

## برآورد تقاضا برای مواد غذایی تا سال ۱۴۲۹: نقش جمعیت، رژیم غذایی و هدررفت تولیدهای کشاورزی<sup>۱</sup>

سید رضا امیری، سید مجید عالیمقام و افشین سلطانی<sup>۲،۳</sup>

### چکیده

تقاضای محصول‌های کشاورزی زیر تأثیر جمعیت، رژیم غذایی و مقدار هدررفت می‌باشد. در بررسی حاضر، مقدار تقاضا ناشی از تأثیر همزمان این عامل‌های برای دوره زمانی حال حاضر (سال ۱۴۰۰ خورشیدی) و سال ۱۴۲۹ خورشیدی بررسی شده است. در این بررسی ۴۸ رویکرد مختلف حاصل از ترکیب سه سطح کاهش هدررفت محصولات گیاهی و دامی، چهار سبد غذایی مختلف شامل الف- وضع کنونی، ب- مطلوب وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی، پ- کاهش محصول‌های دامی و برنج به صورت جایگزینی ۳۰٪ از گوشت قرمز با گوشت مرغ + جایگزینی ۳۰٪ از گوشت مرغ با حبوبات + جایگزینی ۳۰٪ از برنج با گندم و ت- سبد غذایی گیاهی محور و چهار نرخ باروری مختلف شامل نرخ باروری ثابت کنونی (۱/۸) تغییرهای جمعیت با حد پایین (۱/۵)، متوسط (۲/۵) و بالا (۳/۳) در نظر گرفته شده است. برای هر یک از بازه زمانی بررسی و مقدار تقاضا برای محصول‌های گیاهی و آب آبی‌رنگ (آب آبیاری) مورد نیاز به همراه تأثیر تغییر اقلیم برای هر رویکرد محاسبه شدند. نتایج نشان دادند که مقدار تقاضا برای محصول‌های گیاهی در کشور در سال ۱۴۰۰ برابر ۱۲۸/۷۴ میلیون تن می‌باشد. با فرض افزایش جمعیت با نرخ باروری کنونی (۱/۸)، مقدار تقاضا در سال ۱۴۰۹ برابر ۱۴۹/۲۵ میلیون تن است که در سال ۱۴۲۹ به ۱۶۶/۰۶ میلیون تن خواهد رسید. برای تولید این مقدار تقاضا در شرایط فعلی به ۱۲۸/۷۸ میلیارد متر مکعب در سال ۱۴۰۰ به ۱۵۲/۴۷ میلیارد متر مکعب در سال ۱۴۰۹ و در سال ۱۴۲۹ به ۱۷۶/۳۴ میلیارد متر مکعب آب آبیاری نیاز است. همچنین، مقدار آب تخصیصی به بخش کشاورزی برابر ۸۶ میلیارد متر مکعب است که بیش از توان محیط زیست می‌باشد. برای داشتن محیط‌زیست پایدار باید مقدار آب تخصیصی به بخش کشاورزی به ۳۹ میلیارد متر مکعب کاهش یابد. در صورت توجه به محیط زیست، ضریب خودکفایی کشور برای تولید محصول‌های گیاهی از نظر آب در سال برابر ۲۵/۶ و در سال ۱۴۲۹ برابر ۲۲/۱٪ خواهد بود. با کاهش ۲۵ درصدی هدررفت مقدار آب مورد نیاز برای تولید محصول‌های گیاهی و دامی مورد تقاضا در سال ۱۴۰۹ برابر ۱۴۰/۲۸ میلیارد متر مکعب و در سال ۱۴۲۹ برابر ۱۶۲/۱۸ میلیارد متر مکعب خواهد بود. بنابراین، برای تامین محصول‌های

۱- تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۳/۸

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۶/۲۹

۲- نویسنده مسئول: پست الکترونیک: afshin.soltani@gmail.com

۳- به‌ترتیب، دانشیار دانشگاه سراوان، دانش آموخته دکتری و استاد دانشگاه گرگان، گرگان.

کشاورزی کافی در کشور همزمان با حفظ محیط زیست، سیاست کلان کشور باید برای بهبود مدیریت تولید و فشرده سازی کشاورزی تغییرهای زیادی داشته باشد.

**واژه های کلیدی:** آب آبی رنگ، تغییر اقلیم، خودکفایی، محصول های گیاهی.

### مقدمه

در چند دهه گذشته به دلیل افزایش پیوسته تقاضا برای محصول های کشاورزی، مشکل کمبود آب به عنوان یک خطر جدی برای توسعه پایدار جامعه ها شناخته شده است. افزایش جمعیت جهان، بهبود کیفیت زندگی مردم، تغییر رژیم غذایی و تمایل بیشتر به مصرف محصول های دامی از مهمترین دلایل های افزایش تقاضا برای غذا و در نتیجه آب (برای تولید غذا) در جهان می باشند (Ercin & Hoekstra, 2014). مشکل کمبود آب در جهان در شرایطی است که در حدود ۱۲٪ مردم جهان با مشکل های سوتغذیه روبه رو هستند (Rizvi et al., 2018).

از نشانه های کمبود آب در جهان می توان به خشک شدن بسیاری از رودخانه ها پیش از رسیدن به دریاها اشاره کرد که این اتفاق ناشی از بیلان منفی منابع زیرزمینی (مقدار برداشت آب بیش از مقدار تغذیه سفره های زیرزمینی) می باشد (Postel et al., 1996). در سال های اخیر، در ایران نیز نشانه های بسیاری از کمبود آب مشاهده شده است. بروز پدیده هایی مانند خشک شدن دریاچه ها، رودخانه ها و تالاب ها، افزایش ژرفای سطح ایستایی آب های زیرزمینی، بروز توفان های گرد و غبار در بسیاری از منطقه های کشور (Broomandi et al., 2017) و پدیده فرونشست زمین (Dehghani et al., 2017; Motagh et al., 2007) نمونه هایی از بروز مشکل کمبود آب در ایران می باشند.

تأمین غذا و امنیت غذایی به طور مستقیم با جمعیت در ارتباط هستند. تعداد و ترکیب دو مشخصه جمعیت هستند که می توانند بر مقدار تقاضا تاثیرگذار باشند. جمعیت بیشتر، به معنی نیاز به غذای بیشتر و به دنبال آن مصرف بیشتر آب است. همچنین این که جمعیت مورد بررسی چه جنسیتی داشته باشد و یا توزیع آن در سن های مختلف (هرم سنی) چگونه باشد، می تواند روی مقدار تقاضا برای مواد غذایی اثر داشته باشد. برای نمونه، نیاز به مصرف پروتئین روزانه در مردان بیشتر از زنان است (صالحی، ۱۳۹۱). بنابراین، در بررسی مقدار تقاضا به محصول های کشاورزی، جمعیت همواره یکی از مهمترین عامل هایی است که در محاسبه ها توجه می شود. لازم به بیان است که اثر ترکیب جمعیت در مقایسه با تعداد، بر مقدار تقاضا ناچیز می باشد.

