



مدیریت آب و آبیاری (نشریه علمی)

دوره ۱۱ ■ شماره ۲ ■ تابستان ۱۴۰۰

صفحه‌های ۳۵۵-۳۴۵

DOI: 10.22059/jwim.2021.325487.886

مقاله پژوهشی:

ارزیابی مطلوبیت سبد غذایی گیاهی از منظر ابعاد زیست‌محیطی و مقایسه آن با سبد غذایی رایج جامعه ایرانی

- علی محمدی^۱، محمدابراهیم بنی‌حبیب^۲، سامان جوادی^۳، حسین یوسفی^۴، حامد پورآرام^۵، Timothy O. Randhir^۶
۱. دانشجوی دکتری علوم و مهندسی آب، گروه مهندسی آب، پردیس ابوریحان، دانشگاه تهران، تهران، ایران.
 ۲. استاد، گروه مهندسی آب، پردیس ابوریحان، دانشگاه تهران، تهران، ایران.
 ۳. دانشیار، گروه مهندسی آب، پردیس ابوریحان، دانشگاه تهران، تهران، ایران.
 ۴. دانشیار، گروه انرژی‌های نو و محیط‌زیست دانشکده علوم و فنون نوین، دانشگاه تهران، تهران، ایران.
 ۵. دانشیار، گروه تغذیه جامعه، دانشکده علوم تغذیه و رژیم‌شناسی، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران.
 ۶. استاد، گروه حفاظت محیط‌زیست، پردیس علوم طبیعی، دانشگاه ماساچوست، آمهرست، آمریکا.
- تاریخ دریافت مقاله: ۱۴۰۰/۰۳/۲۳ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۴۰۰/۰۵/۲۳

چکیده

تولید و مصرف غذا، یکی از ابعاد مهم تأثیر کشاورزی بر منابع آب محسوب می‌شود. از این رو، تغییر سبد غذایی خانوار به‌طور مستقیم می‌تواند بر وضعیت منابع آب تأثیر گذارد. در این پژوهش از شاخص‌های ردپای آب و کربن برای تعیین مطلوبیت دو سبد غذایی گیاهی و رایج جامعه استفاده شد. نتایج نشان داد که اگرچه شاخص بحران آب سازمان ملل (UN/WCI) با تغییر سبد غذایی رایج جامعه به سبد غذایی گیاهی همچنان بحران شدید آبی را نشان می‌دهد، اما ترویج و انتخاب سبد غذایی گیاهی، می‌تواند منجر به کاهش فشار بر منابع آب و محیط‌زیست ایران شود. سبد غذایی رایج و سبد غذایی گیاهی به‌ترتیب ردپای آبی معادل ۶۰/۸ و ۵۶/۳ میلیارد مترمکعب/سال برای کشور به‌همراه دارد. سبد غذایی گیاهی با تولید ۳۶/۹ میلیون تن CO₂ در سال، نزدیک به ۹/۸ میلیون تن CO₂ کم‌تری نسبت به سبد غذایی رایج تولید می‌کند. در حالت کلی، سبد غذایی گیاهی سبب کاهش هفت درصدی ردپای آب مصرفی و کاهش تقریباً ۲۱ درصدی ردپای کربن تولیدی نسبت به سبد غذایی رایج جامعه می‌شود. در بررسی سهم گروه‌های غذایی سبد گیاهی از منظر ردپای آب مصرفی، گروه حبوبات و مغزها (۳۸ درصد) و از منظر ردپای کربن تولیدی نیز گروه حبوبات و مغزها (۴۰ درصد)، بیش‌ترین تأثیر را بر منابع آب دارند. نتایج این پژوهش توصیه می‌کند که با تغییر سبد غذایی رایج جامعه ایرانی به سبد غذایی گیاهی، گروه‌های غذایی میوه‌ها و سبزیجات سهم بیش‌تری را در وعده‌های غذایی مصرفی داشته باشند و به‌جای آن از مصرف انواع گوشت‌ها و نان و غلات (به‌ویژه برنج) کاسته شود.

کلیدواژه‌ها: ایران، ردپای آب، ردپای کربن، UN/WCI.

Evaluating the desirability of a vegan food basket in terms of environmental dimensions and comparing it to Iranian society's common food basket

Ali Mohammadi¹, Mohammad Ebrahim Banihabib², Saman Javadi³, Hossein Yousefi^{4*}, Hamed Pouraram⁵, Timothy O. Randhir⁶

1. Ph. D. Candidate, Department of Water Engineering, College of Abouraihan, University of Tehran, Tehran, Iran.
2. Professor, Department of Water Engineering, College of Abouraihan, University of Tehran, Tehran, Iran.
3. Associate Professor, Department of Water Engineering, College of Abouraihan, University of Tehran, Tehran, Iran.
4. Associate Professor, Department of Renewable Energies Engineering, Faculty of New Sciences & Technologies, University of Tehran, Tehran, Iran.
5. Associate Professor, Department of Community Nutrition, School of Nutritional Sciences and Dietetics, Tehran University of Medical Sciences (TUMS), Tehran, Iran.
6. Professor, Department of Environmental Conservation, College of Natural Sciences, University of Massachusetts, Amherst, USA.

Received: June, 13, 2021

Accepted: August, 14, 1400

Abstract

Food production and consumption is one of the important dimensions of agriculture's impact on water resources. Therefore, changing the household food basket can directly affect the status of water resources. In this study, water and carbon footprint indices were used to determine the desirability of two Vegan and common food baskets in the community. The results showed that although the United Nations Water Crisis Index (UN/WCI) still shows a severe water crisis by changing the common food basket to a vegan food basket, the promotion and selection of vegan food baskets can reduce the pressure on Iran's water resources and environment. Vegan and common food baskets result in a water footprint of 60.8 and 56.3 BCM, respectively. With a production of 36.9 million tons of CO₂ per year, the vegan food basket produces about 9.8 million tons less CO₂ than the common food basket. In general, the vegan food basket causes a 7% reduction in water consumption and about 21% reduction in carbon footprint compared to the common food basket. In the study of the share of the vegan food groups in water footprint, the group of legumes and nuts (38%) and in terms of produced carbon footprint, the group of legumes and nuts (40%) have the greatest impact on water resources. The results of this study suggest that by changing the common food basket to a vegan food basket, fruit and vegetable food groups should have a greater share in meals. Instead, the consumption of meats, breads and cereals (especially rice) should be reduced.

Keywords: Carbon footprint, Iran, UN/WCI, Water footprint.

