

مقاله پژوهشی

پهنه‌بندی نیاز آبی کشت‌های غالب حاصل از مدل CROPWAT 8.0 در سطح حوضه آبریز دریاچه ارومیه

امید رجا^{۱*}، مسعود پارسی‌نژاد^۲

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۵/۱۱ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۸/۱۱

چکیده

در این مطالعه پهنه‌بندی میزان تبخیرتعرق (ET_c) محصولات گندم، جو، سیب زمینی، چغندر قند، پیاز و بونجه حاصل از مدل CROPWAT 8.0 با استفاده از نرم‌افزار ArcGIS 10.3 و داده‌های ۲۱ ایستگاه هواشناسی سینوپتیک در سطح حوضه آبریز دریاچه ارومیه در دو سال زراعی ۹۳-۱۳۹۲ و ۹۴-۱۳۹۳ انجام شده است. ابتدا با استفاده از داده‌های اقلیمی، طول و عرض جغرافیایی، ارتفاع ایستگاه هواشناسی، خاک و محصول مقادیر تبخیرتعرق محصولات (ET_c) در دو سال مذکور برآورد شد و سپس مقادیر ET_c در دو سال زراعی در سطح کل حوضه پهنه‌بندی و کلاسه‌بندی شد. به‌طور کلی نتایج نشان داد میزان تبخیرتعرق در سطح حوضه متفاوت بوده که بیانگر تاثیر شرایط آب و هوایی در پهنه‌های مختلف حوضه بر میزان تبخیرتعرق است. همچنین بررسی‌ها نشان داد که تفاوت در نیاز آبی بدست آمده حاصل از داده‌های ایستگاه‌های هواشناسی در بین سال‌های مورد بررسی نیز قابل ملاحظه بوده و تعدد ایستگاه‌های هواشناسی در منطقه می‌تواند تنوع نیاز آبی کشت‌های غالب منطقه را بهتر نشان دهد. بررسی پارامترهای اقلیمی در ایستگاه‌های مورد مطالعه نشان داد در مناطقی که بیش‌ترین میزان تبخیرتعرق حاصل شده اغلب دارای رطوبت نسبی پایین و دمای بالاتر بوده است. با توجه مساله کم‌آبی، برآورد نیاز آبی محصولات در پهنه‌های مختلف می‌تواند در خصوص مصرف آب در بخش کشاورزی تعیین‌کننده باشد. لذا در نظر گرفتن تفاوت‌های آب و هوایی در برآورد تبخیرتعرق و نیاز آبیاری محصولات کشاورزی در راستای مدیریت پایدار ضروری است.

واژه‌های کلیدی: تبخیرتعرق، حوضه آبریز دریاچه ارومیه، شرایط اقلیمی، CROPWAT

مقدمه

محصولات است (Droogers et al., 2010). تبخیرتعرق، یکی از مهم‌ترین پارامترهای موثر در ارتقاء سطح بهره‌برداری از منابع آب در کشاورزی و نیز یکی از اساسی‌ترین نیازهای طراحی سامانه آبیاری و ساختمان‌های ذخیره و انتقال آب است (Deo et al., 2017). خطا در ارزیابی پارامتر مذکور می‌تواند در عملکرد محصولات یا راندمان آبیاری تاثیر منفی داشته باشد. در کشور ما که از لحاظ منابع آب دچار کمبود آب است، ارزیابی نیاز آبی، یک ضرورت اجتناب ناپذیر است. میزان تبخیرتعرق، تحت تاثیر عامل‌های آب و هوایی، خصوصیات گیاه، شرایط محیطی، مراحل فنولوژی گونه‌های گیاهی و دیگر عوامل محیطی و مدیریتی قرار دارد. میزان تبخیرتعرق از یک سطح مرجع که با کمبود آب مواجه نیست، تبخیرتعرق مرجع نامیده شده و اختصاراً، به‌صورت ET_0^5 نوشته می‌شود. سطح مرجع، عبارت از یک گیاه مرجع

تقاضا برای آب شیرین به‌عنوان مهم‌ترین منبع طبیعی روز به روز در حال افزایش است. به‌طوری که تحقیقات نشان می‌دهد $\frac{2}{3}$ از جمعیت جهان با بحران شدید آب شیرین در ربع قرن بعدی مواجه خواهد شد. مدل‌ها نشان می‌دهند اگر درجه حرارت به‌طور میانگین دو درجه سانتی‌گراد افزایش یابد، ۲۰ درصد جمعیت جهان از کم‌آبی رنج خواهد برد (Schiermeier, 2014). استفاده مناسب و مدیریت منابع آب نیازمند آگاهی از نیاز آبی (ET_c^3) و نیاز آبیاری (IWR^4)

۱- دانشجوی دکتری گروه مهندسی آبیاری و آبادانی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران
۲- دانشیار گروه مهندسی آبیاری و آبادانی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران
* - نویسنده مسئول

(Email: omid.raja@ut.ac.ir

DOR: 20.1001.1.20087942.2021.14.6.9.0

3- Crop Evapotranspiration

4- Irrigation Water Requirement
5- Reference Evapotranspiration

استفاده کردند. نتایج نشان داد در دهه‌های اخیر، روند تغییرات تبخیرتغرق مرجع در کشور ایران افزایشی بوده است (Kousari et al., 2013). طبری و همکاران مقدار تبخیرتغرق مرجع را در اقلیم‌های مختلف ایران در یک دوره ۴۱ ساله را مطالعه کردند. بررسی تغییرات پارامترهای اقلیمی بر تبخیرتغرق مرجع نشان داد تبخیرتغرق مرجع در مناطق خشک زیاده‌تر از مناطق مرطوب است (Tabari et al., 2014). در مطالعه دیگر میزان تبخیرتغرق (ET_c) و نیاز آب آبیاری^۱ (CWR) محصولات گندم و ذرت در دوره زمانی (۲۰۵۹-۲۰۴۰) تحت سناریوهای اقلیمی متفاوت و با در نظر گرفتن داده‌های دما و بارش متفاوت در دوره مذکور با استفاده از مدل CROPWAT 8.0 محاسبه شد. به‌طور کلی نتایج نشان داد با افزایش میانگین درجه حرارت، میزان تبخیرتغرق (ET_c) و نیاز آب آبیاری (CWR) محصولات گندم و ذرت افزایش خواهند یافت (Khattak, 2017). میزان تبخیرتغرق و آب مورد نیاز آبیاری مزارع سیب‌زمینی در منطقه Gangetic در کشور هند با استفاده از مدل CROPWAT 8.0 و داده‌های ۹ ایستگاه هواشناسی برای دوره زمانی ۱۹۹۷-۱۹۹۶ تا ۲۰۰۸-۲۰۰۹ برای شرایط فعلی و تحت شرایط اقلیمی آینده محاسبه شد. نتایج نشان داده است مقادیر تبخیرتغرق و نیاز آب آبیاری در نه مکان در طی دوره زمانی روند افزایشی داشته، هرچند از نظر آماری اختلاف معنی‌داری نداشت (Banerjee et al., 2016).

