان کرمانشاه دشت‌های متعددی وجود دارد که بر اساس حوضه‌های آبریز فرعی، تحت نام محدوده‌های مطالعاتی معرفی شده‌اند. استان کرمانشاه دارای ۳۳ محدوده مطالعاتی است که در شکل ۱ نشان داده شده‌اند. در این پژوهش، محدوده مطالعاتی کرمانشاه که در شکل ۱ با وضوح بیشتری نشان داده شده است مورد مطالعه قرار گرفته است. محدوده مطالعاتی کرمانشاه با وسعت ۱۹۸۵/۷۲۵ کیلومترمربع، بخشی از حوضه آبریز کرخه و در بخش علیای آن واقع شده است. مختصات جغرافیائی محدوده مطالعاتی، بین طول‌های ۲۹° ۴۵' تا ۲۹° ۴۷' شرقی و بین عرض‌های ۴۰° ۰۶' تا ۳۴° ۲۲' شمالی می‌باشد. با توجه به تغییرات درجه حرارت، تبخیر و تعرق و میزان ریزش‌های جوی می‌توان آن را در زمره مناطق نسبتاً مرطوب قلمداد کرد که دارای زمستان‌های سرد و تابستان‌های ملایم است. شکل ۲ منحنی‌های تراز ارتفاعی محدوده مطالعاتی کرمانشاه را نشان می‌دهد. با توجه به این شکل، مشاهده می‌شود که دشت کرمانشاه توسط ارتفاعات اطراف، محصور شده است. این دشت مساحتی حدود ۷۸۰ کیلومترمربع را به خود اختصاص می‌دهد (طاهری، ۱۳۹۴).

موضوع تغییرات اقلیمی ظرف ۱۵ سال اخیر و قابلیت افزایش طول دور آماری ۱۵ ساله به مطالعات قبلی سند ملی آبیاری کشور نیز در مطالعه‌ای برای استان خراسان رضوی مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد نیاز آبی گیاه مرجع در استان خراسان رضوی در شرایطی که ۱۵ سال اخیر نیز در محاسبات گنجانده شوند به طور متوسط ۴۷ درصد بیش از مقدار محاسبه شده در مطالعات قبلی است. در این مطالعه، بر لزوم بازنگری و به روزرسانی سند ملی آبیاری کشور تأکید شده است (عرفانیان و همکاران، ۱۳۸۹).

در پژوهشی دیگر، نیاز آبیاری گیاهان زراعی مهم مناطق مختلف در استان فارس برای شرایط میانگین (سطح احتمال ۵۰ درصد) و شرایط بحرانی (تبخیر و تعرق زیاد و بارندگی کم) تعیین شد. نتایج این تحقیق نشان داد که مقدار نیاز آبیاری گزارش شده در برنامه NETWAT در ۸۸/۵ درصد موارد کمتر از مقدار نیاز آبیاری میانگین و در ۹۸/۱ درصد موارد کمتر از نیاز آبیاری بحرانی است (فولادمند، ۱۳۸۹). علاوه بر این، میزان انطباق نیاز آبی بادام در ایستگاه سینوپتیک سامان واقع در استان چهارمحال و بختیاری نیز با سند ملی آبیاری کشور در پژوهشی مورد بررسی قرار گرفت. نتایج این تحقیق نیز بیانگر افزایش ۴۰ درصدی تبخیر و تعرق بادام در منطقه مذکور نسبت به مقادیر ذکر شده در سند ملی آبیاری کشور بود (حیدری بنی و همکاران، ۱۳۹۰).

از آنجا که تاکنون مطالعه‌ای در خصوص تعیین میزان تغییرات مقادیر نیاز خالص آبیاری گیاهان الگوی کشت دشت کرمانشاه در شرایط آب و هوایی کنونی نسبت به مقادیر ارائه شده در نرم‌افزار NETWAT صورت نگرفته است لذا در پژوهش حاضر، نیاز خالص آبیاری گیاهان الگوی کشت دشت کرمانشاه در شرایط آب

تبخیر و تعرق مرجع (ET₀)