مقدمه

غذا به‌عنوان منبعی محسوب می‌شود که برای رفاه و سلامت جسمی و روانی انسان ضروری است، محرک اقتصادی بوده و عنصر اصلی هویت فرهنگی و میراث انسانی به‌شمار می‌رود. هم‌چنین نقش مهمی را در راهبردهای توسعه پایدار زمان حاضر و آینده جهان ایفا می‌کند زیرا زنجیره غذایی ۳۷ درصد از انتشار گازهای گلخانه‌ای (IPCC, 2019)، ۷۰ درصد از برداشت منابع آب (WWAP, 2014) را بر عهده داشته و به‌شدت در جنگل‌زدایی، وقوع فرسایش و از دست‌دادن تنوع زیستی تأثیرگذار است (Willett et al., 2019; FAO, 2019). هر محصول غذایی در طی فرآیندهای تولید، فرآوری، توزیع و انهدام سهم مشخصی را در تأثیر بر محیط زیست برخوردار است (ISO14044, 2006). درجه چنین فشاری بر محیط زیست به‌طور قابل‌ملاحظه‌ای برحسب نوع غذا و یا ویژگی‌های تولیدی آن متفاوت است (Poore & Nemecek, 2018). با این‌حال، تاکنون تنها تعداد اندکی شاخص برای تعیین تأثیر تولید یا مصرف غذا بر محیط زیست و منابع آبی ارائه شده است. دو مورد از مشهورترین این شاخص‌ها، ردپای آب (Mekonnen & Xiong, 2020) و ردپای کربن نمایان‌گر مقدار کل گازهای گلخانه‌ای است که در طول تمامی فازهای تولید یک محصول و توزیع آن منتشر شده است. شاخص ردپای کربن شاخصی ساده از سهم انتشار گازهای گلخانه‌ای است که می‌توان آن را به تولیدکنندگان یا مصرف‌کنندگان غذا نسبت داد و می‌تواند به آسانی با سیاست‌های اقلیمی پیوند داده شود. ردپای آب یک محصول غذایی، مقدار آبی است که در تمامی مراحل تولید و فرآوری یک محصول مصرف یا آلوده می‌شود. این شاخص، شاخصی تلفیقی بوده که اغلب برای مقایسه اثرات نسبی انواع

مواد غذایی و یا عادات غذایی بر منابع آب استفاده می‌شود (Harris et al., 2020) و کارایی آن در مطالعات مختلفی بررسی شده است (Mohammadi et al., 2017; Yousefi et al., 2018).

تحول جهانی به سمت تولید و مصرف پایدار مواد غذایی، از جمله مفیدترین راهبردهای جهانی است که برای کاهش تأثیر انسان بر منابع زمین پیشنهاد شده است (IPCC, 2019; Willett et al., 2019). این‌که پیوند واضحی بین گزینه‌های رژیم غذایی سالم و پایدار وجود دارد به اثبات رسیده است (Willett et al., 2019) و این پیوند می‌تواند یک فرصت دو سر برد را برای تمام ذی‌نفعان بخش غذا از مصرف‌کننده تا تأمین‌کننده غذا فراهم می‌کند. اولین قدم برای جلب حمایت از مشارکت اجتماعی در مورد رژیم‌های غذایی پایدار، ارائه دانش و ابزاری است که بتواند ایده‌ها را به عمل تبدیل کند. بنابراین شناسایی مواد غذایی و به‌دنبال آن سبدهای غذایی که بتوانند پایداری زیست‌محیطی را تأمین کنند، می‌تواند راهبردی مؤثر برای اجرایی‌شدن ایده‌های حفاظت از محیط زیست با مشارکت مردم باشد.

با توجه به وضعیت زیست‌محیطی و اجتماعی ایران، مدیریت پایدار منابع طبیعی در کشور روز به روز با چالش‌های بیش‌تری مواجه می‌شود. از یک‌سو افزایش جمعیت شهری و از سوی دیگر مسائل زیست‌محیطی مانند تغییر اقلیم، آلودگی منابع آب و غیره، برقراری امنیت غذایی در کشور را با تهدید روبه‌رو کرده است. بیش از ۹۰ درصد تولیدات محصولات کشاورزی در ایران از کشت آبی حاصل می‌شود (Soltani et al., 2020) و برداشت بیش از حد از منابع آب سبب مواجه‌شدن کشور با مشکلاتی نظیر بحران و ورشکستگی آب شده است (Madani et al., 2016). بنابراین مدیریت صحیح بخش کشاورزی به‌عنوان بزرگ‌ترین بخش مصرف‌کننده آب می‌تواند کمک به‌سزایی در کاهش فشار بر

نشان داد که حرکت از سبب غذایی حال حاضر مردم چین به سوی سبب غذایی سالم، منجر به افزایش انتشار گازهای گلخانه‌ای، مصرف آب و اشغال اراضی می‌شود. به‌طور خلاصه علت چنین نتیجه‌ای دور ریز بالای مواد غذایی (به‌ویژه سبزیجات) در این کشور بوده و مقدار آن به حدی است که با وجود کم‌تربودن سهم گوشت (به‌عنوان ماده غذایی با اثرات زیست‌محیطی بالا) در سبب غذایی سالم، تبعات زیست‌محیطی سبب غذایی سالم بیش‌تر می‌شود. هم‌چنین مشخص شد که اقشار پردرآمد و مردم شهری زمانی که سبب غذایی‌شان به سبب غذایی سالم تبدیل شود، نسبت به وضعیت فعلی، اثر کم‌تری بر منابع آب و محیط‌زیست خواهند گذاشت زیرا مصرف گوشت قرمز و تخم مرغ در سبب آن‌ها کاهش قابل‌توجهی خواهد یافت.

با توجه به اهمیت موضوع، در این پژوهش سبب غذایی رایج جامعه از منظر تأثیر بر منابع آب و محیط‌زیست بررسی شده و با یک سبب غذایی دیگر یعنی سبب غذایی گیاهی مورد مقایسه قرار می‌گیرد. در مجموع این پژوهش بیش‌تر به موضوع ارزیابی جامع زیست‌محیطی سبب غذایی فعلی جامعه ایرانی و مقایسه آن با سبب غذایی گیاهی پرداخته که در پژوهش‌های پیشین به اندازه کافی به آن‌ها توجه نشده است.