به‌طور کلی مطالعات کارایی قابل قبول مدل CROPWAT 8.0 را در برآورد تبخیرتغرق مرجع (ET_c)، تبخیرتغرق گیاهی (ET_g) و آب مورد نیاز آبیاری و حتی عملکرد محصولات زراعی و باغی نشان داده است (نی‌نیوا و همکاران، ۱۳۹۹؛ امینی و همکاران، ۱۳۹۹؛ Nithya et al., 2020; Pushpalatha et al. and Shivapur, 2016; al., 2020; Mansouri and Menani, 2017; Surendran et al., 2017). هر چند منابع متعددی به بررسی تبخیرتغرق مرجع تحت شرایط تغییر اقلیم پرداخته‌اند ولی همانطور که از منابع مختلف برمی‌آید، تاثیر تغییرات پارامترهای اقلیمی با استفاده از داده‌های ایستگاه‌های هواشناسی متعدد بر تبخیرتغرق پتانسیل گیاهی کشت‌های متنوع در یک منطقه کمتر بررسی شده و بیشتر به بررسی تبخیرتغرق گیاه مرجع پرداخته شده است. بررسی‌ها نشان داده با توجه به مشکلات کم‌آبی در نظر گرفتن تفاوت‌های آب و هوایی و اقلیمی در یک منطقه در برآورد تبخیرتغرق و نیاز آبیاری محصولات کشاورزی در راستای مدیریت پایدار ضروری است (امینی و همکاران، ۱۳۹۳). بنابراین، هدف از این مطالعه برآورد و پهنه‌بندی نیاز آبی کشت‌های غالب تحت شرایط آب و هوایی متفاوت در مناطق مختلف حوضه آبریز دریاچه ارومیه با استفاده از مدل CROPWAT 8.0 از طریق بررسی ایستگاه‌های هواشناسی متعدد در منطقه جهت

چمن با خصوصیات ویژه (ارتفاع معادل ۰/۱۲ متر، مقاومت سطحی ثابت ۷۰ ثانیه بر متر و ضریب بازتاب معادل ۰/۲۳) است. تحقیقات صورت گرفته در ایران و نتیجه اجلاس کارشناسی ماه مه در شهر رم در کشور ایتالیا در خصوص برآورد نیاز آبی گیاهان در سال ۱۹۹۰ حاکی از آن است در شرایطی که داده‌های لایسیمیتری در دسترس نباشد، روش پنمن-مانتیت فائو در مقایسه با سایر روش‌ها به عنوان روش استاندارد برای محاسبه میزان تبخیرتغرق مرجع توصیه شده است (ضیاء تبار احمدی، ۱۳۷۴؛ سپاسخواه، ۱۳۷۷؛ نیکبخت و همکاران، ۱۳۸۰؛ لشکری و همکاران، ۱۳۸۷؛ سرانی تبریزی و همکاران، ۱۳۹۳؛ Allen et al., 1998; Rahimi et al., 2014; Hargreaves, 1994).

مدل CROPWAT8.0 که توسط بخش توسعه آب و خاک FAO نوشته شده است، یک مدل ساده بیلان آب است که امکان شبیه‌سازی تنش رطوبتی روی گیاه و محاسبه میزان تبخیرتغرق و عکس‌العمل گیاه به تنش آبی را میسر می‌سازد (رمضانی‌اعتدالی و همکاران، ۱۳۸۸؛ طایفه‌رضایی و همکاران، ۱۳۹۸؛ حکمت‌نیا و همکاران، ۱۳۹۹). در مطالعه‌ای میزان تبخیرتغرق درختان زردآلو و زیتون (ET_c) و میزان نیاز آبیاری با مدل CROPWAT 8.0 در منطقه Tinibaouine، واقع در شمال شرقی الجزایر برآورد شد (Mansouri and Menani, 2017). همچنین نتایج به‌دست آمده از مطالعات کیو و همکاران در تایوان و آکینبیل و همکاران در نیجریه روی کشت برنج نشان داد، مدل CROPWAT 8.0 به‌طور موثر و کارآمد قادر به برآورد نیاز آبی بود (Kuo et al., 2001; Akinbile et al., 2020). البته وجود داده‌های کامل و صحیح برای اجرای مدل‌های مدیریتی آبیاری مانند CROPWAT 8.0 ضروری است (نجفی و ستار، ۱۳۸۴؛ بیدآبادی و همکاران، ۱۳۹۸).

تبخیرتغرق مرجع به‌عنوان یک پارامتر مهم در چرخه هیدرولوژیکی است که تحت تاثیر پارامترهای اقلیمی از قبیل ساعات آفتابی، سرعت باد، رطوبت و غیره است. تفاوت آب و هوا و متغیرهای هواشناسی به‌طور مستقیم بر نیاز آبی محصولات و آب مورد نیاز کشاورزی یک منطقه تأثیر می‌گذارد (شیداییان و همکاران، ۱۳۹۳؛ برزگری و ملکی‌نژاد، ۱۳۹۵). طالبی و همکاران (۱۳۸۹) عوامل موثر در تبخیرتغرق مرجع را با استفاده از آنالیز حساسیت معاوله پنمن-مانتیت فائو در ایستگاه‌های یزد، طبس و مروست بررسی کردند. نتایج نشان داد اولویت‌بندی عوامل مؤثر در تبخیرتغرق در فصول مختلف متفاوت است. بررسی تبخیرتغرق مرجع در اقلیم‌های مختلف چین، ارتباط معنی‌دار بین تغییرات پارامترهای اقلیمی و تبخیرتغرق گیاه مرجع را نشان داد (Zhang et al., 2011). همچنین کوثری و همکاران در مطالعه‌ای مشابه از معادله پنمن مانیتیت فائو برای تعیین تبخیرتغرق از داده‌های اقلیمی ۴۵ ساله ۳۲ ایستگاه هواشناسی

داده‌های ضرایب گیاهی و خاک

داده‌های ضرایب گیاهی طول دوره رشد در جدول ۱ ارائه شده است (مبانی مدل تخصیص آب کشاورزی در شرایط خشکسالی در حوضه دریاچه ارومیه، ۱۳۹۱). ضرایب گیاهی با استفاده از پارامترهای هواشناسی و معادلات ۱ و ۲ برای هر ایستگاه هواشناسی بر اساس دستورالعمل و معادلات ارائه شده در فائو ۵۶ تصحیح و تدقیق شدند (Allen et al., 1998).

$$K_C = K_{C \text{ end (tab)}} + [0.04(u_2 - 2) - 0.004(RH_{\min} - 45)] \left(\frac{h}{3}\right)^{0.3} \quad (1)$$

$$K_{C i} = K_{C \text{ prev}} + \left[\frac{i - \sum L_{\text{prev}}}{L_{\text{stage}}}\right] (K_{C \text{ next}} - K_{C \text{ prev}}) \quad (2)$$