در این تحقیق، برای محاسبه تبخیر و تعرق مرجع، از نرم افزار ET₀ Calculator استفاده شد. معادله- ای که این نرم افزار برای محاسبه ET₀ از آن استفاده می- کند معادله پنمن-مانیتث اصلاح شده توسط فائو است. پارامترهای هواشناسی ماهانه، شامل حداکثر و حداقل دما (بر حسب درجه سانتیگراد)، حداکثر و حداقل درصد رطوبت نسبی (بر حسب درصد)، سرعت باد در ارتفاع دو متری (بر حسب متر در ثانیه) و تعداد ساعات آفتابی در روز (بر حسب ساعت در روز)، به عنوان اطلاعات ورودی به نرم افزار داده شد و مقادیر تبخیر و تعرق مرجع (بر حسب میلی متر در روز) محاسبه گردید. لازم به ذکر است که در این پژوهش، جهت اعمال شرایط آب و هوایی کنونی، محاسبات تبخیر و تعرق مرجع در مدت ۳۰ سال (سال آبی ۶۶-۱۳۶۵ تا ۹۵-۱۳۹۴) در مقیاس ماهانه انجام شد و سپس میانگین ۳۰ ساله این پارامتر برای هر ماه بدست آمد و مبنای محاسبات بعدی قرار گرفت.

تبخیر و تعرق گیاه (ET_c)

تبخیر و تعرق گیاه، طبق رابطه زیر از حاصلضرب ضریب گیاهی در تبخیر و تعرق گیاه مرجع بدست می آید.

$$ET_c = K_c \times ET_0 \quad (1)$$

که در آن:

ET_c تبخیر و تعرق گیاه (میلی متر در روز) ، K_c ضریب گیاهی (بدون واحد) و ET₀ تبخیر و تعرق گیاه مرجع (میلی متر در روز) می باشد. مقادیر K_c در دوره های مختلف رشد گیاه، از جداول مندرج در نشریه FAO-56 برای هر یک از گیاهان الگوی کشت، استخراج شد. با توجه به اینکه مقادیر این جداول برای شرایط بدون تنش و مدیریت زراعی مطلوب (اقلیم نیمه مرطوب با حداقل رطوبت نسبی ۴۵٪ و سرعت باد در ارتفاع دو متری برابر دو متر در ثانیه) ذکر شده اند لذا تصحیحات لازم برای رطوبت نسبی و سرعت باد واقعی در محدوده مورد

مطالعه، بر اساس روابط زیر که در نشریه مذکور ارائه شده اند بر روی مقادیر K_c استخراج شده از نشریه انجام شد.

$$K_{Cmid} = K_{Cmid (FAO-56)} + [0.04 (u_2 - 2) - 0.004 (RH_{min} - 45)] \left(\frac{h}{3} \right)^{0.3} \quad (2)$$

که در آن:

K_{Cmid} ضریب گیاهی در مرحله میانی رشد در شرایط آب و هوایی منطقه مورد نظر، K_{Cmid}(FAO-56) ضریب گیاهی ذکر شده در نشریه FAO-56 برای مرحله میانی رشد، u₂ میانگین سرعت باد روزانه در ارتفاع دو متری بالای سطح چمن در مرحله میانی رشد (متر بر ثانیه)، RH_{min} میانگین حداقل رطوبت نسبی روزانه در مرحله میانی رشد (درصد) و h میانگین ارتفاع گیاه در مرحله میانی رشد (متر) می باشد.

$$K_{Cend} = K_{Cend (FAO-56)} + [0.04 (u_2 - 2) - 0.004 (RH_{min} - 45)] \left(\frac{h}{3} \right)^{0.3} \quad (3)$$

که در آن:

K_{Cend} ضریب گیاهی در مرحله پایانی رشد در شرایط آب و هوایی منطقه مورد نظر، K_{Cend}(FAO-56) ضریب گیاهی ذکر شده در نشریه FAO-56 برای مرحله پایانی رشد، u₂ میانگین سرعت باد روزانه در ارتفاع دو متری بالای سطح چمن در مرحله پایانی رشد (متر بر ثانیه)، RH_{min} میانگین حداقل رطوبت نسبی روزانه در مرحله پایانی رشد (درصد) و h میانگین ارتفاع گیاه در مرحله پایانی رشد (متر) می باشد.

در نهایت، مقادیر اصلاح شده نهایی K_c جهت محاسبه تبخیر و تعرق گیاهان، مورد استفاده قرار گرفت. طول هر یک از دوره های رشد گیاهان نیز با استفاده از جداول کمکی مندرج در نشریه FAO-56 و همچنین در نظر گرفتن شرایط واقعی محدوده مورد مطالعه، تعیین شد. مقدار تبخیر و تعرق هر یک از گیاهان الگوی کشت، در

نیاز خالص آبیاری

نیاز خالص آبیاری، حاصل تفاضل تبخیر و تعرق گیاه و باران مؤثر است که با استفاده از رابطه زیر محاسبه می‌شود.

$$In = ET_c - P_{eff} \quad (6)$$

که در آن:

In نیاز خالص آبیاری (میلی‌متر)، ETc تبخیر و تعرق واقعی گیاه (میلی‌متر) و P_{eff} بارندگی مؤثر (میلی‌متر) می‌باشد.

