نشریه دانش آب و خاک / جلد ۳۱ شماره ۳ صفحه‌های ۷۳ تا ۸۶/ سال ۱۴۰۰

مقاله پژوهشی

برآورد آب مجازی شیر تولیدی گاو هولشتاین در استان آذربایجان شرقی تحت کشت آبی عناصر جیره‌ی غذایی

سیما اصغرزاد دانش[۱]*، احمد فاخری فرد[۲]

تاریخ دریافت: ۹۷/۰۳/۳۰ تاریخ پذیرش: ۹۹/۱۰/۱۶

۱-دانش آموخته‌ی کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه کردستان، سنندج، ایران
۲-استاد گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران
*مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: simadanesh94@gmail.com

چکیده

با رشد جمعیت و افزایش نیاز به غذا، افزایش تولید محصولات کشاورزی و دامی ضروری است و استفاده‌ی بهینه از آب در فرآیند تولید از الزامات کشاورزی و دامپروری پایدار است. جهت بهینه کردن میزان آب مصرفی در تولید محصولات دامی باید به میزان آب مصرفی محصولات موجود در ترکیب جیره‌ی غذایی و مقادیر آب شرب و آب مربوط به خدمات نگهداری دام توجه شود. به این میزان آب مصرفی که در فرآیند تولید محصول دامی استفاده شده است آب مجازی محصول گفته می‌شود. هدف از این تحقیق برآورد آب مجازی شیر مربوط به گاو هلشتاین در استان آذربایجان-شرقی با در نظر گرفتن راندمان‌های آبیاری ۳۳، ٦۰ و ۹۰ درصد بود. مقادیر آب مجازی مربوط به محصولات گندم، جو، ذرت علوفه‌ای، سویا، چغندر علوفه‌ای و یونجه در استان با راندمان آبیاری ۳۳ درصد به ترتیب ۱/۲، ۱/۵، ۰/۱۳، ۳/۸، ۲/۲ و ۲/٤ مترمکعب در کیلوگرم محاسبه شد. بر اساس راندمان آبیاری ذکر شده میزان آب مصرفی شیر برای چهار دوره‌ی شیردهی بعد از زایش، پرشیر، متوسط شیر و کم شیر ۱/۵، ۱/٤، ۲/٤ و۳/۳ مترمکعب در کیلوگرم بدست آمد. با افزایش راندمان آبیاری از ۳۳ به ٦۰ و ۹۰ درصد، آب مصرفی شیر تولیدی به ترتیب ٤۳ و ٦۰ درصد کاهش یافت.

واژه‌های کلیدی: آب مجازی، جیره‌ی غذایی، راندمان آبیاری ، شیر تولیدی، هلشتاین

Calculating Virtual Water of Holstein Milk Production in East Azerbaijan under Irrigated Conditions of Feed Ingredient.

S Asgarzad-Danesh[*1], A Fakheri-Fard[2]

Received: June 20, 2018 Accepted: January 5, 2021
[1]M.Sc. Graduated Student, Dept. of Water Eng., Faculty of Agric., Univ. of Kurdistan, Sanandaj, Iran
[2] Prof., Dept. of Water Eng., Faculty of Agric., Univ. of Tabriz, Tabriz, Iran
*Corresponding Author, Email: simadanesh94@gmail.com

Abstract

Growth in the population and increasing the need for food make it necessary to increase agricultural and livestock production; therefore, due to water resources constraints, the optimal use of water in the production process is a requirement of sustainable agriculture and animal husbandry activities. In order to optimize the amount of water used in the production of livestock products, it should be paid attention to the amount of water consumed by the products in the diet ingredient and the amounts of drinking water and water related to livestock maintenance. This amount of water used to produce a livestock production is called virtual water of it. The aim of this study was computing virtual water of Holstein milk production in East Azerbaijan considering three irrigation efficiencies of 33, 60 and 90 percent. Average virtual water of wheat, barley, corn, soybean, beet and alfalfa as a diet element were 1.2, 1.5, 0.13, 3.8, 2.2 and 2.4 cubic meters per a kilogram production of each one by considering 33 percent irrigation efficiency, respectively. According to 33 percent of irrigation efficiency the virtual water of milk for after parturition, high yielding, average yielding and low yielding durations were 1.5, 1.4, 2.4 and 3.3 cubic meters per a kilogram production, respectively. By increasing irrigation efficiency from 33% to 60% and 90%, the virtual water of milk was decreased by 43 and 60 percent, respectively.

Keywords: Diet, Holstein, Irrigation efficiency, Milk production, Virtual water

مقدمه

در نیم قرن اخیر عواملی از قبیل وضع قوانین اقتصادی بین‌المللی جهت تسهیل داد و ستد بین کشورها، افزایش تجارت الکترونیکی و افزایش نیاز به غذا موجب افزایش مبادلات کالا به‌خصوص محصولات کشاورزی و دامی در سطح جهانی شده است. به همراه این مبادلات بین محل مبدا و مقصد، نقل و انتقال منابع آب به طور مجازی شکل می‌گیرد (دوارت و همکاران ۲۰۱۵). مفهوم آب مجازی[1] اولین بار توسط آلن مطرح گردید. در تعریف وی آب مجازی حجم آب به کار رفته در فرآیند تولید یک کالا اعم از کشاورزی و صنعتی عنوان می‌شود (آلن ۱۹۹۸). طرح این ایده منجر به طبقه‌بندی آب در سه گروه آب آبی، سبز و خاکستری شده است. مقدار آب آبی مجموع دو مقدار رواناب سطحی و آب زیرزمینی عمیق می‌باشد. آب سبز مجموع دو مقدار آب موجود در نیمرخ خاک (ذخیره‌ی آب سبز) و تبخیر تعرق واقعی (جریان آب سبز) است که در قالب تبخیر از سطح خاک و آب و تعرق از پوشش گیاهی وارد هواکره می‌شود (منشادی و همکاران ۲۰۱۳). آب سبز یکی از منابع مهم تأمین آب مورد نیاز گیاهان به‌ویژه در اراضی دیم است. آب خاکستری یک محصول، میزان آبی است که نیاز است تا کیفیت آب آلوده‌ی حاصل از تولید را به حد آب مورد استفاده برساند (مکنن و هوکسترا ۲۰۱۰). جهت بیان میزان برداشت از منابع آب به صورت مستقیم و از طریق مبادله‌ی آب مجازی از

