نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۲، شماره ۱، فروردین – اردیبهشت ۱۳۹۷، ص. ۴۳-۲۹

Journal of Water and Soil
Vol. 32, No. 1, Mar.-Apr. 2018, p. 29-43

تحلیل تغییرات زمانی و مکانی آب مجازی در محصول گوجه فرنگی در استان هرمزگان تحت تغییرات اقلیم

ام البنین بذرافشان[1*]- زهرا گرکانی نژاد مشیزی[2]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۹/۱۳
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۱۲/۲۱

چکیده

استان هرمزگان رتبه اول تولید گوجه فرنگی خارج از فصل در کشور را داراست، این در حالی‌است که کمبود بارش و به تبع آن کمبود منابع آب شیرین در استان هرمزگان، قرار گرفتن استان در اقلیم فراخشک و همچنین تلفات زیاد آب در بخش کشاورزی موجب بحران جدی آب طی دو دهه اخیر شده است. تحقیق فوق با هدف تغییرات زمانی و مکانی آب مجازی و ردپای آب در محصول گوجه‌فرنگی تحت تاثیر تغییرات اقلیمی طی ۱۵ سال گذشته (۱۳۸۱-۱۳۹۵) صورت پذیرفته، تا بر این اساس، ارزش و حجم آب مجازی مبادلاتی در هر شهرستان محاسبه و تاثیر تغییر متغیرهای اقلیمی موثر بر ردپای آب مشخص گردد. نتایج نشان داد، متوسط وزنی ردپای آب در تولید گوجه‌فرنگی ۰/۹۳۶ مترمکعب در کیلوگرم بوده که بیشترین و کمترین میزان ردپای آب مربوط به شهرستان جاسک و بستک با مقدار ۱/۵۴ و ۰/۶۶مترمکعب برکیلوگرم است. متوسط حجم ردپای صادرات آب مجازی گوجه‌فرنگی ۱۰/۸ میلیون متر مکعب با ارزش ۲۸ میلیون ریال می‌باشد که بیشترین و کمترین سهم را به‌ترتیب شهرستان بندرعباس و بشاگرد داشته‌اند، اما به‌ترتیب بالاترین و پائین‌ترین ارزش آب مجازی مربوط به شهرستان بستک و جاسک است. تغییرات زمانی ردپای آب نشان می‌دهد، روند ردپا در بخش مرکزی رو به کاهش و در سایر بخش‌ها فاقد روند معنی‌دار است، این در حالی‌است که متغیر ساعات آفتابی نیز روبه کاهش بوده و در بین فاکتورهای غیراقلیمی روند عملکرد در بخش مرکزی افزایش قابل توجهی نشان می‌دهد، لذا روند تغییرات ردپای آب را می‌توان به عوامل غیراقلیمی مرتبط دانست.

واژه‌های کلیدی: ارزش ردپای آب، آب آبی و سبز، تغییر اقلیم، ردپای آب، ردپای صادرات و واردات

مقدمه

در دسترس بودن آب شیرین تاثیر قابل توجهی در امنیت غذایی دارد. زیرا نقش مهمی در تولید مواد غذایی دارد؛ مدیریت صحیح و متناسب با منابع طبیعی موجود، ضرورتی مهم برای رسیدن به توسعه پایدار است (۳۰). کشاورزی به‌عنوان بزرگ‌ترین مصرف‌کننده آب شیرین در دنیاست که حدود ۷۰ درصد از کل مصرف منابع را تشکیل می‌دهد (۸). با توجه به این مسائل استراتژی برای رسیدگی به کمبود آب کشاورزی و افزایش بهره‌وری از آب محصول بسیار مهم می‌باشد (۱۳). برای این‌که بتوان با کمبود آب در کشاورزی مبارزه کرد و بتوان نیاز غذایی مردم را تامین کرد باید میزان واقعی آب مصرفی محصولات کشاورزی را برآورد کرد. افزایش روزافزون گازهای گلخانه‌ای به‌دلیل رشد صنایع، تغییر کاربری اراضی و تخریب محیط زیست سبب افزایش درجه حرارت اتمسفر کره زمین و فراتر از آن تحت تاثیر قرار دادن دیگر متغیرهای اقلیمی گشته و موجب بروز پدیده تغییر اقلیم شده است (۱۷). تغییر اقلیم اثرات قابل توجهی بر چرخه آبی و سیستم منابع آب دارد. تغییرات اقلیم باعث تغییر در مدت، شکل و زمان بارش در مناطق مختلف کره زمین و نیز باعث تغییر در حجم، مدت و زمان رواناب می‌شود، که پیامد این اتفاق در عرصه مدیریت منابع آب تحولات و تغییرات بسیاری به‌وجود خواهد آورد (۱۵).

افزایش رقابت برای منابع آب، همراه با تغییرات آب و هوایی می‌تواند تاثیر قابل توجهی در دسترسی به آب برای تولید محصولات کشاورزی داشته باشد. انتظار می‌رود که تاثیرات بالقوه آب و هوایی بر چرخه هیدرولوژیکی جهانی، الگوهای عرضه و تقاضای آب را برای کشاورزی در سراسر جهان تغییر دهد (۹ و ۲۱). برای تطبیق سیستم‌های کشاورزی با شرایط آب و هوایی متغیر، مهم است بدانیم که چگونه تغییرات آب و هوایی در تولید محصولات کشاورزی و

۱ و ۲- استادیار و دانشجوی دکتری گروه مهندسی منابع طبیعی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه هرمزگان
(*- نویسنده مسئول: Email: O.baztrafshan@hormozgan.ac.ir)
DOI: 10.22067/jsw.v32i1.68792

بهره‌وری آب تاثیر می‌گذارد. از این‌رو ارزیابی استفاده از منابع آب در فرآیند تولید کشاورزی تحت تغییرات آب و هوایی به بهبود روش‌های مدیریت آب کشاورزی برای مقابله با تغییرات آب وهوایی کمک خواهد کرد (۲۸). ردپای آب و آب مجازی یک رویکرد جدید برای ارزیابی استفاده از منابع آب در فرآیند تولید محصولات کشاورزی است (۱۲ و ۱۳).

مفهوم آب مجازی به حجم آب مورد استفاده در تولید یک محصول اشاره دارد (۲ و ۳). ردپای آب شاخصی است که مقدار آبی را که به صورت مستقیم و غیرمستقیم در تولید یک محصول یا کالا مصرف می‌شود اشاره می‌کند (۱۴). برآورد ردپای آب محصولات مختلف کشاورزی، دامی و صنعتی به‌عنوان شاخصی از حجم آب مورد نیاز در ارتباط با مصرف کشور، می‌تواند در اخذ تصمیمات مهم در راستای جبران کمبود منابع آبی، تعیین سهم آب آبی و آب سبز در تولید محصولات کشاورزی، تغییر در الگوی کشت، تغییرحجم صادرات و واردات محصولات با توجه به میزان مبادله آب مجازی و حفظ ذخایر آبی با واردات محصولات آب‌بر و عنایت به موضوع خودکفایی کشور مؤثر واقع گردد (۵).

ردپای آب یک ابزار استراتژیک برای ارزیابی مصرف آب کشاورزی می‌باشد (۱۹). ردپای آب به سه بخش آب آبی، آب سبز و آب خاکستری (۱۳ و ۲۹) تفکیک می‌شود. ردپای آب سبز به حجم آب حاصل از بارش و ردپای آب آبی به حجم آب آبیاری (شامل آب‌های سطحی و زیرزمینی) اشاره دارد. ردپای آب خاکستری حجمی از آب شیرین است که برای رقیق‌سازی کودهای شیمیایی که در تولید محصول استفاده می‌شوند به‌کار برده می‌شود (۱۴). آبابایی و رمضانی اعتدالی (۱) مفهوم ردپای آب سفید را به‌عنوان حجم تلفات آبیاری معرفی کردند. مطالعات زیادی در سراسر جهان در رابطه با شاخص ردپای آب صورت گرفته است.

محققین متعدی به بررسی آب مجازی در محصولات مختلف در ایران در مقیاس استانی پرداختند که از جمله می‌توان به غلامحسین‌پور و همکاران (۱۰) در استان کرمان برای محصول پسته و خرما؛ سالاری و همکاران (۲۶) در تحلیل زمانی و مکانی تغییرات آب مجازی گندم در استان سیستان و بلوچستان؛ امیدی و همایی (۲۲) در بررسی مقدار آب مجازی گندم در استان فارس؛ صافی و میرلطفی (۲۵) در بررسی حجم آب مجازی نیشکر در خوزستان و دهقان‌پیر (۷) در بررسی آب مجازی مرکبات و نخیلات در استان هرمزگان اشاره کرد. تحقیقات مذکور، وضعیت آب مجازی و تجارت آب را برای محصولات مهم و یا عمده مناطق مختلف مورد مطالعه قرار دادند. اما تحقیق فوق، علاوه‌بر در نظر گرفتن ردپای آب سبز و آب آبی، از مفهوم جدید ردپای آب سفید نیز استفاده نموده و به‌دنبال مشخص نمودن حجم آب مجازی صادراتی و ارزش آب مجازی یک محصول، با هدف معرفی مناطق دارای کمترین ردپای آب و بالاترین ارزش آب مجازی است، تا بتوان از این ابزار برای مدیریت منابع آب در بخش صیفی‌جات استان بهره برد. همچنین با توجه به تاثیر تغییر اقلیم بر نیاز آبی تولیدات کشاورزی، تبخیر و تعرق و متغیرهای هیدرواقلیمی، اثر تغییر اقلیم بر متغیرهای تاثیرگذار بر آب مجازی مورد بررسی قرار می‌گیرد، مسئله‌ای که تاکنون در مطالعات گذشته مورد توجه قرار نگرفته است.

