نشریه آبیاری و زهکشی ایران
شماره3، جلد 11، مرداد - شهریور 1396، ص. 345-335

Iranian Journal of Irrigation and Drainage
No. 3, Vol. 11, Agu.-Sept. 2017, p. 335-345

ارزیابی پایداری تولید محصولات باغی با استفاده‌ی تلفیقی از مفاهیم آب مجازی‌و ارزش اقتصادی آب

فاطمه کاراندیش[1*]، سمیرا سالاری[2]، عبداله درزی نفت‌چالی[3]

تاریخ دریافت: 1395/4/13 تاریخ پذیرش: 1395/7/28

چکیده

علی‌رغم افزایش جمعیت کشور و لزوم تولید بیش‌تر میوها برای تامین سرانه میوه مصرفی، عدم تطابق الگوی کشت با منابع آب موجود در هر منطقه به‌ویژه در مناطق کم آب کشور، باعث کاهش تولید این محصولات در سال‌های اخیر شده است. در این پژوهش، به اولویت‌بندی کشت محصولات باغی در استان سیستان و بلوچستان بر اساس مفهوم آب مجازی پرداخته شد. محاسبات لازم با استفاده از داده‌های یک دوره 12 ساله (1379 تا 1390) سطح زیر کشت و عملکرد 32 محصول باغی، اطلاعات آبیاری و هواشناسی شهرستان‌های مختلف این استان انجام شد. 81 درصد سطح زیر کشت محصولات باغی این استان به میوه‌های گرمسیری، نیمه‌گرمسیری و خشک اختصاص داشت. میوه‌های خشک با مصرف حدود 30 درصد از کل آب تخصیصی به بخش باغی، تنها یک درصد از میوه استان را تولید می‌کنند. جایگزینی این گروه از محصولات با میوه‌های دانه‌ریزدر دو شهرستان خاش و زاهدان، ضمن کاهش آب مصرفی به میزان 10/2 هزار مترمکعب، درآمد باغداری را حدود 2810 دلار در هکتار افزایش خواهد داد. میوه‌های دانه‌ریز دارای اولویت اول برای کشت در استان می‌باشند و میوه‌های گرمسیری، نیمه‌گرمسیری، دانه‌دار، هسته‌دار و خشک در رده‌های بعدی قرار می‌گیرند. حذف میوه‌های خشک از الگوی کشت می‌تواند سبب صرفه‌جویی حدود 36/46 میلیون مترمکعب آب در سال در استان سیستان و بلوچستان شود. بر اساس نتایج این پژوهش، حتی با حفظ الگوی کشت موجود، اولویت‌بندی مکانی کشت محصولات باغی بر اساس شاخص‌های منتخب می‌تواند تا حد زیادی باعث صرفه‌جویی در مصرف آب توسط باغداران و افزایش درآمد حاصل از واحد آب مصرفی شود.

واژه‌های کلیدی: آب مجازی آبی، اقلیم خشک، تراز آب مجازی، خودکفایی تولید، میوه‌ها

مقدمه

میوه‌ها نقش مهمی در سبد غذایی مردم کشورهای مختلف دارند. بر اساس گزارش‌های فائو و سازمان بهداشت جهانی، برای پیش‌گیری از بیماری‌هایی مانند امراض قلبی، سرطان، دیابت، چاقی و امراض ناشی از کمبود ریزمغذی‌ها، هر فرد نیازمند مصرف دست‌کم 400 گرم سبزی و میوه در رژیم غذایی روزانه خود می‌باشد (FAO., 2014). با توجه به روند رو به رشد جمعیت جهان، تولید میوه کافی برای تامین تقاضای روزافزون آن، مستلزم بهبود بهره‌وری تولید از اراضی باغی می‌باشد که این امر، می‌تواند فرصت مناسبی را برای افزایش درآمد کشاورزان در کشورهای با درآمد کم را فراهم کند. آمارها نشان می‌دهد که در سال 2010، حدود 612/5 میلیون تن میوه از حدود 56/6 میلیون هکتار از باغ‌های جهان تولید شد. بررسی میزان تولید میوه جهان در سال‌های مختلف، حاکی از افزایش چهار و 3/4 درصدی آن در حد فاصل سال‌های 1990 تا 2000 و 2001 تا 2011 می‌باشد.کاهش نرخ رشد تولید میوه در دوره دوم در شرایطی رخ داد که سطح زیر کشت محصولات باغی جهان در این دوره، حدود 1/6 درصد زیاد شد. این آمارها برای ایران، تا حدودی نگران کننده‌تر است. به جز مرکبات، سطح زیر کشت و میزان تولید سایر درختان میوه کشور ایران در سال 2011، به‌ترتیب حدود 1/06 میلیون هکتار و 11/8 میلیون تن بود. همچنین، نرخ رشد تولید این گروه از میوه‌ها از 5/5 درصد در بازه‌ی زمانی 2000-1990 به 0/4- درصد در بازه‌ی زمانی 2011-2000 کاهش یافت (FAO., 2014).

بخش عمده کاهش تولید میوه در کشور، به‌دلیل کاهش عملکرد بود. مساحت اراضی باغی کشور در فاصله سال‌های 2000 تا 2011 حدود 0/6 درصد کاهش یافت در حالی‌که میزان تولید در طی این مدت، حدود شش درصد تنزل یافت (FAO., 2010). عوامل مختلفی را می‌توان در این کاهش عملکرد سهیم دانست که بخشی از آن‌ها

1- استادیارگروه مهندسی آب، دانشگاه زابل
2- دانش‌آموخته‌ی کارشناسی ارشد، گروه مهندسی آب دانشگاه زابل
3- استادیارگروه مهندسی آب، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
(* - نویسنده‌ی مسئول: Email: F.Karandish@uoz.ac.ir)

ناشی از عدم مدیریت صحیح در انتخاب محصولات مناسب برای کشت در یک منطقه می‌باشد. این در حالی است که ایران جایگاه مهمی در تولید محصولات باغی در دنیا دارد. از منظر سطح زیرکشت کل محصولات باغی، کشورمان جایگاه‌بیست و یکم جهان را داراست. سطح زیرکشت برخی محصولات باغی کشور از اهمیت بیش‌تری برخوردار است که از آن میان می‌توان به پسته (در گروه میوه‌های خشک)، میوه‌های هسته‌دار و توت (در گروه میوه‌های دانه‌ریز) اشاره نمود که رتبه‌ی اول را در جهان به خود اختصاص داده‌اند. همچنین، محصولاتی مانند خرما و زردآلو با داشتن رتبه‌ی دوم و بادام در رتبه‌ی سوم نیز سهم ویژه‌ای از نظر سطح زیرکشت و تولید در ایران دارند (MAI., 2010). نگاهی به آمارنامه‌های رسمی موجود در استان سیستان و بلوچستان نیز نشان می‌دهد که از کل اراضی قابل کشت این استان، 76/1 هزار هکتار (18/6 درصد از کل) در سال 1391 تحت کشت محصولات باغی بوده که منتج به تولید 520/1 هزار تن محصول شد (MAJ., 2012).