مواد و روش‌ها

مراحل انجام پژوهش

در گام اول، اطلاعات مورد نیاز برای محاسبه ردپای آب و کربن محصولات غذایی مختلف (محصولات کشاورزی و دامی) از منابعی چون وزارت جهاد کشاورزی و مرکز ملی آمار ایران برای سال ۱۳۹۷ جمع‌آوری شد. در گام دوم ردپای آب از چارچوب ارائه‌شده توسط *Hoekstra et al.* (2011) و ردپای کربن براساس روابط موجود مورد محاسبه قرار گرفتند. سپس برای تعیین سبب فعلی جامعه ایرانی

منابع آب کشور داشته باشد. سبب غذایی جامعه به‌عنوان مهم‌ترین شاخص تأثیر اجتماع بر محیط‌زیست، در مطالعات مختلفی مورد بررسی قرار گرفته است (از منظر تأثیر بر منابع آب). در ادامه به تعدادی از مهم‌ترین این پژوهش‌ها اشاره می‌شود. *Jalava et al.* (2014) پژوهش خود را با این سوال که آیا تغییر سبب غذایی می‌تواند راه‌حلی برای کاهش مصرف آب باشند یا خیر، آغاز کردند. در این پژوهش نیز همان‌طور که از سؤال طرح شده مشخص است، تنها ردپای آب محصولات کشاورزی و دامی بررسی شد. در گام اول مقدار ردپای آب سبب غذایی حال حاضر و سبب غذایی که توسط سازمان بهداشت جهانی ارائه شده است، مقایسه شد. نتایج این بخش نشان داد که اگر سبب غذایی حاضر در جهان به سبب غذایی توصیه‌شده توسط WHO تبدیل شود، ردپای آب آبی و سبز به ترتیب یک و دو درصد کاهش خواهند یافت و در مجموع میانگین سرانه مصرف از $2/7$ مترمکعب در روز به $2/6$ مترمکعب در روز می‌رسد. هم‌چنین در این پژوهش مشخص شد که هر چقدر منبع پروتئین دامی مانند گوشت و تخم مرغ کاهش یابد، ردپای آب سبب غذایی هم کم‌تر می‌شود. در این پژوهش بر دیگر جنبه‌هایی زیست‌محیطی مانند تولید کربن توجهی نشده است. *Naja et al.* (2018) علاوه بر مقدار آب مصرفی سبب غذایی لبنانی‌ها، مقدار کربن و انرژی مصرف شده در سبب غذایی آن‌ها را مورد سنجش قرار داده و مقدار آن را با سایر سبب‌های مبتنی بر پروتئین و کشورهای غربی مقایسه کردند. در این پژوهش از نتایج سایر پژوهش‌ها در مورد آب، کربن و انرژی مصرفی استفاده شده و محاسبه‌ای در متن مقاله انجام نشده است. نتایج حاکی از کم‌تر بودن مقدار آب و انرژی مصرفی و کربن تولیدی در سبب غذایی لبنانی - مدیترانه‌ای نسبت به دو سبب غذایی دیگر بود. در پژوهش انجام‌شده توسط *He et al.* (2019) اثرات بهبود کیفیت سبب غذایی بر منابع آب و محیط‌زیست چین مورد بررسی قرار گرفت. نتایج این پژوهش

برآورد ردپای آب محصولات کشاورزی و دامی

مقدار آبی که در کشت آبی از طریق آبیاری برای گیاه تأمین می‌شود، ردپای آب آبی نام دارد. این بخش از ردپای آب، می‌تواند از منابع آب سطحی یا زیرزمینی تأمین شود. از این پس هر جا در این پژوهش به واژه ردپای آب اشاره شد، منظور ردپای آب آبی است. ردپای آب آبی محصولات کشاورزی (WF_{blue}) واقع در یک محدوده جغرافیایی از طریق رابطه (۲) محاسبه می‌شود (Nouri et al., 2019):

$$WF_{blue} = \frac{CWU_b}{Y} \quad (2)$$

که در آن CWU_b مقدار مصرف آب آبی (مترمکعب در هکتار)، Y ، عملکرد محصول تولیدی (تن بر هکتار)، می‌باشد. در این پژوهش مقدار مصرف آب گیاه (از طریق آبیاری) از طریق نرم افزار OPTIWAT محاسبه شد.

محاسبه ردپای آب محصولات دامی

ردپای آب محصولات دامی از سه جزء تشکیل شده است (رابطه ۳). با این توضیحات مقدار ردپای آب دام (WF_a) به قرار زیر می‌باشد (Mekonnen & Hoekstra, 2012):

$$WF_a = WF_c + W_D + W_M \quad (3)$$

در این معادله WF_c ، مقدار ردپای آب موجود در خوراک دام (مترمکعب)، W_D ، مقدار آب شرب مصرف شده توسط دام (مترمکعب)، W_M ، مقدار آب مصرف شده برای نگهداری حیوان شامل نظافت، بهداشت و سایر موارد (مترمکعب) می‌باشد.

رابطه زیر روش محاسبه ردپای آب در تولیدات دامی را نشان می‌دهد (Mekonnen & Hoekstra, 2012):

$$WF_c = \frac{\sum_{p=1}^n (Feed_a \times WF_{crop}) + WF_{mix}}{Pop} \quad (4)$$

در این معادله $Feed_a$ ، مقدار علوفه مصرفی دام در یک سال (تن در سال)، WF_{crop} ، مقدار ردپای آب موجود در علوفه دام (مترمکعب بر تن)، W_{mix} ، مقدار آب مصرف‌شده برای ترکیب جیره غذایی دام (مترمکعب در

براساس آمارنامه‌های گمرک ایران، واردات و صادرات محصولات موردبررسی ارزیابی شده و مقادیر مصرف مواد غذایی از منابع داخلی محاسبه شد. در گام بعد ردپای آب و کربن برای هر دو سبد غذایی ارزیابی شده و در گام نهایی سبد غذایی مطلوب که ردپای آب و کربن کم‌تری دارد، به‌عنوان سبد غذایی سازگار با محیط زیست معرفی شد.

سبدهای غذایی

منظور از سبد غذایی، فهرستی از مواد غذایی است که فرد در یک بازه زمانی مصرف می‌کند. در این پژوهش دو سبد غذایی مردم در حالت کنونی (سبد غذایی رایج) و سبد غذایی گیاهی موردبررسی قرار گرفت. به‌منظور محاسبه سبد غذایی فعلی مردم، از رابطه (۱) استفاده شد (FAOSTAT, 2019). هم‌چنین سبد غذایی گیاهی نیز سبد غذایی گیاهی پیشنهادی در پژوهش Chen et al. (2019) در نظر گرفته شد.

$$\text{Food Consumption (per capita)} = \frac{[\text{Production} + \text{Imports} - \text{Exports} - \text{Livestock Feed} - \text{Loss}]}{\text{Population}} \quad (1)$$

که $Production$ ، تولیدات محصولات کشاورزی و دامی در داخل کشور (تن)، $Imports$ ، واردات محصولات کشاورزی و دامی (تن)، $Exports$ ، صادرات محصولات کشاورزی و دامی (تن)، $Livestock Feed$ ، جیره غذایی جهت تغذیه دام و طیور کشور (تن)، $Loss$ ، تلفات در هنگام عملیات کشاورزی و توزیع (تن) در سال و $Population$ جمعیت (میلیون نفر) است. در جدول (۱) سبد غذایی رایج جامعه و گیاهی از منظر میزان سرانه مصرف قابل مشاهده است.