[1] Virtual water

شاخص رد پای اکولوژیک آب یا آبرانه[۲] استفاده می‌شود و شاخصی برای تعیین میزان مصرف واقعی آب است (جعفری نژاد و همکاران ۲۰۱۳). آبرانه‌ی یک نفر انسان شامل آب مصرفی به طور مستقیم از طریق مواردی نظیر آشامیدن و شستشو و به طور غیر مستقیم از طریق تغذیه و استفاده از وسایل و خدمات می‌باشد. آبرانه‌ی ملی به مفهوم کل آب مصرفی مردم یک کشور به طور مستقیم و از طریق استفاده از کالاها و خدمات می‌باشد به عبارتی آبرانه‌ی ملی عبارت است از مصرف کل از منابع آب داخلی به اضافه‌ی واردات آب مجازی منهای صادرات آب مجازی (احسانی و همکاران ۲۰۰۸). لذا مفهوم آب مجازی در تعیین میزان استفاده‌ی غیرمستقیم از آب و در جریان تبادل کالاها بین مکان‌های تولید و مصرف (رنالت ۲۰۰۲) مورد توجه قرار می‌گیرد. مطالعات متعددی در زمینه‌ی تعیین حجم واردات و صادرات آب مجازی در قالب محصولات مختلف برای یک کشور (بابازاده و سرایی ۲۰۱۲)، حجم صادرات آب مجازی (میزان آبی که کشور صادرکننده مصرف می‌کند تا کالایی را تولید کند) در سطح جهانی در قالب محصولات خاص (هاناساکی ۲۰۱۰)، بررسی رابطه‌ی تجارت آب مجازی و کمبود آب[۳] (میزان برداشت مستقیم از منابع آب بر میزان منابع آب قابل دسترس) (لیو و همکاران ۲۰۱۵) و بررسی عوامل مؤثر بر تجارت آب مجازی (فراکاسو ۲۰۱٤) انجام گرفته است . مفهوم آب مجازی می‌تواند به مدیریت صحیح منابع آب از طریق مطابقت حجم و ترکیب محصولات وارداتی و صادراتی با میزان منابع آب موجود، در نظر گرفتن عملکرد محصول تولیدی در منطقه جهت تصمیم‌گیری بر تولید یا واردات و یا افزایش عملکرد جهت کاهش فشار بر منابع آب (دوارت و همکاران ۲۰۱۵) و تعدیل انتقال حقیقی بین حوضه‌ای آب (منشادی و همکاران ۲۰۱۳) کمک نماید. جهت مطالعه‌ی حجم آب مجازی وارداتی و صادراتی در یک منطقه در قالب یک محصول یا میزان استفاده از آب از طریق استفاده از کالاها و خدمات مختلف در یک منطقه، نخستین گام تعیین میزان آب مصرفی در فرآیند تولید محصولات و کالاهای مورد نظر است. این تحقیق بر تعیین میزان آب مصرفی واحد وزن (آب مجازی) چند محصول کشاورزی و دامی می‌پردازد.

آب مجازی محصولات زراعی به تبخیرتعرق منطقه‌ی کشت، راندمان آبیاری و عملکرد تولید وابسته است (رنالت۲۰۰۲). میزان تبخیرتعرق به اقلیم منطقه بستگی دارد. عملکرد تولیدات کشاورزی یکی از مهمترین پارامترهای تأثیرگذار بر آب مجازی است. محصولات آب‌بر ممکن است به دلیل بالا بودن عملکرد تولید آب مجازی پایین و محصولات با نیاز آبی کم به علت پایین بودن عملکرد تولید مقدار آب مجازی بالایی داشته باشند. اقلیم منطقه با تأثیر بر میزان تبخیرتعرق گیاه و مدّت، شدت و زمان بارش‌ها (در صورت کم‌آبیاری) عملکرد تولید را تحت تأثیر قرار می‌دهد (ننادگانی و همکاران ۲۰۱۱). از دیگر عوامل مؤثر بر عملکرد محصولات کشاورزی می‌توان به یکپارچگی و پراکندگی قطعات کشاورزی (اشراقی و همکاران ۲۰۰۹)، تناوب زراعی و نوع محصولات پیش‌کاشت در تناوب زراعی (فیض‌آبادی و عزیزی ۲۰۱۲)، کشت مخلوط و ترکیب و تراکم کشت در کشت‌های مخلوط (آقایی و همکاران ۲۰۱۵) و تأمین عناصر مورد نیاز جهت رشد گیاه (عباس‌دخت و مروی ۲۰۰۵) اشاره کرد.

در مورد فرآورده‌های دامی بخصوص شیر که موضوع اصلی تحقیق حاضر می‌باشد نوع و ترکیب جیره‌ی غذایی هم به لحاظ میزان (سالتانا و همکاران ۲۰۱٤) و کیفیت (شاور ۲۰۱۰) تولید و هم به لحاظ میزان آب مصرفی مورد توجه پژوهشگران می‌باشد. با تنظیم بهینه‌ی جیره‌ی غذایی مطابق با استانداردهای علمی، نسبت مقدار جیره مصرفی به مقدار شیر تولیدی کاهش می‌یابد و موجب صرفه‌جویی در جیره‌ی غذایی و

[2] Water footprint
[3] Water scarcity

نیز آب مصرفی آن می‌شود (شاور ۲۰۱۰) . جیره‌ی غذایی دام به طور کلی از سه جزء کنسانتره (ترکیبی از محصولات زراعی اصلی)، علوفه و ضایعات گیاهی تشکیل می‌شود (مکنن و هوکسترا ۲۰۱۲). یکی دیگر از راهکارها در جهت کاهش آب مصرفی، جایگزینی ضایعات کشاورزی به جای محصولات زراعی اصلی در جیره است به‌طوری‌که تأثیر قابل توجهی در کاهش میزان و کیفیت تولید نداشته باشد (عالم‌زاده و سراج ۲۰۰۳). این جایگزینی میزان مصرف آب را به طور چشمگیری کاهش می‌دهد زیرا آب مصرفی عمدتا صرف تولید محصول اصلی می‌شود (مکنن و هوکسترا ۲۰۱۲). یکی دیگر از راهکارهای ارائه شده استفاده از گونه‌های گیاهی شورپسند در جیره‌ی غذایی می‌باشد (احمدی ۲۰۱٦). این گزینه می‌تواند در مناطقی که شوری آب و خاک بالاتر از حد استاندارد جهت کشت محصولات زراعی معمول است، میزان مصرف آب‌های متعارف را به مقدار قابل توجهی کاهش دهد. عامل دیگری که میزان تولید و درنتیجه میزان آب مصرفی را تحت تأثیر قرار می‌دهد نژاد دام می‌باشد . اصلاح نژاد دام جهت افزایش تولید و استفاده از جیره‌ی غذایی کم آب‌بر می‌تواند منجر به تولید بیشتر جهت پاسخ به تقاضای بازار بدون افزایش قابل توجه مصرف آب شود (شاور ۲۰۱۰). سیستم نگهداری دام یکی دیگر از عوامل تأثیرگذار بر میزان تولید و میزان آب مصرفی است. طبق اعلام فائو سیستم‌های نگهداری به سه دسته تقسیم‌بندی می‌شوند. سیستم چرایی که تعداد معدودتری دام در هکتار زمین وجود دارد، سیستم ترکیبی که مزرعه‌ی نگهداری دام و مزرعه‌ی کشت گیاه ادغام شده است و بخشی از گیاه تولیدی به عنوان جیره‌ی غذایی دام استفاده می‌شود و سیستم صنعتی که تراکم بیشتری به لحاظ تعداد دام در هکتار زمین وجود دارد و درصد کمی از جیره‌ی غذایی دام داخل مزرعه تولید می‌شود (چاپاگین و هوکسترا ۲۰۰۳) . ترکیب جیره‌ی غذایی بستگی به سیستم نگهداری دام و محل پرورش دارد. (مکنن و هوکسترا ۲۰۱۲). دوره‌ی شیردهی نیز از جمله عوامل تأثیرگذار در میزان شیردهی است. بعد از زایمان تا چند هفته، تولید شیر به سرعت افزایش یافته و به حداکثر می‌رسد. سپس دوره‌ی اوج شیردهی آغاز می‌شود و پس از آن تولید شیر به تدریج کم می‌شود. اواسط تا اواخر شیردهی تولید شیر با شدت بیشتری کاهش می‌یابد (فرودی ۲۰۱۳).