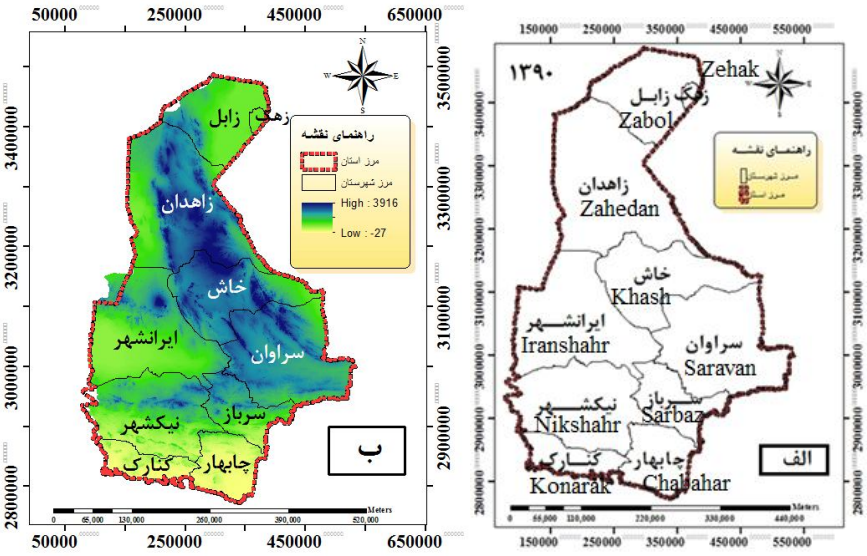
علی‌رغم جایگاه تولید میوه‌ها در کشور، یکی از مهم‌ترین محدودیت‌های توسعه‌ی اراضی باغی و افزایش تولید آن‌ها، محدویت منابع آب به ویژه در اقلیم‌های خشک می‌باشد که باعث شده کم‌آبیاری در بسیاری از دشت‌های ایران رواج داشته و از عملکرد محصول بکاهد. میزان بارندگی کشور نیز نه تنها قابل توجه نیست بلکه از توزیع زمانی و مکانی مناسبی نیز برخوردار نمی‌باشد. متوسط بارش سالانه‌ی کشور 228 میلی‌متر می‌باشد (FAO., 2010) و بیش از 67/7 درصد منابع آبی تجدیدپذیر در بخش‌های مختلف که مهم‌ترین آن بخش کشاورزی است، به مصرف می‌رسد. در واقع، ایران جز بیست کشور دنیا است که بیش از 90 درصد از کل آب برداشت شده از منابع آب سطحی و زیرزمینی را صرف کشاورزی می‌کند (FAO., 2014). این در حالی است که توسعه صنعتی و شهری کشور در سال‌های اخیر، باعث افزایش رقابت بخش‌های مختلف بر سر منابع محدود آب شده است. در چنین شرایطی، بازنگری و اصلاح الگوی مصرف آب در بخش کشاورزی، نقش موثری در تسهیل تامین تقاضای آب سایر بخش‌ها خواهد داشت. کشت محصولات آب‌بر و کم‌بازده در مناطق کم‌آب، بی‌شک علاوه بر تشدید معضل کم‌آبی، برداشت‌های بی‌رویه و غیرمجاز و کاهش بهره‌وری تولید را نیز به همراه داشته و عدم اصلاح الگوی کشت در این مناطق، تهدیدی جدی برای پایداری کشاورزی محسوب می‌شود.

یکی از مناسب‌ترین شاخص‌هایی که می‌توان برای اصلاح الگوی کشت به کار برد، شاخص آب مجازی است که برای اولین بار توسط آلن در سال 1993 ارایه شد (Allan., 1993). آب مجازی میزان آب مورد نیاز در فرآیند تولید یک کالا را نشان داده و اولین بار، زمانی مصطلح شد که واردات آب مجازی به عنوان یکی از راهکارهای موثر برای رفع معضل بحران آب در خاورمیانه مطرح شد (Hoekstra et al., 2007). بر این اساس، واردات آب مجازی بهترین راهکار برای کاهش فشار بر منابع آبی محدود در کشورهای کم‌آب می‌باشد (Allan., 1993). پس از آن، محققان بسیاری از این مفهوم استفاده نموده و تلاش بر کمی‌سازی تجارت آب مجازی نمودند (Hoekstra and Hung., 2002; Yang et al., 2006). پژوهش‌های صورت گرفته در کشورهایی هم‌چون مراکش، هلند، نواحی جنوبی انگلستان، چین، استرالیا و ایران، مبادلات آب مجازی را گامی موثر در صرفه‌جویی آب دانستند (Karandish et al., 2015; Yu et al., 2015; Ridoutt et al., 2010; Zhao et al., 2009; Hoekstra et al., 2007). اگرچه تاکنون تحقیقات مختلفی در زمینه آب مجازی در کشور و سایر نقاط جهان انجام شده است، ولی کاربرد این مفهوم در تعدیل یا اصلاح الگوی کشت محصولات باغی مورد توجه جدی قرار نگرفته است. این در حالی است که دست‌یابی به کشاورزی پایدار نیازمند انجام چنین تحقیقاتی به ویژه در استان پهناوری مانند سیستان و بلوچستان، که به دلیل بارش کم، تبخیر و دمای بالا دچار خشک‌سالی‌های پی در پی شده است، می‌باشد. تخریب‌های زیست‌محیطی و افزایش مهاجرت بومیان این استان به اقصی نقاط ایران در سال‌های اخیر به دلیل کم‌آبی شدید و متعاقبا کاهش درآمد کشاورزان، از جمله دستاوردهای خشک‌سالی و الگوی کشت نابسامان است که در نهایت، باعث بایر شدن بسیاری از اراضی کشاورزی در این استان شده است. به همین دلیل، در این پژوهش، ضمن ارزیابی وضعیت موجود کشت محصولات باغی، امکان اصلاح الگوی کشت در استان سیستان و بلوچستان با تکیه بر مفاهیم آب مجازی و ارزش واحد آب مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

محدوده‌ی مطالعه و داده‌ها

استان سیستان و بلوچستان در محدوده جغرافیایی 25 درجه و 3 دقیقه تا 31 درجه و 9 دقیقه عرض شمالی و 58 درجه و 49 دقیقه تا 63 درجه و 20 دقیقه طول شرقی واقع است و با وسعتی معادل181785کیلومترمربع، پهناورترین استان کشور می‌باشد (شکل 1-الف). میانگین 50 ساله بارش، حداقل و حداکثر دمای استان به ترتیب 50 میلی‌متر، 12 و 40 درجه سانتی‌گراد بوده و اقلیم حاکم بر استان از نظر طبقه‌بندی اقلیمی کوپن، بیابانی می‌باشد. گستره ارتفاعی این استان بین 27- تا 3916 متر قرار دارد و بیش از 90 درصد آن در محدوده ارتفاعی 27- تا 1600 متر واقع می‌باشد (شکل 1-ب). متوسط ارتفاع استان 943/3 متر است و شهرهای کنارک و خاش به‌ترتیب کم‌ترین (102/93 متر) و بیش‌ترین (1395/64 متر) ارتفاع متوسط در سطح شهرستان را دارند.



شکل 1- محدوده استان سیستان و بلوچستان و شهرستان‌های موجود (الف) و مدل رقومی ارتفاعی منطقه (ب)

32 محصول عمده‌ای باغی استان در شش گروه شامل میوه‌های نیمه‌گرمسیری (پرتقال، نارنگی، لیموترش، گریپ‌فروت، لیموشیرین، نارنج، انار و انجیر)، گرمسیری (موز، انبه، پاپایا، کنار، چیکو، تمبرهندی، نارگیل و گوآوا)، دانه‌دار (سیب، گلابی و به)، هسته‌دار (گیلاس، گوجه درختی، آلو، هلو و زردآلو)، دانه‌ریز (انگور و انواع توت درختی) و خشک (پسته، بادام، گردو، عناب، سنجد و خرما) طبقه‌بندی شد. برای دوره آماری 1379 تا 1390، اطلاعات گیاهی شامل تقویم زراعی، سطح زیرکشت، عملکرد محصول و شیوه‌ی آبیاری از سازمان جهاد کشاورزی استان تهیه شد. اطلاعات هواشناسی این دوره در مقیاس روزانه از سازمان هواشناسی و روند رشد جمعیت از مرکز آمار ایران دریافت شد. مصرف سرانه و قیمت جهانی محصولات از سایت فائو تهیه گردید.