Table 1. Food baskets ingredients

Food groups	kg/capita/year	
	Common food basket	Vegan food basket
Bread and Cereals	114	70
Fruits	100.5	120.4
Vegetables	103	246.3
Meat, Eggs, Legumes and Nuts	61.4	57.3
Dairy	104.1	0
Oils and Fats (other)	36	133.5

ردپای کربن

ردپای کربن بخش کشاورزی

ردپای کربن به‌عنوان شاخصی جامع در بررسی تأثیر تولیدات جوامع بر محیط‌زیست محسوب می‌شود. در این پژوهش از چارچوب ارائه‌شده توسط *Li et al.* (2018) برای محاسبه ردپای کربن بخش کشاورزی استفاده شده است. ردپای کربن محصول i به‌صورت رابطه (۶) تعریف شده است:

$$CFS_i = \left(\frac{eCO_2i}{Y_i} \times W_{CO_2} \right) + \left(\frac{eN_2O_i}{Y_i} \times W_{N_2O} \right) + \left(\frac{eCH_4i}{Y_i} \times W_{CH_4} \right) \quad (6)$$

که در آن eCO_2i مقدار انتشار گاز دی‌اکسیدکربن در طول رشد گیاه i (کیلوگرم بر هکتار)، eN_2O_i مقدار انتشار گاز دی‌نیتروژن مونوکسید در طول رشد گیاه i (کیلوگرم بر هکتار)، eCH_4i مقدار انتشار گاز متان در طول رشد گیاه i (کیلوگرم بر هکتار)، W_{CO_2} ، W_{N_2O} و W_{CH_4} مقدار پتانسیل گرمایش جهانی (GWP) بوده که به‌ترتیب برابر با ۱، ۲۹۸ و ۲۵ می‌باشد. Y_i عملکرد محصول (کیلوگرم بر هکتار) است. پارامترهای انتشار به شرح زیر محاسبه می‌شوند:

$$eCO_2i = \sum_{j=1}^N (CF_{ij} \times WCF_j) + PE_i \times WPE + MA_i \times WMA + EL_i \times WEL + UR_i \times WUR \times 3.66 \quad (7)$$

که در آن CF_{ij} کود j استفاده‌شده در طول رشد محصول i (کیلوگرم بر هکتار)، WCF_j انتشار کربن حاصل از تولید کود j (کیلوگرم بر کیلوگرم) (Weidema *et al.*, 2013)، PE_i مقدار مصرف آفت‌کش در طول تولید محصول i (کیلوگرم بر هکتار)، WPE انتشار کربن از هر کیلوگرم آفت‌کش استفاده‌شده (کیلوگرم بر کیلوگرم) (West & Marland, 2002)، MA_i مقدار سوخت مصرفی ماشین‌آلات در طول تولید محصول i (کیلوگرم بر هکتار) ضرب در انتشار دی‌اکسیدکربن حاصل از سوزاندن سوخت (کیلوگرم بر لیتر) (Xie, 2008)، EL_i مصرف انرژی در طول تولید محصول i (کیلووات ساعت بر هکتار)، WEL انتشار دی‌اکسیدکربن به‌ازای هر کیلووات ساعت

(سال)، Pop وزن زنده دام در هنگام تحویل به کشتارگاه از منظر تولید گوشت (تن) و مقدار شیر تولیدی گاوهای شیری از منظر تولید شیر (تن).

لازم به ذکر است برای ماکیان (تولید گوشت سفید و تخم‌مرغ) محاسبات همانند دام‌های گوشتی است. برای ردپای آب ماهیان پرورشی با توجه به شرایط تقریباً ثابت تولید گوشت ماهی (جیره غذایی ماهی و شرایط تولید)، از اعداد ارائه‌شده در پژوهش *Yuan et al.* (2017) استفاده می‌شود.

شاخص بحران آب سازمان ملل (UN/WCI)

از آنجاکه بخش کشاورزی مهم‌ترین منبع برداشت آب شیرین محسوب می‌شود، بررسی اثرگذاری کمی این بخش بر منابع آب و تأثیر آن بر بحران کم‌آبی در کشوری مانند ایران که در منطقه MENA با ویژگی‌های اقلیمی گرم و خشک واقع شده است، بسیار حائز اهمیت است. شاخص اندازه‌گیری بحران آب که توسط کمیسیون پایدار سازمان ملل معرفی شد، شاخصی است که نمایانگر میزان برداشت آب از منابع آب تجدیدپذیر می‌باشد (Dowlatabadi *et al.*, 2020) (رابطه ۵). به‌منظور شناخت و آگاهی از شرایط بحران منابع آب، طبقه‌بندی مطابق جدول (۲) ارائه شده است. شاخص UN/WCI می‌تواند بین صفر و ۱۰۰ تغییر نموده و این عدد هرچه از عدد ۴۰ بزرگ‌تر شود به این معنا است که منابع سطحی و زیرزمینی مورد استفاده ناپایدارتر بوده و برداشت آب بیش از ظرفیت مجاز بوده است (Guppy & Anderson, 2017).

$$\frac{UN}{WCI} = \frac{\text{Surface and groundwater withdrawal}}{\text{Surface and groundwater withdrawal capacity}} \times 100 \quad (5)$$

Table 2. Water crisis classification from the prospective UN/WCI

UN/WCI index (%)	Severity of the water crisis
$UN/WCI \geq 40\%$	Instability or intense water crisis
$20\% \leq UN/WCI < 40\%$	Moderate water crisis
$10\% \leq UN/WCI < 20\%$	Slight water crisis
$UN/WCI \leq 10\%$	Stability (no crisis)

الف) مقدار ردپای آب خوراک دام: از طریق محاسبات ردپای کربن در بخش کشاورزی تعیین شد. ب) مدیریت مزرعه: انتشار گازهای گلخانه‌ای توسط مدیریت مزرعه با استفاده از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$CF_M = F \times EF_F + E \times EF_E + L \times EF_L \quad (11)$$

که در آن F ، مقدار مصرف سوخت (کیلوگرم)، E ، مقدار مصرف برق (کیلووات ساعت) و L ، تعداد افراد مشغول برای دامپروری (فرد-روز) در سیستم تولید محصول دامی است. EF_F ، EF_E و EF_L به ترتیب ضرایب انتشار سوخت، برق و کارگر هستند (BP, 2007; Yang, 1996). انتشار کربن در کشورهای در حال توسعه که بخش اعظم نیروی کارگری را کشاورزان تشکیل می‌دهند، بسیار قابل توجه می‌باشد.

ج) تخمیر روده‌ای: انتشار گاز متان حاصل از تخمیر روده‌ای براساس IPCC (2006) محاسبه می‌شود (رابطه ۱۲):

$$CF_{EF} = H \times EF_{EF} \times 25 \quad (12)$$

که در آن CF_{EF} انتشار متان ($kgCO_2\text{-eq}$) ناشی از تخمیر روده‌ای، H ، تعداد رأس دام نشخوارکننده، EF_{EF} ، ضرایب انتشار تخمیر روده‌ای (کیلوگرم متان/رأس/سال) و عدد ۲۵ پتانسیل گرمایش جهانی (GWP) متان در افق ۱۰۰ ساله است.