گوجه‌فرنگی یکی از محصولات مهم در ایران است؛ در سال‌های اخیر سطح زیر کشت این محصول به شدت افزایش یافته است، به‌گونه‌ای که به‌عنوان یک گیاه زراعی در سطوح وسیع مورد کشت و کار قرار می‌گیرد (۱۱). کشور ایران با تولید سالانه پنج میلیون و ۸۰۰ هزار تن گوجه‌فرنگی در رتبه هفتم جهان قرار گرفته است؛ همچنین گوجه‌فرنگی دومین محصول صادراتی کشور است. بیش از ۹۲درصد از منابع آب شیرین در استان هرمزگان در بخش کشاورزی مورد استفاده قرار می‌گردد، این در حالی‌است که از ۸۴ دشت استان، ۳۴ دشت در وضعیت ممنوعه قرار دارند (۱۵). استان هرمزگان از نظر تولید محصولات جالیزی و صیفی خارج از فصل در رتبه نخست کشوری قرار دارد و از جمله مهم‌ترین این محصولات، گوجه‌فرنگی است. طی ۱۵ سال گذشته، به‌طور متوسط ۱۴۰۰۰ هکتار از اراضی زیرکشت در استان هرمزگان به محصول گوجه‌فرنگی تعلق داشته که بیش از ۲۰ درصد سطح زیرکشت اراضی صیفی در سطح استان را در برمی‌گیرد (۱۷). در این پژوهش سعی بر این است که مزیت کشت گوجه‌فرنگی با توجه به مفهوم ردپای آب در هر یک از شهرستان‌های استان هرمزگان مشخص و شهرستان‌های با مزیت پائین معرفی گردند، همچنین میزان حجم و ارزش مبادلاتی آب مجازی ناشی از صادرات گوجه فرنگی طی دوره آماری ۱۵ ساله محاسبه و روند تغییرات آن نسبت به تغییر اقلیم مشخص گردد.

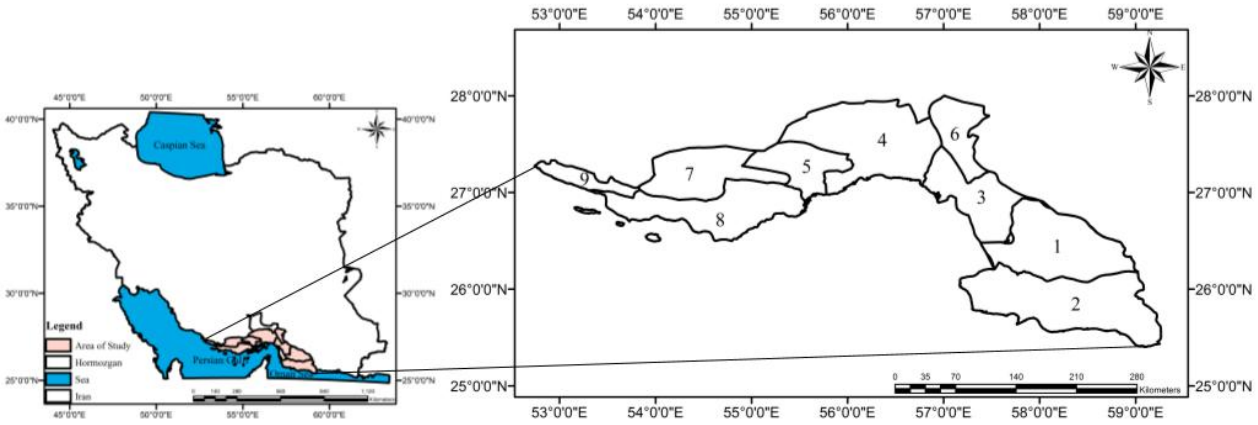
مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

استان هرمزگان در نوار ساحلی جنوبی ایران و بین مختصات جغرافیایی ۲۵ درجه و ۲۴ دقیقه تا ۲۸ درجه و ۵۷ دقیقه عرض شمالی و ۵۳ درجه و ۴۱ دقیقه تا ۵۹ درجه و ۱۵ دقیقه طول شرقی از نصف النهار گرینویچ واقع شده است. از نظر طبقه‌بندی اقلیمی دومارتن توسعه یافته دارای اقلیم فراخشک فراگرم بوده (۲۳) به‌طوری‌که میزان متوسط بارندگی سالانه استان ۱۷۶ میلی‌متر و متوسط درجه حرارت ۲۷ درجه سانتی‌گراد است. به‌ترتیب گرم‌ترین و سردترین شهرستان‌ها بشاگرد و بندر خمیر با متوسط ۲۹/۴ و ۲۶/۶ درجه سانتی‌گراد طی دوره مورد مطالعه بوده است.

داده‌ها

گوجه‌فرنگی در استان هرمزگان در شهرستان‌های بستک، بشاگرد، بندر عباس، بندر لنگه، پارسیان، جاسک، خمیر، رودان و میناب تولید می‌شود. موقعیت جغرافیایی (شکل ۱) و متوسط بارش و دمای این شهرستان‌ها طی دوره مشترک آماری ۱۳۸۱–۱۳۹۵ (جدول ۱) در ادامه نشان داده شده است. اطلاعات مربوط به سطح زیر کشت، میزان تولید، عملکرد در واحد سطح، راندمان آبیاری مناطق مورد مطالعه از اداره کل جهاد کشاورزی استان هرمزگان طی دوره‌ی آماری ۱۳۹۵– ۱۳۸۱ گردآوری شد. همچنین داده‌های اقلیمی شامل حداقل و حداکثر دما، ساعات آفتابی، رطوبت نسبی، سرعت باد و بارش طی دوره‌ی آماری مشترک ۱۳۸۱–۱۳۹۵ از سازمان هواشناسی استان هرمزگان تهیه گردید. همچنین محدوده شاخص خشکی دومارتن در منطقه از ۲/۹ تا ۵/۸ در نوسان بوده که در دسته اقلیم خشک قرار می‌گیرند.



شکل ۱- موقعیت شهرستان‌های تولید کننده گوجه‌فرنگی در سطح استان هرمزگان

Figure 1- The major tomato-producing counties at Hormozgan Province level

جدول ۱- ویژگی‌های آب و هوایی منطقه‌ی مورد مطالعه

Table 1- The 15-year average climate factors at the counties and province level

بخش Region	شهرستان City	کد Code	دمای حداقل Minimum temperature (°C)	دمای حداکثر Maximum temperature(°C)	بارش سالانه Average Annual Precipitation (mm)	سرعت باد Wind speed (m/s)	ساعات آفتابی Sunshine Hours	رطوبت نسبی Relative humidity (%)	شاخص خشکی دومارتن De Martonne
شرقی East	بشاگرد Bashagard	1	11.21	36.91	213.8	2.2	9	35.1	5.8
	جاسک Jask	2	20.84	33.46	110	4.6	8.7	70.5	2.9
مرکزی Center	میناب Minab	3	15.62	38.17	196	1.4	9.4	51.2	5.09
	بندرعباس Bandar Abbas	4	17.22	36.62	163	3.5	8.5	63.4	4.33
	خمیر Khamir	5	20.12	38.18	163	2.6	9.1	52.2	4.1
	رودان Roudan	6	19.02	39.15	207	2.9	9.4	38.7	5.4
غربی West	بستک Bastak	7	13.8	38.7	164	1.2	8.8	39.8	4.3
	بندر لنگه Bandar Lengeh	8	15.72	38.29	121	3.6	9	61.1	3.2
	پارسیان Parsian	9	16.58	39.46	155	2.1	8.7	45.2	4
استان (میانگین وزنی) Province (weighted average)		-	17.35	38.07	175.88	2.51	8.98	51.9	4.57

روش انجام تحقیق

محاسبه ردپای آب

در این مطالعه، اجزا مختلف ردپای آب در تولید گوجه‌فرنگی در سطح کشور ایران با به‌کارگیری چارچوب (۱ و ۱۴) و با اعمال تغییراتی بر این روابط، طی دوره آماری ۱۳۸۱ تا ۱۳۹۵ برآورد می‌گردد. در نرم افزار کراپ‌وات (۲) معادله فائو- پنمن- مونتیث به عنوان روش استاندارد به منظور محاسبه نیاز آبی گوجه‌فرنگی، در نظر گرفته شد (رابطه ۱). نیاز آبی[1] هر گیاه مجموع میزان تبخیر سطحی و تعرق از گیاه است که پارامترهای اقلیم، زمان تولید، روش آبیاری و نوع گیاه از مهم‌ترین پارامترهای مؤثر بر آن هستند.