نتایج و بحث

تبخیر و تعرق مرجع

در این تحقیق ابتدا تبخیر و تعرق مرجع در مدت ۳۰ سال (سال آبی ۶۶-۱۳۶۵ تا ۹۵-۱۳۹۴) در مقیاس ماهانه بر حسب میلی‌متر در روز برای هر ماه محاسبه شد و سپس میانگین ۳۰ ساله این پارامتر برای هر ماه بدست آمد. در شکل ۳ مقادیر میانگین ۳۰ ساله تبخیر و تعرق مرجع برای هر ماه در منطقه مورد مطالعه ارائه شده است. نتایج نشان داد که بیشترین مقدار میانگین ۳۰ ساله تبخیر و تعرق مرجع متعلق به تیر ماه (۷/۷۳ میلی‌متر در روز) و کمترین مقدار میانگین ۳۰ ساله تبخیر و تعرق مرجع متعلق به دی ماه (۱/۲۳ میلی‌متر در روز) می‌باشد.

دوره‌های ۱۰ روزه، طبق رابطه ۱ محاسبه شد. در نهایت، مقدار تبخیر و تعرق گیاه در طول دوره رشد، از مجموع تبخیر و تعرق محاسبه شده برای دوره‌های ۱۰ روزه بدست آمد.

باران مؤثر

قسمتی از کل بارش که صرف تأمین نیاز آبی گیاه می‌شود باران مؤثر نام دارد. روش‌های برآورد باران مؤثر عبارتند از: اندازه‌گیری مستقیم، روش‌های تجربی و مدل بیلان آب در خاک. به دلیل هزینه‌های زیاد اندازه‌گیری و نگهداری ادواتی چون لایسیمتر، معمولاً از روش‌های تجربی و بیلان برای برآورد بارش مؤثر استفاده می‌شود (آویناش و همکاران، ۱۹۹۰). در این تحقیق برای برآورد باران مؤثر از روش بارندگی قابل اطمینان استفاده شد.

روش بارندگی قابل اطمینان

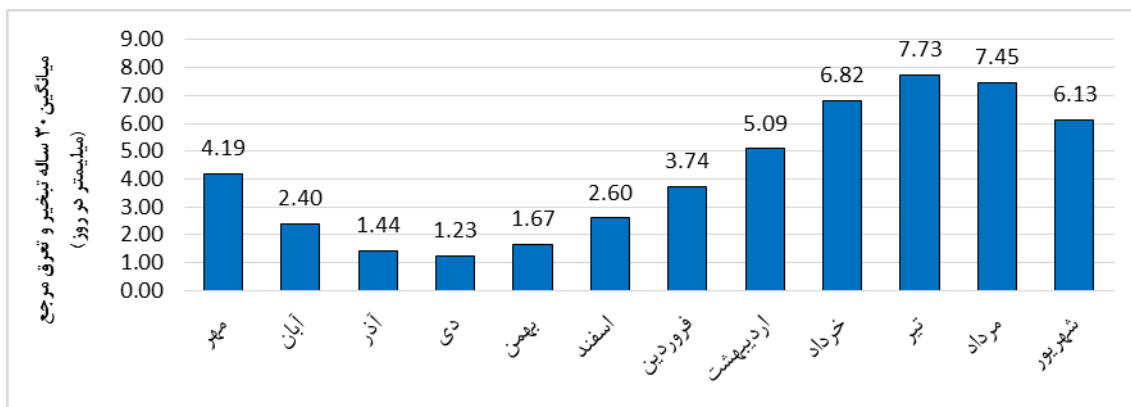
این روش مبتنی بر فرمولی تجربی بوده که توسط سازمان خوار و بار جهانی^۲ ارائه شده است و استفاده از آن برای مناطق خشک مناسب نمی‌باشد. منطقه مورد مطالعه در این تحقیق در زمره مناطق نسبتاً مرطوب است لذا می‌توان از این روش برای برآورد بارش مؤثر استفاده نمود. استفاده از این روش موجب برآورد کمتر بارش مؤثر و به تبع آن افزایش ضریب اطمینان برنامه-ریزی‌ها می‌شود. در این روش از روابط زیر برای برآورد بارش مؤثر استفاده می‌شود:

$$if \ P \leq 70 \ ; \ P_{eff} = 0.6 P - 10 \quad (4)$$

$$if \ P > 70 \ ; \ P_{eff} = 0.8 P - 24 \quad (5)$$

که در آن:

P بارش ماهانه (میلی‌متر) و P_{eff} بارش مؤثر در هر ماه (میلی‌متر) می‌باشد (داستین، ۱۹۷۴).