هدف از این تحقیق تعیین آب مجازی شیر تولیدی گاو هلشتاین در چهار دوره‌ی بعد از زایش، پرشیر، متوسط شیر و کم شیر می‌باشد.

از دیگر پژوهش‌های انجام یافته در کشور در مورد آب مجازی می‌توان به موارد زیر اشاره نمود.

منتظر و همکاران (۲۰۰۹) جهت توسعه‌ی مدل ارزیابی آب مجازی شبکه‌های آبیاری مدرن ایران از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی استفاده کردند. ١٤ عامل مؤثر بر آب مجازی شبکه‌های آبیاری را به عنوان معیارهای تصمیم‌گیری به کار گرفتند. نتایج تحلیل حساسیت مدل نشان داد که معیارهای سطح زیر کشت و نیاز آبی محصولات الگوی کشت بیشترین تأثیر و معیارهای کیفیت و قیمت آب کمترین تأثیر را بر آب مجازی دارند. بر اساس اندازه‌گیری آب مجازی واقعی در مزرعه و مقایسه‌ی آن با مقادیر برآورد شده توسط فرآیند سلسله مراتبی عنوان کردند که رتبه‌بندی آب مجازی شبکه‌های آبیاری در دو روش دارای تطابق مطلوبی است و مدل توسعه یافته به عنوان یک ابزار مدیریتی کارا با کاربری ساده در ارزیابی بهره‌وری آب سامانه‌های آبیاری قابل توصیه می‌باشد.

امیدی و همایی (۲۰۱۵) تغییرات سطوح کشت و مقادیر تولید گندم فاریاب و دیم و مقادیر بارش مؤثر را در یک دوره‌ی ۱۰ ساله مطالعه کردند. در نتیجه‌ی تحقیق عنوان شده است که افزایش سطح زیر کشت فاریاب با وجود روند کاهشی بارندگی باعث افزایش مصرف آب شده است. از نظر این محققین بهترین راهکار از دیدگاه آب مجازی افزایش سطح زیر کشت

دیم و کاربرد آبیاری تکمیلی در کنار کشت دیم است که موجب بهره‌گیری بیشتر از آب مجازی سبز شده و با کاهش آب مجازی آبی از تولید زهاب کم و در هزینه‌های تولید صرفه‌جویی می‌شود.

بابازاده و سرایی (۲۰۱۲) کل واردات و صادرات آب مجازی استان هرمزگان را به ترتیب ۱۲۸٤/۳ و ۱۱۳۱/۱ میلیون مترمکعب در سال برآورد کردند. سهم بخش زراعی، باغی و دامی از واردات آب مجازی به ترتیب ٦۱/٤٤، ۹/۹۷ و ۲۸/۵۹ درصد و از صادرات آب مجازی ۳۵/۳۲، ۵۹/۱۸ و ۵/۵ درصد بوده است. در این مطالعه پیشنهاد شده است که الگوی کشت استان هرمزگان به سمت استفاده‌ی بیشتر از آب سبز و پرهیز از کاشت محصولات آب بر تابستانه مثل ذرت و سیب زمینی تغییر جهت داده شود.

عربی یزدی و همکاران (۲۰۱۵) بر اساس الگوی پیشنهادی بهینه در طرح امنیت غذایی کشور، نیاز غذایی استان خراسان را برآورد کردند. با در نظر گرفتن جمعیت استان در سال ۱۳۹۰ میزان تولیدات کشاورزی مورد نیاز در سال برابر ٤٤۸ هزار تن برآورد شد که با در نظر گرفتن راندمان ۳۵ درصد، معادل ۲۰٦۵ میلیون مترمکعب آب مورد نیاز است در حالیکه منابع آبی استان در حدود نیمی از این نیاز آبی را می‌توانند تامین کنند. در این تحقیق حجم آبرانه‌ی استان در سال ۱۳۹۱ در حدود ۱۱٤۲ میلیون متر مکعب برآورد شده است که به ازاء هر نفر ۱۷۲۳/۷ مترمکعب در سال است. کشت محصولات بومی سازگار با شرایط اقلیمی و واردات محصولات آب‌بر به استان به عنوان راهکاری جهت کاهش فشار بر منابع آب و کشاورزی پایدار پیشنهاد شده است.

مواد و روش‌ها

آب مجازی مربوط به دوره‌ی رشد گیاه به صورت رابطه‌ی ۱ محاسبه شد (رنالت۲۰۰۲).

[۱]

در این رابطه VW آب مجازی گیاه ($m^3\ kg^{-1}$)، V حجم آب مصرفی در طول دوره‌ی رشد گیاه ($m^3\ ha^{-1}$) و Y عملکرد گیاه ($kg\ ha^{-1}$) می‌باشد.

برای شش محصول گندم، جو، ذرت علوفه‌ای، سویا، چغندر علوفه‌ای و یونجه داده‌های عملکرد تولید و سطوح زیر کشت برای نوزده شهرستان استان برای سال‌های ۸٤-۸۳ تا ۹٤-۹۳ از سازمان جهاد کشاورزی استان تهیه شد. به دلیل اینکه در برخی موارد مقادیر عملکرد یک محصول خاص در چند سال تفاوت قابل توجهی داشت که به نظر می‌رسید به دلیل خطا در ثبت اطلاعات می‌باشد، میانگین یازده ساله‌ی عملکرد هر محصول در هر کدام از شهرستان‌ها برآورد گردید تا اثر خطای موجود در داده‌ها تعدیل شود. جهت تعیین عملکرد تولید محصولات در استان با توجه به یکسان نبودن سطوح زیر کشت در شهرستان‌های مختلف، از میانگین‌گیری وزنی با در نظر گرفتن سطوح زیر کشت استفاده گردید. مقادیر برای گندم، جو، ذرت علوفه‌ی، سویا، چغندر علوفه‌ای و یونجه به ترتیب ۳۳۹۸، ۲۷۰۷، ٤۱۵۱۱، ۲۰٤۳، ۵۵۰۸ و ۸۵۰۷ کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد.

همچنین جهت برآورد نیاز آبی محصولات در استان از میانگین وزنی نیاز آبی شهرستان‌ها استفاده گردید (عربی یزدی و همکاران ۲۰۰۹).

حجم کل آبی که از منابع برداشت، وارد شبکه‌های انتقال آب و سپس وارد مزرعه می‌شود و مقادیر بارندگی باید در محاسبه‌ی آب مجازی به کار گرفته شود. با توجه به نبود آمار در مورد میزان آب‌های اختصاص داده شده از مخازن آب به محصولات مختلف و با توجه به کم آبیاریهای اعمال شده، مقادیر مصرف مشخص نیست. در این تحقیق فرض شده است که نیاز آبی گیاهان به طور کامل تأمین شده است که مقادیر بارندگی جزئی از آن می‌باشد.