در روابط زیر ،WF_{Green}ردپای آب سبز،WF_{Blue} ردپای آب آبی است. همچنین P_e مجموع بارندگی موثر (با استفاده از روش USDA) (۶) در طول دوره رشد گیاه به میلی‌متر، ET_c تبخیر و تعرق هر گیاه به میلی‌متر، Y عملکرد هر محصول به تن در هکتار و عدد ۱۰ فاکتور تبدیل واحد از میلی‌متر به متر مکعب در هکتار می‌باشد (۶).

$$WF_{Green} = \frac{CWU_{Green}}{Y} = ۱۰ \times \frac{ET_{Green}}{Y} \quad (۱)$$

$$WF_{Blue} = \frac{CWU_{Blue}}{Y} = ۱۰ \times \frac{ET_{Blue}}{Y} \quad (۲)$$

تبخیر و تعرق آب آبی و آب سبز در طی دوره رشد محصول با استفاده از مدل کراپ‌وات محاسبه گردید (۱) و مقدار تبخیر و تعرق آب سبز و آبی از رابطه ۳ و ۴ محاسبه گردید. هچنین میزان بارش موثر طی فصل رشد هر گیاه در منطقه مورد نظر با استفاده از مدل کراپ وات بر اساس میزان بارش در دوره رشد محاسبه گردید.

$$ET_{Green} = \min(ET_c, P_e) \quad (۳)$$

$$ET_{Blue} = \max(۰, ET_c - P_e) \quad (۴)$$

مقدار تبخیر و تعرق گیاه (ET_c) با استفاده از مدل کراپ‌وات براساس روش فائو- پنمن- مونتیث محاسبه گردید (۴). تبخیر و تعرق گیاهی از رابطه ۵ و تبخیر و تعرق مرجع از رابطه ۶ محاسبه گردید (۸).

$$ET_c = K_c ET_o \quad (۵)$$

$$ET_o = \frac{۰/۴۰۸\Delta(R_n - G) + \gamma \frac{۹۰۰}{T + ۲۷۳} U_۲ (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(۱ + ۰/۳۴ U_۲)} \quad (۶)$$

WF_{White} ردپای آب سفید و بر حسب متر مکعب در هر کیلوگرم می‌باشد (۱).

$$WF_{White} = \max(۰, \frac{۱۰ \times (GI - IR)}{Y}) \quad (۷)$$

تجارت آب مجازی و ارزش آن

از آنجائی که میزان تولید بیش از نیاز استان است، و اغلب شهرستان‌ها مبادرت به کشت آن دارند، لذا بخش زیادی از تولید مازاد بر نیاز صادر می‌شود، لذا میزان حجم آب مجازی در بخش صادرات با استفاده از روابط ۸ محاسبه گردید.

$$VWE_{i,j} = WFV_{i,x,j} \times E_{i,j} \quad (۸)$$

که $VWE_{i,j}$ صادرات سالانه محصول گوجه‌فرنگی برای شهرستان i در سال j ($m^۳ y^{-۱}$)، $E_{i,j}$ مقدار صادرات سالانه آب مجازی محصول i در سال jام است.

کل صادرات آب مجازی برای استان از رابطه ۹ محاسبه شد.

$$TVWE_j = \sum_{i=۱}^{n} (VWE_{i,j}) \quad (۹)$$

که $TVWE_j$ کل صادرات آب مجازی در سال j ($m^۳ y^{-۱}$) و شهرستان i است.

برای به‌دست آوردن ارزش ردپای آب مجازی گوجه‌فرنگی صادراتی، از مفاهیم ردپای اقتصادی استفاده گردید که با استفاده از روابط ۱۰ و ۱۱ محاسبه گردید: در این روابط $WF_{E(Green)}$ردپای اقتصادی آب سبز،$WF_{E(Blue)}$ ردپای قتصادی آب آبی بر حسب متر مکعب بر میلیون ریال و NB سود خالص بر حسب میلیون ریال بر تن است (۲۷).

$$WF_{E(Green)} = \frac{WF_{Green}}{NB} \quad (۱۰)$$

$$WF_{E(Blue)} = \frac{WF_{Blue}}{NB} \quad (۱۱)$$

جهت بررسی روند ردپای آب و مولفه‌های اقلیمی موثر بر آن، از آزمون من- کندال (من، ۱۹۴۹ و کندال ، ۱۹۴۸) استفاده گردید.

نتایج

سطح زیرکشت، تولید، عملکرد و نیاز آبی گوجه‌فرنگی به تفکیک شهرستان

مقادیر متوسط تولید، عملکرد و سطح زیر کشت گوجه‌فرنگی به تفکیک هر شهرستان طی دوره‌ی آماری مورد مطالعه در جدول ۲ و شکل ۳ ارائه شده است. در واقع ۱۰۰درصد مزارع گوجه‌فرنگی در استان آبیاری می‌شود. بر اساس نتایج به‌دست آمده، متوسط تولید سالانه گوجه‌فرنگی در استان ۳۷۰۵۳۵ تن در سال طی دوره آماری

1- Crop Water Requirement (CWR)

مورد مطالعه است. بیش‌ترین عملکرد گوجه‌فرنگی در استان مربوط به بخش غربی استان و شهرستان پارسیان (۶۴/۸ تن در هکتار در سال) و کم‌ترین عملکرد مربوط به بخش شرقی استان و شهرستان بشاگرد (۲۰/۵ تن در هکتار در سال) است. این در حالی‌است که ۸۴/۴ درصد از سهم تولید گوجه‌فرنگی مربوط به بخش مرکزی و شهرستان‌های میناب، بندرعباس و خمیر به‌ترتیب اولین تا سومین تولیدکننده‌های محصول فوق هستند.

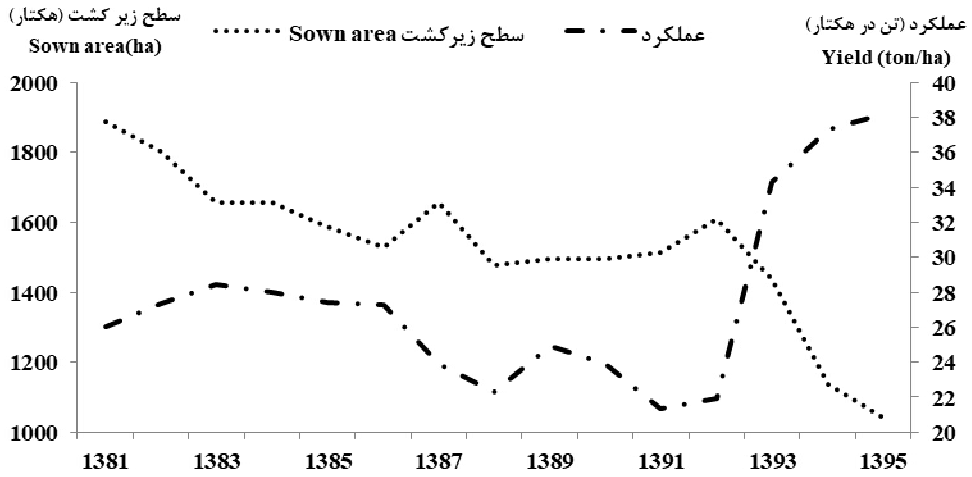
شکل ۲ تغییرات عملکرد و سطح زیرکشت را طی دوره آماری در سطح استان نشان می‌دهد. طی دورهٔ آماری مورد مطالعه، عملکرد تا سال ۱۳۹۲ تغییر محسوسی نداشته، و از سال ۱۳۹۲ به بعد شاهد افزایش عملکرد در واحد سطح بوده اما روند سطح زیرکشت رو به کاهش است و شیب آن نیز معنی‌دار است. علت افزایش عملکرد و کاهش سطح زیرکشت، جایگزین شدن کشت داربستی (کشت متراکم) به‌جای کشت سنتی (محصولات جالیزی خارج از فصل) در این استان می‌باشد که ضمن صرفه‌جویی در نهاده‌ها، افزایش چند برابری محصول در واحد سطح را نیز در پی داشته است (۱۷).

برمبنای متوسط میزان نیاز آبی (شکل ۴- الف)، بیش‌ترین و کم‌ترین نیاز آبی مربوط به شهرستان‌های جاسک و بستک در شرق و غرب استان هرمزگان است و با در نظر گرفتن راندمان ۶۵ درصد براساس گزارش جهاد کشاورزی استان هرمزگان (۱۷) بخش زیادی از استان، نیاز آبی به‌طور متوسط ۴۰۰۰ و متوسط نیاز آبیاری ۴۵۰۰ مترمکعب در هر هکتار برآورد گردید. مقدار فوق نسبت به سایر استان‌های تولید کننده گوجه‌فرنگی تقریبا دو برابر است (۱۷) لذا با توجه به کمبود منابع آب در استان هرمزگان و اقلیم خشک آن تولید محصول در این استان قابل تامل است. اما از آنجائی‌که محصول فوق خارج از فصل تولید می‌شود، از خارج شدن ارز در کشور در فصولی که سایر استان‌ها تولید ندارند، بسیار با اهمیت جلوه نموده است.

جدول ۲- داده‌های تولید گوجه‌فرنگی در شهرستان‌های اصلی تولید کننده

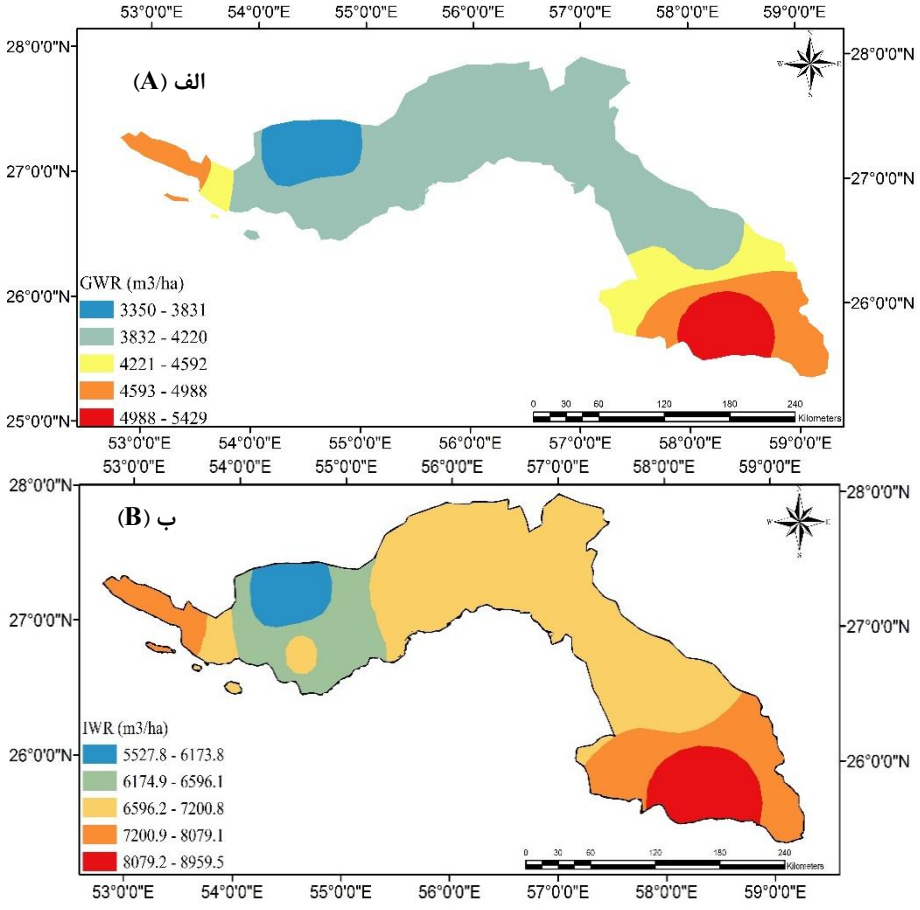
Table 2- Tomato production data at the counties level