شکل ۳- نمودار مقادیر میانگین ۳۰ ساله تبخیر و تعرق مرجع برای هر ماه در منطقه مورد مطالعه

نخود و بادام که مقادیر محاسبه شده آنها تقریباً برابر با مقادیر ارائه شده در نرم افزار NETWAT می باشد می توان چنین استنباط کرد که احتمالاً تبخیر و تعرق محاسبه شده برای این گیاهان جهت ارائه در نرم افزار NETWAT بیش از مقدار واقعی در آن زمان برآورد شده است. بنظر می رسد که این امر ناشی از وجود خطا در محاسبات انجام گرفته در این تحقیق نباشد چرا که صرف نظر از دو گیاه گندم و جو که قبلاً شرح داده شد سایر گیاهان دارای نسبت میانگین ۱/۲ هستند و اختلاف مقادیر محاسبه شده و مقادیر نرم افزار برای آنها شبیه یکدیگر است. از طرفی، ملاک درستی محاسبات انجام گرفته برای تعیین مقادیر تبخیر و تعرق و نیاز خالص آبیاری گیاهان در این تحقیق، مقدار بدست آمده برای گیاه مورد نظر در شرایط لایسیمتری می باشد. مرور منابع تحقیقات لایسیمتری صورت گرفته برای گیاهان الگوی کشت دشت کرمانشاه نشان داد که تنها گیاه مطالعه شده در شرایط لایسیمتری در این منطقه که مقدار تبخیر و تعرق و نیاز آبی آن در سند ملی آبیاری نیز گزارش شده باشد، گیاه نخود می باشد. مطالعه مذکور در دو سال زراعی ۹۲-۱۳۹۱ و ۹۳-۱۳۹۲ در مزرعه تحقیقاتی واقع در پردیس دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه رازی کرمانشاه با استفاده از لایسیمترهای زهکش دار و برای گیاه نخود انجام گرفته است. در این تحقیق، میانگین مقدار تبخیر و تعرق گیاه نخود در طول دوره رشد در دو سال مذکور، ۴۲۹/۷۵ میلی متر گزارش شده است (قمرنیا و همکاران،

تبخیر و تعرق و نیاز خالص آبیاری گیاهان الگوی کشت مقادیر تبخیر و تعرق گیاهان الگوی کشت و همچنین مقادیر نیاز خالص آبیاری آنها در دو حالت محاسبه شده در این تحقیق و ارائه شده در نرم افزار NETWAT و همچنین نسبت مقادیر در جدول ۱ ارائه شده است. پس از بررسی نتایج مشاهده شد که مقادیر محاسبه شده تبخیر و تعرق و نیاز خالص آبیاری گیاهان در این تحقیق در اغلب موارد بیش از مقادیر ذکر شده در نرم افزار NETWAT است. بیشترین مقادیر نسبتها متعلق به دو گیاه گندم و جو با مقدار حدوداً دو برابر و در سایر موارد این نسبت به طور میانگین حدود ۱/۲ برابر می باشد. برای برخی از گیاهان نیز مقادیر محاسبه شده و مقادیر نرم افزار تقریباً برابر و نسبت آنها حدوداً یک است. علت اختلاف زیاد مقادیر برای دو گیاه گندم و جو، برآورد کم تبخیر و تعرق این دو گیاه در نرم افزار NETWAT به دلیل اختصاص رقم صفر در ماه های آذر تا اسفند می باشد. دوره رشد این دو گیاه در منطقه مورد مطالعه از مهر تا خرداد سال بعد است و بدیهی است که این گیاهان در تمامی ماه ها دارای تبخیر و تعرق می باشند و اختصاص رقم صفر به برخی ماه ها صحیح نمی باشد. لازم به ذکر است که این مسئله در خصوص سایر گیاهان در نرم افزار NETWAT صدق نمی کند و صرفاً برای گیاهان گندم و جو اعمال گردیده است که باعث تفاوت فاحش نتایج مربوط به این دو گیاه با سایر گیاهان شده است. در خصوص چهار گیاه شبدر، گرمک و طالبی،