محاسبات

بر اساس آمار سطح زیرکشت، میانگین 12ساله‌ی وزنی هر یک از شش گروه محصولات در سطح شهرستان‌ها و در سطح استان محاسبه شد. نیاز آبی گیاهان در محیط نرم‌افزار CROPWAT محاسبه شد (FAO., 2013). نیاز آبی به دو بخش آب سبز (بارش موثر) و آب آبی تقسیم شد. آب سبز بخشی از بارش در طول فصل رشد گیاه است که در محدوده‌ی ریشه ذخیره می‌شود. این مولفه، با استفاده از رابطه‌ی سازمان حفاظت خاک آمریکا تعیین شد (FAO., 2013).

$$\begin{cases} P_{eff} = \frac{p\times(125-0.2\times3\times P)}{125} & for\ P \le \frac{250}{3} mm \\ P_{eff} = \left(\frac{125}{3}\right) + 0.1 \times P & for\ P > \frac{250}{3} mm \end{cases} \quad (1)$$

در این رابطه، P_{eff} میزان بارش موثر و P مجموع بارش در بازه‌ی زمانی مورد نظر می‌باشد. پس از محاسبه‌ی آب سبز و آب آبی، مقدار آب مجازیِ سبز و آبِ مجازی آبی با استفاده از روابط 2 و 3 بدست آمد (Karandish et al., 2015):

$$GVW_{ij} = \frac{Pe_{ij}}{Y_{ij}} \times 10 \quad (2)$$

$$BVW_{ij} = \frac{CWD_{ij} - Pe_{ij}}{Y_{ij}} \times 10 \quad (3)$$

که در آن‌ها، GVW_{ij} آب مجازی سبز (m^3kg^{-1})، BVW_{ij} آب مجازی آبی (m^3kg^{-1})، Pe_{ij} بارش موثر (mm)، CWD_{ij} نیاز آبی گیاه (mm)، Y_{ij} عملکرد محصول ($Kg\ ha^{-1}$) و i و j به ترتیب نشان‌دهنده‌ی نوع محصول و شهرستان می‌باشد. ضریب 10 برای تبدیل عمق آب مصرفی به حجم بر حسب مترمکعب در واحد سطح می‌باشد. میزان آب مجازی کل از مجموع آب مجازی سبز و آبی به‌دست آمد. بهره‌وری آب نیز به صورت معکوس آب مجازی کل محاسبه شد. به منظور محاسبه‌ی تجارت آب مجازی، امنیت غذایی به صورت حاصل‌ضرب مصرف سرانه محصول در میزان جمعیت کشور به علاوه‌ی 20 درصد ذخیره در نظر گرفته شد (Wang et al., 2005). به این ترتیب، اگر میزان یک گروه از محصولات در یک شهرستان، بیش‌تر از حد نیاز باشد، محصول مازاد صادر می‌شود و چنانچه کم‌تر از آن باشد، کسری محصول، وارد خواهد شد. به این ترتیب، میزان تجارت آب مجازی با رابطه‌ی 3 محاسبه شد (Karandish et al., 2014):

$$EVW_{ij} or IVW_{ij} = IC_{ij} \times TVW_{ij} \quad (4)$$

که در آن، EVWij و IVW_{ij} به ترتیب صادرات و واردات آب مجازی، IC_{ij} کسری و یا مازاد محصول تولیدی و TVW_{ij} میزان آب

مجازی

کل محصول مورد نظر می‌باشد. مقادیر مثبت IC_{ij} مبین مازاد محصول و علامت منفی آن کسری محصول را نشان می‌دهد. در نهایت تراز آب مجازی (VWB_{ij}) با رابطه‌ی 5 محاسبه شد (Karandish et al., 2014).

$$VWB_{ij} = EVW_{ij} - IVW_{ij} \quad (5)$$

اگر تراز آب مجازی در یک منطقه مثبت باشد، آن منطقه صادرکننده‌ی خالص محصول و اگر منفی باشد، واردکننده‌ی خالص خواهد بود. محاسبات تجارت آب مجازی در هر دو سطح شهرستان و استان محاسبه شد.

اولویت‌بندی الگوی کشت

آب مجازی آبی، ارزش واحد آب و نسبت آب آبی مورد نیاز به آب آبی مجاز موجود(Rt) به عنوان معیارهای اولویت‌بندی کشت محصولات باغی در استان سیستان و بلوچستان درنظر گرفته شد. هرچه میزان آب مجازی کم‌تر باشد، صرفه‌جویی در میزان آب مصرفی بیش‌تر خواهد بود. با این وجود، قبول یک طرح جدید توسط زارعان نیازمند توجیه اقتصادی آن خواهد بود. از این‌رو، ارزش واحد آب با استفاده از رابطه‌ی 6 محاسبه شد.

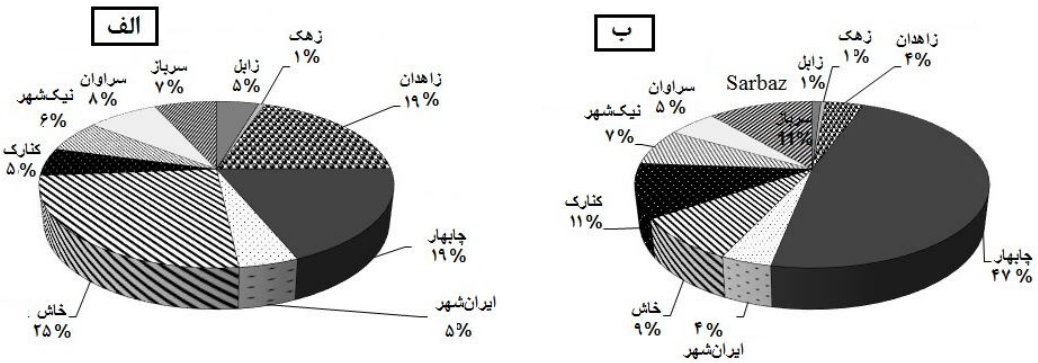
$$UBVW_{ij} = \frac{cp_i}{BVW_{ij}} \quad (6)$$

که در آن، $UBWV_{ij}$ ارزش واحد آب ($\$\ m^{-3}$) و cp_i درآمد ناشی از محصول iام می‌باشد. مقادیر بالاتر این شاخص، درآمد بیش‌تر به ازای واحد آب مصرفی را نشان می‌دهند. شاخص Rt_{ij} میزان فشار بر منابع آبی در یک منطقه را نشان می‌دهد. مقادیر بزرگ‌تر از یک، عدم کفایت آب اختصاصی به بخش کشاورزی را نشان می‌دهد که در نهایت منتج به برداشت‌های بی‌رویه از ذخایر آب سطحی و زیرزمینی خواهد داشت. در نهایت، الگوی کشت مناسب برای هر شهرستان و همچنین در سطح استان با درنظر گرفتن ارزش یکسان برای این سه شاخص تعیین شد.