بخش Region	شهرستان Count	سطح زیر کشت (هکتار) Sown area (ha)	تولید (تن) Production (ton)	درصد سهم Share (%)	عملکرد (تن درهکتار) Yield (ton/ha)	مصرف کود (کیلوگرم در هکتار) N Fertilizer (kg/ha)
شرقی East	بشاگرد Bashagard	11	208	%0.1	20.5	360
	جاسک Jask	52	1197.1	%0.3	25.3	336
مرکزی Center	میناب Minab	3537	91879	%24.8	26.8	360
	بندرعباس Bandar Abbas	4041	96365.5	%26	27.6	350
	خمیر Khamir	2084	62396.4	%16.8	25.6	360
	رودان Roudan	1689	54929.3	%14.8	35.9	360
غربی West	بستک Bastak	285	7424.1	%0.2	26.8	358
	بندر لنگه Bandar Lengeh	137	2979.2	%0.8	26.6	350
	پارسیان Parsian	1651	53156.8	%14.3	64.8	360
Province	استان	13487	370335	%100	31.1	354.9



شکل ۲- تغییرات سطح زیرکشت و عملکرد گوجه‌فرنگی در استان هرمزگان طی دوره آماری مورد مطالعه

Figure 2- The spatial variation of yield and sown area at the province level



شکل ۳- تغییرات نیاز آبی (الف) و نیاز آبیاری (ب) در استان هرمزگان طی دوره آماری مورد مطالعه

Figure 3- The spatial variation of CWR (A) and IWR (B) at the province level

برآورد اجزاء ردپای آب در گوجه‌فرنگی در استان هرمزگان

متوسط اجزاء ردپای آب در محصول گوجه‌فرنگی و درصد سهم هر یک از ردپاها در جدول ۳ و شکل ۵ خلاصه شده است. به‌دلیل بالا بودن سهم ردپای سفید نسبت به خاکستری در تولید محصول

آبی، رقیق سازی کود به‌وسیله آب سفید صورت گرفته، لذا در این محاسبات آب خاکستری لحاظ نشده است (۲۷). براساس نتایج به‌دست آمده، ردپای آب سبز در محدوده‌ی ۰/۲– ۰/۰۳ و میانگین وزنی در سطح استان ۰/۰۵ مترمکعب در هر کیلوگرم بوده است. بالاترین سهم ردپای آب سبز مربوط به بخش شرقی استان و شهرستان بشاگرد (۰/۲ مترمکعب بر کیلوگرم) و سایر بخش‌ها نیز رقم مشابهی را نشان می‌دهد. استان هرمزگان به‌واسطه ناکافی بودن میزان بارش، امکان توسعه کشت دیم میسر نبوده و تنها در بشاگرد با میزان بارندگی ۲۱۳ میلی‌متر، توسعه کشت دیم امکان‌پذیر است. به گزارش سازمان جهاد کشاورزی استان هرمزگان (۱۷) قبل از توسعه آبیاری مکانیزه در این منطقه بسیاری از محصولات به‌صورت دیم کشت می‌شدند. در مجموع متوسط سهم ردپای آب سبز در تولید گوجه‌فرنگی تنها ۵/۲درصد است. بدین معنی که تنها ۵/۲درصد از نیاز آبی گوجه‌فرنگی از نزولات جوی تامین می‌گردد، که سهم بسیار ناچیزی است، لذا با توجه به غالب بودن بارش پاییزه و عمدتا زمستانه در این استان، با تغییر ژنوتیپ گیاهی و استفاده از واریته‌های مقاوم به کم آبی، امکان کشت دیم وجود خواهد داشت.

میزان ردپای آب آبی در تولید گوجه‌فرنگی در سطح استان ۰/۲۲ مترمکعب بر کیلوگرم بوده که بخش مرکزی دارای کمترین میانگین ردپا (۰/۱۴ مترمکعب بر کیلوگرم) و بخش شرقی دارای بیش‌ترین ردپای آب آبی است (۰/۲۳ مترمکعب بر کیلوگرم). به‌ترتیب کم‌ترین و بیش‌ترین ردپای آب آبی مربوط به شهرستان‌های بستک و جاسک (۰/۱۲ و ۰/۲۸ مترمکعب بر کیلوگرم) است. سهم ردپای آب آبی در تولید گوجه‌فرنگی در سطح استان ۱۸درصد است که ۳/۴ برابر سهم آب سبز است. نتایج نشان می‌دهد، بیش از ۳ برابر آبی که توسط بارش برای رشد گوجه‌فرنگی تامین می‌شود، بایستی توسط آبیاری تامین گردد، لذا برنامه‌ریزی جهت کاهش نیاز آبی با روش کوتاه نمودن دوره گلدهی با هدف جلوگیری از ورود به دوره خشکی و جابجایی تاریخ گلدهی و رشد از طریق استفاده از هورمون‌های رشد گیاهی مرسوم و یا استفاده از ارقام خاص که دارای چنین ویژگی هستند (۲۴)، می‌تواند موثر واقع گردد.

ردپای آب سفید یا تلفات آب آبیاری در بخش کشاورزی، بیش‌ترین سهم را در تولید گوجه‌فرنگی (۷۷ درصد) دارد. از این نقطه‌نظر بخش شرقی استان دارای بالاترین سهم ردپای آب سفید در تولید گوجه‌فرنگی است. شهرستان جاسک با ۱/۲۲ مترمکعب بر کیلوگرم دارای بیش‌ترین ردپای آب سفید و در مقابل بخش غربی استان و شهرستان بستک دارای کم‌ترین میزان ردپای آب سفید (۰/۵ مترمکعب بر کیلوگرم) در تولید گوجه‌فرنگی است. بیش از ۳۴ دشت استان از جمله دشت میناب، کهورستان و هشت‌بندی با فرونشست جدی روبرو است (۱۵) از سوی دیگر مدیریت نامناسب آبیاری، تعداد آبیاری و حجم آبیاری بیش از نیاز گیاه و تاریخ و زمان نامناسب آبیاری سبب کاهش عملکرد گوجه‌فرنگی (کاهش بهره‌وری و افزایش ردپای آب) در بخش‌های شرقی و غربی استان شده است (۱۷)، که لزوم افزایش راندمان آبیاری به کمک روش‌های نوین و بهبود مدیریت آبیاری به ویژه با انتخاب تاریخ مناسب آبیاری در این مناطق جهت افزایش بهره‌وری آب و عملکرد آن ضروری به‌نظر می‌رسد.

با توجه به نتایج بدست آمده، بیش‌ترین ردپای آب در گوجه‌فرنگی ۱/۳۳ مترمکعب بر کیلوگرم مربوط به بخش شرقی و (شهرستان جاسک و بشاگرد) و کم‌ترین ردپای کل مربوط به بخش مرکزی، و متوسط وزنی ردپای کل در استان ۰/۹۳۶ مترمکعب برکیلوگرم است که سهم آب سبز، آبی و سفید به‌ترتیب ۵، ۱۸ و ۷۷ درصد است. نتایج رمضانی اعتدالی و همکاران (۲۴) در دشت قزوین و منتصری و همکاران (۱۹) در غرب ایران، میزان ردپای آب را به‌ترتیب ۰/۴۲ و ۰/۱۸۷ و میزان متوسط ردپای آب در ایران توسط عربی یزدی و همکاران (۴) و محمدی کانی گلزار و همکاران (۱۸) ۰/۱۴ مترمکعب در کیلوگرم محاسبه گردید. بدین معنی که حجم ردپای آب مجازی در استان هرمزگان نسبت به سایر استان‌ها تقریبا دو برابر بوده که درصد زیادی از آن را هدررفت آب در بخش کشاورزی (آب سفید) به خود اختصاص داده است. این استان در اقلیم خشک با میزان بارش کم (سهم پائین آب سبز) و به تبع آن نیاز آبی بالا مواجه بوده و از طرفی بخش زیادی از دشت‌های استان دارای افت جدی و شدید آب زیرزمینی است، که لزوم افزایش افزایش بهره‌وری آب و راندمان آبیاری ضروری به‌نظر می‌رسد.