جهت تعیین حجم آب مصرفی باید میزان تبخیر تعرق گیاهان محاسبه شود. به این منظور مقادیر تبخیر

تعرق پتانسیل و ضرایب گیاهی محاسبه می‌شود. جهت برآورد تبخیر تعرق پتانسیل در تمامی شهرستان‌های استان از آمار هواشناسی ماهانه‌ی سال‌های آبی ۸۱-۸۰ تا ۹۰-۸۹ که برای هفده ایستگاه هواشناسی از جمله قوریگل (از توابع اهر) و برازین (از توابع هریس) موجود بود جهت حل فرمول پنمن مانتیس فائو به صورت رابطه‌ی ۲ استفاده شد (آلن و همکاران ۱۹۹۸). داده‌های ساعات آفتابی برای شش ایستگاه به غیر از هفده ایستگاه هواشناسی مذکور موجود بود که جهت برآورد این پارامتر برای هفده ایستگاه از رسم خطوط هم تشعشع در نرم‌افزار Arc GIS استفاده شد.

$$ET_o = \frac{0.408\,\Delta\,(R_n - G) + \gamma \frac{900}{T+273}\,U_2(e_s - e_a)}{\Delta + \gamma\,(1 + 0.34\,U_2)} \quad [۲]$$

در این رابطه ET_O تبخیر تعرق پتانسیل ($mm\ day^{-1}$)، R_n تابش خالص بر سطح گیاه ($MJ\ m^{-2}\ day^{-1}$)، G چگالی جریان گرمای خاک ($MJ\ m^{-2}\ day^{-1}$)، T متوسط دمای هوای روزانه در ارتفاع ۲ متری (^oC)، U_2 سرعت باد در ارتفاع ۲ متری ($m\ s^{-1}$)، e_s فشار بخار اشباع (Kpa)، e_a فشار بخار واقعی (Kpa)، e_s-e_a کسر فشار بخار اشباع (Kpa)، Δ شیب منحنی فشار بخار ($Kpa\ ^oC^{-1}$) و γ ثابت سایکرومتری ($Kpa\ ^oC^{-1}$) می‌باشد.

جهت حل رابطه‌ی ۲ از کدنویسی در نرم‌افزار فورترن استفاده شد. مقادیر تبخیر تعرق پتانسیل برای هر ماه از سال‌های ۸۱-۸۰ تا ۹۰-۸۹ برای ایستگاه‌هایی که داده‌های هواشناسی آنها به کار گرفته شده بود به‌دست آمد. با توجه به دیگر داده‌های مربوط به سطوح زیر کشت و عملکرد محصولات که برای نوزده شهرستان استان موجود بود، جهت برآورد تبخیر تعرق پتانسیل این مناطق از روش تیسن در نرم‌افزار Arc GIS استفاده شد.

مقادیر ضریب گیاهی (K_c) برای رطوبت‌های نسبی حداقل ٤٥ درصد و سرعت باد ۲ متر در ثانیه در نشریه‌ی فائو ٥٦ به صورت جدول ارائه شده است. در صورتی‌که دو پارامتر ذکر شده متفاوت از ٤٥ درصد و ۲ متر در ثانیه باشد مقدار K_c طبق فرمول ٤ اصلاح می‌شود.

$$K_{c\,end} = K_{c\,end}(Tab) + [0.04(U_2 - 2) - 0.004(RH_{min} - 45)](\frac{h}{3})^{0.3} \quad [٤]$$

h بیشینه ارتفاع گیاه بر حسب متر می‌باشد.

به دلیل آنکه مقادیر آبیاری در عمل برای تمامی دوره‌های رشد گیاه یکسان است بنابراین فقط از ضریب گیاهی نهایی ($K_{c\text{-}end}$) جهت برآورد تبخیر تعرق واقعی استفاده گردید.

برای رطوبت نسبی حداقل ٤٥ درصد و سرعت باد ۲ متر در ثانیه مقادیر $K_{c\text{-}end}$ استخراج (علیزاده ۲۰۰۵، آلن و همکاران ۱۹۹۸) و جهت تصحیح این مقادیر با توجه به فرمول (٤) مقادیر رطوبت نسبی حداقل از آمار سال ۱۳۹۱ مربوط به هر کدام از شهرستان‌های استان و جهت برآورد سرعت باد از آمار ۳۰ ساله‌ی ۱۳۸۹-۱۳۵۹ استفاده گردید. سرعت باد برای چند ایستگاه با استفاده از مقادیر ایستگاه‌های موجود و استفاده از خطوط هم باد به دست آمد.

به این ترتیب مقادیر $K_{c\text{-}end}$ برای هر محصول در نوزده شهرستان استان اصلاح شد.

جدول ۱- ضرایب گیاهی نهایی و حداکثر ارتفاع گیاه برای محصولات بررسی شده در این تحقیق.

	Kc-end	height (m)
گندم	۰/۲۵	۱
جو	۰/۲۵	۱
ذرت	۰/۵	۲
سویا	۰/۵	۱
چغندر	۰/٦	۰/٦
یونجه	۱/۱۵	۰/۷

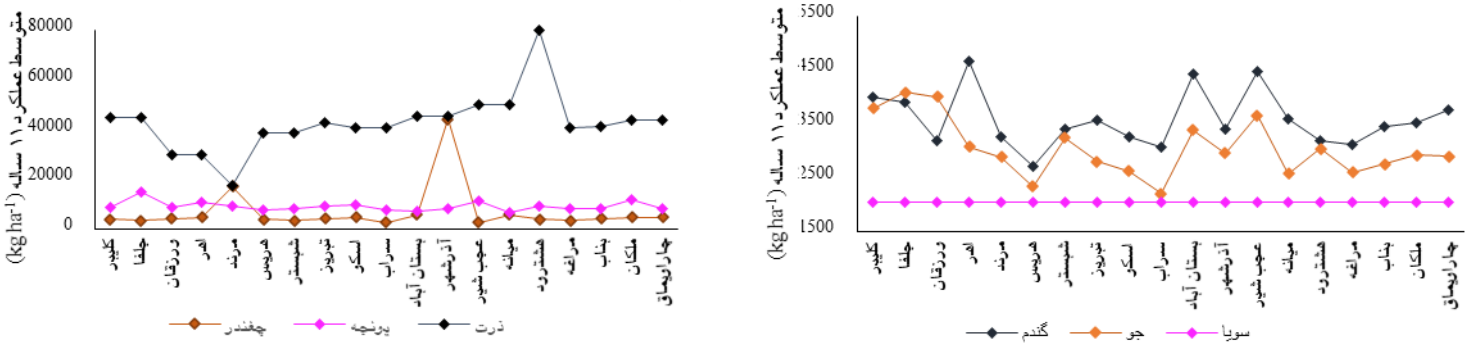
جدول ۲- طول دوره‌های رشد شش محصول مورد مطالعه (ماه).