بر پایه پیش بینی ها، جمعیت ایران در سال های ۱۴۰۹ و ۱۴۲۹ نسبت به جمعیت حال حاضر افزایش خواهد داشت. برای سال ۱۴۲۹ میلادی (۱۴۲۹ خورشیدی) جمعیتی بین ۹۴/۴۷ تا ۱۱۲/۰۰ میلیون نفر پیش بینی شده است که میانه پیش بینی ۱۰۳/۱۰ میلیون نفر است (FAO, 2020). به این ترتیب، افزایش جمعیت در سال ۱۴۲۹ میلادی بین ۱۵ تا ۳۳ میلیون نفر خواهد بود. هر چند حد بالای افزایش جمعیت کمی غیرمحمتمل به نظر می رسد، اما با این وجود در سال ۱۴۲۹ میلادی نسبت به ۱۴۰۰ جمعیت ایران حدود ۱۵ میلیون نفر افزایش می یابد که برای تأمین غذای آن ها باید توجه شود.

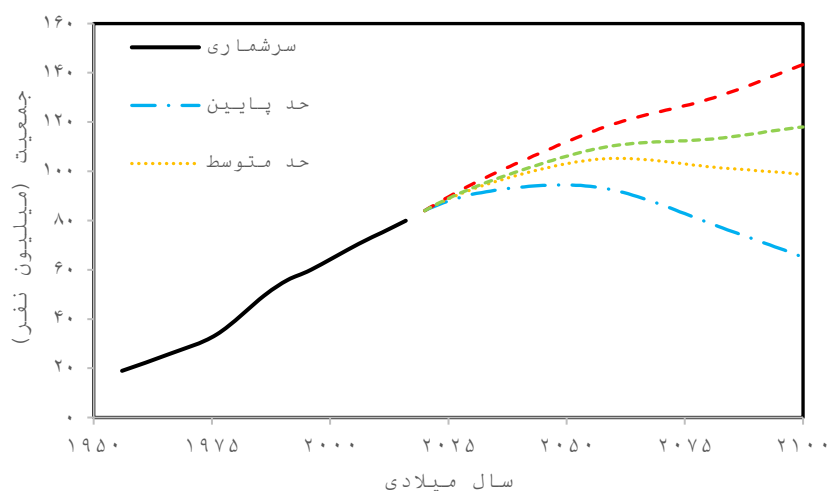
در چند دهه گذشته، در کنار افزایش جمعیت، افزایش سرانه مصرف انرژی غذایی و تمایل بیشتر به مصرف محصول های دامی به افزایش تقاضا برای محصول های غذایی انجامیده است (Bodirsky et al., 2015). تولید محصول های دامی به ویژه گوشت قرمز منابع زیادی در مقایسه با محصول های گیاهی مصرف می کند (González et al., 2011). تغییر رژیم غذایی به سوی مواد غذایی که هزینه تولید کمتری دارند، یعنی مواد گیاهی به جای مواد حاصل از دام ها و نیز

استفاده از محصول‌های دامی با هزینه کمتر (برای نمونه استفاده از گوشت مرغ به جای گوشت قرمز)، به کاهش نیاز به محصول‌های کشاورزی کمک می‌کند. دلیل آن هدررفت انرژی از یک حلقه به حلقه غذایی بعدی است. در سطح جهان سالیانه در حدود یک سوم از غذای تولیدشده (معادل ۱۳/۳ میلیارد تن در سال)، به دلیل هدررفت هرگز مصرف نمی‌شود. کاهش هدررفت محصول‌های گیاهی و دامی نقش مهمی در کاهش فشار بر منابع (آب شیرین، زمین، نهاده‌های کشاورزی) و کاهش تأثیرهای منفی بر محیط زیست دارد (Munesue & Masui, 2019; Tonini et al., 2018). در استرالیا سهم هدررفت محصول‌های کشاورزی و مواد غذایی (با هدررفت در مزرعه) از کل آب مصرفی ۹/۱٪ تخمین زده شده است (Reutter et al., 2017). در ژاپن، برای تولید محصول‌های کشاورزی و مواد غذایی که به دلیل هدررفت (با هدررفت در مزرعه) در سال ۲۰۱۲ از دسترس خارج شدند، به ۱/۲۳ میلیون هکتار زمین زراعی معادل ۴۱۳ میلیون مترمکعب آب آبیاری برآورد شده است. همچنین، تولید این مقدار محصول‌های کشاورزی و مواد غذایی که هرگز مورد استفاده قرار نگرفت، موجب انتشار ۳/۳۱ میلیون تن دی‌اکسید کربن شد (Munesue & Masui, 2019). هدف از پژوهش حاضر، بررسی همزمان عامل‌های تأثیرگذار بر مقدار تقاضا شامل افزایش جمعیت، تغییر رژیم غذایی و مقدار هدررفت می‌باشد تا در واکاوی مقدار نیاز به آب در ایران، به کار برود و در نهایت به عنوان نقطه عطفی در سیاست‌گذاری کلان کشور در بخش امنیت غذایی از آن استفاده شود. بنابراین، در بررسی حاضر، با کاربرد همزمان عامل‌های تأثیرگذار بر مقدار تقاضا برای محصول‌های گیاهی و دامی و آب مورد نیاز برای تولید این محصول‌ها تا سال‌های ۱۴۰۹ و ۱۴۲۹ در کشور محاسبه شده است.