نتایج و بحث

ارزیابی الگوی کشت فعلی

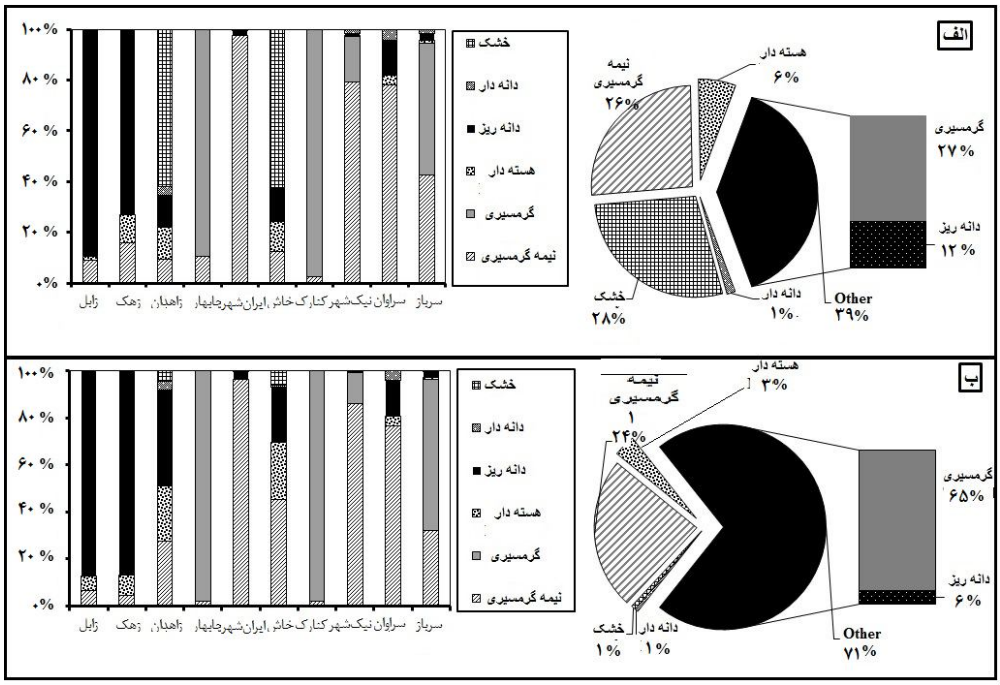
شکل 2 میانگین 12 ساله سطح زیر کشت و تولید محصولات باغی شهرستان‌های استان سیستان و بلوچستان را نشان می‌دهد. 680 هکتار افزایش سطح زیرکشت در سال منتج به افزایش 1/7 میلیون تن در سال در کل تولید محصولات باغی در حد فاصل سال‌های 1390-1379 شد. اگرچه این مساله، امنیت غذایی را افزایش می‌دهد، لکن برداشت‌های بی‌رویه از آب‌های سطحی و زیرزمینی برای آبیاری محصولات و در نتیجه فشار بر منابع آب محدود در این استان خشک را به شدت افزایش داد. با این وجود، سهم شهرستان‌هایی مانند خاش و زاهدان در تشدید چنین تنش‌هایی بیش‌تر است، زیرا اگرچه این شهرستان‌ها به‌ترتیب 26 و 19 درصد از کل سطح زیرکشت استان را به خود اختصاص داده‌اند، لکن بهره‌وری محصول در آن‌ها بسیار پایین‌تر بوده و سهمی کم‌تر از 9 و 4 درصد در کل تولید استان را دارند. این در حالی است که تحلیل تاریخی آمار موجود نشان می‌دهد که کشت در شهرستان چابهار می‌تواند نتیجه‌ی مطلوب‌تری را به همراه داشته باشد، زیرا تنها با 19 درصد مشارکت در سطح زیرکشت محصولات باغی، بیش از 47 درصد از کل تولیدات باغی استان را تامین می‌کند.



شکل 2- میانگین 12ساله‌ی سهم شهرستان‌های مختلف استان در سطح زیرکشت (الف) و تولید کل محصولات باغی (ب)

شکل 3 میانگین 12 ساله‌ی الگوی کشت مکانی در استان را از دو منظر سطح زیرکشت و کل تولید نشان می‌دهد. به طور کلی، سه گروه میوه‌های گرمسیری (در شهرستان‌های چابهار، کنارک و سرباز)، نیمه‌گرمسیری (در شهرستان‌های ایرانشهر، نیک‌شهر، سراوان و سرباز) و خشک (در شهرستان‌های زاهدان و خاش) با سهم‌هایی معادل 26 تا 28 درصد، بیش‌ترین سطوح زیرکشت را به خود

اختصاص داده‌اند. سهم میوه‌های گرمسیری و نیمه‌گرمسیری در تولید کل محصولات باغی در استان نیز بالا بوده و با مشارکتی در حدود به ترتیب 65 و 24 درصد، رتبه‌های اول و دوم را در تولید به خود اختصاص داده‌اند. در حالی‌که کم‌تر از یک درصد از کل تولید استان را میوه‌های خشک تشکیل می‌دهند. این نتیجه، الگوی نابسامان کشت محصولات باغی در استان را به اثبات می‌رساند.



شکل3- وضعیت مکانی الگوی کشت از نظر سطح زیرکشت (الف) و کل تولید (ب) محصولات باغی در بازه‌ی 1390-1379

مصارف آبی و آب مجازی

میانگین 12 ساله آب مجازی و اجزای آن برای گروه‌های مختلف محصولات باغی استان در جدول 1 ارایه شد. آب سبز با سهمی معادل 4/27-1/09 درصد، نقش اندکی در تامین نیاز آبی گیاهان منتخب داشت. میانگین نیاز آبی محصولات باغی در استان بین 796/6 (درختان دانه‌ریز) تا 2567/8 (درختان هسته‌دار) میلی‌متر متغیر بود. با این وجود، نیاز آبی به تنهایی نمی‌تواند معیار مناسبی برای ارزیابی الگوی کشت در یک منطقه باشد. آب مجازی به دلیل در نظر گرفتن توامان بهره‌وری آب و محصول، معیار مناسب‌تری است. به عنوان نمونه، علی‌رغم داشتن نیاز آبی بالا، میوه‌های گرمسیری به دلیل داشتن عملکرد مطلوب، کم‌ترین آب مجازی آبی ($m^3\ kg^{-1}$ 0/8) را داشتند. لکن میوه‌های دانه‌ریز، به دلیل داشتن کم‌ترین نیاز آبی در استان، رتبه‌ی دوم را از نظر آب مجازی آبی ($1/51 m^3\ kg^{-1}$) به خود اختصاص دادند. پایین بودن عملکرد محصول در گروه میوه‌های خشک و نیاز آبی نسبتا بالای آن‌ها، باعث خواهد شد تا کشت آن‌ها در استان به دلیل آب مجازی بسیار بالا، فشار مضاعفی را بر منابع آبی وارد آورد. علی‌رغم داشتن سهم قابل توجه در سطح زیرکشت و مصرف بیش از 36/4 میلیون مترمکعب آب آبی در سال، کشت میوه‌های خشک تنها ارزشی معادل 0/05 دلار به ازای هر مترمکعب آب مصرفی عاید باغداران خواهد نمود. این رقم حدود 98 درصد کم‌تر از مقدار معادل آن در گروه میوه‌های نیمه‌گرمسیری است که بیش‌ترین ارزش واحد آب ($1\$\ m^{-3}$) را در استان به خود اختصاص داد. از سویی دیگر، میوه‌های دانه‌ریز علاوه بر داشتن آب مجازی پایین، دومین جایگاه را از نظر ارزش واحد آب ($0/71\$\ m^{-3}$) داشتند. در حالی‌که سهم آن‌ها در سطح زیرکشت، 57 درصد کم‌تر از میوه‌های خشک بود.