گرفته شده برای محاسبات تبخیر و تعرق در نرم‌افزار NETWAT که مربوط به سال‌های قبل از ۱۳۷۸ است متفاوت هستند. افزایش دما در سال‌های اخیر سبب افزایش مقادیر تبخیر و تعرق گیاه مرجع و به تبع آن افزایش مقادیر تبخیر و تعرق گیاهان می‌شود. کاهش بارندگی نیز کاهش باران مؤثر را در پی دارد. متعاقباً مقادیر نیاز خالص آبیاری گیاهان نیز به تبع این دو مؤلفه، در شرایط آب و هوایی کنونی متفاوت خواهد بود. این اختلاف مقادیر، در تحقیقاتی که قبلاً توسط برخی محققین برای سایر مناطق کشور انجام شده نیز مشاهده شده است که در بخش مرور منابع شرح داده شدند (مینائی و مادح خاکسار، ۱۳۸۲؛ قمرنیا و سپهری، ۱۳۸۸؛ عرفانیان و همکاران، ۱۳۸۹؛ فولادمند، ۱۳۸۹ و حیدری بنی و همکاران، ۱۳۹۰).

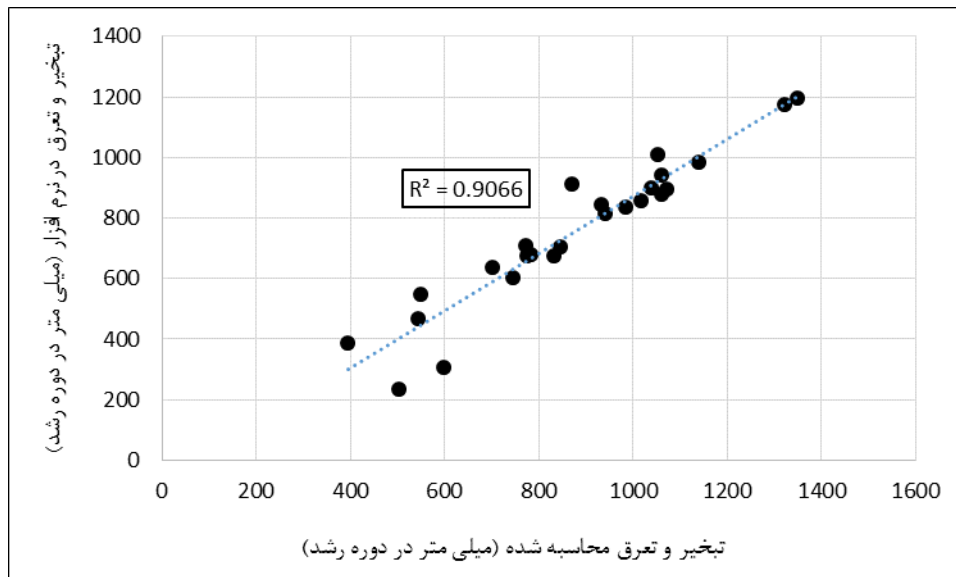
۱۳۹۶). مقادیر تبخیر و تعرق محاسبه شده در این تحقیق که در جدول ۱ ارائه گردیده‌اند مقادیر میانگین ۳۰ ساله (سال‌های آبی ۶۶-۱۳۶۵ تا ۹۵-۱۳۹۴) می‌باشند. میانگین ارقام مختص به سال‌های آبی ۹۲-۱۳۹۱ و ۹۳-۱۳۹۲ برای گیاه نخود معادل ۴۲۷/۴۵ میلی‌متر می‌باشد که همخوانی بالایی با مقدار گزارش شده برای شرایط لایسیمتری در تحقیق قمرنیا و همکاران (۱۳۹۶) دارد که می‌تواند نمونه‌ای جهت تأیید درستی محاسبات انجام گرفته در این تحقیق باشد. به طور کلی می‌توان گفت صرفنظر از موارد استثنا که شرح داده شد اختلاف مقادیر محاسبه شده در این پژوهش با مقادیر ارائه شده در نرم-افزار NETWAT به دلیل آن است که مقادیر پارامترهای هواشناسی مورد استفاده برای محاسبه تبخیر و تعرق گیاه مرجع در شرایط آب و هوایی کنونی، با مقادیر در نظر