د) تیمار کود: ردپای کربن کود، انتشار متان و دی‌اکسیدنیترژن در طی تیمار کود (CF_{manure} ، $kgCO_2\text{-eq}$) توسط روابط (۱۳) تا (۱۵) محاسبه می‌شوند (Luo et al., 2015):

$$CF_{manure} = H \times EF_{CH_4} \times 25 + (N_2O_D (mm) + N_2O_G (mm)) \times 298 \quad (13)$$

$$N_2O_D (mm) = \left[\sum_S \left[\sum_T (N_T \times Nex_T \times MS_{T,S}) \right] \times EF_{3S} \right] \times \frac{44}{28} \quad (14)$$

$$N_2O_G (mm) = \left[\sum_S \left[\sum_T (N_T \times Nex_T \times MS_{T,S}) \right] \times \left(\frac{Frac_{GasMS}}{100} \right)_{T,S} \times EF_4 \right] \times \frac{44}{28} \quad (15)$$

که در آن‌ها H ، تعداد رأس دام، EF_{CH_4} فاکتور انتشار

تولید (کیلوگرم بر کیلووات ساعت) (Di et al., 2007)، UR_i مصرف کود ازته در طول تولید محصول i (کیلوگرم بر هکتار)، WUR انتشار کربن از هر کیلوگرم کود ازته استفاده شده (کیلوگرم بر کیلوگرم) (Stocker et al., 2013) و $3/66$ فاکتور تبدیل مولکولی $CO_2\text{-C}$ به CO_2 است.

$$eN_2O_i = FN_i \times \delta_N \times 1.57 \times 0.27 \quad (8)$$

که در آن FN_i مقدار کود ازت مصرفی استفاده شده در طی تولید محصول i (کیلوگرم بر هکتار)، δ_N عامل انتشار N_2O در اثر استفاده از کود ازته (کیلوگرم N_2O /کیلوگرم کود ازته مصرفی) و $1/57$ فاکتور تبدیل مولکولی N_2 به N_2O و $0/27$ فاکتور تبدیل مولکولی C به CO_2 است.

$$e_{CH_4} = Day \times E(CH_4)_{diff} \quad (9)$$

که در آن Day تعداد روزهای آبیاری مزرعه در هر سال (روز بر سال)، $E(CH_4)_{diff}$ انتشار متان از هر واحد اراضی زیرکشت در روز (کیلوگرم/هکتار/روز) است.

ردپای کربن بخش دامپروری

بررسی ردپای کربن تولیدی در بخش محصولات دامی (CF) (برحسب کیلوگرم CO_2) به چهار بخش تقسیم می‌شود (Luo et al., 2015):

$$CF = CF_{forage} + CF_M + CF_{EF} + CF_{Manure} \quad (10)$$

که در آن CF_{forage} ردپای کربن جیره دام ($kg CO_2\text{-eq/kg}$)، CF_M ، ردپای کربن ناشی از مدیریت مزرعه ($kg CO_2\text{-eq/kg}$)، CF_{EF} ، ردپای کربن انتشار متان ناشی از تخمیر روده‌ای نشخوارکنندگان ($kg CO_2\text{-eq/kg}$) و CF_{Manure} ، ردپای کربن ناشی از تیمار کود ($kg CO_2\text{-eq/kg}$) است. با فرض یکسان بودن شرایط تولید محصولات آبی، برای ردپای کربن گوشت ماهی از عددهای ذکر شده در پژوهش Iribarren et al. (2010) استفاده شد. در ادامه نحوه برآورد هریک از اجزای رابطه فوق شرح داده شده است.

نتایج و بحث

ارزیابی ردپای آب سبدهای غذایی گیاهی و رایج جامعه

مقایسه ردپای آب سبدهای غذایی، می‌تواند دیدگاه واضحی برای تعیین مطلوبیت یک سبب غذایی از منظر تأثیر بر منابع آب ارائه دهد. در شکل (۱)، مقایسه ردپای آب گروه‌های غذایی در دو سبب غذایی رایج جامعه و سبب غذایی گیاهی ارائه شده است. با توجه به شکل (۱)، بیش‌ترین اختلاف ردپای آب در دو سبب غذایی فعلی و رایج، مرتبط با گروه نان و غلات است. در سبب غذایی رایج جامعه با توجه به سهم ۳۰ درصدی گروه نان و غلات، ردپای آب این گروه به ۲۰۶/۶ مترمکعب بر تن رسیده است، اما در سبب گیاهی با توجه به توصیه کاهش مصرف نان و غلات، این مقدار به ۷۱/۷ مترمکعب بر تن رسیده است. به صفر رسیدن مصرف لبنیات در سبب غذایی گیاهی باعث شده است که ردپای آب این گروه نیز به صفر برسد. در مقابل گروه غذایی گوشت، تخم مرغ، حبوبات و مغزها در هر دو سبب غذایی بالاترین ردپای آب را دارد. بالابودن ردپای آب گروه غذایی گوشت، تخم مرغ، حبوبات و مغزها در سبب غذایی گیاهی با وجود حذف گوشت‌ها و تخم مرغ، به دلیل تأکید بر استفاده از حبوبات و مغزها تنها تفاوتی ۳/۶ مترمکعبی با گروه غذایی مشابه در سبب غذایی رایج ایجاد کرده است. در مجموع به دلیل کاهش چشم‌گیر مصرف نان، غلات و لبنیات و تأکید بر مصرف میوه‌ها و سبزیجات و توصیه به افزایش سهم این گروه‌ها در وعده‌های غذایی، سبب غذایی گیاهی تأثیر کم‌تری را نسبت به سبب رایج جامعه بر منابع آب دارد. در بررسی مجموع ردپای آب سبب غذایی رایج جامعه و سبب غذایی گیاهی، مشخص می‌شود که انتخاب سبب غذایی گیاهی می‌تواند سرانه ردپای آب فرد را به مقدار ۵۲ مترمکعب/نفر/سال در مقایسه با سبب غذایی رایج کاهش دهد (شکل ۲).