گندم	جو	ذرت علوفه‌ای	سویا	چغندر علوفه‌ای	یونجه
۳/۵	٤/٥	٤/۳	٤	٥	٦
(فروردین تا اواسط مرداد)	(فروردین تا اواسط مرداد)	(فروردین تا ۱۰ مرداد)	(اردیبهشت تا مرداد)	(فروردین تا مرداد)	(اردیبهشت تا مهر)

با استفاده از مقادیر تبخیر تعرق پتانسیل ماهانه و ضرایب گیاهی موجود هر گیاه در هر شهرستان، مقادیر تبخیر تعرق واقعی ماهانه برای هر گیاه در شهرستان‌ها، مطابق رابطه‌ی ۳ محاسبه و جهت تعیین تبخیر تعرق واقعی در طول دوره‌ی رشد گیاه برای هر کدام از سالها، مقادیر تبخیر تعرق واقعی ماه‌های مذکور در جدول ۲ جمع زده شد.

$$ET_c = k_c \times ET \quad [۳]$$

در رابطه‌ی ۳، ET_c تبخیر تعرق واقعی، ET تبخیر تعرق پتانسیل و K_c ضریب گیاهی می‌باشد. جهت برآورد نیاز ناخالص گیاهان از راندمان ۳۳ درصد برای سامانه‌ی آبیاری سطحی و راندمان‌های ٦۰ و ۹۰ درصد برای سامانه‌های تحت فشار، با فرض برقراری هر کدام از این سامانه‌ها در کل مجموعه استفاده گردید. راندمان‌های مذکور مربوط به انتقال آب از محل منبع به محل مزرعه و راندمان مزرعه می‌باشد. بدین ترتیب حجم آب مصرفی در طول دوره‌ی رشد گیاهان برآورد گردید.



شکل ۱- متوسط عملکرد ۱۱ ساله‌ی شش محصول در شهرستان‌های استان.

جهت محاسبه‌ی آب مصرفی برای تولید شیر، ابتدا آب مصرفی گیاهان موجود در جیره‌ی غذایی دام محاسبه شد. جیره‌ی غذایی گاو شیرده هولشتاین برای چهار دوره‌ی شیردهی بعد از زایش، پرشیر، متوسط شیر و کم شیر از شرکت دامپروری آذر نگین تبریز تهیه شد. جیره‌ی غذایی برای هر چهار دوره عبارت بود

$$VW_{milk} = \frac{VW_{diet} + Wa + S}{W_{milk}} \quad [۵]$$

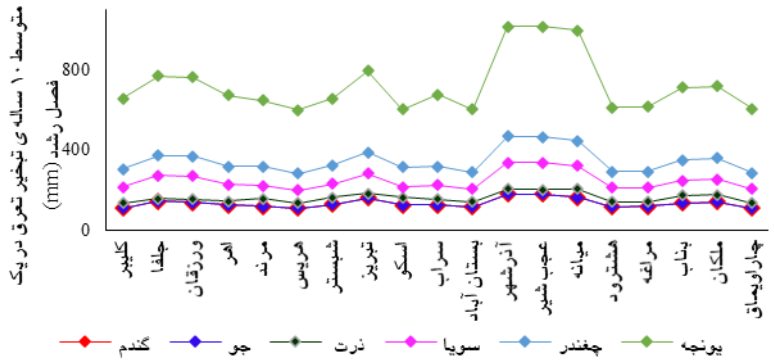
از کلش گندم و جو، یونجه، سیلوی ذرت علوفه‌ای، کنسانتره و تفاله‌ی چغندر با میزان متفاوت برای هر دوره. کلش گندم و جو حدود ۱ درصد و یونجه حدود ۱۲ درصد از کل جیره را تشکیل می‌دهند که مقادیر آن‌ها در چهار مرحله به مقدار کمی تغییرمی‌کند. ذرت علوفه‌ای بخش عمده‌ای از جیره را تشکیل می‌دهد که مقدار آن با افزایش شیردهی افزایش می‌یابد. بعد از ذرت علوفه‌ای، کنسانتره بیشترین مقدار است که با افزایش شیردهی افزایش می‌یابد. البته مقدار کنسانتره در دوره‌ی بعد از زایش کمتر از میزان آن در دوره‌ی متوسط شیردهی است. محصولات تشکیل دهنده‌ی کنسانتره عبارت است از جو، ذرت علوفه‌ای، سویا و کنجاله سویا. تفاله‌ی چغندر ۱۲ تا ۳۰ درصد جیره را شامل می‌شود و مقدار آن با افزایش شیردهی کاهش می‌یابد که البته کمترین مقدار به دوره‌ی بعد از زایش اختصاص دارد . میزان آب شرب با افزایش شیردهی افزایش می‌یابد. در مورد کلش گندم و جو، درصدی از آب مصرفی محصول اصلی برای کلش حاصل در نظر گرفته شد. به دلیل آنکه چند واحد وزن کل محصول، یک واحد وزن کلش را ایجاد می‌کند، کل آب مصرفی گندم و جو به عنوان آب مصرفی کلش منظور گردید. میزان کل آب مصرفی دام عبارت است از آب مصرفی جهت تولید گیاهان موجود در جیره‌ی غذایی، میزان آب شرب و آب لازم جهت نگهداری دام. اطلاعات دریافت شده از شرکت دامپروری، متوسط روزانه‌ی جیره‌ی مصرفی و آب شرب در طول دوره‌ی زندگی گاو هولشتاین بود و مقادیر شیر تولیدی نیز به صورت متوسط روزانه برای چهار دوره‌ی شیردهی داده شده بود. میزان کل آب مصرفی به صورت متوسط روزانه بخش بر میزان شیر تولیدی متوسط روزانه مطابق رابطه‌ی ۵ (چاپاگین و هوکسترا ۲۰۰۳)، میزان آب مجازی هر واحد شیر تولیدی را به دست داد.

VW_{milk} آب مجازی شیر ($m^3\ kg^{-1}$)، VW_{diet} آب مجازی جیره‌ی غذایی ($m^3\ day^{-1}$)، Wa آب شرب ($m^3\ day^{-1}$)، S آب مربوط به نگهداری دام ($m^3\ day^{-1}$) و w_{milk} وزن شیردهی ($kg\ day^{-1}$) می‌باشد.

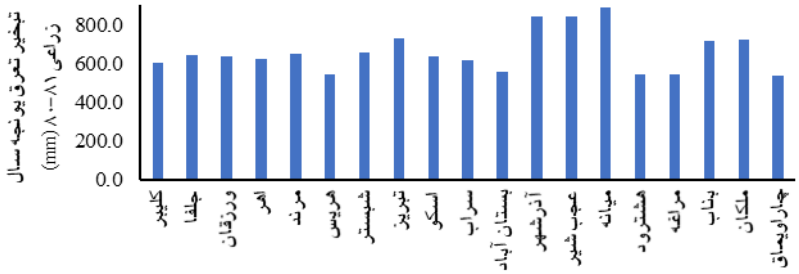
نتایج و بحث

متوسط وزنی نیاز آبی خالص برای گندم، جو، ذرت علوفه‌ای، سویا، چغندر علوفه‌ای و یونجه به ترتیب ۱۳۶۷، ۱۳۱۵، ۱۷۴۲، ۲۵۷۳، ۳۹۶۲ و ۶۷۸۰ متر مکعب در یک سال آبی زراعی در استان برآورد گردید. برای تمامی محصولات سه ایستگاه آذرشهر، عجب‌شیر و میانه بالاترین میزان نیاز آبی را در بین شهرستان‌های استان داشتند. در مورد آب مجازی محصولات کشاورزی با در نظر گرفتن راندمان آبیاری ۳۳٪، سویا با متوسط استانی ۳/۸ مترمکعب بر کیلوگرم بیشترین میزان و ذرت علوفه‌ای با متوسط ۰/۱۳ مترمکعب بر کیلوگرم کمترین میزان آب مجازی را دارا بود. مقادیر برای چهار محصول گندم، جو، چغندر و یونجه به ترتیب عبارت بود از ۱/۲، ۱/۵، ۲/۲ و ۲/۴ مترمکعب بر کیلوگرم. همانطور که در شکل ۲ نشان داده شده است میزان تبخیر تعرق گیاه ذرت، گندم و جو نزدیک به هم هستند ولی با توجه به شکل ۱ ذرت بالاترین میزان عملکرد را در بین شش محصول نشان می‌دهد و مقدار آن تفاوت قابل توجهی با سایر محصولات دارد و همین عامل باعث کاهش آب مجازی این محصول و تفاوت فاحش رقم آن نسبت به سایر محصولات شده است. همچنین شکل ۲ نشان می‌دهد که یونجه بیشترین میزان تبخیرتعرق را در بین سایر محصولات دارد (میزان تبخیر تعرق یونجه در شهرستان‌ها برای سال زراعی آبی ۸۱-۸۰ در شکل ۳ نشان داده شده است)، ولی عملکرد این محصول در مرتبه‌ی دوم بعد از ذرت قرار دارد. به دلیل عملکرد تولید بالای این محصول، میزان آب مجازی آن در مرتبه‌ی دوم بعد از سویا قرار گرفته