## مواد و روش‌ها

### جمعیت

جمعیت ایران بر پایه چهار رویکرد مختلف نرخ رشد جمعیت شامل نرخ باروری ثابت کنونی (۱/۸) تغییرهای جمعیت با حد پایین (۱/۵)، متوسط (۲/۵) و بالا (۳/۳) است که توسط سازمان ملل تا سال ۲۱۰۰ پیش‌بینی شده است (شکل ۱). بر اساس پیش‌بینی‌ها جمعیت ایران با نرخ باروری ثابت کنونی (۱/۷) در سال ۱۴۰۹ به ۹۳/۱۹ و در سال ۱۴۲۹ به ۱۰۶/۱۶ میلیون نفر خواهد رسید. در صورت افزایش نرخ باروری تا حد زیاد (۳/۳)، جمعیت در سال ۱۴۰۹ به ۹۴/۷۳ و در سال ۱۴۲۹ به ۱۱۲/۰۰ میلیون نفر خواهد رسید. در شرایط کاهش نرخ باروری (۱/۵)، جمعیت کشور در سال ۱۴۰۹ به ۹۰/۵۹ و در سال ۱۴۲۹ به ۹۴/۴۷ میلیون نفر افزایش خواهد یافت (شکل ۱). به این ترتیب، جمعیت در سال ۱۴۲۹ شمسی نسبت به حال حاضر (با جمعیت ۸۰ میلیون نفری در سال ۱۴۰۰) بین ۱۵ تا ۳۲ میلیون نفر (بین ۱۱ تا ۱۵ میلیون نفر در سال ۱۴۰۹) افزایش خواهد داشت. هرچند حد بالای افزایش جمعیت کمی غیرمحتمل به نظر می‌رسد، اما با این وجود، در سال ۱۴۲۹ شمسی افزایش جمعیتی دست‌کم در حدود ۱۵ میلیون نفر و در سال ۱۴۰۹ دست‌کم ۱۱ میلیون نفر مورد انتظار است که به تأمین غذای آن‌ها باید توجه شود (سلطانی و همکاران، ۱۳۹۸الف).



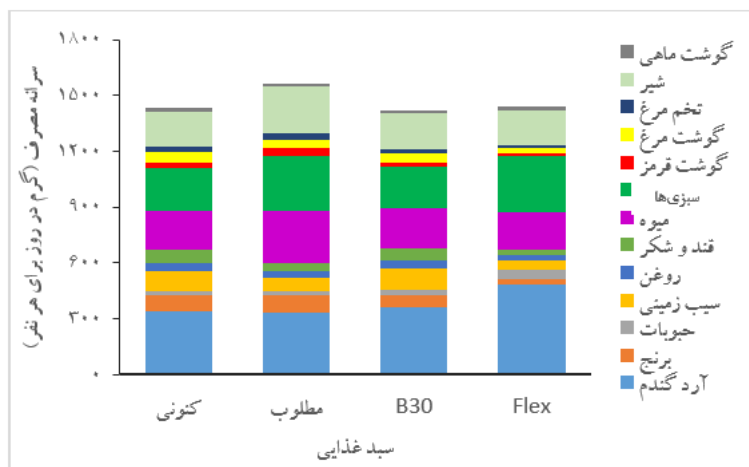
شکل ۱- روند تغییرهای جمعیت ایران از سال ۱۹۵۶ میلادی (۱۳۳۵ خورشیدی) تا سال ۲۱۰۰ میلادی (۱۴۷۹ خورشیدی). تغییرهای جمعیت از سال ۲۰۱۶ میلادی (۱۳۹۵ خورشیدی) تا سال ۲۱۰۰ میلادی (۱۴۷۹ خورشیدی) با چهار روش مختلف توسط سازمان ملل پیش‌بینی شده است. چهار نرخ باروری مختلف شامل نرخ باروری ثابت کنونی (۱/۸) تغییرهای جمعیت با حد پایین (۱/۵)، متوسط (۲/۵) و بالا (۳/۳) در نظر گرفته شده است.

### سبد غذایی

ترکیب محصول‌های موجود در سبد غذایی تأثیر زیادی بر مقدار تقاضا برای محصول‌های گیاهی دارد. در بررسی حاضر، در سبد غذایی افزون بر محصول‌های گیاهی که به صورت مستقیم توسط انسان مصرف می‌شوند، مقدار محصول‌های گیاهی با مصرف غیرمستقیم (علوفه و خوراک دام که تبدیل به محصول‌های دامی می‌شوند و سپس توسط انسان مصرف می‌شوند) نیز محاسبه شد. برای محاسبه مقدار تقاضا، چهار سبد غذایی مختلف به کار رفتند (شکل ۲) که عبارتند از الف- وضعیت کنونی، ب- وضعیت مطلوب وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی، پ- وضعیت سبد غذایی ۳۰٪ (شکل ۲) بر پایه جایگزینی ۳۰٪ از گوشت قرمز با گوشت مرغ + جایگزینی ۳۰٪ از گوشت مرغ با حبوبات + جایگزینی ۳۰٪ از برنج با گندم و ت- گیاهی‌محور که با رعایت معیارهای اصلی سازمان بهداشت جهانی، رژیم انعطاف‌پذیر<sup>۱</sup> همسو با شرایط کشور و تولیدهای کنونی کشاورزی می‌باشد. اطلاعات کلی این سبدها در شکل ۲ ارائه شده است (سلطانی و همکاران، ۱۳۹۸ الف).

### هدررفت

مقدار هدررفت محصول‌های موجود در سبد غذایی یکی دیگر از متغیرهای مهم تأثیرگذار بر مقدار کل تقاضا برای محصول‌های گیاهی می‌باشد. مقدار هدررفت برای محصول‌های مختلف موجود در سبد غذایی مردم ایران در جدول ۱ آمده است. مقدار هدررفت شامل همه محصول از دست رفته از زمان تحویل محصول از مزرعه (برای محصول‌های دامی از کشتارگاه یا دامداری) تا دهان مصرف‌کننده می‌باشد. همچنین، مقدار هدررفت بر اساس وزن تازه و شامل مجموع بخش خوراکی و غیرخوراکی (مانند پوست میوه‌ها و سبزی‌ها) هر یک از محصول‌ها می‌باشد.



شکل ۲- سرانه مصرف محصولات غذایی مختلف موجود در سبدهای غذایی. B30: وضعیت سبد غذایی ۳۰٪ بر پایه جایگزینی ۳۰٪ از گوشت قرمز با گوشت مرغ + جایگزینی ۳۰٪ از گوشت مرغ با حبوبات + جایگزینی ۳۰٪ از برنج با گندم و Flex: رژیم غذایی انعطاف‌پذیر.