تجارت آب مجازی و ارزش آب صادرشده

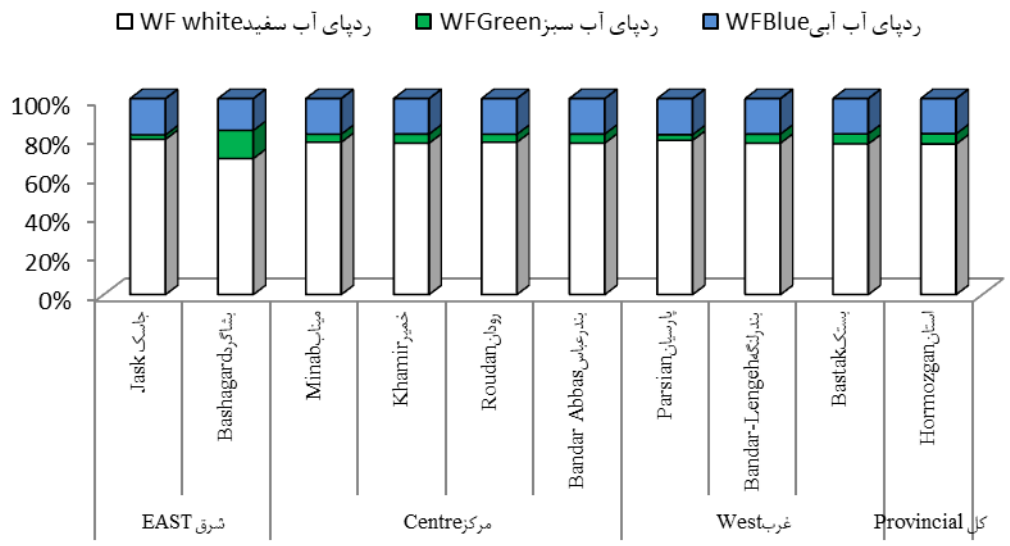
ارزش آب مجازی محصولات کشاورزی به این معنی است که هر متر مکعب آب که در تولید هر محصول به مصرف رسیده است، معادل چه ارزش ریالی است. حجم و ارزش ردپای آب مجازی گوجه‌فرنگی صادراتی شهرستان‌ها به تفکیک و استان هرمزگان طی سال‌های ۱۳۸۱ تا ۱۳۹۵ در شکل ۵ ارائه شده است. بر این اساس، به‌طور میانگین با در نظر گرفتن راندمان آبیاری ۶۵ درصد با استناد به آمار سازمان جهاد کشاورزی استان هرمزگان (۱۷)، حجم ردپای صادرات آب مجازی در استان طی این دوره به‌طور متوسط ۱۰/۸ میلیون متر مکعب با ارزش ۲۸ میلیون ریال می‌باشد، که شهرستان بندرعباس و بشاگرد به‌ترتیب با دارا بودن ۲۶و ۲ درصد از سطح زیرکشت استان بیش‌ترین و کم‌ترین حجم آب مجازی را به خود اختصاص داده‌اند. که با حذف صادرات و یا به‌عبارتی تولید در سطح تامین نیاز داخلی در استان، به میزان ۱۰/۸ میلیون مترمکعب سالانه آب در استان ذخیره و یا می‌تواند صرف محصولات با ارزش‌تر گردد. با توجه به نتایج بدست آمده، بیش‌ترین تجارت آب مجازی در استان در سال ۱۳۸۱ بوده که دارای ارزش اقتصادی کمتری نسبت به سایر

سال‌هاست، بالاترین میزان سطح زیرکشت و کم‌ترین قیمت در بازار به این سال تعلق دارد. به‌دلیل تفاوت در میزان عملکرد و تغییر سالانه متغیرهای اقلیمی، میزان ردپای آب و به تبع آن آب مجازی، صادرات آب مجازی و ارزش آن متفاوت خواهد بود. هر قدر میزان تجارت آب مجازی سالانه بیشتر باشد، نشان می‌دهد، استان در تولید محصول فوق دارای خودکفایی آب مجازی بوده و مازاد بر نیاز داخلی را صادر نموده است. نتایج دهقان‌پیر (۷) در مقیاس حوزه‌ای در استان هرمزگان نیز مؤید این مطلب است که استان هرمزگان علی‌رغم مشکلات وسیع کم‌آبی، همه ساله به‌عنوان صادرکننده آب مجازی است.

جدول ۳- متوسط اجزاء ردپای آب در گوجه‌فرنگی در شهرستان‌های استان هرمزگان طی دوره آماری مورد مطالعه

Table 3- Water footprint components of Tomato production for the main producing counties

بخش Region	شهرستان County	اجزاء ردپای آب Water footprint components(m^3/kg) ردپای آب سبز WF_{Green}	ردپای آب آبی WF_{Blue}	ردپای آب سفید WF_{White}	ردپای کل TWF	متوسط ردپای کل TWWF
شرق East	بشاگرد Bashagard	0.2	0.19	0.81	1.2	1.33
	جاسک Jask	0.03	0.28	1.22	1.54	
مرکز Center	میناب Minab	0.04	0.15	0.68	0.87	0.62
	بندرعباس Bandar Abbas	0.04	0.16	0.66	0.86	
	خمیر Khamir	0.03	0.15	0.65	0.76	
	رودان Roudan	0.04	0.14	0.59	0.83	
غرب West	بستک Bastak	0.03	0.12	0.5	0.66	1
	بندر لنگه Bandar Lengeh	0.05	0.15	0.8	1.04	
	پارسیان Parsian	0.03	0.19	0.82	1.04	
کل Total	میانگین Average	0.03	0.22	0.71	-	0.936
	حداکثر Maximum	0.2	0.28	1.22	-	
	حداقل Minimum	0.03	0.12	0.5	-	



شکل ٤- نسبت سهم هریک از اجزاء ردپای آب در تولید گوجه در شهرستان‌های اصلی تولیدکننده گوجه در استان هرمزگان

Figure 4- Shares of Tomato water footprint components at the counties level in Hormozgan.

مطالعات طی دوره مورد مطالعه با افزایش جمعیت نرخ صادرات حجم آب مجازی حاصل از گوجه‌فرنگی کاهش شایانی را نشان می‌دهد، (نرخ کاهش صادرات آب مجازی ۰/۶ میلیون مترمکعب در سال) بدین‌معنی که بخش زیادی از تولیدات استان، نیاز داخل استان را تامین نموده است. پائین بودن قیمت گوجه نسبت به هزینه تولید، نبود بازار مناسب جهت فروش، عدم وجود صنایع تولیدی در استان جهت فرآوری گوجه‌فرنگی و افت شدید سطح آب زیرزمینی در دشت‌های استان سبب عدم وجود انگیزه در کشاورزان، از جمله دلایل کاهش سطح زیرکشت در استان است (۱۷). از طرفی از سال ۱۳۹۰ تاکنون به‌دلیل خشکسالی‌های پیاپی و افت شدید سطح آب زیرزمینی، از جمله اهداف عمده و مهم جهاد کشاورزی استان، تغییر الگوی کشت در جهت افزایش نرخ بهره‌وری آب است.

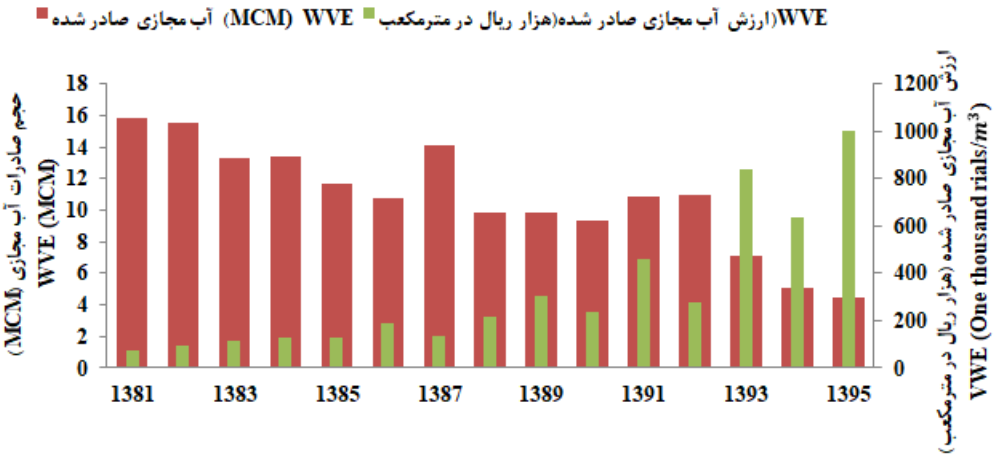
بررسی ارزش آب مجازی صادراتی، نشان می‌دهد طی دوره مورد مطالعه، به ازای هر تن گوجه‌فرنگی تولیدی در استان به‌طور متوسط ۱۹۰ مترمکعب آب صادر شده که ارزش آن ۵۱۰ هزار ریال است، به عبارتی ارزش هر مترمکعب آب صادر شده حاصل از محصول گوجه‌فرنگی، ۲/۶۸ هزار ریال است. مطالعه شکوهی و همکاران (۲۷) ارزش آب مجازی گوجه‌فرنگی در استان قزوین را ۴/۵ هزار ریال در مترمکعب برآورد نمودند. بدین‌منظور که ارزش آب مجازی صادر شده حاصل از گوجه فرنگی نسبت به سایر مناطق تقریبا نصف است. به‌دلیل پائین بودن میزان آب سبز و بالا بودن تبخیر و تعرق و نیاز آبی این محصول در هرمزگان و صرف آب بیشتر به ازای هر کیلوگرم محصول، ارزش آب مجازی صادر شده به مراتب پائین‌تر از سایر نقاط با شرایط آب و هوایی متفاوت است. مبادله آگاهانه آب مجازی براساس ارزش اقتصادی آن در دیدگاه آب مجازی به این معنی است که با واردات هرمحصول با حجم مصرفی آب مجازی کمتر و ارزش بیشتر به منطقه، آب مصرفی برای تولید آن محصول در منطقه ذخیره شده و سبب حفظ منابع آبی می‌گردد و مقدار ذخیره شده می‌تواند در بخش دیگری برای تولید محصولات با ارزش‌تری بکار رود.