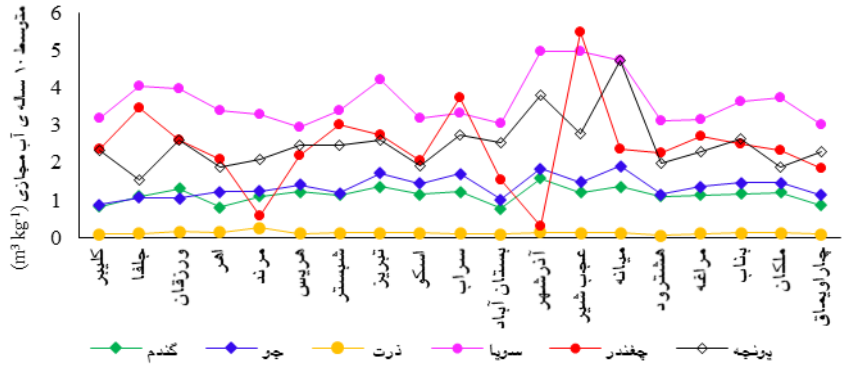
است (شکل٤). با افزایش راندمان آبیاری میزان آب مصرفی و در نتیجه میزان آب مجازی کاهش می‌یابد. شکل ٥ با مقایسه‌ی میزان آب مجازی محصولات در سه راندمان ۳۳، ٦۰ و ۹۰ درصد گویای این مطلب می‌باشد.



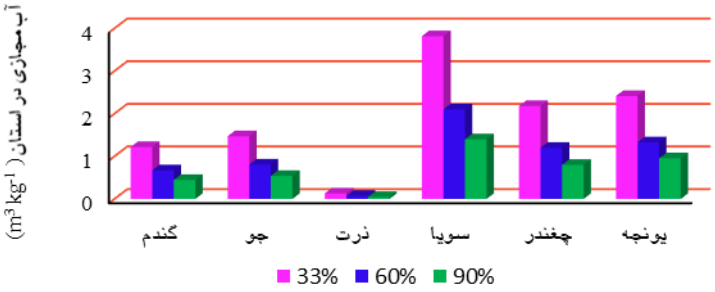
شکل۲- متوسط ۱۰ ساله‌ی تبخیرتعرق شش محصول در شهرستان‌های استان.



شکل۳- تبخیر تعرق یونجه در یک فصل رشد برای سال زراعی ۸۱-۸۰.



شکل۴- متوسط آب مجازی ده ساله‌ی شش محصول در شهرستان‌های استان (راندمان آبیاری۳۳٪).



شکل۵- متوسط استانی آب مجازی برای شش محصول با سه راندمان آبیاری.

آب مصرفی محصولات موجود در جیره‌ی غذایی دام بیشترین میزان آب مصرفی دام را تشکیل می‌دهد. با افزایش راندمان آبیاری محصولات کشاورزی، میزان آب مصرفی فرآورده‌های دامی به طور چشمگیری کاهش خواهد یافت. با توجه به شکل ٦، با افزایش راندمان آبیاری از ۳۳ به ۹۰ درصد، میزان آب مجازی شیر برای هر چهار گروه شیردهی به میزان ٦۰ درصد کاهش یافته است. متوسط میزان آب مجازی شیر در استان به ازاء راندمان آبیاری ۳۳٪ و برای چهار دوره‌ی شیردهی بعد از زایش، پرشیر، متوسط شیر و کم شیر برابر است با ۱/٥، ۱/٤، ۲/٤ و ۳/۳ مترمکعب در کیلوگرم.

طبق آنچه در بخش قبل ذکر شد بخش عمده‌ی جیره مربوط به ذرت علوفه‌ای می‌باشد. رقم بسیار پایین آب مجازی این محصول موجب شده است که با وجود اختلاف زیاد در مقادیر موجود در جیره در چهار مرحله، اختلاف میزان آب مصرفی بسیار کم باشد. مقادیر کلش گندم و جو، یونجه و چغندر در مرحله‌ی متوسط شیردهی بیشتر از پر شیردهی است. میزان آب مصرفی محصولات ذکر شده نیز متعاقبا در مرحله‌ی متوسط شیردهی بیشتر از پر شیردهی است. آب مصرفی ذرت علوفه‌ای و کنسانتره در مرحله‌ی پرشیردهی بیشتر است. در نهایت آب مصرفی در مرحله‌ی متوسط شیردهی با اختلاف حدود یک و کمتر از یک متر مکعب بیشتر از پر شیردهی است. همچنین بیشتر بودن مقدار تفاله‌ی چغندر در کم شیردهی با اختلاف زیاد نسبت به مرحله‌ی بعد از زایش موجب شده است که میزان آب مصرفی کل در حالت کم شیردهی بیشتر از مرحله‌ی بعد از زایش برآورد شود. تاثیر توام مقادیر وزنی و آب مجازی محصولات جیره موجب شده است که کل آب مصرفی جیره در چهار مرحله، روند منظم افزایشی یا کاهشی نداشته باشد. هر چند اختلاف در کل آب مصرفی جیره برای چهار مرحله کمتر از اختلاف شیردهی است و میزان شیردهی روزانه بیشترین تأثیر را در اختلاف آب مجازی چهار مرحله دارد. با افزایش میزان شیردهی روزانه، آب مجازی شیر تولیدی کاهش می‌یابد. مرحله‌ی کم‌شیردهی بالاترین میزان آب مجازی شیر را دارد. مراحل متوسط شیردهی و بعد از زایش به ترتیب در مراتب بعدی قرار دارند و مرحله‌ی پرشیردهی کم‌ترین میزان آب مجازی شیر تولیدی را دارا می‌باشد. سالتانا و همکاران (۲۰۱٤) نیز در بخشی از نتایج پژوهش خود عنوان کرده‌اند که گاوهای کم شیر در مزارع کوچک مقیاس، بالاترین میزان آب مجازی را دارند.