جدول ۱- مقدارهای محاسبه‌شده برای دیگر مصرف‌ها\* و هدررفت محصولات کشاورزی موجود در سبد غذایی نسبت به کل سرانه تأمین هر یک از این محصولات (Soltani et al., 2020a).

| مصرف      | دیگر مصرف‌ها | هدرفت |
|-----------|--------------|-------|
| گندم      | ۶/۵٪         | ۱۵/۰٪ |
| برنج سفید | ۰/۰          | ۱۰/۴٪ |
| حبوبات    | ۹/۳٪         | ۱۰/۰٪ |
| سیب زمینی | ۱۱/۲٪        | ۱۹/۸٪ |
| روغن      | ۱۰/۹٪        | ۱۱/۵٪ |
| قند و شکر | ۰            | ۲۳/۹٪ |
| میوه‌ها   | ۰            | ۵۷/۵٪ |
| سبزیجات   | ۰            | ۵۴/۰٪ |
| گوشت قرمز | ۰            | ۱۱/۲٪ |
| گوشت مرغ  | ۰            | ۱۲/۲٪ |
| تخم مرغ   | ۷/۶٪         | ۱۱/۸٪ |
| شیر       | ۲۴/۶٪        | ۹/۱٪  |
| ماهی      | ۳۲/۶٪        | ۲/۸٪  |

\*دیگر مصرف‌ها منظور مصرف غیر انسانی است.

### رویکردهای تقاضا برای محصولات گیاهی

از ترکیب رویکردهای افزایش جمعیت (چهار رویکرد، شکل ۱)، نوع سبد غذایی (چهار سبد غذایی، شکل ۲) و مقدار کاهش هدررفت (سه سطح شامل صفر، ۲۵ و ۵۰٪ کاهش هدررفت)، ۴۸ رویکرد مختلف برای محاسبه مقدار تقاضای محصولات گیاهی به‌دست آمد. با توجه به این‌که تغییر رژیم غذایی و حرکت به سمت رژیم غذایی گیاهی‌محور در کوتاه‌مدت بسیار دشوار است، برای سال ۱۴۰۹ این سبد غذایی مورد ارزیابی قرار نگرفت. بنابراین، برای این زمان، شمار

رویکردها برای بررسی مقدار تقاضا برای محصول‌های گیاهی ۳۶ مورد چهار رویکرد جمعیت-سه سبد غذایی-سه سطح کاهش هدررفت بود.

### محاسبه‌های تقاضا برای محصول‌های گیاهی و آب

در بررسی حاضر، مقدار تقاضا برای محصول‌های گیاهی و مقدار آب مجازی لازم برای تولید آن‌ها بر مبنای شرایط تولید محصول‌های کشاورزی در ایران، محاسبه شد. شرایط کنونی مدیریت آب دو بخش اصلی دارد؛ یکی کارآمدی یا راندمان انتقال آب از منبع (رودخانه یا چاه) به مزرعه و دیگری راندمان کاربرد آب در مزرعه که تابع هدرروی آب در مزرعه می‌باشد. در حال حاضر، راندمان آبیاری در کشور (انتقال و کاربرد)، ۴۲٪ می‌باشد، اما این عدد با مدیریت مطلوب در برخی کشورها به ۶۰٪ هم رسیده است (Soltani et al., 2020b). از سودمندی‌های بررسی حاضر این است که در محاسبه وزن کل محصول‌های گیاهی و آب آبیاری، افزون بر کمیت، کیفیت محصول‌های گیاهی (مقدار انرژی غذایی، پروتئین و دیگر مواد مغذی) نیز در نظر گرفته شده است که این کار با در نظر گرفتن سرانه مواد گیاهی مختلف موجود در سبد غذایی (سبدهایی که از نظر کیفیت مواد غذایی تامین‌کننده منابع کافی انرژی، پروتئین و دیگر مواد مغذی لازم بودند) انجام شد. همچنین، مقدار تقاضا برای محصول‌های گیاهی با در نظر گرفتن رویکردهای مختلف افزایش جمعیت در آینده، پیش‌بینی شد.

در همه رویکردهای طراحی شده، برای محاسبه مقدار تقاضا برای محصول‌های گیاهی و مقدار نیاز آبی، از سامانه SEA<sup>۱</sup> استفاده شد (سلطانی و همکاران، ۱۳۹۸ الف). در این سیستم مقدار کل تقاضا برای محصول‌های گیاهی از حاصل ضرب مقدار سرانه نیاز هر محصول در جمعیت به‌دست می‌آید. در محاسبه مقدار سرانه نیاز، مقدار سرانه مصرف (محصول گیاهی خورده‌شده)، مقدار هدررفت و مقدار سایر مصرف‌ها در نظر گرفته می‌شوند. همچنین در این روش، مقدار تقاضا برای محصول‌های دامی بر مبنای محصول‌های گیاهی مورد نیاز برای تولید هر یک از محصول‌های دامی محاسبه می‌شود. برای تبدیل محصول‌های دامی به محصول‌های گیاهی، از ضریب‌های مختلف تبدیل خوراک دام برای تولید هر یک از محصول‌های دامی استفاده می‌شود (جدول ۲) (سلطانی و همکاران، ۱۳۹۸ ب).

جدول ۲- مقدارهای مختلف خوراک مورد نیاز برای تولید یک تن محصول دامی یا طیور (بر حسب تن وزن تازه).

| خوراک مورد نیاز | محصول دامی یا طیور |          |         |      |
|-----------------|--------------------|----------|---------|------|
|                 | گوشت قرمز          | گوشت مرغ | تخم مرغ | شیر  |
| دانه ذرت        | ۱/۶۰               | ۱/۵۶     | ۱/۴۳    | ۰/۱۰ |
| سبوس            | ۲/۰۰               | ۰/۰۷     | ۰/۱۲    | ۰/۱۵ |
| روغن            | ۰/۰۰               | ۰/۰۱     | ۰/۰۴    | ۰/۰۰ |
| کنجاله          | ۱/۶۰               | ۰/۸۰     | ۰/۵۵    | ۰/۲۰ |
| جو              | ۳/۰۰               | ۰/۰۰     | ۰/۰۰    | ۰/۱۷ |
| علوفه بقولات    | ۶/۹۴               | ۰/۰۰     | ۰/۰۰    | ۰/۴۹ |
| کاه             | ۵/۰۰               | ۰/۰۰     | ۰/۰۰    | ۰/۳۰ |
| ذرت علوفه‌ای    | ۵/۵۰               | ۰/۰۰     | ۰/۰۰    | ۰/۴۵ |
| علوفه مرتعی     | ۷/۳۹               | ۰/۰۰     | ۰/۰۰    | ۰/۴۲ |

در سیستم SEA برای محاسبه مقدار آب مورد تقاضا برای تولید محصول‌ها، ابتدا مقدار آب مورد نیاز برای تولید هر تن محصول مورد نظر با توجه به شرایط مدیریت موجود در داخل کشور (منظور در شرایط راندمان آبیاری کنونی و فقدان آمار دقیق عملکرد محصول‌های گیاهی) محاسبه شد. آب محاسبه شده برای تولید هر تن محصول تنها شامل آب آبی‌رنگ<sup>۱</sup> (آب آبیاری) می‌باشد (جدول ۳). سپس از حاصل ضرب مقدار تقاضا برای یک محصول در مقدار آب مورد نیاز برای تولید هر تن از آن محصول، مقدار آب مورد نیاز برای تولید کل مقدار مورد تقاضا از آن محصول در داخل کشور محاسبه می‌شود (سلطانی و همکاران، ۱۳۹۸-ب). لازم به بیان است که در سیستم SEA، در شرایط آینده و در دوره زمانی ۱۴۰۹ و ۱۴۲۹، اثر تغییر اقلیم بر مقدار آب مورد نیاز برای هر تن محصول نیز در نظر گرفته شد.