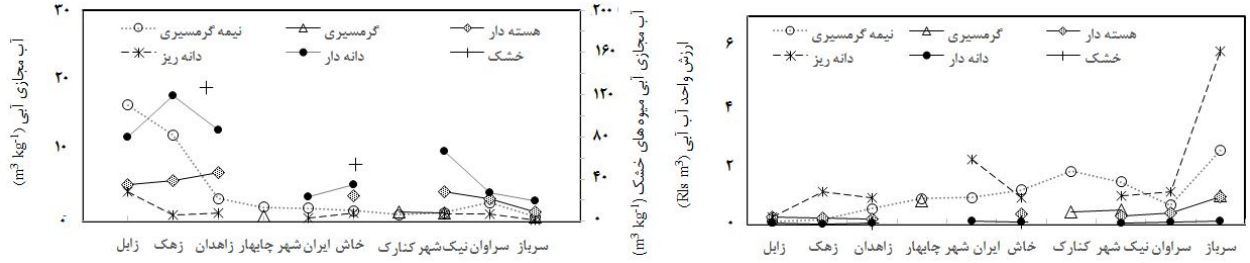
علاوه بر نوع محصول، مکان کشت نیز تاثیر قابل توجهی در میزان آب مجازی و ارزش واحد آب درختان میوه داشت. شکل 4 توزیع مکانی میانگین 12 ساله آب مجازی و ارزش واحد آب آبی را به تفکیک شهرستان‌های مختلف نشان می‌دهد. به جز گروه میوه‌های خشک که تنها در دو شهرستان زاهدان و خاش کشت می‌شوند، کم‌ترین آب مجازی و بیش‌ترین ارزش واحد آب آبی به ازای کشت سایر گروه‌های محصولات، مربوط به شهرستان سرباز بود و زابل و زاهدان عمدتا شرایط نامساعدتری نسبت به سایر شهرستان‌ها داشتند. کشت میوه‌های خشک در شهرستان خاش به جای شهرستان زاهدان، میزان آب آبی مصرفی به ازای تولید هر کیلوگرم محصول را حدود 57 درصد کاهش داده و بیش از 133 درصد بر ارزش واحد آب آن می‌افزاید.

جدول 1- میانگین 12-ساله‌ی آب مجازی و اجزای آن در سطح استان برای گروه مختلف محصولات باغی

محصولات	Pe (mm)*	NBW (mm)	CWD (mm)	GVW ($m^3\ kg^{-1}$)	BVW ($m^3\ kg^{-1}$)	TVW ($m^3\ kg^{-1}$)	GWR	TWP ($kg\ m^3$)	EBWUE ($\$\ m^3$)
نیمه گرمسیری	68/0	1526/5	1594/5	0/08	1/7	1/8	4/3	0/6	1/0
گرمسیری	98/8	1856/1	1954/8	0/04	0/8	0/8	5/1	1/2	0/7
هسته‌دار	27/9	2539/9	2567/8	0/05	4/6	4/7	1/1	0/2	0/3
دانه‌ریز	18/4	778/2	796/6	0/04	1/5	1/6	2/3	0/7	0/7
دانه‌دار	33/4	2509/9	2543/4	0/09	6/9	7/1	1/3	0/1	0/05
خشک	29/9	1798/1	1828/1	1/2	73/4	74/7	1/6	0/01	0/05

* Pe بارش موثر، NBW آب آبی ، CWD نیاز آبی، GVW آب مجازی سبز، BVW آب مجازی آبی، TVW آب مجازی کل، TWP بهره‌وری آب، EBWV ارزش واحد آب آبی، GWR سهم آب سبز

تغییرات مکانی آب مجازی می‌تواند به عوامل متعددی نظیر تغییرات منطقه‌ای نیاز آبی به دلیل شرایط اقلیمی مختلف و تغییرات مکانی بهره‌وری تولید نسبت داده شود. از سویی دیگر، عوامل دیگری همچون نوع و گونه‌ی گیاه، ویژگی‌های خاک و نحوه‌ی مدیریت مزرعه نیز می‌تواند با تاثیر بر نیاز آبی، میزان آب مجازی محصولات را به صورت غیرمستقیم تغییر دهد. تغییرات نامنظم مولفه‌های اقلیمی یکی دیگر از عوامل اثرگذار است. میزان درجه‌ی حرارت در طول فصل رشد می‌تواند بر میزان تامین نیاز گرمایی، طول دوره‌ی رشد و متعاقبا عملکرد و آب مجازی تاثیر بگذارد (Fader et al., 2011). عوامل اقلیمی دیگر مانند میزان بارندگی، تابش خورشیدی سرعت باد و غیره نیز به صورت مستقیم روی نیاز آبی تاثیر گذاشته و به دلیل ارتباط خطی بین آب مصرفی و عملکرد، میزان محصول را تغییر می‌دهد (Karandish et al., 2015). علاوه بر این موارد، در مناطق خشکی مانند استان سیستان و بلوچستان، ویژگی‌های فیزیکی خاک مانند بافت خاک، چگالی ظاهری و میزان مواد آلی اهمیت بسیاری در میزان تولید محصول دارند زیرا قابلیت نگه‌داشت آب در ناحیه‌ی ریشه را تعیین می‌کنند. به این ترتیب می‌توان دریافت که به ازای یک مترمکعب آب در مناطق مختلف، مقادیر مختلفی محصول حتی در گروه‌های یکسان قابل انتظار خواهد بود که این مساله، اهمیت اولویت‌بندی منطقه‌ای کشت محصولات باغی با هدف افزایش درآمد اقتصادی و کاهش آب مصرفی را به اثبات می‌رساند.



شکل4- توزیع مکانی میانگین 12ساله‌ی آب مجازی آبی و ارزش واحد آب آبی

3-3. مبادلات محصولات باغی و آب مجازی

نتایج محاسبه‌ی مبادلات محصولات باغی و مقادیر متناظر آب مجازی در دو سطح درون و برون استانی در جدول 2 خلاصه شد. به جز شهرستان چابهار که با تولید 24/39 هزار تن محصولات گرمسیری مازاد بر نیاز استان، توان صادر نمودن 18/2 میلیون مترمکعب آب مجازی به نواحی دیگر را دارد، باقی شهرستان‌ها از نظر تمام گروه‌های محصولات باغی، وارد کننده‌ی آب مجازی محسوب می‌شوند. بیش‌ترین واردات آب مجازی در گروه محصولات نیمه-گرمسیری، گرمسیری، هسته‌دار، دانه‌ریز، دانه‌دار و خشک به ترتیب برابر با 83/63 (زابل)، 6/68 (زابل، زهک، زاهدان، چابهار، ایرانشهر، خاش و سراوان)، 14/56 (زهک)، 8/15 (زابل)، 44/72 (زهک) و 294/86 (زابل، زهک، چابهار، ایرانشهر، کنارک، نیک‌شهر، سراوان و سرباز) میلیون مترمکعب در سال می‌باشد. نیل به امنیت غذایی در گروه میوه‌ها نیازمند مبادله 20/81 تا 39/04 هزارتن محصولات گروه-های مختلف بین شهرستان‌های استان است. کم‌ترین و بیش‌ترین مقدار واردات این محصولات به‌ترتیب متعلق به دو گروه میوه‌های