متان (کیلوگرم متان/رأس/سال)، $N_2O_{(mm)}$ ، انتشار مستقیم N_2O در سیستم مدیریت کود (kgN_2O/a)، $N_2O_G(mm)$ انتشار غیرمستقیم دی‌اکسیدنیترژن در سیستم مدیریت کود (kgN_2O/a)، مقدار انتشار مستقیم و غیرمستقیم دی‌اکسیدنیترژن از روش پیشنهاد شده در IPCC (2006) محاسبه شد. $N_{(T)}$ تعداد رأس دام از گونه T در منطقه مورد مطالعه، $N_{ex(T)}$ میانگین سالانه مقدار دفع هر رأس دام از گونه T در منطقه مورد مطالعه (کیلوگرم نیترژن/دام/سال)، $MS_{(T,S)}$ کسری از مقدار کل نیترژن دفع شده برای هر رأس دام از گونه T که در سیستم مدیریت کود S در منطقه مورد مطالعه مدیریت شده‌اند (بدون بعد)، $EF_{3(S)}$ ضریب انتشار برای انتشار مستقیم N_2O از سیستم مدیریت کود S در کشور ($kg N_2O-N/kg N$)، $FracGasMS$ درصد نیترژن کود مدیریت شده برای دام گونه T که به صورت بخار NH_3 و NO_x در سامانه مدیریت کود S از دسترس خارج می‌شود (درصد)، S، سیستم مدیریت کود، T، گونه دام مورد نظر، EF_4 فاکتور انتشار برای انتشارهای N_2O از ته‌نشینی نیترژن بر سطوح آب و خاک^{-۱} (تبخیر شده $kg N_2O-N$ $kg NH_3-N+NO_x-N$ پیش‌فرض ۰/۰۱^{-۱} (تبخیر شده $kg N_2O-N kg NH_3-N+NO_x-N$ ، $44/28$)، ضریب تبدیل انتشار N_2-N (mm) به انتشار N_2O . سامانه‌های مدیریت کود در این مطالعه شامل انتشار کود به‌طور مستقیم در مزرعه، هضم بی‌هوازی (تولید CH_4) و تجمع کود در محل نگهداری دام‌ها می‌باشد.

در گام نهایی ردپای کربن هر واحد از محصول دامی (CF_p) (کیلوگرم CO_2 بر کیلوگرم محصول) از طریق رابطه (۱۶) محاسبه می‌شود.

$$CF_p = CF/P \quad (16)$$

که در آن CF، ردپای کربن دام ($kgCO_2$) و P مقدار تولید دام شامل گوشت و شیر (kg) است.

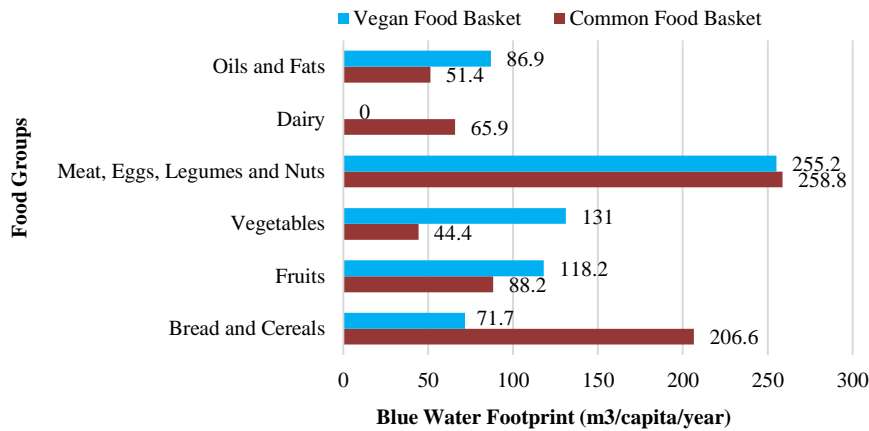


Figure 1. Water footprint comparison of two common and vegan food baskets

بنابراین از منظر ردپای آب، تغییر سبد غذایی مردم از شرایط فعلی به سبد غذایی گیاهی، اقدامی مفید در حفظ منابع آب شیرین موجود به‌شمار می‌رود. با توجه به روابط استفاده شده برای محاسبه ردپای آب در هر بخش کشاورزی، اقداماتی چون افزایش بازده تولید محصولات، استفاده از شیوه‌هایی جهت مدیریت بهتر مزرعه مانند استفاده از فناوری‌های نوین در تولید که سبب کاهش مصرف آب می‌شود، می‌تواند سبب کاهش بیش‌تر ردپای آب محصولات شود.

(Mazaheri & Abdolmanafi, 2017). بر این اساس با توجه به جدول (۳)، هم‌اکنون (سبد غذایی رایج)، کشور با بحران شدید آب مواجه است و حتی تغییر به سبد غذایی گیاهی نیز نمی‌تواند سبب تغییر شاخص UN/WCI شود. اما این تغییر سبب کاهش فشار بر منابع آب (با کاهش پنج درصدی شاخص UN/WCI) می‌شود. بنابراین با اتخاذ سبد غذایی گیاهی می‌توان تا حد ممکن از فشار بر منابع آب کشور کاست و با انتخاب محصولاتی که ردپای آب کم‌تری دارند، بر مطلوبیت این سبد غذایی افزود.

بنابراین از منظر ردپای آب، تغییر سبد غذایی مردم از شرایط فعلی به سبد غذایی گیاهی، اقدامی مفید در حفظ منابع آب شیرین موجود به‌شمار می‌رود. با توجه به روابط استفاده شده برای محاسبه ردپای آب در هر بخش کشاورزی، اقداماتی چون افزایش بازده تولید محصولات، استفاده از شیوه‌هایی جهت مدیریت بهتر مزرعه مانند استفاده از فناوری‌های نوین در تولید که سبب کاهش مصرف آب می‌شود، می‌تواند سبب کاهش بیش‌تر ردپای آب محصولات شود.

ردپای کربن سبدهای غذایی

ردپای کربن به‌عنوان یک شاخص زیست‌محیطی، می‌تواند تأثیر کمی سبدهای غذایی را بر انتشار گازهای گلخانه‌ای نشان دهد. از این‌رو، شاخص ردپای کربن می‌تواند به‌عنوان یک معیار مهم در تعیین بهترین سبد غذایی استفاده شود. بررسی‌های انجام‌شده در این پژوهش نشان داد که سبد غذایی گیاهی با ردپای کربنی معادل ۴۳۴/۶ کیلوگرم دی‌اکسیدکربن در سال/ نفر، ردپای کربن کم‌تری را نسبت به سبد غذایی رایج (۵۴۹/۹ کیلوگرم دی‌اکسیدکربن در سال/ نفر) برای جامعه بدنبال دارد (شکل ۳) که برای جمعیت فعلی کشور به ترتیب ۳۶/۹ و

بررسی شاخص بحران آب سازمان ملل (UN/WCI)

کاهش مصرف آب در بخش کشاورزی، به‌دلیل سهم زیاد این بخش در تخصیص منابع آب به خود، می‌تواند نقش کلیدی در مدیریت و صرفه‌جویی در مصرف آب داشته باشد. بنابراین سبد غذایی که کم‌ترین تأثیر را بر منابع آب داشته باشد مطلوبیت زیادی دارد. در این مطالعه برای کمی‌سازی اثر بخش کشاورزی بر منابع آب تجدیدپذیر، از شاخص ردپای آب (ردپای آب آبی) به‌عنوان شاخص نمایانگر مصرف آب استفاده شد. در گزارش‌ها با اشاره به خشکسالی‌های پی‌درپی در ایران و بحث تغییر اقلیم، منابع آب تجدیدپذیر ۸۹ میلیارد مترمکعب اعلام کرده‌اند

ارزیابی مطلوبیت سبد غذایی گیاهی از منظر ابعاد زیست‌محیطی و مقایسه آن با سبد غذایی رایج جامعه ایرانی

سرانه ردپای کربن نهایی دارد (۱۷۳/۹ کیلوگرم دی‌اکسیدکربن در سال/ نفر). دلیل چنین موضوعی سهم بالای مصرف حبوبات و مغزها (به‌جای گوشت جهت تأمین نیاز به مواد مغذی بدن) در سبد غذایی است. بنابراین، در نهایت انتخاب سبد غذایی گیاهی و ترویج آن می‌تواند سبب کاهش ردپای کربن بخش کشاورزی شود اما باید در نظر داشت که در هر گروه غذایی نیز محصولاتی انتخاب شوند که ردپای کربن کم‌تری دارند تا از این طریق بتوان ردپای کربن نهایی سبد را کاهش داد.