جدول ۱- مقادیر تبخیر و تعرق و نیاز خالص آبیاری گیاهان الگوی کشت دشت کرمانشاه

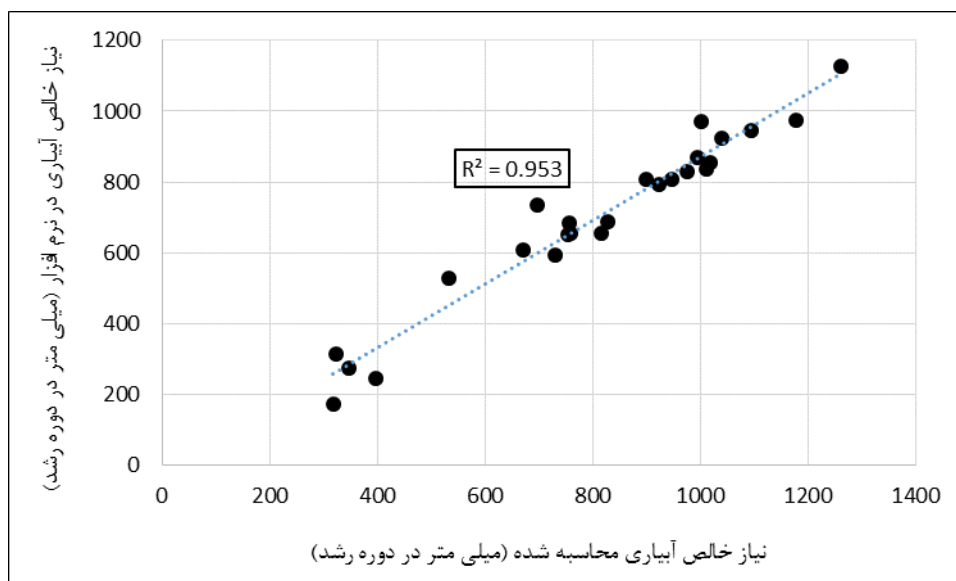
گیاه	تبخیر و تعرق در طول دوره رشد (میلی‌متر)		نیاز خالص آبیاری در طول دوره رشد (میلی‌متر)	
	محاسبه شده	نرم افزار NETWAT	نسبیت	نسبیت
گندم	۵۹۹/۴۲	۳۰۷	۱/۹۵	۱/۶۴
جو	۵۰۴/۰۵	۲۳۳	۲/۱۶	۱/۸۴
ذرت دانه ای	۷۸۴/۲۷	۶۷۸	۱/۱۶	۱/۱۶
ذرت علوفه ای	۷۰۱/۴۲	۶۳۵	۱/۱۰	۱/۱۰
یونجه	۱۳۵۰/۳۷	۱۱۹۶	۱/۱۳	۱/۲۱
شبدر	۸۶۹/۲۹	۹۱۳	۰/۹۵	۰/۹۵
سیب زمینی	۹۸۴/۹۰	۸۳۵	۱/۱۸	۱/۱۸
پیاز	۱۰۶۱/۵۳	۸۷۷	۱/۲۱	۱/۲۱
گوجه فرنگی	۱۰۱۸/۴۷	۸۵۸	۱/۱۹	۱/۱۸
خیار	۷۴۶/۵۵	۶۰۳	۱/۲۴	۱/۲۳
هندوانه	۷۷۶/۵۳	۶۷۷	۱/۱۵	۱/۱۶
گرمک و طالبی	۵۴۹/۳۱	۵۴۹	۱/۰۰	۱/۰۱
سبزی	۸۳۳/۴۳	۶۷۶	۱/۲۳	۱/۲۵
سویا	۹۴۱/۰۱	۸۱۴	۱/۱۶	۱/۱۶
آفتابگردان	۸۴۶/۰۱	۷۰۶	۱/۲۰	۱/۲۱
چغندر قند	۱۰۶۱/۷۵	۹۴۴	۱/۱۲	۱/۱۳
نخود	۳۹۴/۵۲	۳۸۶	۱/۰۲	۱/۰۳
لوبیا	۷۷۲/۶۷	۷۰۷	۱/۰۹	۱/۱۰
باقلا	۵۴۵/۳۵	۴۶۸	۱/۱۷	۱/۲۷
بادام	۱۰۵۴/۱۵	۱۰۱۰	۱/۰۴	۱/۰۳
سیب	۱۱۴۰/۶۰	۹۸۳	۱/۱۶	۱/۱۶
زردآلو	۱۰۷۲/۸۰	۸۹۵	۱/۲۰	۱/۱۹
انگور	۹۳۲/۴۶	۸۴۵	۱/۱۰	۱/۱۱
هلو	۱۰۳۸/۷۹	۹۰۰	۱/۱۵	۱/۱۴
گردو	۱۳۳۱/۸۹	۱۱۷۴	۱/۱۳	۱/۱۲

مقادیر ضریب تعیین معادل ۰/۹۱ و ۰/۹۵ می‌باشد که نشان‌دهنده همبستگی بالای مقادیر محاسباتی و مقادیر نرم‌افزار می‌باشد.