شکل ۶ تغییرات ارزش آب مجازی مبادلاتی در شهرستان‌های استان هرمزگان را نشان می‌دهد، طبق نتایج بدست آمده، بیش‌ترین ارزش آب مجازی مربوط شهرستان بستک با میزان ۱۹/۹ هزار ریال در مترمکعب در بخش غربی استان و در درجه بعدی مربوط به شهرستان‌های رودان (۱۸/۳)، خمیر (۱۷/۷)، بندرعباس (۱۶) و میناب (۱۵/۸) در بخش مرکزی است. شهرستان بستک با دارا بودن حداقل میزان نیاز آبی و عملکرد بالا باالتبع داری کمترین ردپا و ارزش بالای ریالی است.

بررسی روند تغییرات ردپای آب و ارتباط آن با متغیرهای اقلیمی

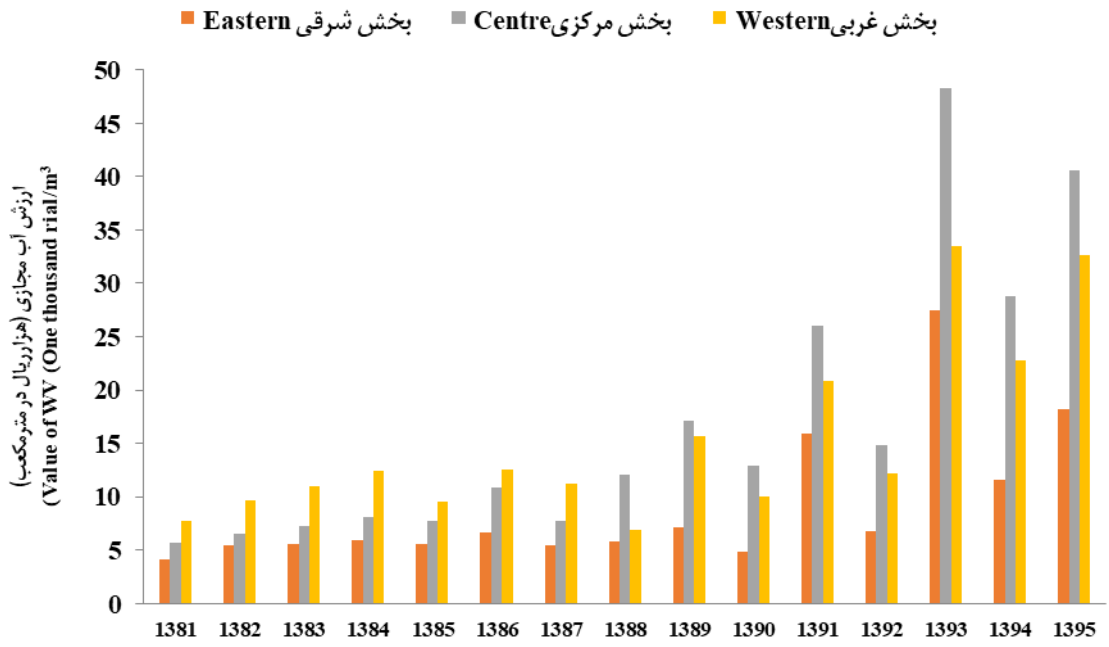
جهت بررسی روند تغییرات اجزای ردپای آب، میزان ردپا در هر شهرستان محاسبه و براساس میانگین وزنی تولید، مقدار هر یک در بخش‌های سه‌گانه و کل استان محاسبه و در شکل ۶ نمایش داده شد. همچنین، روند مقادیر فوق و متغیرهای اقلیمی موثر بر ردپای آب با استفاده از آزمون تحلیل روند من- کندال مورد بررسی قرار گرفت.

روند تغییرات ردپای آب طی دوره مورد مطالعه، نشان می‌دهد، از سال ۱۳۹۰ به بعد، شیب ردپای آب دارای کاهش محسوسی است، طی سال‌های فوق عملکرد، افزایش قابل ملاحظه‌ای نشان می‌دهد.



شکل ۵- ارزش و حجم آب مجازی صادر شده گوجه فرنگی از استان هرمزگان

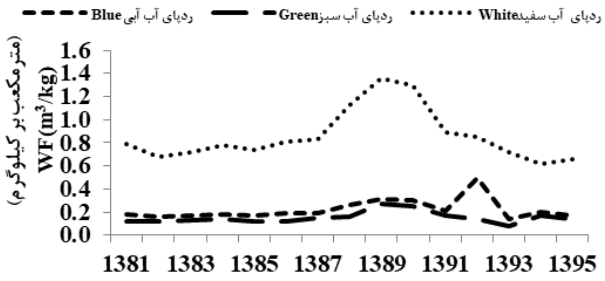
Figure 5- Value and volume of virtual water exported tomatoes at the Hormozgan province



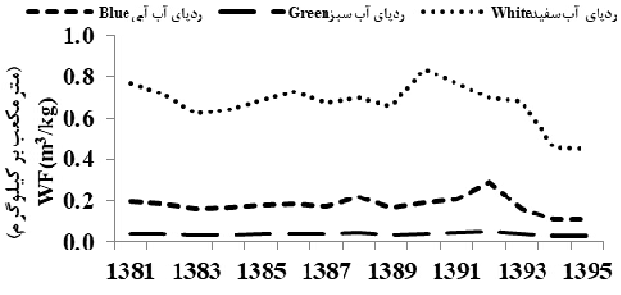
شکل ٦- ارزش آب مجازی به تفکیک بخش طی دوره آماری مورد مطالعه

Figure 6- Value of virtual water at the counties level over the 2002 - 2016

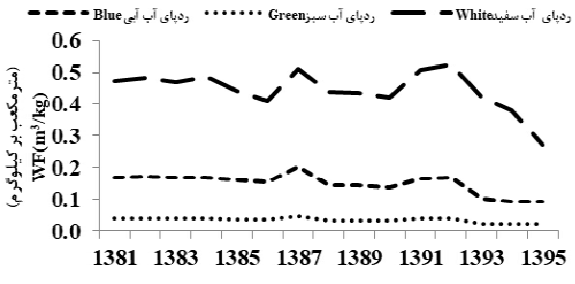
ب) بخش غربی Westernal Part



الف) بخش شرقی Easternal Part



د) کل استان Total



ج) بخش مرکزی Central Part

شکل ۷- روند تغییرات اجزای ردپای آب در محصول گوجه‌فرنگی طی دوره آماری ۱۳۹۵- ۱۳۸۱

Figure 7- The Trend of water footprint components of Tomato production over the 2002 - 2016

روند بررسی فاکتورهای اقلیمی نشان‌دهنده وجود روند ساعات آفتابی طی دوره آمار مورد مطالعه در تمام سطح استان دارای روند کاهشی است (جدول ۳).

روند بررسی اجزاء ردپای آب در محصول گوجه‌فرنگی نشان می‌دهد (جدول۴)، در بخش‌های شرقی و غربی روند خاصی مشاهده نمی‌شود، اما در بخش مرکزی استان؛ در شهرستان‌های بندرعباس، رودان، میناب، خمیر و بستک روند ردپای آب مجازی رو به کاهش بوده و به لحاظ آماری نیز معنی‌دار است. در بررسی ارتباط بین عوامل اقلیمی و غیراقلیمی موثر بر ردپای آب می‌توان خاطر نشان نمود، علاوه بر عوامل اقلیمی، عملکرد و نیاز آبی محصول نقش مهمی در کاهش ردپای آب دارد (۲۸) که عملکرد در بخش مرکزی افزایش چشمگیری داشته و نیاز آبی روند خاصی را نشان نمی‌دهد. لذا می‌توان کاهش ردپای آب در بخش مرکزی را به افزایش عملکرد در واحد سطح نسبت داد. به گزارش جهاد کشاورزی استان هرمزگان (۱۷) از مهم‌ترین دلایل افزایش عملکرد گوجه‌فرنگی در استان، توسعه کشت داربستی به‌جای کشت سنتی و استفاده از آبیاری تحت فشار در اغلب شهرستان‌هاست.