۴۶/۷ میلیون تن دی‌اکسیدکربن در سال می‌شود. در سبد غذایی رایج، گروه نان و غلات بیش‌ترین سهم تولید ردپای کربن را دارد (۶۱ درصد)، این در حالی است که در سبد غذایی گیاهی این سهم به ۲۶/۸ درصد می‌رسد. در سبد غذایی گیاهی، ردپای کربن میان پنج گروه غذایی سهم تقریباً برابری نسبت به سبد غذایی رایج دارد. نکته قابل‌توجه این است که با وجود حذف انواع گوشت و تخم‌مرغ از سبد غذایی گیاهی، گروه غذایی گوشت، تخم‌مرغ، حبوبات و مغزها هم‌چنان سهم بالایی را در

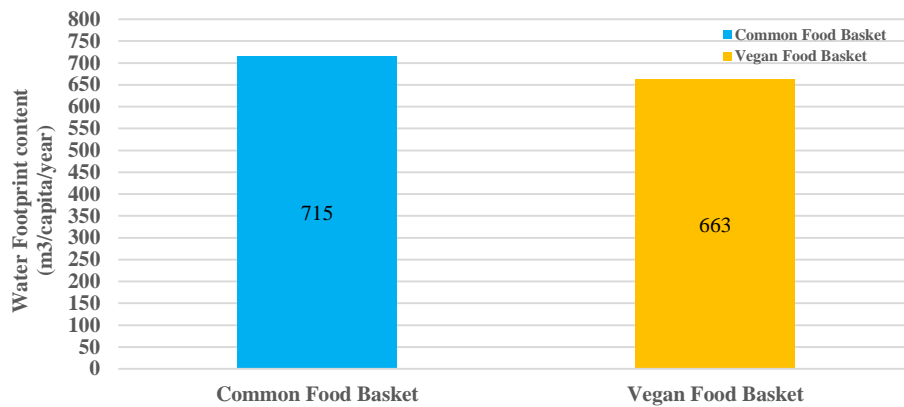


Figure 2. Per capita water footprint comparison of two common and vegan food baskets

Table 3. Comparison of UN/WCI of Common and Vegan food baskets

Food Basket	Water Footprint (BCM)	UN/WCI (%)	UN/WCI Interpretation
Common Food Basket	60.8	68	Instability or intense water crisis
Vegan Food Basket	56.3	63	Instability or intense water crisis

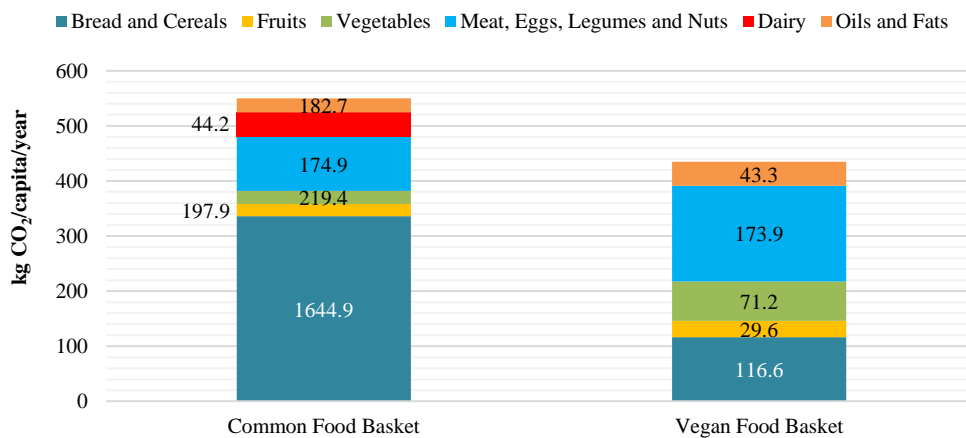


Figure 3. Per capita carbon footprint comparison of two common and vegan food baskets

نتیجه گیری

این مطالعه به بررسی مطلوبیت دو سبب غذایی رایج جامعه و سبب غذایی گیاهی از منظر تأثیرگذاری بر منابع آب و محیط زیست پرداخت. از این رو، برای دستیابی به این مهم، از شاخص‌های ردپای آب و ردپای کربن استفاده شد. نتایج بررسی ردپای آب حاکی از آن است که سبب غذایی گیاهی با ردپای آبی معادل ۶۶۳ مترمکعب/نفر/سال، سبب غذایی مطلوب‌تری نسبت به سبب غذایی رایج از منظر تأثیر بر منابع آب است. در سبب غذایی گیاهی، بیش‌ترین سهم ردپای آب مصرفی متعلق به گروه گوشت، تخم مرغ، حبوبات و مغزها است (۳۸ درصد). البته لازم به ذکر است که در سبب گیاهی، انواع گوشت و تخم مرغ حذف شده و به جای آن برای تأمین موادمغذی موردنیاز بدن از این گروه، مقدار مصرف حبوبات و مغزها افزایش یافته است. این امر به نوبه خود ردپای آب این سبب غذایی را به دلیل ردپای آب بالای حبوبات و مغزها افزایش داده است. براساس نتایج این پژوهش، شاخص UN/WCI نشان داد در صورتی که سبب غذایی رایج کشور به سمت سبب غذایی گیاهی تغییر کند، می‌تواند پنج درصد در کاهش شاخص بحران آب کشور مؤثر باشد. در مجموع با توجه به شرایط منابع آب تجدیدپذیر کشور، حرکت به سمت سبب‌غذای گیاهی و افزایش مصرف میوه‌ها و سبزیجات پیشنهاد می‌شود. در بخش دیگر پژوهش، ردپای کربن سبب‌های غذایی بررسی شد. براساس این شاخص نیز سبب غذایی گیاهی به دلیل ردپای کربن کم‌تر، از مطلوبیت بیش‌تری نسبت به سبب غذایی رایج برخوردار است. بنابراین تغییر سبب غذایی رایج به سبب غذایی گیاهی می‌تواند اقدامی مؤثر در کاهش فشار بر منابع آب و محیط زیست کشور محسوب شود.