شکل‌های ۴ و ۵ همبستگی مقادیر محاسبه شده در این پژوهش و مقادیر ارائه شده در نرم‌افزار NETWAT را به ترتیب برای تبخیر و تعرق و نیاز خالص آبیاری گیاهان نشان می‌دهند. مشاهده می‌شود که



شکل ۴- نمودار همبستگی بین مقادیر تبخیر و تعرق محاسبه شده و مقادیر ارائه شده در نرم‌افزار NETWAT



شکل ۵- نمودار همبستگی بین مقادیر نیاز خالص آبیاری محاسبه شده و مقادیر ارائه شده در نرم‌افزار NETWAT

الگوی کشت از حاصل‌ضرب ضریب گیاهی در تبخیر و تعرق گیاه مرجع بدست آمد. مقدار باران مؤثر در منطقه نیز به روش بارندگی قابل اطمینان برآورد گردید. در نهایت نیاز خالص آبیاری گیاهان از تفاضل تبخیر و تعرق گیاه و باران مؤثر محاسبه شد. سپس مقادیر بدست آمده،

نتیجه‌گیری کلی

در این تحقیق به منظور برآورد نیاز خالص آبیاری گیاهان الگوی کشت دشت کرمانشاه، ابتدا از نرم افزار ET₀ Calculator برای محاسبه تبخیر و تعرق گیاه مرجع استفاده شد. سپس مقادیر تبخیر و تعرق گیاهان

گرفته در منطقه مورد مطالعه نشان‌دهنده درستی محاسبات انجام گرفته در این تحقیق می‌باشد لذا برابری نتایج برای چهار گیاه فوق‌الذکر را نمی‌توان ناشی از خطای صورت گرفته در محاسبات این تحقیق دانست. به طور کلی می‌توان گفت صرف‌نظر از موارد استثنا که شرح داده شد اختلاف مقادیر محاسبه شده در این پژوهش با مقادیر ارائه شده در نرم‌افزار NETWAT به دلیل آن است که مقادیر پارامترهای هواشناسی مورد استفاده برای محاسبه تبخیر و تعرق گیاه مرجع در شرایط آب و هوایی کنونی، با مقادیر در نظر گرفته شده برای محاسبات تبخیر و تعرق در نرم‌افزار NETWAT که مربوط به سال‌های قبل از ۱۳۷۸ است متفاوت هستند. لذا توصیه می‌شود محاسبات نیاز آبی گیاهان در شرایط آب و هوایی کنونی، طبق اطلاعات هواشناسی سال‌های اخیر صورت گیرد تا به واقعیت نزدیک‌تر باشد.

با مقادیر موجود در نرم‌افزار NETWAT که به طور گسترده‌ای برای تعیین نیاز خالص آبیاری محصولات زراعی و باغی در کشور مورد استفاده قرار می‌گیرد مقایسه شد. نتایج نشان داد که برای اغلب گیاهان الگوی کشت، مقادیر بدست آمده در این تحقیق به طور میانگین ۱/۲ برابر مقادیر ارائه شده در نرم‌افزار NETWAT می‌باشد. این نسبت برای دو گیاه گندم و جو تقریباً دو برابر می‌باشد که علت آن برآورد کم تبخیر و تعرق این دو گیاه در نرم‌افزار NETWAT به دلیل اختصاص رقم صفر در ماه‌های آذر تا اسفند می‌باشد. مقادیر محاسبه شده برای گیاهان شبدر، گرمک و طالبی، نخود و بادام نیز تقریباً برابر با مقادیر ارائه شده در نرم‌افزار NETWAT می‌باشد که احتمالاً به دلیل برآورد تبخیر و تعرق این گیاهان بیش از مقدار واقعی در آن زمان جهت ارائه در نرم‌افزار NETWAT می‌باشد. بررسی تحقیقات لایسیمتری انجام