دانه‌ریز و خشک می‌باشد. با این وجود، مقایسه‌ی میزان صادرات و واردات محصولات غذایی نمی‌تواند معیار قضاوت برای تعیین میزان فشار بر منابع آبی قرار گیرد. به عنوان مثال اگرچه میزان کسری در تولید میوه‌های خشک، نیمه‌گرمسیری و گرمسیری تقریبا مشابه یکدیگر هستند (35 تا 39 هزار تن در سال)، ولی میزان آب مجازی وارد شده به ازای 39/04 هزارتن میوه‌های خشک در سال، به ترتیب 2849/62 و 2991/23 میلیون مترمکعب بیش‌تر از مقدار آن در گروه میوه‌های نیمه‌گرمسیری و گرمسیری است که دلیل آن، بهره‌وری پایین محصول می‌باشد. این فرض بر این اساس است که بنا باشد تمام نیاز سالانه مردم استان از این گروه محصولات باغی در دو شهرستان خاش و زاهدان تولید شود. در حالی‌که اگر به جای خودکفایی استانی در تولید، واردات میوه‌های خشک از سایر مناطق ایران، به ویژه از مناطقی که آب سبز سهم قابل توجهی در تامین نیاز آبی گیاه دارد صورت گیرد، حجم زیادی از آب صرفه‌جویی می‌شود. این آب می‌تواند به سایر بخش‌ها به ویژه بخش صنعتی، که بر توسعه‌ی کشاورزی استان نیز موثر است، اختصاص داده شود.عدم تناسب کشت میوه‌های خشک در استان سیستان و بلوچستان با توجه به سهم این گروه از محصولات در تامین نیاز غذایی مردم در محل کشت آن‌ها، آشکارتر می‌شود. تخصیص 28 درصد از کل سطح زیرکشت استان به کشت محصولات خشک در دو شهرستان خاش و زاهدان تنها توانسته است به ترتیب یک و 18 درصد از نیاز مردم این دو شهرستان را تامین کند و در مجموع باعث شده کم‌تر از 37 میلیون مترمکعب صرفه‌جویی در آب آبی صورت بگیرد. علاوه بر این، مقایسه‌ی آبِ مجازیِ سه گروه محصولات دانه‌دار، دانه‌ریز و هسته‌دار نشان می‌دهد که وارد نمودنِ 24/47 هزار تن محصولات دانه‌دار، به‌ترتیب 103/28 و 177/52 میلیون مترمکعب آب مجازی بیش‌تری نسبت به ورود مقادیری مشابه از محصولات هسته‌دار و دانه‌ریز وارد استان خواهد نمود که دلیل آن، پایین‌تر بودن نیاز آبی قابل توجه محصولات دانه‌ریز در مقایسه با محصولات دیگر است.

جدول 2- مبادلات درون و برون استانی محصولات باغی و آب مجازی

محصولات	*پارامتر	زابل	زهک	زاهدان	چابهار	ایرانشهر	خاش	کنارک	نیک‌شهر	سراوان	سرباز	مبادلات درون استانی (Inter provincial trade
نیمه‌گرمسیری	Ic (×103 tons)	-5/3	-5/3	-4/5	-4/6	-2/6	-2/6	-5/1	-1/0	-2/4	-2/7	-35/9
	IVW (Mm3)	64/7	64/7	14/7	10/1	5/3	3/9	5/0	1/3	6/7	2/1	200/5
	EVW (Mm3)	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0
	BVW (Mm3)	-64/8	-64/8	14/7	10/1	5/3	3/9	5/0	1/3	6/7	2/1	200/5
گرمسیری	Ic (×103 tons)	-7/9	-7/9	-7/9	24/4	-7/9	-7/9	-0/7	-7/3	-7/9	-2/9	-34/1
	IVW (Mm3)	6/7	6/7	6/7	6/7	6/7	6/7	1/0	9/4	6/7	1/8	58/9
	EVW (Mm3)	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	18/2
	BVW (Mm3)	-6/7	-6/7	-6/7	11/5	-6/7	-6/7	-1/0	9/4	6/7	1/8	-40/7
هسته‌دار	Ic (×103 tons)	-2/5	-2/5	-1/8	-2/5	-2/5	-1/1	-2/5	-2/5	-2/4	-2/5	-22/8
	IVW (Mm3)	14/6	14/6	12/7	11/7	11/7	4/0	11/7	10/7	7/9	3/8	102/0
	EVW (Mm3)	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0
	BVW (Mm3)	14/6	14/6	12/7	11/7	11/7	4/0	11/7	10/7	7/9	3/8	102/0
دانه ریز	Ic (×103 tons)	-2/2	-2/2	-1/3	-2/5	-2/4	-1/1	-2/5	-2/5	9/1-	-2/3	-20/8
	IVW (Mm3)	2/1	2/1	1/6	3/9	1/2	1/5	3/9	2/9	2/0	0/5	27/8
	EVW (Mm3)	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0
	BVW (Mm3)	-2/1	-2/1	-1/6	-3/9	-1/2	-1/5	-3/9	-2/9	-2/0	-0/5	-27/8
دانه‌دار	Ic (×103 tons)	-2/5	-2/5	-2/4	-2/5	-2/5	-2/4	-2/5	-2/5	-2/3	-2/5	-24/5
	IVW (Mm3)	44/7	44/7	31/2	17/5	8/8	13/0	17/5	25/6	9/5	7/7	205/3
	EVW (Mm3)	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0
	BVW (Mm3)	-44/7	-44/7	-31/2	-17/5	-8/8	-13/0	-17/5	-25/6	-9/5	-1/7	-205/3
خشک	Ic (×103 tons)	-3/9	-3/9	-3/9	-3/9	-3/9	-3/6	-3/9	-3/9	-3/9	-3/9	-39/0
	IVW (Mm3)	294/9	294/9	491/6	294/9	294/9	198/7	294/9	294/9	294/9	294/9	3049/1
	EVW (Mm3)	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0
	BVW (Mm3)	-294/9	-294/9	-491/6	-294/9	-294/9	-198/7	-294/9	-294/9	-294/9	-294/9	-3049/1

* Ic کسری یا مازاد محصول، IVW واردات آب مجازی، EVW صادرات آب مجازی، BVW تراز آب مجازی

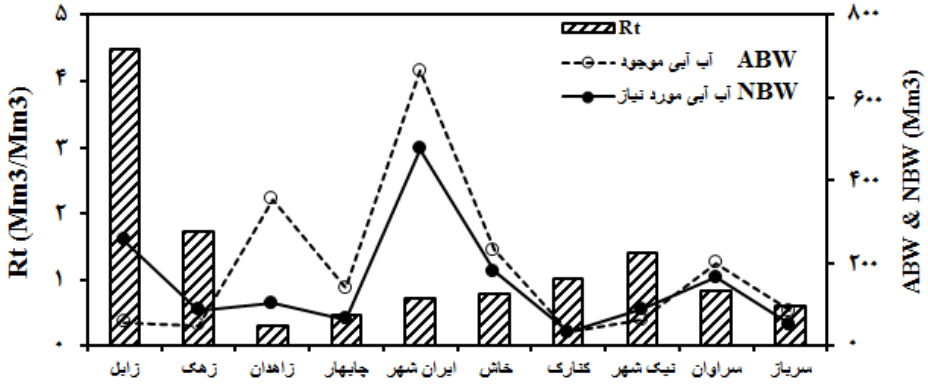
تراز آب مجازی معیاری برای تعیین میزان خودکفایی یک منطقه از نظر مصرف آب در تولید محصولات مورد نیاز است (Zhang et al., 2014). از این منظر، تمام شهرستان‌های استان وابسته به دیگر مناطق کشور برای تامین میوه و مرکبات خود خواهند بود. واردات 177/2 هزار تن محصولات باغی، حجمی معادل 3618/9 میلیون مترمکعب آب مجازی را وارد استان خواهد نمود. با این وجود، در مناطقی که کمبود آب شدید است، نیل به خودکفایی تولید سبب ایجاد فشار مضاعف بر منابع آب شده و پایداری تولید را به مخاطره خواهد انداخت. در چنین شرایطی، اصلاح الگوی کشت ممکن است با کاهش حجم آب آبی مصرفی در بخش کشاورزی، باعث کاهش میزان وابستگی آبی یک منطقه شود.