جدول ٤-روند فاکتورهای اقلیمی با استفاده از آزمون من- کندال در دوره آماری ۱۳۹۵- ۱۳۸۱

Table 4- The Trend of climate factors using Mann- Kendal Test over the 2002 - 2016

	خصوصیات آماری	متوسط حداکثر دما (درجه سانتی‌گراد) Maximum temperature (°C)	متوسط حداقل دما (درجه سانتی‌گراد) Minimum temperature (°C)	سرعت باد Wind speed (m/s)	رطوبت نسبی (درصد) Relative humidity (%)	بارش (میلی‌متر) Precipitation (mm)	ساعات آفتابی Sun shine hours (hr)
شرق East	Average	35.2	16.25	4.59	70.49	95.03	8.71
	CV	0.31	0.34	0.45	1.68	69.5	0.52
	Z value	3.33***	3.2***	1.29	0.00	1.48	-2.18**
مرکز Center	Average	44.95	17.92	3.23	54.88	131.17	9.07
	CV	0.51	0.35	0.31	3.09	66.84	0.31
	Z value	2.21**	3.2***	-0.78	-1.18	1.19	-2.82**
غرب West	Average	38.81	15.36	2.28	49.31	79.75	8.88
	CV	0.38	0.42	0.14	1.94	53.07	0.36
	Z value	2.59**	2.11**	-1.29	-0.99	0.00	-2.65***

*** ، ** و *** به ترتیب معنی‌داری در سطح اعتماد ۹۰، ۹۵ و ۹۹درصد**

جدول ٥- روند اجزاء ردپای آب با استفاده از آزمون من- کندال در دوره آماری ۱۳۹۵- ۱۳۸۱

Table 5- The trend of water footprint components using Mann- Kendal Test over the 2002 - 2016

		ردپای آب WF (m^3/kg)							
		آبی Blue	سبز Green	سفید White	کل Total	عملکرد Yield (ton/ha)	نیاز آبی IWR(m^3/ha)	آبی Blue	سبز Green
شرق East	Average	0.21	0.08	0.90	1.19	24.63	5430	0.21	0.08
	CV	0.08	0.02	0.34	0.43	0.4	0.17	0.08	0.02
	Z value	0.40	0.79	0.40	0.49	-0.09	0.33	0.40	0.79
مرکز Center	Average	0.15	0.04	0.63	0.82	29.68	4035	0.15	0.04
	CV	0.03	0.01	0.14	0.18	0.27	0.04	0.03	0.01
	Z value	-3.66***	-3.56***	-3.66***	-3.66***	3.85***	0.66	-3.66***	-3.56***
غرب West	Average	0.17	0.04	0.71	0.91	28.61	4083	0.17	0.04
	CV	0.04	0.01	0.17	0.22	0.23	0.11	0.04	0.01
	Z value	0.30	0.69	0.30	0.30	-0.98	0.11	0.30	0.69
کل Total	Average	0.15	0.036	0.66	0.19	27.5	4204	0.15	0.036
	CV	0.03	0.007	0.13	0.04	0.19	0.14	0.03	0.007
	Z value	-3.16***	-3.26***	-3.16***	-3.16***	1.89*	1.1	-3.16***	-3.26***

از آنجایی‌که ۸۴/۴ درصد از تولید گوجه‌فرنگی مربوط به بخش مرکزی است، لذا نتایج تحلیل روند ردپای کل نیز تبعیت زیادی از نتایج بخش مرکزی داشته و روند ردپای استان نیز نزولی است. نتایج سان و همکاران (۲۸) در بررسی ارتباط ردپای آب با عوامل اقلیمی

نشان داد، نقش عوامل اقلیمی مانند عملکرد، نهاده‌های کشاورزی و مدیریت الگوی کشت نقش موثری در تغییرات ردپای آب دارد. بدین مفهوم که آب مجازی یک محصول تا حد زیادی توسط مدیریت کشاورزی تعیین می‌شود نه تحت تاثیر شرایط اقلیمی و آب و هوایی. با این وجود با توجه به خطرات ناشی از تغییرات اقلیم و اثرات آن بر تولیدات کشاورزی و باغی، بایستی به‌دنبال راهبردهای موثر در جهت کاهش ریسک ناشی از آن بر محصولات باشیم.

نتیجه‌گیری

استان هرمزگان رتبه اول تولید گوجه‌فرنگی خارج از فصل در کشور را داراست، و بیش از ۲۰٪ اراضی تحت کشت صیفی‌جات را به‌خود اختصاص داده است و ۹ شهرستان به کشت آن مبادرت دارند. این در حالی‌است که کمبود بارش و به تبع آن کمبود منابع آب شیرین در استان هرمزگان، قرار گرفتن استان در اقلیم خشک و همچنین تلفات زیاد آب در بخش کشاورزی موجب بحران جدی آب طی دو دهه اخیر شده است.

مفهوم ردپای آب در تولید محصولات کشاورزی به مدیریت و مکان‌یابی مناسب مصرف آب کشاورزی کمک شایانی می‌نماید. در تحقیق فوق علاوه بر آب سبز و آبی (۱۳) از مفهوم جدید ردپای آب سفید (۱) برای اولین بار برای محصول گوجه‌فرنگی در ایران و مناطق فراخشک ایران استفاده می‌شود. در واقع آب سفید میزان تلفات آب کشاورزی را لحاظ می‌نماید. میزان ردپای آب گوجه‌فرنگی در استان هرمزگان طی دوره مورد مطالعه ۰/۹۳۶ مترمکعب در کیلوگرم براورد شده که سهم آب سبز، آبی و سفید به‌ترتیب ۵، ۱۸ و ۷۷ درصد است که نشان‌دهنده بالا بودن سهم تلفات آب در تولید گوجه‌فرنگی در استان است، لذا لزوم توجه به افزایش راندمان آب در استان فراخشکی مانند هرمزگان که با مشکل جدی کمبود آب در اکثر دشت‌ها مواجه است، امری اجتناب ناپذیر است. به‌دلیل ناکافی بودن میزان بارش، سهم بارش موثر و آب سبز جهت کشت محصول فوق بسیار کم بوده و امکان کشت دیم از طریق تغییر ژنوتیپ گیاهی، تغییر تاریخ کشت و استفاده از واریته‌های مقاوم به کم‌آبی تنها در شهرستان بشاگرد امکان‌پذیر است. عموما میزان نیاز آبی به‌استثناء شهرستان جاسک، در سایر مناطق مشابهت بالایی دارد، اما سهم آب آبی، ۱۸٪ از ردپا را به‌خود اختصاص داده است، لذا برنامه‌ریزی در جهت کاهش نیاز آبی از طریق کوتاه نمودن دوره گلدهی گوجه‌فرنگی با هدف جلوگیری از ورود به دوره خشکی و جابجایی تاریخ گلدهی و رشد از جمله اقدامات مهم در جهت کاهش نیاز آبی است. متوسط حجم ردپای آب مجازی در استان بطور متوسط ۱۰/۸ میلیون مترمکعب طی دوره آماری مورد مطالعه برآورد گردید. که میزان آن از گذشته تا پایان دوره مورد مطالعه کاهش چشمگیری نشان می‌دهد، افزایش عملکرد در واحد سطح، صرف‌نظر از نیاز آبی، بطور چشمگیری سبب کاهش ردپای آب می‌شود، بالاترین وکمترین حجم آب مجازی صادراتی توسط شهرستان بندرعباس و بشاگرد تامین می‌شود. جالب توجه است، شهرستان بندرعباس و میناب بالاترین سطح زیرکشت را در بین شهرستان‌ها داراست در حالی‌که دشت‌های واقع در این دو شهرستان دارای مشکل جدی افت سطح ایستابی، فرونشست زمین و شور شدن آب‌های زیرزمینی روبرو هستند ، لذا لازم است در این زمینه برنامه‌ریزی جدی در جهت بهبود الگوی کشت، برنامه‌ریزی و مدیریت منابع آب، مدیریت آبیاری و افزایش راندمان صورت پذیرد. نتایج حاصل از بررسی ارزش آب مجازی نشان می‌دهد، با کاهش ردپای آب در محصول گوجه‌فرنگی طی دوره آماری، ارزش آب صادرشده نیز افزایش یافته است. بررسی روند تغییرات ردپا و عوامل اقلیمی و غیر اقلیمی نشان داد، روند ردپا ارتباط نزدیکی با تغییرات عملکرد دارد و می‌توان تغییرات محسوس ردپا را ناشی از تغییرات عملکرد دانست. لذا با مدیریت عوامل غیراقلیمی مانند مدیریت صحیح تولید، راندمان آبیاری، مدیریت صحیح مصرف آب در بخش کشاورزی و ... می‌توان اثر تغییرات فاکتورهای اقلیمی را کنترل نمود.

منابع

1- Ababaei B., and Ramezani Etedali H. 2017. Water footprint assessment of main cereals in Iran. Agricultural Water Management, 179: 401- 411.
2- Allan J. A. 1997. Virtual water: A long-term solution for water short Middle Eastern economies? Paper presented at the 1997 British Assoc. Festival of Sci., University of Leeds, UK.
3- Allan J. A. 2003. Virtual water eliminates water wars? A case study from the Middle East. PP. 137-145. In: A. Y. Hoekstra (Ed.), Virtual Water Trade, Proc. of the International Expert Meeting on Virtual Water Trade, Value of Water Research Report Series No. 12, IHE, Delft, The Netherlands.
4- Arabi Yazdi A., Alizadeh A., and Mohammadian F. 2009. Study on Ecological Water Footprint in Agricultural Section of Iran, Journal of Water and Soil. 23(4): 1- 15.
5- Arabi A., and Niknia N. 2010. Water footprint, an indicator of the impact of the pattern of consumption of nations. 5th National Congress of Civil Engineering, Mashhad, Ferdowsi University of Mashhad. (in Persian)
6- Chapagain A.K., Hoeksta A.Y., and Savenije H.H.G. 2006. Water saving through international trade of