که در آن:

$K_{C \text{ end (tab)}}$: مقدار K_c از جداول فائو، u_2 : میانگین سرعت باد روزانه دو متری از سطح چمن در مرحله پایانی رشد (متر بر ثانیه)،

بین ۱ تا ۶ متر بر ثانیه، RH_{\min} : میانگین حداقل رطوبت نسبی روزانه در مرحله پایانی رشد (درصد)، بین ۲۰ تا ۸۰ درصد و h : میانگین ارتفاع گیاه در مرحله پایانی رشد (متر)، بین ۰/۱ تا ۱۰ متر است. ضرایب گیاهی مرحله میانی نیز همانند معادله بالا قابل اطلاق است. i : شماره روز از فصل رشد (از ۱ تا عددی که برابر کل فصل رشد است)، $K_{C i}$: ضریب گیاهی در روز i ، L_{stage} : طول دوره مرحله رشد مورد نظر (روز) و $\sum(L_{\text{prev}})$: مجموع طول دوره‌های مراحل قبل (روز) است. معادله برای تمامی طول دوره‌های رشد گیاه قابل استفاده است.

از آنجا که ضرایب تنش آبی یکی از پارامترهای مهم ورودی به مدل است، لذا ضرایب تنش آبی در دوره‌های مختلف رشد (K_{yi}) با استفاده از مطالعات هیل و همکاران و مبانی مدل تخصیص آب کشاورزی در شرایط خشکسالی در حوضه دریاچه ارومیه (۱۳۹۱) تعیین شد که در جدول ۲ ارائه شده است (Hill et al., 1983).

جدول ۱- طول دوره رشد و ضرایب گیاهی محصولات زراعی غالب حوضه دریاچه ارومیه (مبانی مدل تخصیص آب کشاورزی در شرایط خشکسالی در حوضه دریاچه ارومیه، ۱۳۹۱)، (Allen et al., 1998)

نام محصول	طول دوره رشد			ضرایب گیاهی				
	مرحله اولیه	مرحله توسعه	مرحله میانی	مرحله پایانی	کل	اولیه	میانی	انتهایی
گندم زمستانه	۴۰	۱۳۰	۵۰	۳۰	۲۵۰	۰/۶۸	۱/۱۷	۰/۵۹
جو زمستانه	۴۰	۱۳۰	۵۰	۱۰	۲۳۰	۰/۳	۱/۲۳	۰/۳۳
پياز	۳۰	۱۸۰	۴۵	۴۵	۳۰۰	۰/۷	۱	۱
چغندر قند	۴۰	۱۰۰	۶۰	۲۰	۲۲۰	۰/۳۵	۱/۲۸	۰/۷۸
سیب زمینی	۴۵	۳۰	۷۰	۲۰	۱۶۵	۰/۳	۱/۲۵	۰/۵۵
یونجه	۳۰	۳۰	۳۰	۲۰	۱۱۰	۰/۴	۰/۹۵	۰/۹

جدول ۲- ضرایب کاهش عملکرد گیاه به آب در مراحل رشد (K_p)

نام محصول	استقرار	اوایل رشد	اواخر رشد	مرحله رشد		
				گلدهی	شکل‌گیری عملکرد	رسیدن
کل دوره رشد		رویشی	رویشی	محصول	محصول	رشد
گندم زمستانه	۰	۰/۱۲	۰/۱۵	۲/۱	۰/۳۳	۰/۲
جو زمستانه	۰	۰/۱۲	۰/۱۵	۱/۵	۰/۴	۰/۱۴
پياز	۰/۰۱	۰/۱	۰/۴۵	-	۰/۸	۰/۳
چغندر قند	۰/۱۲	۲	۲	-	۰/۳۶	۰/۱۲
سیب زمینی	۰/۱	۱/۴۲	۱/۴۲	۰/۸۷	۰/۹۱	۰/۳
یونجه	-	۰/۲	۰/۲	-	۰/۷	-

ارومیه، ۱۳۹۱) استفاده شد که نتایج آن در جدول ۳ ارائه شده است.

برای تکمیل اطلاعات ورودی به مدل عمق ریشه، حداکثر ارتفاع گیاه و داده‌های مربوط به خاک نیز به مدل تعریف شد که از اطلاعات موجود در نشریه FAO56 و نیز مطالعات انجام شده (مبانی مدل تخصیص آب کشاورزی در شرایط خشکسالی در حوضه دریاچه

جدول ۳- داده‌های خاک

منبع	نوع محصول						پارامتر
	یونجه	سیب زمینی	چغندر قند	پیاز	جو زمستانه	گندم زمستانه	
CROPWAT	۷۵	۷۵	۷۵	۷۵	۷۵	۷۵	کل رطوبت قابل دسترس گیاه (mm/m)
FAO	۱۶۰	۱۶۰	۱۶۰	۱۶۰	۱۶۰	۱۶۰	حداکثر نرخ نفوذ (mm/day)
FAO	۷۰	۶۰	۱۲۰	۲۵	۱۳۰	۱۳۰	حداکثر عمق ریشه (cm)
CROPWAT	۸	۸	۸	۶	۶	۶	تخلیه رطوبت اولیه (as %TAM)
CROPWAT	۶۵	۶۵	۶۵	۶۵	۶۵	۶۵	رطوبت قابل دسترس اولیه

اطلاعات FAO56 تاریخ کاشت مناسبی به مدل تعریف شد که اطلاعات آن در جدول ۴ ارائه شده است.

برای برآورد تبخیر تعرق محصولات غالب منطقه (ET_c) بایستی تاریخ‌های کاشت و برداشت مناسب برای هر یک از محصولات ذکر شده به مدل تعریف شود. لذا بر اساس گزارشات موجود و نیز

جدول ۴- بازه کاشت و برداشت محصولات غالب حوضه دریاچه ارومیه (مبانی مدل تخصیص آب کشاورزی در شرایط خشکسالی در حوضه دریاچه ارومیه، ۱۳۹۱)

نام محصول	ماه	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور
گندم	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
جو	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
پیاز	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
سیب زمینی	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
چغندر قند	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
یونجه	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*

ضریب سایکرومتری ($kpa \cdot ^\circ C^{-1}$) است.