اولویت‌بندی کشت محصولات باغی

اولین گام در معرفی الگوی کشت مناسب، توجه به میزان منابع آب موجود در منطقه می‌باشد. به ویژه در مناطق کم‌آب و خشک،این منابع توسعه سطح زیرکشت را از یک‌سو و بهره‌وری محصول را از سویی دیگر متاثر می‌سازند. شکل (FAO., 2013) وضعیت شاخص Rt، حجم آب موجود و حجم آب مورد نیاز در شهرستان‌های مختلف را نشان می‌دهد. حجم منابع آبی اختصاص داده شده به مجموع بخش کشاورزی و باغی در دو شهرستان زهک و نیک‌شهر، با دارا بودن مقایر Rt به ترتیب برابر با 1/36 و 1/05، کم‌تر از نیاز آبی واقعی محصولات باغی است. در این شرایط، بی‌شک کم‌آبیاری از سوی متولیان تخصیص آب توصیه شده و کشاورزان ناچار به اعمال آن برای حفظ کشاورزی در اراضی خود خواهند بود. اگرچه اعمال این روش راهی منطقی در شرایط بحران آب است، لکن کم‌آبیاری غالبا با کاهش محصول و ضررهای اقتصادی به همراه است(Stone., 2003; Klocke et al., 2004; Payero et al., 2006). یکی دیگر از پیامدهای این مساله، برداشت‌های بی‌رویه و غیرمجاز از منابع آب سطحی و زیرزمینی خواهد بود. در چنین شرایطی، کشت محصولاتی با میزان بهره‌وری آب و تولید بیش‌تر به جای محصولات آب‌بر و کم-بازده در مناطق کم‌آب می‌تواند گام موثری در راستای کاهش فشار بر منابع محدود آبی قلمداد شود. لکن تصمیم‌گیری بر اساس معیار Rt، جامع نخواهد بود. به بیانی دیگر، اگرچه بر اساس شاخص Rt، رتبه-های اول تا دهم برای کشت محصولات باغی به ترتیب به شهرستان‌های ایران‌شهر، زابل، سراوان، سرباز، زاهدان، چابهار، کنارک، نیک‌شهر و زهک تعلق می‌گیرد، ولی تعیین بهترین مکان برای کشت هر گروه از محصولات باغی نیازمند در نظر گرفتن هر دو شاخص آب مجازی و ارزش واحد آب آن‌ها است.

اولویت‌بندی مکانی کشت هر گروه از محصولات باغی بر اساس معیارهای آب مجازی و ارزش واحد آب در جدول 3 ارایه شد. محاسبات نشان می‌دهد که با لحاظ نمودن ارزشی برابر برای این شاخص‌ها، بهترین مکان برای کشت محصولات نیمه‌گرمسیری، گرمسیری، هسته‌دار، دانه‌ریز و دانه‌دار در شهرستان سرباز و برای میوه‌های خشک، در شهرستان خاش می‌باشد. تولید هر کیلوگرم از این محصولات در سایر شهرستان‌ها، به حجم آبی بین 0/12 تا 128/6 مترمکعب بیش‌تر نیاز داشته و بین 0/002 تا 5/54 دلار از ارزش واحد آب آبی خواهد کاست.

علاوه بر ارزیابی مکانی، نتایج بررسی وضعیت الگوی کشت در هر شهرستان بر اساس معیارهای منتخب، حاکی از وجود یک الگوی کشت نابسامان در استان است. به جز شهرستان‌های چابهار و کنارک که در آن‌ها تنها میوه‌های گرمسیری و نیمه‌گرمسیری کشت می‌شود، کم‌ترین آب مجازی و بیش‌ترین ارزش واحد آب در سایر شهرستان‌ها مربوط به گروه میوه‌های دانه‌ریز بودکه تنها 12 درصد از کل سطح زیرکشت استان را شامل می‌شوند. با جایگزنی هر یک هکتار میوه-های خشک با میوه‌های دانه‌ریز، حدود 10/2 هزار مترمکعب در مصرف آب آبی استان صرفه‌جویی شده و درآمد حاصل در هر هکتار به میزان 2810/5 دلار افزایش خواهد یافت.



شکل5- مقادیر مکانی شاخص Rt، حجم آب موجود (ABW) و حجم آب مورد نیاز (NBW)

جدول 3- اولویت‌بندی مکانی کشت محصولات باغی در استان سیستان و بلوچستان

گروه محصولات	ترتیب کشت در شهرستان ها									
نیمه‌گرمسیری	سرباز	کنارک	نیک‌شهر	خاش	ایران‌شهر	چابهار	سراوان	زاهدان	زهک	زابل
گرمسیری	سرباز	چابهار	نیک‌شهر	کنارک	-					
هسته‌دار	سرباز	سراوان	خاش	نیک‌شهر	زابل	زهک	زاهدان			
دانه‌ریز	سرباز	ایران‌شهر	زهک	سراوان	نیک‌شهر	زاهدان	خاش	زابل		
دانه‌دار	سرباز	ایران‌شهر	سراوان	خاش	نیک‌شهر	زابل	زاهدان	زهک		
خشک		خاش	زاهدان							

همچنین، کشت هر هکتار میوه‌های دانه‌دار و هسته‌دار به ترتیب به 7/12 و 7/42 هزار مترمکعب آب آبی بیش‌تری در مقایسه با میوه‌های دانه‌ریز نیازمند خواهد بود، علاوه بر این جایگزینی درآمد حاصل به ازای هر واحد آب مصرفی را به ترتیب 0/66 و 0/45 دلار کاهش خواهد داد. جدول 4 نشان می‌دهد که سه گروه میوه‌های دانه‌ریز، گرمسیری و نیمه‌گرمسیری اغلب رتبه‌های اول تا سوم را از نظر مزیت نسبی کاشت به خود اختصاص داده و کشت میوه‌های دانه‌دار، هسته‌دار و خشک علاوه بر افزایش مصرف آب، ارزش واحد آب کم‌تری دارد. بر اساس متوسط وزنی شاخص‌های آب مجازی آبی و ارزش واحد آب، گروه میوه‌های دانه‌ریز، گرمسیری، نیمه‌گرمسیری، دانه‌دار، هسته‌دار و خشک به ترتیب اولویت‌های اول تا ششم را برای کشت در استان سیستان و بلوچستان دارند. بیش‌ترین نیاز این استان، حذف گروه میوه‌های خشک است که سهم قابل توجهی در سطح زیرکشت دارند. حذف 28 درصد از سطح زیرکشت میوه‌های خشک می‌تواند حدود 30 درصد از آب مصرفی در کشت محصولات باغی (36/46 میلیون مترمکعب) را کاهش دهد.