agricultural products. Hydrol. Earth System Science, 10: 455-468, DOI: 10.5194/hess-10-455.
7- Dehghan Pir, Sh. 2015. A Comparative Study on Virtual Water through Problemshed Concept (Hormozgan Province), Master's thesis. (in Persian with English abstract).
8- Duan P., Qin L., Wang Y., and He H. 2015. Spatial pattern characteristics of water footprint for maize production in Northeast China. Journal of the Science of Food Agriculture 96(2): 561- 568. DOI: 10.1002/jsfa.7124.
9- FAO, 2011.Climate change, water and food security. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Land and Water Development Division, Rome.
10- Gholam Hosein Pour Jafari Nejad A., Alizadeh A., Nashat A, and Abolhasani Zeraatkar M. 2014. Iranian Journal of Irrigation & Drainage, 8(2): 325- 335. (in Persian)
11- Golkar F., Farahmand A., and Fardad H. 2008. Effect of irrigation water on yield and water use efficiency in tomato. Journal of Water Engineering, (1): 13- 19.
12- Hoekstra A.Y., Chapagain A.K., Aldaya M.M., Mekonnen M.M., 2011. The Water Footprint Assessment Manual. Earthscan, London.
13- Hoekstra A.Y., and Hung P.Q. 2002. Virtual water trade: A quantification of virtual water flows between nations in relation to international crop trade. Value if the Watre Research Report Series. No. 11, UNESCO-IHE, Delft.
14- Hoekstra A. Y., and Chapagain A. K. 2008. Globalization of water: Sharing the planets freshwater resources. Blakwell Publishing, Oxford, UK. DOI: 10.1002/9780470696224.
15- HRWA (2017) Hormozgan water resource bulletin. Hormozgan Regional Water Authority, Bandar Abbas. (in Persia).
16- IPCC. 2007. Summary for policy makers Climate change: The physical science basis. Contribution of working group I to the forth assessment report. Cambridge University Press, 881 PP.
17- Ministry of Agriculture- Jihad (MAJ). 2016, The year of agricultural production, Volume II, 125 p. (in Persian)
18- Mohammadi- Kanigolzar F., Daneshvar Aheri J., and Motee N. 2014. Virtual Water Trade as a Strategy to Water Resource Management in Iran. Journal of Water Resource and Protection, 6: 141 – 148.
19- Montaseri M., Rasouli Majd N., Behmanesh J., and Rezaie H. 2016. Evaluation of Agricultural Crops Water Footprint with Application of Climate Change in Urmia Lake basin. Journal of Water and Soil, 30(4): 1075- 1089. (in Persian with English abstract)
20- Morillo J.G., Martín M., Camacho E., Díaz J.A.R., Montesinos P. 2015. Toward precision irrigation for intensive strawberry cultivation, Agricultural Water Management, 151(1), 43-51, DOI: 10.1016/j.agwat.2014.09.021.
21- Ohmura A., Wild M., 2002. Climate change: is the hydrological cycle accelerating? Science 298: 1345-1346.
22- Omidi F., Homaee, M. 2015. Deriving crop production functions to estimate wheat virtual water and irrigation water price. Journal Management System. 5(2):131- 143. (in Persian with English abstract)
23- Rahimi J., Ebrahimpour M., and Khalili A. 2013. Spatial changes of Extended De Martonne climatic zones affected by climate change in Iran. Theoretical and Applied Climatology 112, 409-418.
24- Ramezani Etedali H., Shokoohi A., and Mojtabavi S.A. 2017. Using the Concept of Virtual Water Footprint in Main Crops Production for Crossing the water crisis in Qazvin. Journal of Water and Soil, 31(2): 422 – 433. (in Persian with English abstract)
25- Safi R., Mirlotfi S.M. 2015. Sugarcane in Khuzestan assess the situation from the perspective of virtual water. Journal of Water Resources 8: 87- 95. (in Persian with English abstract)
26- Salari S., Karandish F., and Darzi-Naftchali A. 2015. Spatial and temporal analyses of the wheat virtual water variations in Sistan and Blouchestan Province, Journal of Irrigation & Water Engineering, 5(18): 81 – 94.
27- Shokoohi A., Ramezani Etedali H., Mojtabavi, S. A. and Singh, V. P. 2016. Using Water Footprint Accounting for Optimizing Crop Patterns Respecting Sustainable Development (Case Study: Qazvin Plain), Iran – water Resources Research. 3(12): 99 – 113. (in Persian with English abstract)
28- Sun S.K.; Wu P.T.; Wang Y.B., Zhao X.N., Liu J., Zhang X.H. 2012. The temporal and spatial variability of water footprint of grain: A case study of an irrigation district in China from 1960 to 2008. J. Food Agric. Environ. 10, 1246–1251.
29- Van Oel P.R., Mekonnen M.M., and Hoekstra A.Y. 2009. The external water footprint of the Netherlands: Geographically-explicit quantification and impact assessment. Ecological Economics, 69: 82-92.
30- Yang H., Zehnder A. 2006. Virtual water: An unfolding concept in integrated water resources management. Water Resources Research 43:12.

Journal of Water and Soil
Vol. 32, No. 1, Mar.-Apr. 2018, p. 29-43

نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۲، شماره ۱، فروردین –اردیبهشت ۱۳۹۷، ص. ۴۳-۲۹

The Impacts of Climate Variability on Spatiotemporal Water Footprint of Tomato Production in The Hormozgan

O. Bazrafshan[1*]- Z. Gerkani Nezhad Moshizi[2]
Received: 04-12-2017
Accepted: 12-03-2018

Introduction: Agriculture sector, as the key consumer of fresh water resources throughout the world, is progressively more squeezed by the requirements ofother contemporary society areas and threatened by potential climatic change. Irrigation is the major part of agricultural water usage in Iran, which consumes 90% of total agricultural water use. Increasing competition for water resources use, in conjunction with climate factors change may have significant effects on water availableness for agricultural production. Climate change has already affected components of the hydrologic cycle, such as precipitation redistribution, runoff and groundwater cycling. The water footprint of a crop is the volume of freshwater both consumed during the crop production process, and it has three components consist of green water footprint (the volume of the precipitation consumed in crop production); blue water footprint (the volume of runoff or groundwater consumed in crop production); grey water footprint (the volume of freshwater that is required to assimilate the load of pollutants during the crop production process) and white water footprint (the volume of water losses during the irrigation process).

Materials and Methods: The Hormozgan is located in a hyper -arid region that is impressionable to the potential impact of climate. The data used in this research consist of climate data and agriculturaldata. The climate data (2002-2016) was taken from the Iran Islamic Republic Meteorological Organization including monthly average maximum temperature, monthly average minimum temperature, relative humidity, precipitation, wind speed and sunshine hours. The agricultural data consists of, cultivation area, crop yield and soil type weretaken from the Agricultural-Jihad Bureau of Hormozgan Province. CROPWAT model is used to estimate crop water and crop irrigation requirements using meteorological, crop and soil dates. Effective precipitation (Pe) values were calculated by USDA method and crop evapotranspiration (ETc) was calculated by FAO-Penman-Montieth method. The WFGreen (effective precipitation), WFBlue (net irrigation requirement) and WFWhite (irrigation water losses) water footprints (WF) of potato production were estimated for Hormozgan. The Mann-Kendall (M-K) trend test is used to analyze the trends and abrupt changes of the climatic factors.

Results and Discussion: The total tomato WF was estimated 0.639 m3/kg in the Hormozgan province that Jask and Bastak have maximum and minimum with 1.54 and 0.66 m3/kg, respectively. The share of green, blue and white water footprint estimated 5, 18 and 77 percent, respectively. The largest shares of water footprint were observed in Bandar- Abbas (27%). The sum of the water footprint it is 19.2 MCM, which is more than 95% of the total water footprint (70.2 MCM) in the whole province. In Bashagard a large share of water footprint is related to the blue water footprint despite having a considerable amount of seasonal precipitation. Regarding the dominance of autumn precipitation in it, changing the vegetation genotype and cultivation of varieties resistant to water deficit will increase the plausibility of dry farming and increases share of the green water footprint. The white water footprint has the largest shares (77%) of while subsidence is so serious in more than 36 plains. Hormozgan province has low precipitation and high water demand. On the other hand, improper irrigation management (number of events and the volume of irrigation) has led to decreased tomato performance in these regions and larger water footprint. The share of blue water footprint is 18% that 4 times more than from WFGreen. The considerable amounts of precipitation in this province, strategies such as cultivation of new genotypes more adapted to the wet periods, shortening the flowering period of Saffron with the aim of avoiding the dry period at the end of the growing season can be considered to reduce the share of the blue water footprint and reduce the share of the green and white water footprints. Total consumed and exported virtual water volume from the region are 10.8 MCM to 28 million Rials per year. The export of these crops imports the most pressure on groundwater and surface water resources of the region. The M-K test results of climatic factors throughout

1 and 2- Assistant Professor and Ph.D Student of Natural Resources Engineering Department, Agriculture and Natural Resources Engineering Faculty, University of Hormozgan
(*- Corresponding Autor Email: O.bazrafshan@hormozgan.ac.ir)

the 2002–2016 study periods in Hormozgan showed that sunshine hours during the tomato growth period experienced downward trends for the M-K statistics values were less than zero and the downward temperature trend reached statistical significance. The declining temperature and sunshine hours would result in lower crop evapotranspiration (ETc) and agricultural water consumption, while CWR donot have any trend. The trend analysis shows that the green, blue and white water footprint had significant increasing trends in the central part. Increasing theyield would result in lower water footprint.

Conclusion: Ground water depletion and water shortage are two problems in Hormozgan province which have occurred due to the irregular use and inappropriate management of demand and supply of water in agricultural sector. The water footprint (WF) of crop production is a comprehensive indicator that can reflect water consumption types, quantities and environmental impacts during the crop growth period. This study assesses interannual variability of green, blue and white WFs of tomato production in Hormozgan from 2001 to 2015. The share of green, blue and white WFs in the region is 5, 17 and 77 percent and 10.5 MCM year-1. Under the combined influence of climate change and water footprint variation, WFCs weredecreasing trends. In contrast, sunshine hours had decreasing trend. The statistical analysis revealed that interannual variabilities of WFCs were caused by both climatic and non-climatic factors.

Keywords: Climate change, Export and import water footprint, Green and blue water, Value of water footprint, Water footprint