جدول ۳- مقدار آب مورد نیاز برای تولید هر تن از محصول‌های گیاهی بر حسب وزن تازه در شرایط اقلیمی حال حاضر، سال ۱۴۰۹ و سال ۱۴۲۹ با شرایط مدیریتی موجود در کشور برای تولید محصول‌های کشاورزی از نظر مقدار راندمان آبیاری و نبود عملکرد.

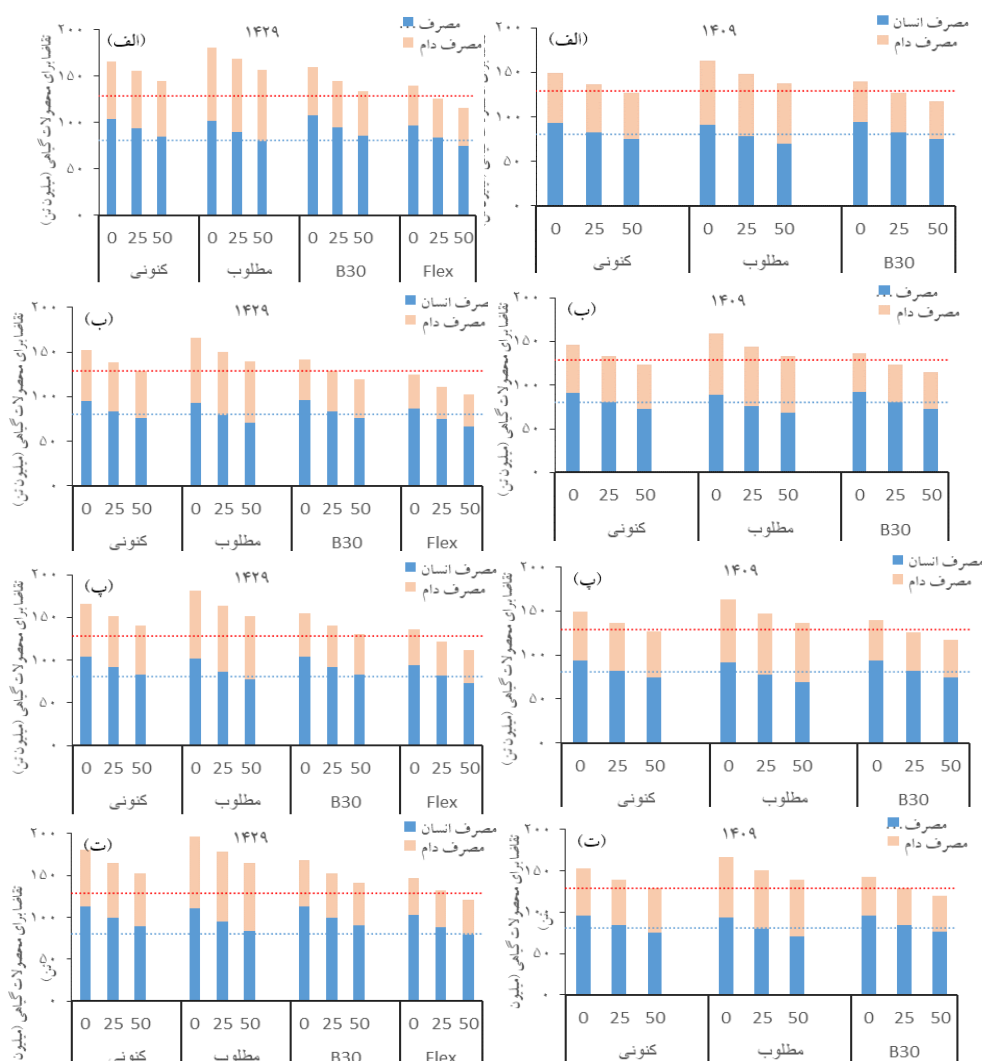
| آب مورد نیاز برای تولید (متر مکعب به ازای هر تن) |      |          | محصول گیاهی     |
|--------------------------------------------------|------|----------|-----------------|
| ۱۴۲۹                                             | ۱۴۰۹ | حال حاضر |                 |
| ۶۶۵                                              | ۷۵۰  | ۹۲۰      | گندم            |
| ۴۴۶۹                                             | ۴۱۹۲ | ۳۶۳۸     | شلتوک           |
| ۲۰۶۲                                             | ۱۹۳۶ | ۱۶۸۴     | حبوبات          |
| ۳۶۶                                              | ۳۶۱  | ۳۵۰      | سیب زمینی       |
| ۴۷۶۹                                             | ۴۵۷۹ | ۴۲۰۰     | محصول‌های روغنی |
| ۳۹۷                                              | ۳۸۴  | ۳۶۰      | محصول‌های قندی  |
| ۱۶۸۷                                             | ۱۵۹۹ | ۱۴۲۳     | میوه            |
| ۳۳۸                                              | ۳۲۴  | ۲۹۵      | سبزی و صیفی‌جات |
| ۶۷۴                                              | ۷۶۱  | ۹۳۴      | جو              |
| ۲۵۴۶                                             | ۲۳۶۳ | ۱۹۹۷     | ذرت دانه‌ای     |
| ۳۸۰                                              | ۳۵۳  | ۲۹۹      | ذرت علوفه‌ای    |
| ۱۱۰۸                                             | ۱۰۷۱ | ۹۹۸      | علوفه بقولات    |
| ۳۳۴                                              | ۳۵۶  | ۴۰۰      | کاه             |
| ۶۹۳                                              | ۷۰۵  | ۷۲۷      | سبوس            |
| ۳۳۲۷                                             | ۳۱۹۵ | ۲۹۳۱     | کنجاله          |