جدول 4- اولویت‌بندی کشت محصولات باغی به تفکیک شهرستان‌ها در استان سیستان و بلوچستان

	نام شهرستان				اولویت کشت
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
زابل	دانه‌ریز	هسته‌دار	دانه‌دار	نیمه‌گرمسیری	-
زهک	دانه‌ریز	هسته‌دار	نیمه‌گرمسیری	دانه‌دار	-
زاهدان	دانه‌ریز	نیمه‌گرمسیری	هسته‌دار	دانه‌دار	خشک
چابهار	گرمسیری	نیمه‌گرمسیری	-	-	-
ایران‌شهر	دانه‌ریز	نیمه‌گرمسیری	دانه‌دار		-
خاش	دانه‌ریز	نیمه‌گرمسیری	هسته‌دار	دانه‌دار	خشک
کنارک	نیمه‌گرمسیری	گرمسیری	-	-	-
نیک‌شهر	دانه‌ریز	گرمسیری	نیمه‌گرمسیری	هسته‌دار	دانه‌دار
سراوان	دانه‌ریز	نیمه‌گرمسیری	هسته‌دار	دانه‌دار	-
سرباز	دانه‌ریز	گرمسیری	نیمه‌گرمسیری	هسته دار	دانه‌دار

نتیجه‌گیری

در این پژوهش، وضعیت الگوی کشت محصولات باغی عمده در استان سیستان و بلوچستان در قالب شش گروه شامل محصولات گرمسیری، نیمه‌گرمسیری، دانه‌ریز، دانه‌دار، هسته‌دار و خشک ارزیابی شد و بر اساس سه شاخص نسبت آب مورد نیاز به آب موجود، آب مجازی آبی و ارزش واحد آب آبی، مناسب‌ترین الگوی کشت برای هر شهرستان و بهترین مکان برای کشت شش گروه محصولات باغی در استان با هدف کاهش فشار بر منابع آب و حفظ منافع اقتصادی پیشنهاد شد. آنالیز زمانی و مکانی حاکی از وجود یک الگوی کشت نابسامان در محصولات باغی است که منتج به اعمال فشار مضاعف بر منابع آب و تخریب‌های زیست‌محیطی در نتیجه‌ی برداشت‌های بی‌رویه و غیرمجاز شده است. با این وجود، حتی با حفظ الگوی کشت موجود، اولویت‌بندی مکانی کشت محصولات باغی می‌تواند تا حد زیادی باعث صرفه‌جویی در مصرف آب توسط باغداران شود. علاوه بر آن، حذف محصولات آب‌بر و کم‌بازده‌ای مانند میوه‌های خشک می‌تواند تا 30 درصد از آب مصرفی در بخش کشاورزیِ استان را کاهش دهد. اختصاص این سطوح به کشت محصولاتی مانند میوه‌های دانه‌ریز، گرمسیری و نیمه‌گرمسیری، علاوه بر صرفه‌جویی در مصرف آب، درآمد حاصل به ازای آب مصرفی را نیز افزایش خواهد داد. به این ترتیب، استفاده از مفهوم آب مجازی می‌تواند پایداری تولید محصولات باغی در شرایط موجود در استان را تا حد زیادی تضمین

نماید.

منابع

Allan,J.A. 1993. Fortunately there are substitutes for water otherwise our hydro-political futures would be impossible. In: ODA, priorities for water resources allocation and management. ODA, London: 13–26.

Fader,M., Gerten,D., Thammer,M., Heinke,J., Lotze-Campen,H., Lucht,W., Cramer,W. 2011. Internal and external green-blue agricultural water footprints of nations, and related water and land savings through trade. Hydrological Earth System Sciences. 15.5:1641–1660.

FAO, 2010. AQUASTAT. http://www.fao.org/nr/water/aquastat/main/index.stm.

FAO, 2013. CROPWAT Model. [Online]. Food and Agriculture Organization, Rome. Available: www.fao.org/nr/water/inforesdatabasescropwat.html

FAO, 2014. Fao statistical year book. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, p 352.

Hoekstra,A.Y., Hung,P.Q. 2002. Virtual water trade: a quantification of virtual water flows between nations in relation to international crop trade. UNESCO-IHE, Delft

Hoekstra,A.Y., Chapagain,A.K. 2007. Water footprints of nations: water use by people as a function of their consumption pattern. Water Resource Management.21:35–48.

Karandish,F., Salari,S., Darzi-Naftchali,A. 2015. Application of Virtual Water Trade to Evaluate Cropping Pattern in Arid Regions. Water Resources Management.4061-4074

Klocke,NL., Schneekloth,JP., Melvin,S., Clark,R.T., Payero,J.0. 2004. Field scale limited irrigation scenarios for water policy strategies. Applied Engineering Agriculture.20: 623-631.

MAJ: Ministry of Agricultural Jihad in Sistan and Baluchestan. 2012. Statistical yearbook of agricultural and animal products.

MAI: Ministry of Agriculture in Iran. 2010. Statistical yearbook of agricultural and animal products for 2009-2010.

Payero,J.O., Melvin,S.R., Irmak,S., Tarkalson,D. 2006. Yield response of corn to deficit irrigation in a semiarid climate. Agricultural Water Management. 84: 101–112.

Ridoutt,B., Juliano,P., Sanguansri,P., Sellahewa,J. 2010. The water footprint of food waste: case study of fresh mango in Australia. Journal of Clean Production. 18.16:1714–1721.

Stone,L.R. 2003. Crop water use requirements and water use efficiencies. In: Proceedings of the 15th annual Central Plains Irrigation Conference and Exposition, Colby, Kansas, pp. 127-133.

Wang,X., Zhang,Z., Long,A., Xu,Z. 2005. Review of virtual water research. China Rural Water Hydropower.1:27-30.

Yang,H., Wang,L., Abbaspour,K.C., Zehnder,A.J.B. 2006. VW trade: an assessment of water use efficiency in the international food trade. Hydrological Earth System Sciences. 10:443-454.

Yu,Y., Hubacek,K., Feng,K., Guan,D. 2010. Assessing regional and global water footprints for the UK. Ecological Economy. 69.5:1140–1147.

Zhang,C., McBean,E.A., Huang,J. 2014. A virtual water assessment methodology for cropping pattern investigation. Water Resource Management. 28:2331-2349.

Zhao,X., Chen,B., Yang,Z. 2009. National water footprint in an input–output framework—a case study of China 2002. Ecological Modeling. 220.2:245–253.

Iranian Journal of Irrigation and Drainage
No. 3, Vol. 11, Agu.-Sept. 2017, p. 335-345

نشریه آبیاری و زهکشی ایران
شماره3، جلد 11، مرداد - شهریور 1396، ص. 345-335

Assessing the Sustainability of Horticultural Production Using the Concepts of Virtual Water and the Economic Value of Water

F. Karandish[1*], **S. Salari**[2], **A. Darzi-Naftchali**[3]
Recived: Jul.07, 2016 Accepted: Oct.19, 2016

Abstract

Despite the population increase and the need to produce more fruit to meet per capita consumption of fruits, non-compliance of cropping pattern to the available water resources in a region, especially in water scarce areas, led to reduction in the production of horticultural crops in recent years. In this research, the most appropriate cropping pattern of the horticultural crops in Sistan and Baluchestan province was determined based on the concept of virtual water. Calculations were done using a 12-year period (2000- 2011) data of yield and crop sown area of 32 horticultural crops, irrigation and climate of different counties of the province. Totally, 81% of the area under cultivation of horticultural crops in the province was allotted to tropical, subtropical and dry fruits. Having consumed about 30% of the total water allocated to the horticultural crops of the province, dry fruits produce only one percent of the province's fruits. Substituting this group of fruits with fine fruits in Khash and Zahedan counties, will increase gardening income by 2810 $ ha^{-1} while reducing water consumption by about 10.2 thousand cubic meters. Fine fruits have the first priority for cultivation in the province followed by tropical, subtropical, pome, nucleate and dry fruits. Removal dry fruits from cropping pattern will save 36.46 million cubic meters of water per year which consequently helps sustainable production of horticultural crops in the Sistan and Baluchistan province. Based on the results, even in the presence of current water - intensive cropping pattern, spatial prioritization of cultivating horticultural crops based on desired criterion can diminish water consumption by gardeners and increase income per unit water consumed. This situation ensures sustainable production of horticultural crops in the province.

Keywords: Arid climate, Blue virtual water, Fruits, Virtual water balance, Self-sufficiency in production,.

1- Assistant professor, Water Engineering Department, University of Zabol
2- MSc Graduated, Water Engineering Department, University of Zabol
3- Assistant professor, Water Engineering Department. Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University
(*- Corresponding Author Email: Karandish_h@yahoo.com)