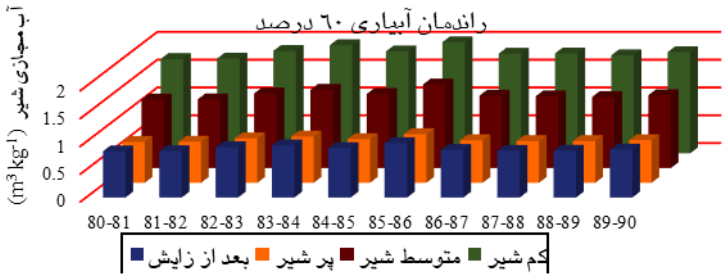
با توجه به شکل ٦ بین سال‌های ۱۳۸۰ تا ۱۳۹۰ برای یک راندمان آبیاری مشخص، در میزان آب مجازی شیر تولیدی برای هر چهار دوره‌ی شیردهی تغییرات اندکی مشاهده می‌شود که مربوط به تغییرات سالانه‌ی تبخیرتعرق محصولات موجود در جیره‌ی غذایی می‌باشد. میزان تبخیر تعرق به پارامترهای اقلیمی وابسته است.

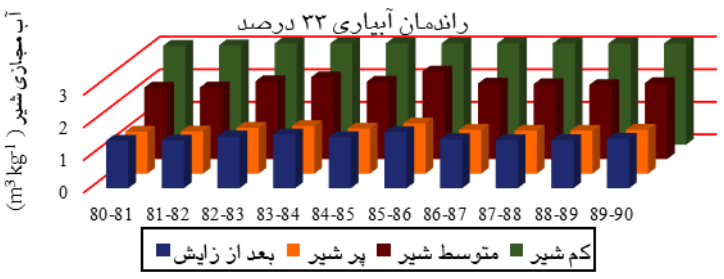
بوزیر و همکاران در سال ۲۰۱۵ تغییرات مکانی ردپای آب و زمین مربوط به گوشت و شیر تولیدی را برای سه گونه‌ی جانوری گاو، گوسفند و شتر در کنیا بررسی کردند. در این مکان سیستم نگهداری دام به صورت چرا و جیره‌ی غذایی دام عمدتا علوفه‌ی تر و خشک بوده است. مکان مورد مطالعه به سه نوع مرطوب، نیمه‌خشک و خشک تقسیم‌بندی شده است. منطقه‌ی مرطوب منطقه‌ای تعریف شده است که میانگین بارندگی سالانه بیشتر از ۸۰۰ میلی‌متر، خاک حاصلخیز، عملکرد تولید بالا و بیماریها و آفات گیاهی خیلی کم باشد. برای منطقه‌ی نیمه‌خشک میزان بارندگی بین ۶۰۰ و ۸۰۰ میلی‌متر و برای منطقه‌ی خشک کمتر از ۶۰۰ میلی‌متر تعریف شده است. برای منطقه‌ی مرطوب علاوه بر علوفه، درصدی بقایای گیاهی، مکمل‌ها و ترکیبات مختلفی از گیاهان زراعی در جیره‌ی غذایی گاو در نظر گرفته شده است. در نواحی مرطوب میزان آب مجازی برای هر کیلوگرم شیر گاو ۱/۲ مترمکعب برآورد شده است که با مقدار حاصل در این تحقیق برای دوره‌ی کم شیردهی با راندمان آبیاری کشاورزی ۹۰ درصد مطابقت دارد. در نواحی خشک و نیمه‌خشک مقدار آب مجازی شیر گاو در کنیا ۲ مترمکعب بر کیلوگرم برآورد شده است که با مقادیر مربوط به کم شیردهی با راندمان آبیاری ۶۰ درصد در این تحقیق مطابقت دارد.

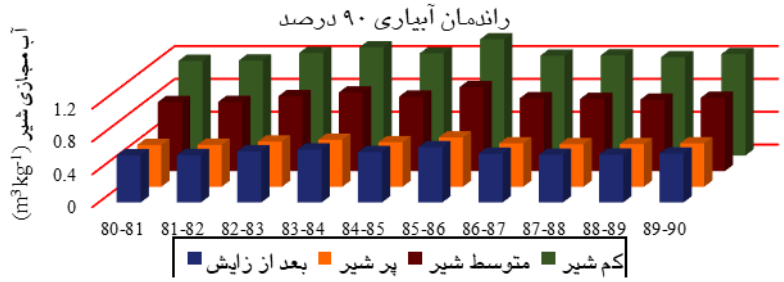
طبق تحقیقی که توسط عربی یزدی و همکاران (۲۰۰۹) انجام گرفت برای محصولات گندم، جو، چغندرقند، سویا، ذرت علوفه‌ای و یونجه میانگین کشوری عملکرد به ترتیب ۳۷۴۵، ۳۱۵۸، ۳۶۰۹۲، ۲۴۴۹، ۳۱۸۵۴ و ۸۶۸۱ کیلوگرم در هکتار بود که بر داده‌های تحقیق حاضر منطبق است. نیاز آبی خالص به ترتیب ۳۶۱۵، ۲۹۶۴، ۹۳۸۸، ۳۱۴۵، ۶۹۶۶ و ۸۸۹۷ مترمکعب در هکتار است که به طور قابل ملاحظه‌ای بیشتر از مقادیر برآورد شده در تحقیق حاضر است. آب مجازی با در نظر گرفتن نیاز خالص آبی ۰/۹۷، ۰/۹۴، ۰/۳، ۱/۳، ۰/۲۲، ۱/۰۲ مترمکعب بر کیلوگرم برآورد شده است.

در تحقیق باغستانی و همکاران (۲۰۱۰) متوسط میزان آب مجازی محصولات سویا، چغندرقند، ذرت، جو و گندم در کشور در سال‌های ۱۳۸۵- ۱۳۷۵ بدون در نظر گرفتن راندمان آبیاری به ترتیب ۴/۵، ۰/۳، ۱/۱، ۰/۹۶، ۱/۰۲ برآورد گردید که بیشتر از مقادیر محاسبه شده در تحقیق حاضر است.

در پژوهش چاپگین و هوکسترا (۲۰۰۳) میزان آب مجازی شیر برای کشورهای استرالیا، ایالات متحده آمریکا، نیوزلند، کانادا، آرژانتین، ایرلند، برزیل، ژاپن، ایتالیا و چین به ترتیب ۱/۲، ۰/۸، ۱/۹، ۰/۸، ۱/۵، ۰/۷، ۱/۷، ۱/۱، ۰/۸ و ۲/۱ و میانگین جهانی برابر ۰/۸ مترمکعب بر کیلوگرم گزارش شده است.







شکل۶-میزان آب مجازی شیر در چهار دوره‌ی شیردهی برای سه راندمان آبیاری در استان.