## نتایج و بحث

در حال حاضر یعنی سال ۱۴۰۰، مقدار کل تقاضا برای محصول‌های گیاهی برابر ۱۲۸/۷۴ میلیون تن در سال می‌باشد. از این مقدار ۶۲/۷٪ به صورت مستقیم توسط انسان و ۳۷/۳٪ برای تغذیه دام برای تولید محصول‌های دامی مصرف می‌شود (شکل ۳). با تغییر جمعیت، نوع سبد غذایی و کاهش مقدار هدررفت، مقدار کل محصول‌های گیاهی و ترکیب مصرف محصول‌های گیاهی مورد تقاضا (از نظر درصد مصرف مستقیم و غیرمستقیم آن‌ها) دستخوش تغییر خواهد شد. بنابراین، در صورتی که سبد غذایی کنونی بدون کاهش هدررفت تا سال ۱۴۰۹ و ۱۴۲۹ مصرف شود و همچنین اگر جمعیت کشور با نرخ باروری کنونی (۱/۸) افزایش یابد، مقدار کل محصول‌های گیاهی مورد تقاضا در سال‌های ۱۴۰۹

1. Blue water

و ۱۴۲۹ به ترتیب به ۱۴۹/۲۵ و ۱۶۶/۰۶ میلیون تن خواهد رسید (شکل ۳). با همین رویکرد افزایش جمعیت، با کاهش ۲۵ درصدی مقدار هدررفت، مقدار کل تقاضا برای محصول‌های گیاهی در سال‌های ۱۴۰۹ و ۱۴۲۹ به ترتیب به ۱۳۶/۸ و ۱۵۵/۸۶ میلیون تن خواهد رسید. درواقع، با کاهش ۲۵ درصدی هدررفت محصول‌های گیاهی و دامی (بدون تغییر در سبب غذایی) می‌توان مقدار تقاضا در سال‌های ۱۴۰۹ و ۱۴۲۹ به ترتیب ۱۲/۴۴ و ۱۰/۲۰ میلیون تن کاهش داد (شکل ۳). در رویکرد افزایش جمعیت با نرخ باروری کنونی (۱/۸)، در شرایط کاهش ۵۰ درصدی هدررفت محصول‌های گیاهی و دامی و در شرایط استفاده از سبب غذایی کنونی، می‌توان مقدار تقاضا برای محصول‌های گیاهی در سال‌های ۱۴۰۹ و ۱۴۲۹ به ترتیب ۱۹/۶۷ و ۲۱/۱۹ میلیون تن کاهش داد. با این رویکرد، در سال ۱۴۰۹ به ۱۲۷/۱۷ میلیون تن و در سال ۱۴۲۹ به ۱۴۴/۸۷ میلیون تن محصول گیاهی نیاز خواهد بود (شکل ۳).



شکل ۳- مقدار محصول‌های گیاهی مورد تقاضا (به تفکیک مصرف برای دام و انسان) با شرایط مدیریت کنونی تولید محصول‌های کشاورزی در ایران، برای چهار سبب غذایی مختلف (کنونی، مطلوب، B30، Flex) در ۳ شرایط کاهش هدررفت (صفر: نبود کاهش، ۲۵: کاهش ۲۵٪ و ۵۰: کاهش ۵۰ درصدی)، برای چهار رویکرد افزایش جمعیت با نرخ (الف) مشابه حال حاضر، (ب) نرخ اندک، (پ) نرخ میانگین و (ت) نرخ زیاد تا سال ۱۴۰۹ و ۱۴۲۹؛ خط‌چین آبی نشان‌دهنده مقدار تقاضا برای کل محصول‌های گیاهی برای مصرف انسان و خط‌چین قرمز نشان‌دهنده مقدار کل تقاضا برای محصول‌های گیاهی (مجموع مصرف دام و انسان) در شرایط حال حاضر کشور است.

تغییر سبد غذایی از سبد کنونی به سبد غذایی مطلوب پیشنهادی توسط وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی، منجر به افزایش چشمگیر تقاضا برای محصولات گیاهی در هر دو مقطع زمانی ۱۴۰۹ و ۱۴۲۹ خواهد شد به طوری که با رویکردی افزایش جمعیت با نرخ باروری کنونی (۱/۸) و در شرایط نبود کاهش هدررفت، مقدار تقاضا برای کل محصولات گیاهی در سال ۱۴۰۹ به ۱۶۲/۷۴ میلیون تن و در سال ۱۴۲۹ به ۱۸۱/۰۶ میلیون تن خواهد رسید. (شکل ۳). برخلاف سبد غذایی مطلوب، گرایش مردم به سمت سبد غذایی جایگزین (بر پایه جایگزینی ۳۰٪ از گوشت قرمز با گوشت مرغ + جایگزینی ۳۰٪ از گوشت مرغ با حبوبات + جایگزینی ۳۰٪ از برنج با گندم و رژیم انعطاف‌پذیر) می‌تواند مقدار تقاضا برای کل محصولات گیاهی را کاهش دهد (برای هر دو مقطع زمانی مطالعه شده و برای هر چهار سناریوی افزایش جمعیت شکل ۳ الف، ب، پ، ت). در شرایط افزایش جمعیت با نرخ باروری کنونی (۱/۸)، با استفاده از این سبد غذایی و در صورت کاهش ۲۵ درصدی هدررفت در سال ۱۴۰۹، با وجود افزایش جمعیت، مقدار تقاضا برای کل محصولات گیاهی ۱/۶۴ میلیون تن (۱/۳٪) نسبت به شرایط حال حاضر کاهش خواهد داشت (شکل ۳). با همین رویکرد در سال ۱۴۲۹ مقدار تقاضا برای کل محصولات گیاهی به ۱۴۴/۷۹ میلیون تن خواهد رسید که ۱۶/۰۵ میلیون تن (۱۲/۵٪) بیشتر از حال حاضر خواهد بود.

تا سال ۱۴۰۹ به دلیل کوتاهی دوره زمانی، تغییر رژیم غذایی کنونی و استفاده از رژیم غذایی گیاهی محور، به تقریب موردی غیرممکن است. در صورتی که تا سال ۱۴۲۹ رژیم غذایی مردم از سبد غذایی گیاهی محور پیروی نماید، با وجود افزایش بیش از ۲۶ میلیون نفری جمعیت کشور نسبت به سال ۱۴۰۰، با نرخ باروری کنونی (۱/۸)، مقدار تقاضا برای کل محصولات گیاهی در صورت کاهش ۵۰ درصدی هدررفت برابر ۱۱۵/۱۶ میلیون تن (۱۳/۵۷ میلیون تن معادل ۱۰/۵۴٪ کمتر از شرایط کنونی) و با کاهش ۲۵ درصدی هدررفت برابر ۱۲۵/۲۸ میلیون تن (۳/۴۶ میلیون تن معادل ۲/۶۹٪ کمتر از شرایط کنونی) خواهد بود (شکل ۳). بنابراین، با تغییر به سمت رژیم غذایی گیاهی محور و با کاهش هدررفت محصولات کشاورزی و دامی، می‌توان با وجود افزایش جمعیت، مقدار تقاضا برای محصولات گیاهی را به صورت چشمگیری تا سال ۱۴۲۹ کاهش داد.