برآورد تبخیر تعرق (ET_c)

مدل CROPWAT 8.0 تبخیر تعرق را به صورت دهه یا ماهانه هوا تخمین می‌زند. در مرحله اول، میزان تبخیر تعرق مرجع (ET_o) محاسبه می‌شود (معادله ۳). سپس مقادیر تبخیر تعرق گیاهی (ET_c) برای محصولات گندم زمستانه، جو زمستانه، پیاز، سیب زمینی، چغندر قند و یونجه با استفاده از معادله ۴ برای سال‌های زراعی ۹۳-۹۴ و ۱۳۹۲-۹۳ برآورد شد.

$$ET_o = \frac{0.408\Delta(R_n - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0.34u_2)} \quad (3)$$

که در این معادله ET_o : تبخیر تعرق مرجع ($mm \cdot day^{-1}$); R_n : تابش خالص ورودی به سطح گیاه ($Mj \cdot m^{-2} \cdot day^{-1}$); G : شار گرمای خاک ($Mj \cdot m^{-2} \cdot day^{-1}$); T : میانگین دمای هوا در ارتفاع دو متری ($^\circ C$); u_2 : میانگین روزانه سرعت باد در ارتفاع دو متری ($m \cdot s^{-1}$); e_s : فشار بخار اشباع (kpa); e_a : فشار بخار واقعی (kpa); $e_s - e_a$: کمبود فشار بخار اشباع (kpa); Δ : شیب منحنی فشار بخار ($kpa \cdot ^\circ C^{-1}$) و γ :

$$ET_c = ET_o \times K_c \quad (4)$$

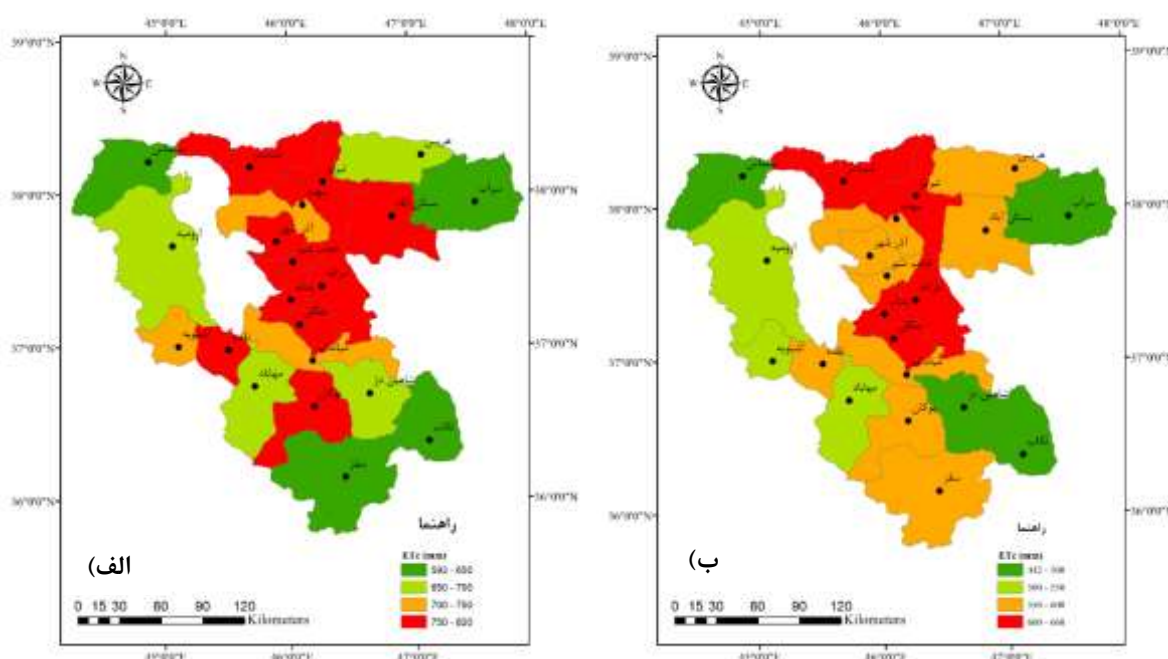
که در این معادله، ET_c : تبخیر تعرق گیاه ($mm \cdot day^{-1}$); ET_o : تبخیر تعرق مرجع ($mm \cdot day^{-1}$); K_c : ضریب گیاهی (بدون بعد) است. در نهایت پس از محاسبه تبخیر تعرق محصولات، با استفاده از نرم افزار Arc GIS 3.0 تبخیر تعرق هر محصول به طور میانگین هر دو سال زراعی ۹۳-۹۴ و ۹۴-۹۳ در سطح حوضه پهنه‌بندی و کلاسه‌بندی شد.

نتایج و بحث

نتایج نشان داد بیش‌ترین مقدار تبخیر تعرق محصول گندم در سال‌های ۹۴-۱۳۹۳ و ۹۳-۱۳۹۲ در ایستگاه مراغه به ترتیب با ۸۴۶/۱ و ۸۳۰ میلی‌متر برآورد شد. کم‌ترین مقدار نیاز آبی گندم در سال ۹۴-۱۳۹۳، ایستگاه سفز با ۵۸۱/۸ میلی‌متر و در سال ۹۳-۱۳۹۲ در ایستگاه سراب با ۵۸۱/۹ میلی‌متر برآورد شد (شکل ۲). همچنین

در قسمت‌های شرق، شمال شرق حوضه برآورد شده است (شکل ۲). تعیین نیازهای آبی محصولات گندم و جو با استفاده از مدل CROPWAT در این مطالعه نشان دهنده تاثیر شرایط اقلیمی متفاوت در منطقه بر میزان تبخیرتغرق برآورد شده است به طوری که تاثیر عواملی چون تغییرات دما بر میزان تبخیرتغرق بالا است. نتایج مطالعه برزگری و ملکی‌نژاد (۱۳۹۵)، باهک (۱۳۹۴) نیز مبین این نکته بوده است. همچنین، نتایج مطالعه تاناسی‌جویس و همکاران نیز نشان داد تغییرات تبخیرتغرق با روند تغییرات تغییرات دماهای پیشینه و کمینه هم‌راستا است (Tanasijevic et al., 2014).

بیشترین مقدار نیاز آبی برای محصول جو در سال‌های ۹۴-۱۳۹۳ و ۱۳۹۲-۹۳ در ایستگاه مراغه به ترتیب با ۶۵۴/۵ و ۶۷۴/۵ میلی‌متر به دست آمد. کمترین مقدار نیاز آبی محصول جو نیز در سال ۹۴-۱۳۹۳ در ایستگاه تکاب با ۳۳۷/۹ میلی‌متر و در سال ۲۰۱۴ در ایستگاه تبریز با ۴۲۴/۲ میلی‌متر برآورد شد. به‌طور کلی پهنه‌بندی متوسط تبخیرتغرق (ET_c) محصولات گندم و جو در حوضه آبریز دریاچه ارومیه نشان می‌دهد که بیشترین مقدار تبخیرتغرق محصول گندم در مناطق شبستر، سهند، بستان آباد، آذرشهر، تبریز، عجب شیر، مراغه، بناب، ملکان، نقده و بوکان و بیشترین مقدار تبخیرتغرق محصول جو نیز در ایستگاه‌های شبستر، آذرشهر، تبریز، مراغه، بناب و ملکان واقع