نتیجه‌گیری کلی

عوامل مختلف محیطی و فیزیولوژیکی در گاوهای شیرده، میزان تولید شیر را تحت تأثیر قرار می‌دهند. مرحله‌ی شیردهی یکی از عوامل فیزیولوژیکی می‌باشد که جیره‌ی غذایی بسته به آن تغییر می‌کند. در هر مرحله، مقدار وزنی و آب مجازی مربوط به ترکیب جیره، میزان آب مصرفی جیره را مشخص می‌کند. در ایستگاه دامپروری مورد مطالعه، بخش عمده‌ی جیره مربوط به ذرت علوفه‌ای می‌باشد که مقدار آن در جیره با افزایش شیردهی افزایش می‌یابد. با توجه به اینکه میزان عملکرد ذرت علوفه‌ای در منطقه‌ی مورد مطالعه بالاست در نتیجه میزان آب مجازی آن رقم بسیار پایینی نسبت به محصولات دیگر است، بنابراین این محصول اختلاف چندانی در میزان آب مصرفی جیره در چهار دوره‌ی شیردهی ایجاد نمی‌کند. مقدار وزنی و آب مصرفی کنسانتره نیز با افزایش شیردهی افزایش می‌یابد. چغندر علوفه‌ای میزان آب مجازی نسبتا بالایی دارد و مقدار وزنی آن در جیره و آب مصرفی آن با افزایش شیردهی کاهش می‌یابد. مجموع این عوامل موجب شده است که اختلاف قابل ملاحظه‌ای در آب مصرفی جیره در چهار مرحله وجود نداشته و میزان شیردهی عمده تأثیر را بر مقدار آب مجازی شیر تولیدی داشته باشد. علاوه بر عوامل فیزیولوژیکی، عوامل محیطی مختلفی بر میزان تولید مؤثر است. با تنظیم جیره‌ی بهینه و متناسب با نیاز دام، نظم در دفعات غذا دهی و شیر دوشی، رعایت اصول بهداشتی و مساعد کردن دمای محیط می‌توان از حداکثر توان شیردهی دام استفاده نمود بدون آنکه آب مصرفی به طور قابل توجهی افزایش یابد. همچنین در کشت محصولات جیره، افزایش عملکرد تولید با در نظر گرفتن توان محیط کشت و افزایش راندمان آبیاری موجب کاهش میزان آب مجازی محصولات کشاورزی و نیز تولیدات دامی می‌شود.

منابع مورد استفاده

Abbasdokht H and Marvi H, 2005. Influence of nitrogen spraying on wheat yield and yield components. Iranian Journal of Agriculture Science 36: 1325-1331. (In Persian with English abstract).

Aghaei M, Fotokian M and Shahverdi M, 2015. Assessment of yield quantity and quality in intercropping of sorghum with soybean and green bean. Journal of Agricultural Science and Sustainable Production 25: 115-130. (In Persian with English abstract).

Ahmadi A, 2016. Determination and comparison of two species halophytes *Puccinella bulbosa* and *Littoralis aeluropus* nutrient values in rangelands of Meghan wetland of Irak province. Journal of Wetland Ecobiology 29: 15-26. (In Persian with English abstract).

Alamzade B and Seraj M, 2003. Using different amount of sugarcane shoot tip silage in dairy cows' diet. Paguhesh va Sazandegi 16: 20-24. (In Persian with English abstract).

Allan T, 1998. Virtual water: A long term solution for water short middle eastern economics? British Association Festival of Science. September, London.

Allan RG, Pereira LS, Raes D and Smith M, 1998. FAO irrigation and drainage paper No.56. FAO, Water Resources, Development and Management Service. Italy.

Alizade A, 2005. Irrigation System Design. Emam Reza Press. Mashhad.

Arabiyazdi A, Alizade A and Mohammadian F, 2009. Study on ecological water footprint in agricultural section of Iran. Journal of Water and Soil 23: 1-15. (In Persian with English abstract).

Arabiyazdi A, Niknia N, Majidi N and Emami H, 2015. Water security assessment in arid climates based on water footprint concept (case study south Khorasan province). Iranian Journal of Irrigation and Drainage 8: 735-746. (In Persian with English abstract).

Babazade H and Saraee M, 2012. Evaluating agriculture condition of Hormozghan province according to virtual water. Journal of Water Research in Agriculture 26: 485-499. (In Persian with English abstract).

Baghestany A, Mehrabi H, Zare M and Sherafatmand H, 2010. Application of the concept of virtual water in water resources management of Iran. Iran Water Resources Research 6: 28-38. (In Persian with English abstract).

Bosire CK, Ogutu JO, Said MY, Krol MS, Leeuw J and Hoekstra AY, 2015. Trends and spatial variation in water and land footprints of meat and milk production systems in Kenya. Agriculture. Ecosystems and Environment 205: 36-47.

Chapagain AK and Hoekstra AY, 2003. Virtual Water Flows Between Nations in Relation to Trade in Livestock and Livestock Products. UNESCO-IHE. The Netherlands.

Duarte R, Pinilla V and Servano A, 2015. Understanding agriculture virtual water flows in the world from an economic perspective. A long term studies. Ecological Indicators 61: 980-990.

Ehsani M, Khaledi H and Barghi Y, 2008. Introduction to Virtual Water. Iranian National Committee on Irrigation and Drainage. Tehran.

Eshraghi R, Pursaeed A, Chaharsughi H and Eshraghi F, 2009. Effective factors on increasing irrigated wheat yield. (case study Ilam province). Journal of Crop Ecophysiology 3: 71-81. (In Persian with English abstract).

Fiezabadi A and Azizi M, 2012. Effect of different crop rotation systems on wheat productivity in cold Agro-climatic region of Khorasan-e-Razavi in Iran. Seed and Plant Production Journal 28: 261-275. (In Persian with English abstract).

Forudi F, 2013. General Animal Husbandry. Payam Noor Press. Tehran.

Fracasso A, 2014. A gravity model of virtual water trade. Ecological Economics 108: 215-228.

Hanasaki N, Inuzuka T, Kanae S and Oki T, 2010. An estimation of global virtual water flow and sources of water withdrawal for major crops and livestock products using a global hydrological model. Journal of Hydrology 384: 232-244.

Jafari Nejad A, Alizadeh A and Neshat A, 2013. Study on ecological water footprint and indicators of virtual water in agricultural section of Kerman province. Iranian of Irrigation and Water Engineering 4: 80-89. (In Persian with English abstract).

Liu J, Sun S, Wu P, Wang Y and Zhao X, 2015. Inter country virtual water flows of the Hetao irrigation district, china: A new perspective for water scarcity. Journal of Arid Environments 119: 31-40.

Omidi F and Homaee M, 2015. Driving crop production functions to estimate wheat virtual water and irrigation water price. Cereal Research 5: 131-143. (In Persian with English abstract).

Mekonnen M and Hoekstra AY, 2010. The Green, Blue and Grey Water Footprint of Crops and Derived Crop Products. UNESCO-IHE. The Netherlands.

Mekonnen M and Hoekstra AY, 2012. A global assessment of the water footprint of farm animal products. Ecosystems 15: 401-415.

Montazer A, Zadbagher E and Heydari N, 2009. An assessment model for the virtual water of irrigation networks using analytical hierarchy process. Journal of Water and Soil 23: 77-89. (In Persian with English abstract).

Monshadi H, Niksokhan M and Ardestani M, 2013. Estimating virtual water of watershed and its role in inter basin water transferring systems. Water Resource Engineering 19: 101-114. (In Persian with English abstract).

Nanadegani M, Parsinejad M, Araghinejad SH and Bavani A, 2011. Study on climate change effect on net irrigation requirement and yield for rainfed wheat (case study: Behshahr). Journal of Water and Soil 25: 389-397. (In Persian with English abstract).

Renault D, 2002. Value of Virtual Water in Food: Principles and Virtues. UNESCO-IHE. The Netherlands.

Shaver R, 2010. Factors influencing feed efficiency in dairy cattle. Mid-South Ruminants Nutrition Conference. 43-50 Arlington, Texas.

Sultana MN, Uddin MM, Ridoutt BG and Peters KJ, 2014. Comparison of water use in global milk production for different typical farms. Agricultural Systems 129: 9-21.