بر پایه دیگر رویکردهای حاصل از ترکیب انواع سبد غذایی، نرخ باروری جمعیت و مقدار هدررفت، مقدار تقاضای محصولات گیاهی در دو مقطع زمانی ۱۴۰۹ و ۱۴۲۹ در شکل ۳ نشان داده شده است. در میان این رویکردها، رویکردهای ناشی از افزایش جمعیت و استفاده از سبد غذایی مطلوب به افزایش چشمگیری تقاضای محصولات گیاهی منجر خواهد شد. این در حالی است که کاهش هدررفت و گرایش به سمت سبدهای غذایی گیاهی محور به کاهش تقاضا برای محصولات گیاهی می‌انجامد.

در حال حاضر، در سطح جهان به‌طور میانگین ۵۶٪ از محصولات گیاهی به‌صورت مستقیم توسط انسان مصرف می‌شود (Cassidy et al., 2013). در مصرف غیرمستقیم، ۳۶٪ از این محصولات برای تغذیه دام برای تولید محصولات دامی و ۸٪ آن‌ها برای دیگر موردها (مانند تولید سوخت زیستی) مصرف می‌شود. در کشورهای مختلف، مقدار استفاده از محصولات گیاهی برای مصرف مستقیم انسان و تغذیه دام متفاوت است. در کشوری مانند هند که مردم آن بیشتر از رژیم غذایی گیاه‌خواری استفاده می‌کنند، ۹۲٪ از محصولات گیاهی به صورت مستقیم توسط انسان و تنها ۴٪ برای تغذیه دام مصرف می‌شوند. در مقابل، در ایالات متحده آمریکا که مردم آن تمایل زیادی به مصرف محصولات دامی

دارند، تنها ۳۷٪ از محصول‌های گیاهی به صورت مستقیم توسط انسان و ۵۷٪ برای تغذیه دام مصرف می‌شوند (Cassidy et al., 2013).

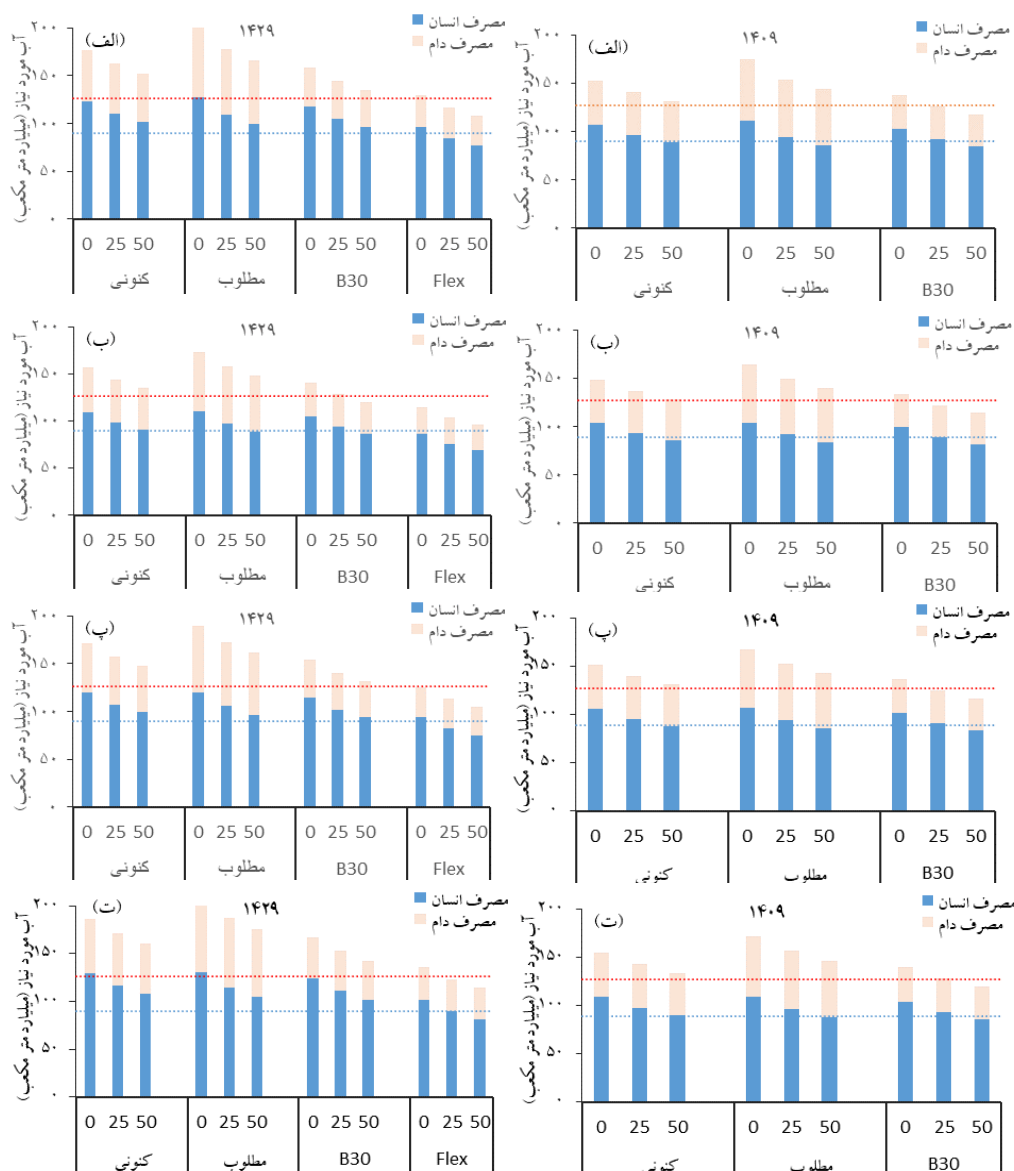
مقدار روزانه مورد نیاز پروتئین برای هر نفر برابر ۵۰ گرم است (Soltani et al., 2020b). در سال ۲۰۰۹ در سطح جهان، میانگین سرانه مصرف پروتئین برابر ۶۸ گرم در روز بود که ۹۰٪ مردم جهان بیش از نیاز مصرف می‌کردند. با توجه به این موضوع، امکان کاهش مصرف پروتئین حیوانی در رژیم غذایی بسیاری از مردم جهان وجود دارد، به طوری که رژیم غذایی جدید از نظر سلامتی مشکلی نداشته باشد (Alvarez et al., 2022; Ranganathan et al., 2016). با توجه به این که در میان همه محصول‌های تولیدشده از دام‌ها و طیور، کارایی تبدیل خوراک به گوشت در گوسفند و گاو کمترین مقدار است، با کاهش مصرف این گوشت‌ها و جایگزینی آن‌ها با گوشت مرغ، می‌توان مقدار تقاضا برای محصول‌های گیاهی را کاهش داد (Soltani et al., 2020b).