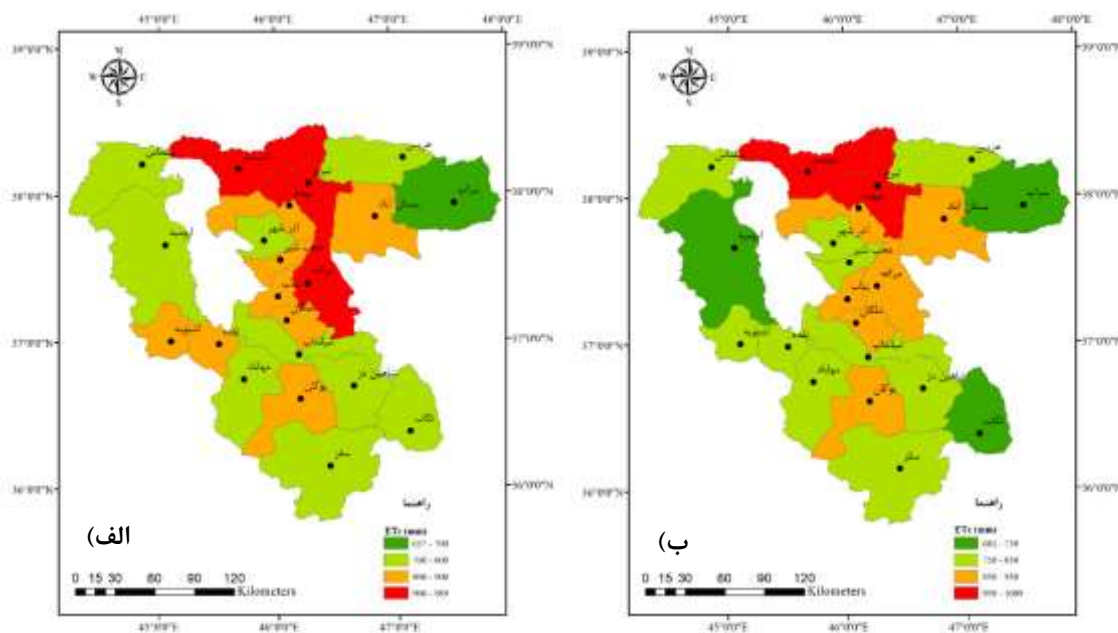
شکل ۲- پهنه‌بندی متوسط تبخیرتغرق محصول (الف) گندم و (ب) جو در دو سال زراعی ۹۴-۱۳۹۳ و ۹۳-۱۳۹۲ در ایستگاه‌های حوضه آبریز دریاچه ارومیه

بررسی‌ها نشان داد بیشترین مقدار تبخیرتغرق محصول چغندرقد در سال‌های زراعی ۹۴-۱۳۹۳ و ۹۳-۱۳۹۲ ایستگاه مراغه و تبریز به ترتیب با ۹۸۴/۳ و ۹۴۳/۷ میلی‌متر برآورد شد. همچنین کمترین مقدار تبخیرتغرق در سال ۹۴-۱۳۹۳ در ایستگاه سراب و به ترتیب با ۶۴۶/۹ میلی‌متر و در سال ۹۳-۱۳۹۲، ایستگاه‌های تکاب و ارومیه با ۷۱۴/۸ میلی‌متر به دست آمد. بیشترین مقدار تبخیرتغرق محصول سیب‌زمینی در سال زراعی ۹۴-۱۳۹۳ در ایستگاه‌های مراغه و تبریز به ترتیب با ۱۰۶۲/۳ و ۱۰۱۰/۲ میلی‌متر و در سال ۹۳-۱۳۹۲ در ایستگاه تبریز با ۱۰۳۹/۴ میلی‌متر برآورد شد. همچنین کمترین مقدار تبخیرتغرق در سال‌های مورد مطالعه در ایستگاه سراب به

بررسی‌ها نشان داد بیشترین مقدار تبخیرتغرق محصول چغندرقد در سال‌های زراعی ۹۴-۱۳۹۳ و ۹۳-۱۳۹۲ ایستگاه مراغه و تبریز به ترتیب با ۹۸۴/۳ و ۹۴۳/۷ میلی‌متر برآورد شد. همچنین کمترین مقدار تبخیرتغرق در سال ۹۴-۱۳۹۳ در ایستگاه سراب و به ترتیب با ۶۴۶/۹ میلی‌متر و در سال ۹۳-۱۳۹۲، ایستگاه‌های تکاب و ارومیه با ۷۱۴/۸ میلی‌متر به دست آمد. بیشترین مقدار تبخیرتغرق محصول سیب‌زمینی در سال زراعی ۹۴-۱۳۹۳ در ایستگاه‌های مراغه و تبریز به ترتیب با ۱۰۶۲/۳ و ۱۰۱۰/۲ میلی‌متر و در سال ۹۳-۱۳۹۲ در ایستگاه تبریز با ۱۰۳۹/۴ میلی‌متر برآورد شد. همچنین کمترین مقدار تبخیرتغرق در سال‌های مورد مطالعه در ایستگاه سراب به

مطالعات محققان نیز مبین تاثیر پارمترهای اقلیمی بر میزان تبخیر-تعرق و نیاز آبیاری بوده است (پوریوسف و همکاران، Zhang et al., 2011; Tabari et al., 2014; Govere et al., 2020).

شرایط اقلیمی و پارامترهای هواشناسی است (برزگری و ملکی‌نژاد، ۱۳۹۷). بررسی‌های پارامترهای هواشناسی از قبیل دما، رطوبت نسبی، سرعت باد در ایستگاه‌های مورد مطالعه نشان داد در مناطقی که بیش‌ترین میزان تبخیر-تعرق حاصل شده، اغلب دارای رطوبت نسبی پایین، دمای بالاتر بوده و این مناطق در دشت واقع شده‌اند. نتایج