فهرست منابع

۱. حیدری بنی، م.، پارسا، ش. و قطره سامانی، س. ۱۳۹۰. بررسی میزان انطباق نیاز آبی بادام با سند ملی آبیاری کشور (مطالعه موردی سامان). دومین همایش ملی بادام با محوریت صادرات. شهرکرد.
۲. رادفر، م. ۱۳۸۹. کاربرد نرم‌افزارهای ET0 Calculator و AquaCrop در مدل‌سازی برای مدیریت مزارع. انتشارات کنکاش، اصفهان، ۹۶ صفحه.
۳. طاهری، ک. ۱۳۹۴. جستاری بر منابع آب زیرزمینی استان کرمانشاه. دفتر مطالعات شرکت سهامی آب منطقه‌ای کرمانشاه.
۴. عرفانیان، م.، علیزاده، ا. و محمدیان، آ. ۱۳۸۹. بررسی تغییرات احتمالی نیاز کنونی آبیاری گیاهان نسبت به ارقام مندرج در سند ملی آبیاری (مطالعه موردی: استان خراسان رضوی). نشریه آبیاری و زهکشی ایران، ۳(۴): ۴۹۲-۴۷۸.
۵. فولادمند، ح. ۱۳۸۹. تخمین نیاز آبیاری میانگین و بحرانی گیاهان زراعی مهم استان فارس. مجله دانش آب و خاک، ۱(۲): ۱۸۷-۱۹۶.
۶. قمرنیا، ه. و سپهری، س. ۱۳۸۸. محاسبه آب مورد نیاز الگوی کشت‌های مختلف با روش پنمن مانیت و مقایسه آن با نتایج سند ملی آب ایران. هشتمین کنگره بین‌المللی مهندسی عمران، شیراز.
۷. قمرنیا، ه.، نظری، ب. و قبادی، م. ا. ۱۳۹۶. برآورد نیاز آبی و ضرایب گیاهی یک جزئی و دو جزئی نخود رقم بیونج (*Cicer arietinum L.*) در شرایط لایسیمتری و مقایسه با مدل SIMDualKc. مجله پژوهش‌های حبوبات ایران، ۸(۱): ۱۷۹-۱۶۴.

۸. میرموسوی، س. ح.، پناهی، ح.، اکبری، ح. و اکبرزاده، ی. ۱۳۹۱. واسنجی روش‌های برآورد تبخیر و تعرق پتانسیل گیاه مرجع (ET_0) و محاسبه نیاز آبی گیاه (ET_c) زیتون در استان کرمانشاه. مجله جغرافیا و پایداری محیط، ۲(۳): ۶۴-۴۵.
۹. مینائی، س. و مادح خاکسار، آ. ۱۳۸۲. بررسی و نقدی بر روش و مقادیر محاسبه نیاز آبی سند ملی آب استان خوزستان و ارائه پیشنهادات. یازدهمین همایش کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران، تهران.
10. Avinash, S., Patwardhan, J., Nieber, L. and Eldon, L.J. 1990. Effective rainfall estimation methods. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, 116(2): 182-193.
11. Dastane, N.G. 1974. Effective rainfall in irrigated agriculture. FAO irrigation and drainage paper 25. Flood and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy.
12. Jensen, M. E., Burman, R. D. and Allen, R. G. 1990. Evapotranspiration and irrigation water requirements. ASCE, New York.

Estimation of Net Irrigation Requirement of the Crop Pattern in Kermanshah Plain and Comparison with the Data in the National Water Document

K. Barati, J. Abedi Koupai¹*, E. Darvishi, A. Azari, and A. Yousefi

PhD Student of Irrigation and Drainage, Department of Water Engineering, College of Agriculture, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran.

kh_barati@yahoo.com

Professor, Department of Water Engineering, College of Agriculture, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran. **koupai@cc.iut.ac.ir**

Assistant Professor, Department of Water Engineering, College of Agriculture, Razi University, Kermanshah, Iran. **darvishi86@yahoo.com**

Assistant Professor, Department of Water Engineering, College of Agriculture, Razi University, Kermanshah, Iran. **arashazari.ir@gmail.com**

Assistant Professor, Department of Rural Development, College of Agriculture, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran. **ayousefi@cc.iut.ac.ir**

Abstract

To prepare the National Water Document of the country, a 25-year statistical period of 1970-1995 has been used to calculate daily potential evapotranspiration. Due to the climate changes that have taken place in recent years, updating this national valuable work is necessary. Since so far there has been no study on determining the changes in irrigation requirement of plants of cropping pattern in Kermanshah plain in the current climate conditions compared to the values presented in NETWAT software, this subject was investigated. In this study, to calculate crops water requirement, the meteorological data of 2006-2007 to 2015-2016 were used. In order to estimate the net irrigation requirement for cropping pattern in Kermanshah plain, ET₀ calculator software was used to calculate evapotranspiration of reference crop. Then, the evapotranspiration values of the cropping pattern, the effective rainfall and, eventually, the amount of net irrigation requirement of the crops were calculated. The comparison between the values obtained in this research with available values in NETWAT software indicate that, for most plants, the obtained values in this study are on average 1.2 times the amounts presented in the NETWAT software. This ratio is about 2 for wheat and barley and about 1 for clover, cantaloupe, pea, and almond. The results of lysimetric researches in the study area confirms the correctness of the performed calculations in this study.

Keywords: Evapotranspiration, FAO Penman-Monteith Method, Wheat, Barley

1 - Corresponding author: Department of Water Engineering, College of Agriculture, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran.

* - Received: July 2018 and Accepted: November 2018