تعارض منافع

هیچ‌گونه تعارض منافع توسط نویسندگان وجود ندارد.

تشکر و قدردانی

این مقاله تقدیم می‌شود به آقای دکتر محمدابراهیم بنی حبیب که دیگر در میان ما نیستند. روحشان قرین رحمت الهی.

منابع

1. BP. (2007). Calculator of Carbon Emission. <http://www.bp.com/>. [Accessed: July 23th, 2019].
2. Di, X., Nie, Z., Yuan, B., & Zuo, T. (2007). Life cycle inventory for electricity generation in China. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 12(4), 217-224.
3. Dowlatabadi, N., Banihabib, M., & Roozbahani, A. (2020). Modeling of the Water Resources system of Hoor-Al-Azim/Hawizeh Wetland using System Dynamics Approach. *Iran-Water Resources Research*, 16(2), 18-34. [in Persian]
4. FAOSTAT. (2019). Retrieved from <http://www.fao.org/faostat/en/#home>
5. FAO. (2019). The State of the World's Biodiversity for Food and Agriculture (eds Bélanger, J. & Pilling, D.) FAO Commission on Genetic Resources for Food and Agriculture Assessments. Rome. pp 572.
6. Guppy, L., & Anderson, K. (2017). Global water crisis: The facts. Hamilton, UNU-INWEH, 35p.
7. Harris, F., Moss, C., Joy, E. J., Quinn, R., Scheelbeek, P. F., Dangour, A. D., & Green, R. (2020). The water footprint of diets: a global systematic review and meta-analysis. *Advances in Nutrition*, 11(2), 375-386.
8. IPCC. (2006). IPCC Guidelines for national greenhouse Gas Inventories. IPCC/IGES, Hayama, Japan.
9. IPCC. (2019). Climate Change and Land: an IPCC special report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems (eds Shukla, P. R. et al.). <https://www.ipcc.ch/srccl/download> (2019).
10. Iribarren, D., Vázquez-Rowe, I., Hospido, A., Moreira, M. T., & Feijoo, G. (2010). Estimation of the carbon footprint of the Galician fishing activity (NW Spain). *Science of the Total Environment*, 408(22), 5284-5294.
11. ISO 14044. (2006). Environmental management-Life cycle assessment-Requirements and guidelines.

12. Li, J., Yang, W., Wang, Y., Li, Q., Liu, L., & Zhang, Z. (2018). Carbon footprint and driving forces of saline agriculture in coastally reclaimed areas of eastern China: a survey of four staple crops. *Sustainability*, 10(4), 928.
13. Luo, T., Yue, Q., Yan, M., Cheng, K., & Pan, G. (2015). Carbon footprint of China's livestock system—a case study of farm survey in Sichuan province, China. *Journal of Cleaner Production*, 102, 136-143.
14. Madani, K., AghaKouchak, A., & Mirchi, A. (2016). Iran's socio-economic drought: challenges of a water-bankrupt nation. *Iranian Studies*, 49(6), 997-1016.
15. Mazaheri, M., & Abdolmanafi, N. (2017). Investigating the water crisis and its consequences in the country. Islamic Parliament Research Center of the Islamic Republic of Iran. 31p. (in Persian)
16. Mekonnen, M. M., & Gerbens-Leenes, W. (2020). The water footprint of global food production. *Water*, 12(10), 2696.
17. Mekonnen, M.M., & Hoekstra, A.Y. (2012). A global assessment of the water footprint of farm animal products. *Ecosystems*, 15(3), 401-415.
18. Mohammadi, A., Yousefi, H., Noorollahi, Y., & Sadatinejad, S. (2017). Choosing the best province in potato production using water footprint assessment. *Iranian journal of Ecohydrology*, 4(2), 523-532. (in Persian)
19. Nouri, H., Stokvis, B., Galindo, A., Blatchford, M., & Hoekstra, A. Y. (2019). Water scarcity alleviation through water footprint reduction in agriculture: the effect of soil mulching and drip irrigation. *Science of the total environment*, 653, 241-252.
20. Poore, J., & Nemecek, T. (2018). Reducing food's environmental impacts through producers and consumers. *Science*, 360(6392), 987-992.
21. Soltani, A., Alimagham, S. M., Nehbandani, A., Torabi, B., Zeinali, E., Zand, E., ... & van Ittersum, M.K. (2020). Modeling plant production at country level as affected by availability and productivity of land and water. *Agricultural Systems*, 183, 102859.
22. Stocker, T.F., Qin, D., Plattner, G.K., Alexander, L.V., Allen, S.K., Bindoff, N.L., ... & Xie, S.P. (2013). Technical summary. In *Climate change 2013: the physical science basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (pp. 33-115). Cambridge University Press.
23. Weidema, B. P., Bauer, C., Hirschier, R., Mutel, C. L., Nemecek, T., Reinhard, J., ... & Wernet, G. (2013). Data quality guidelines for the ecoinvent database version 3: Overview and methodology (final).
24. West, T. O., & Marland, G. (2002). A synthesis of carbon sequestration, carbon emissions, and net carbon flux in agriculture: comparing tillage practices in the United States. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 91(1-3), 217-232.
25. Willett, W., Rockström, J., Loken, B., Springmann, M., Lang, T., Vermeulen, S., ... & Murray, C. J. (2019). Food in the Anthropocene: the EAT–Lancet Commission on healthy diets from sustainable food systems. *The Lancet*, 393(10170), 447-492.
26. WWAP (United Nations World Water Assessment Programme). (2014). The United Nations World Water Development Report 2014: Water and Energy. Paris, UNESCO.
27. Xie, H., Wang, L., & Chen, X. (2008). Improvement and application of ecological footprint model.
28. Xiong, X., Zhang, L., Hao, Y., Zhang, P., Chang, Y., & Liu, G. (2020). Urban dietary changes and linked carbon footprint in China: a case study of Beijing. *Journal of environmental management*, 255, 109877.
29. Yang, S.H., (1996). The research of City Trees effects of carbon and oxygen balance. *City Environment & Ecology*, 9(001), 37-39. (in Chinese)
30. Yousefi, H., Mohammadi, A., Noorollahi, Y., & Sadatinejad, S. (2018). Water footprint evaluation of Tehran's crops and garden crops. *Journal of Water and Soil Conservation*, 24(6), 67-85. (in Persian)
31. Yuan, Q., Song, G., Fullana-i-Palmer, P., Wang, Y., Semakula, H. M., Mekonnen, M. M., & Zhang, S. (2017). Water footprint of feed required by farmed fish in China based on a Monte Carlo-supported von Bertalanffy growth model: A policy implication. *Journal of Cleaner Production*, 153, 41-50.