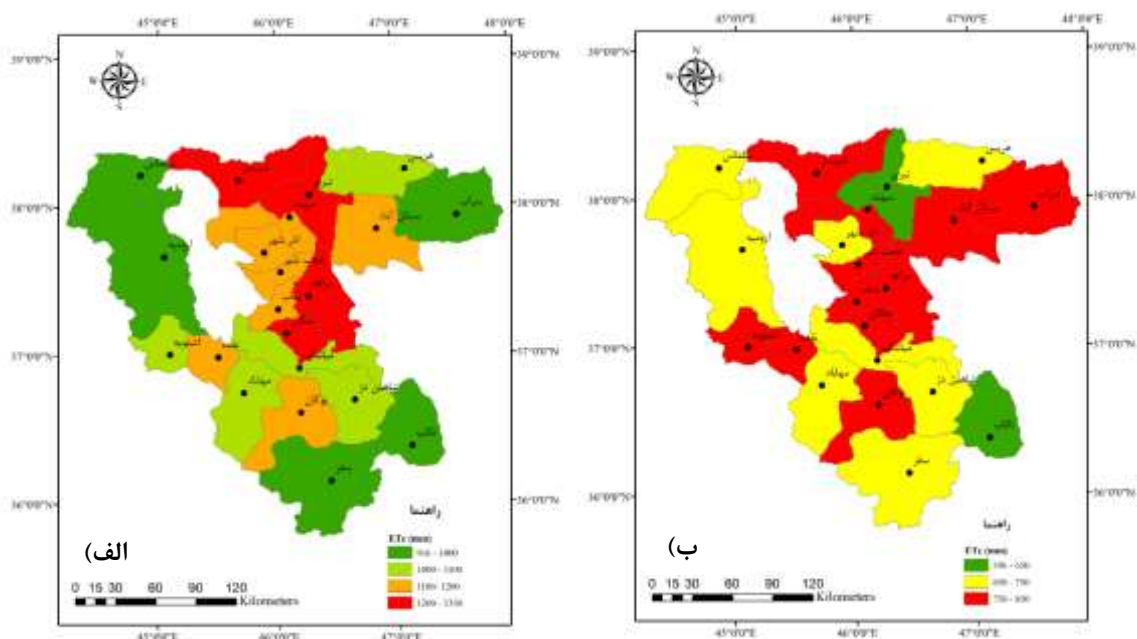
شکل ۳- پهنه‌بندی متوسط تبخیر-تعرق محصول (الف) چغندر قند و (ب) سیب‌زمینی در دو سال زراعی ۱۳۹۳-۹۴ و ۱۳۹۲-۹۳ در ایستگاه‌های حوضه آبریز دریاچه ارومیه

نیز میزان پایین آب مصرفی محصولات در قسمت‌های غرب حوضه است که با نتایج این مطالعه مطابقت دارد.

نتیجه‌گیری

هدف اصلی از انجام این مطالعه بررسی و مقایسه میزان تبخیر-تعرق (ET_c) حاصل از مدل CROPWAT برای کشت‌های گندم، جو، چغندر قند، سیب‌زمینی، پیاز و یونجه در سطح حوضه آبریز دریاچه ارومیه برای سال‌های زراعی ۱۳۹۳-۹۴ و ۱۳۹۲-۹۳ بود. هدف از این بررسی تاثیر شرایط آب و هوایی متفاوت در برآورد میزان تبخیر-تعرق محصولات در مناطق مختلف حوضه بود. در ابتدا مقادیر ET_c با استفاده از داده‌های ایستگاه‌های هواشناسی در سطح حوضه و ضرایب گیاهی برای محصولات مورد نظر برآورد شد. سپس مقادیر تبخیر-تعرق با استفاده از نرم‌افزار ArcGIS 10.3 در سطح حوضه پهنه‌بندی شد.

نتایج پهنه‌بندی تبخیر-تعرق محصول پیاز نشان داد در سال ۹۴-۱۳۹۳، بیش‌ترین و کم‌ترین مقدار تبخیر-تعرق (ET_c) در ایستگاه‌های تبریز و سراب با ۱۳۰۲ و ۹۳۰/۲ میلی‌متر به دست آمد. به‌طور مشابه در سال ۹۳-۱۳۹۲، بیش‌ترین و کم‌ترین مقدار تبخیر-تعرق (ET_c) در همین ایستگاه‌ها به ترتیب با ۱۳۵۶/۹ و ۹۲۵/۴ میلی‌متر برآورد شد. همچنین بیش‌ترین مقدار تبخیر-تعرق در ایستگاه مراغه به ترتیب با ۸۴۰/۲ و ۸۵۰ میلی‌متر و کم‌ترین مقدار تبخیر-تعرق در ایستگاه سراب به ترتیب با ۵۹۸ و ۵۸۴/۹ میلی‌متر در سال‌های ۱۳۹۳-۹۴ و ۱۳۹۲-۹۳ به‌دست آمد. پهنه‌بندی متوسط تبخیر-تعرق محصول پیاز در سطح حوضه آبریز دریاچه ارومیه نشان می‌دهد که بیش‌ترین مقدار تبخیر-تعرق محصول پیاز در ایستگاه‌های شبستر، سهند، مراغه و ملکان، نقده، بوکان، آذرشهر، عجب‌شیر، بناب و بستان آباد و بیش‌ترین مقدار تبخیر-تعرق محصول یونجه در ایستگاه‌های شبستر، سهند، بستان آباد، سراب، عجب‌شیر، مراغه، بناب، ملکان، اشنویه و بوکان اغلب واقع در قسمت‌های شرق، شمال شرق برآورد شده است (شکل ۴). مطالعات علیقلی‌نیا و همکاران (۱۳۹۵) نیز نشان داده است که میزان بالای آب مصرفی محصولات در قسمت‌های شرق حوضه و



شکل ۴- پهنه‌بندی متوسط تبخیر تعرق محصول (الف) پیاز و (ب) یونجه در دو سال زراعی ۹۴-۱۳۹۳ و ۹۳-۱۳۹۲ در ایستگاه‌های حوضه آبریز دریاچه ارومیه

آبخیز، ۱۲(۲): ۴۸۱-۴۹۱.

امینی، ع.، حیدری، ر. و فقیه، ه. ۱۳۹۳. نقشه پهنه‌بندی اقلیم در تعیین نیاز خالص آبیاری محصولات باغی استان کردستان، دانش نوین کشاورزی پایدار، ۱۰(۱): ۱-۱۳.

باهک، ب. ۱۳۹۴. پیش‌بینی و ارزیابی روند بلندمدت الگوهای زمانی دمای زاهدان و تاثیر آن بر تبخیر و تعرق پتانسیل، فصلنامه جغرافیا، ۱۳(۴۴): ۲۵۷-۲۳۹.

برزگری، ف. و ملکی‌نژاد، ح. ۱۳۹۵. بررسی نیاز آبی بخش کشاورزی تحت شرایط تغییر اقلیم (مطالعه موردی: دشت یزد اردکان)، علوم و مهندسی آبیاری، ۳۹(۴): ۸۵-۹۵.

برزگری، ف. و ملکی‌نژاد، ح. ۱۳۹۷. بررسی اثرات تغییر اقلیم بر نیاز آبی و پایداری مصرف آب در بخش کشاورزی دشت یزد- اردکان، بوم‌شناسی کشاورزی، ۱۰(۴): ۱۱۷۶-۱۱۶۱.

بیدآبادی م.، بابازاده ح. و سرائی تبریزی، م. ۱۳۹۸. ارزیابی نیاز آبی پتانسیل گیاهان (مطالعه موردی: سایت دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران)، مجله محیط زیست و مهندسی آب، ۵(۵): ۵۶-۳۶.

پوریوسف، س.، ناظمی، ا.ح. و صدرالدینی، س.ع. ۱۳۹۸. اثرات تغییر اقلیم بر کارکرد سیستم آبیاری تحت فشار (مطالعه موردی: آبیاری

نتایج حاصل از مدل CROPWAT 8.0 برای ۲۱ ایستگاه بررسی شده و برای شش محصول نشان داد میزان تبخیر تعرق در سطح حوضه متفاوت بوده که بیانگر شرایط لزوم لحاظ شرایط آب و هوایی در برآورد میزان تبخیر تعرق در پهنه‌های مختلف است. به طوری که بیش‌ترین میزان تبخیر تعرق (ETc) در مناطق شرق، شمال شرق و جنوب غربی حوضه اتفاق افتاده است. همچنین نتایج نشان داد که تفاوت در نیاز آبی بدست آمده حاصل از داده‌های ایستگاه‌های هواشناسی حتی در بین سال‌های مورد بررسی قابل ملاحظه بوده و تعدد ایستگاه‌های هواشناسی در منطقه می‌تواند تنوع نیاز آبی کشت‌های غالب منطقه را بهتر نشان دهد. بررسی‌ها در ایستگاه‌های مورد مطالعه نشان داد در مناطقی که بیش‌ترین میزان تبخیر تعرق حاصل شده، اغلب دارای رطوبت نسبی پایین، دمای بالاتر بوده است. با توجه به شرایط کم‌آبی و وجود کشاورزی ناپایدار در منطقه، برآورد دقیق نیاز آبی محصولات در پهنه‌های مختلف می‌تواند در خصوص مصرف آب در بخش کشاورزی تعیین کننده باشد.

منابع

امینی، ع.، پرهمت، ج. و سدری، م.ح. ۱۳۹۹. بررسی بهره‌وری فیزیکی و اقتصادی آب در محصولات عمده زراعی در حوضه تلوار استان کردستان، مجله مهندسی و مدیریت

- فصلنامه مدرس علوم انسانی، ۱۳(۱): ۲۷۰-۲۴۸.
- مبانی مدل تخصیص آب کشاورزی در شرایط خشکسالی در حوضه دریاچه ارومیه. ۱۳۹۱. برنامه مدیریت ریسک خشکسالی حوضه آبریز دریاچه ارومیه، کارگروه مدیریت پایدار منابع آب و کشاورزی، ۷: ۴۶-۱.
- نجفی، پ. و ستار، م. ۱۳۸۴. ارزیابی دقت نرم افزار CROPWAT در تخمین تبخیر و تعرق گیاه مرجع در منطقه اصفهان، مجله پژوهش آب در کشاورزی، ۱۱(۱): ۱-۱۱.
- نی‌نیوا، س.پ.، شاهی، ک.، زاهدی، ص.ا. و انتظامی، ه. ۱۳۹۹. سهم برآورد رواناب ناشی از ذوب برف در تامین نیاز آبی اراضی زراعی زیرحوضه چهل‌گزی، استان کردستان، مجله مهندسی و مدیریت آبخیز، ۱۲(۴): ۹۶۲-۹۷۶.
- نیکبخت، ج.، میرلطیفی، س.م. و کمالی، غ.غ. ۱۳۸۰. مقایسه تبخیر تعرق محاسبه شده با روش‌های فائو-پنمن-مانتیث، پنمن-رایت و هارگریوز-سامانی در منطقه تهران. مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ۸(۴): ۱۳-۳.
- Akinbile, C.O., Ogundipe, A., and Davids, R.O. 2020. Crop water requirements, biomass and grain yields estimation for upland rice using CROPWAT, AQUACROP and CERES simulation models. *Agricultural Engineering International: CIGR Journal* 22(2): 1-20.
- Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D., and Smith, M. 1998. *Crop Evapotranspiration Guidelines for computing crop water requirements*. FAO Irrigation and Drainage Paper, No. 56, Rome, Italy, 300 pp.
- Banerjee, S., Chatterjee, S., Sarkar, S., and Jena, S. 2016. Projecting Future Crop Evapotranspiration and Irrigation Requirement of Potato in Lower Gangetic Plains of India using the CROPWAT 8.0 Model. *Potato Research* 59(4): 313-327.
- Chaali, N., Ouazaa, S., Jaramillo-Barrrios, C.I., Carrillo, G. A.A., and Pedraza, E.Á.Á. 2020. Edaphoclimatic characterization and crop water requirement of Arracacha (*Arracacia xanthorrhiza* Bancroft) roots in upland production areas. *Scientia Horticulturae* 272: 109533.
- Clarke, D., Smith, M., El-Askari, K. 2001. *CROPWAT for Windows: User Guide*. IHE.
- Deo, K., Mishra, S.R., Singh, A.K., Mishra, A.N., and Singh, A. 2017. Water requirement of wheat crop for optimum production using CROPWAT model. *Journal of Medicinal Plants* 5(3): 338-342.
- Droogers, P., Immerzeel, W.W., and Lorite, I.J. 2010. Estimating actual irrigation application by remotely sensed evapotranspiration observations *Agriculture Water Management* 97: 1351-1359.
- قطره‌ای سد ستارخان، آذربایجان شرقی، مجله پژوهش آب ایران، ۳۳: ۹-۱.
- حکمت‌نیا، م.، حسینی، س.م. و صفدری، م. ۱۳۹۹. مدیریت منابع آب کشاورزی استان سیستان و بلوچستان از دیدگاه آب مجازی، مجله مهندسی آبیاری و آب ایران، ۱۱(۴۱): ۱۳۷-۱۴۹.
- رضائی اعتدالی، ه.، نظری، ب.، توکلی، ع. و پارسی‌نژاد، م. ۱۳۸۸. ارزیابی مدل CROPWAT در مدیریت کم‌آبایی گندم و جو در منطقه کرج، مجله آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)، ۳۳(۱): ۱۱۹-۱۲۹.
- سپاسخواه، ع. ۱۳۷۷. نگرشی دوباره بر روش‌های محاسبه تبخیر و تعرق گیاهان زراعی. سمینار آموزشی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز، ارائه شده به صورت شفاهی.
- سرائی تبریزی، م.، پارسی‌نژاد، م. و بابازاده، ج. ۱۳۹۳. ارزیابی کارایی مدل CROPWAT 8.0 در پیش‌بینی و برآورد مصرف آب و میزان عملکرد محصول سویا با استفاده از داده‌های مزرعه‌ای در منطقه کرج، نشریه زراعت، ۱۰۲: ۱۷۰-۱۶۱.
- شیداییان، م.، ضیاءتبار احمدی، م.خ. و فضل‌اولی، ر. ۱۳۹۳. تاثیر تغییر اقلیم بر نیاز خالص آبیاری و عملکرد محصول برنج (مطالعه موردی: دشت تجن)، نشریه آب و خاک، ۲۸(۶): ۱۲۸۴-۱۲۹۷.
- ضیاءتبار احمدی، م.خ. ۱۳۷۴. بررسی و مقایسه روش‌های محاسبه تبخیر-تعرق پتانسیل در استان مازندران، نیوار، ۴۳: ۷۰-۵۱.
- طالبی، ع.، پورمحمدی، س. و رحیمیان، م.ج. ۱۳۸۹. بررسی عوامل مؤثر در تبخیر و تعرق مرجع، با استفاده از آنالیز حساسیت معادله فائو پنمن مانتیث مطالعه موردی: ایستگاه‌های یزد، طبس و مروست، فصلنامه پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، ۴۲(۷۳): ۱۱۰-۹۷.
- طایفه‌رضایی، ح.، احمدآلی، ج. و احمدآلی، خ. ۱۳۹۸. ارزیابی راندمان کل آبیاری و هیدرومدول واقعی با استفاده از روش بیلان آب (مطالعه موردی، دشت نالوچای ارومیه)، تحقیقات سازه‌های آبیاری و زهکشی، ۲۰(۷۶): ۱۴۲-۱۲۵.
- علیقلی‌نیا، ت.، رضایی، ح.، بهمنش، ج. و منتصری، م. ۱۳۹۵. تخمین و ارزیابی ردپای آب آبی و سبز محصولات عمده مورد کشت در حوضه آبریز دریاچه ارومیه، پژوهش‌های حفاظت آب و خاک، ۲۳(۳): ۳۳۷-۳۴۴.
- لشکری، ح.، کیخسروی، ق. و رضایی، ع. ۱۳۸۷. تحلیل کارایی مدل CROPWAT در برآورد نیاز آبی محصول گندم در غرب کرمانشاه: شهرستان‌های اسلام آبادغرب، سرپل ذهاب و روانسر،

- 46-52.
- Nithya, K.B., and Shivapur, A.V. 2016. Study on water requirement of selected crops under tarikere command area using CROPWAT. *Irrigation and Drainage Systems Engineering*, 5(153): 1-4.
- Pushpalatha, R., Amma, S.S., George, J., Rajan, S., and Gangadharan, B. 2020. Development of optimal irrigation schedules and crop water production function for cassava: study over three major growing areas in India. *Irrigation Science* 1-11.
- Rahimi, D., Khademi, S., and Nadafi, S. 2014. Estimation of evaporation and transpiration of wheat plant in Zaraghan station using CROPWAT model. *International journal of Advanced Biological and Biomedical Research* 2(4): 1362-1370.
- Schiermeier, Q. 2014. Water risk as world warms. *Nature* 505:10-11.
- Surendran, U., Sushanth, C.M., Mammen, G., and Joseph, E.J. 2017. FAO-CROPWAT model-based estimation of crop water need and appraisal of water resources for sustainable water resource management: Pilot study for Kollam district-humid tropical region of Kerala, India. *Current Science* (00113891), 112 (1).
- Tabari, H., Marofi, S., Aeni, A., Talaee, P.H., and Mohammadi, K. 2014. Sensitivity of evapotranspiration to climatic change in different climates. *Global and Planetary Change* 115: 16-23.
- Tanasijevic, L., Todorovic, M., Pereira, L.S., Pizzigalli, C., and Lionello, P. 2014. Impacts of climate change on olive crop evapotranspiration and irrigation requirements in the Mediterranean region. *Agricultural Water Management* 144: 54-68.
- Zhang, X., Chen, S., Sun, H., Shao, L., and Wang, Y. 2011. Changes in evapotranspiration over irrigated winter wheat and maize in North China Plain over three decades. *Agricultural Water Management* 98: 1097-1104.
- Govere, S., Nyamangara, J., and Nyakatawa, E.Z. 2020. Climate change signals in the historical water footprint of wheat production in Zimbabwe. *Science of the Total Environment* 742:140473.
- Hargreaves, G.H. 1994. Defining and using reference evapotranspiration. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering* 120(6):1132-39.
- Hill, R.W., Rayan, K.H., Butters, R.L., Keller, A.A., Stewart, F.R., and Bomen, R.J. 1983. CRSPM yield simulation model. Utah State University. Logan. Utah.
- Khattak, M.S. 2017. Impacts of Climate Change on Crop Water Requirement under Multi-Representative Concentration Pathways during Mid-Century: A Case Study of Di Khan. *Journal of Engineering and Applied Sciences (JEAS)*, Peshawar, 36(1).
- Khazaei, B., Khatami, S., Alemohammad, S.H., Rashidi, L., Wu, C., Madani, K., Kalantari, Z., Destouni, G., and Aghakouchak, A. 2019. Climatic or regionally induced by humans? Tracing hydro-climatic and land-use changes to better understand the Lake Urmia tragedy. *Journal of Hydrology* 569: 203-217.
- Kousari, M.R., Asadi Zarch, M.A., Ahani, H., and Hakimelahi, H. 2013. A survey of temporal and spatial reference crop evapotranspiration trends in Iran from 1960 to 2005. *Climatic Change* 120: 277-298.
- Kuo, Sh. F., Lin, B.J., and Shieh. H.J. 2001. CROPWAT Model to Evaluate Crop Water Requirements in Taiwan. *International Commission on Irrigation and Drainage. 1st Asian Regional Conference, Seoul.*
- Mansouri, Z., and Menani, M.R. 2017. Assessment of the Water Needs of Apricot and Olive Crops under Arid Climatic Conditions: Case Study of Tinibaouine Region (Northeast of Algeria). *International Journal of Geomate* 12(30):

Water-use Zoning of Major Crops Obtained from CROPWAT 8.0 Model in the Urmia Lake Basin

O. Raja^{1*}, M. Parsinejad²

Received: Aug.01, 2020

Accepted: Nov.01, 2020

Abstract

In this study, the water-use zoning (ET_C) of wheat, barley, potato, sugar beet, onion and alfalfa crops obtained from CROPWAT 8.0 model using ArcGIS 10.3 software and data from 21 synoptic meteorological stations in the Urmia Lake basin has been at 2013-14 and 2014-15. At First, the average ET_C values were estimated using climatic data, longitude and latitude, meteorological station height, soil and crop in the two years and then in the whole basin zoned and classified. Overall, the results showed that the rate of evapotranspiration was different across the basin, which indicates the effect of weather conditions in different areas of the basin on the value of evapotranspiration. Investigations also showed that the difference in water demand obtained from meteorological station data between the years under study is significant and the number of meteorological stations in the region can improve the diversity of water needs of the major crops in the region. Surveys of climatic parameters in the studied stations showed that in the areas where the highest rate of evapotranspiration was obtained, it was often with low relative humidity and higher temperature. Due to the problem of water scarcity, accurate estimation of water-use of crops in different areas can be decisive for water consumption in agriculture. Therefore, it is necessary to consider climatic differences in estimating evapotranspiration and irrigation requirement of agricultural crops for sustainable management.

Keywords: Climate condition, CROPWAT, Evapotranspiration, Urmia Lake basin

1- Ph.D. Candidate, Department of Irrigation and Reclamation Engineering, College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran

2- Associate Professor, Department of Irrigation and Reclamation Engineering, College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran

(* - Corresponding Author Email: omid.raja@ut.ac.ir)