افزایش تولید در کنار کاهش تقاضا برای غذا، دو راهکار اصلی تأمین غذا برای جمعیت رو به رشد می‌باشند. کنترل جمعیت و تنظیم آن بر اساس توان تولید محصول‌های غذایی در یک کشور (Searchinger et al., 2013)، تغییر رژیم غذایی برای کاهش مصرف محصول‌های دامی (Godfray et al., 2010) و کاهش مقدار هدررفت محصول‌های کشاورزی و غذایی (Gustavsson et al., 2011; Alexander et al., 2017) می‌توانند با کاهش تقاضا، موجب بهبود تأمین غذا شوند. کاهش هدررفت می‌تواند تاثیر چشمگیری بر کاهش مقدار تقاضا برای محصول‌های کشاورزی داشته باشد. هرچند که کل هدررفت محصول‌های کشاورزی حذف‌شدنی نیست، اما بررسی‌ها نشان داده‌اند که می‌توان ۵۰٪ از هدررفت محصول‌های کشاورزی را با مدیریت مناسب کاهش داد (Connor et al., 2011).

سرانه هدررفت برای مجموع محصول‌های کشاورزی موجود در سبد غذایی مردم ایران ۲۷۱/۶ کیلوگرم در سال برآورد شده است که سهم ایران از این هدر رفت ۲/۷٪ است (سلطانی و همکاران، ۱۳۹۸-ب). در ایالات متحده آمریکا سرانه هدررفت محصول‌های کشاورزی و مواد غذایی (با هدررفت در مزرعه) در حدود ۱۳۲ (Buzby et al., 2014)، در انگلستان در حدود ۱۰۹ (Parry et al., 2015) و در کشورهای اروپایی دیگر در حدود ۲۸۰ کیلوگرم (Gustavsson et al., 2011) برای هر نفر در سال تخمین زده شده است. در بررسی دیگری، مقدار هدررفت (با هدررفت در مزرعه) در کشورهای عضو اتحادیه اروپا در میانگین ۱۸۰ کیلوگرم برای هر نفر در سال گزارش شده است که کمترین مقدار با ۵۰ کیلوگرم برای هر نفر در سال برای یونان تا بیشترین مقدار با ۵۰۰ کیلوگرم برای هر نفر در سال در هلند می‌باشد (Monier et al., 2010). همچنین، برای خودکفایی در کشورهای اروپایی کشت باقلا، نخود و سویا مطرح است که چنین رویکردی به کاهش چشمگیر استفاده از زمین‌های کشاورزی (۴ تا ۸٪) خواهد انجامید و با جایگزینی پروتئین‌های حیوانی با پروتئین‌های گیاهی، انتشار گازهای گلخانه‌ای ۲۲٪ کاهش می‌یابد (van Loon et al., 2023).

در شرایط کنونی و با فرض تولید همه محصول‌های گیاهی مورد تقاضا در داخل کشور با شرایط مدیریتی موجود، مقدار آب مورد نیاز برای تولید این مقدار از محصول‌ها برابر ۱۲۶/۷۸ میلیارد متر مکعب می‌باشد که ۷۰/۵٪ برای تولید محصول‌های مصرفی توسط انسان و ۲۹/۵٪ برای تولید محصول‌های مصرفی توسط دام می‌باشد (شکل ۴). بدیهی است که نبود امکان تخصیص این مقدار آب در کشور، موجب وابستگی کشور به واردات برخی از محصول‌های مختلف شده است. با توجه به این که در حال حاضر مقدار آب تخصیصی به بخش کشاورزی ۸۶ میلیارد متر مکعب است (Soltani et al., 2020b)، ایران حدود ۴۰/۷۸ میلیارد متر مکعب آب مجازی وارد می‌کند. به عبارت دیگر، از دید دسترسی به منابع

آب، ضریب خودکفایی کشور در تولید محصول‌های کشاورزی برابر ۶۷/۸۳٪ می‌باشد (شکل ۵). اگر مقدار تخصیص آب به بخش کشاورزی با نگاه حفظ پایداری محیط زیست باشد و از طرف دیگر، تغییری در راندمان استفاده از آب و عملکرد محصول‌های کشاورزی در واحد سطح ایجاد نشود، ضریب خودکفایی تولید محصول‌های کشاورزی از دید دسترسی به آب به ۳۱٪ کاهش می‌یابد.



شکل ۴- مقدار آب مورد تقاضا برای تامین کل محصول‌های گیاهی مورد نیاز (به تفکیک مصرف برای دام و انسان) با شرایط مدیریت کنونی تولید محصول‌های کشاورزی در ایران، برای چهار سبد غذایی مختلف (کنونی، مطلوب، B30، Flex) در سه شرایط کاهش هدررفت (صفر، نبود کاهش، ۲۵، ۵۰ درصدی و ۵۰٪ کاهش)، برای چهار رویکردی افزایش جمعیت با نرخ (الف) مشابه حال حاضر، (ب) نرخ پایین، (پ) نرخ میانگین و (ت) نرخ بالا تا سال ۱۴۰۹ و ۱۴۲۹؛ خط‌چین آبی نشان‌دهنده مقدار آب مورد نیاز برای تولید کل محصول‌های گیاهی برای مصرف انسان و خط‌چین قرمز نشان‌دهنده مقدار آب مورد نیاز برای تولید کل محصول‌های گیاهی برای مجموع مصرف انسان و دام در شرایط حال حاضر کشور است.

در حال حاضر، ضریب خودکفایی تولید محصول‌های کشاورزی از دید وزن محصول‌های گیاهی در کشور کمتر از ۸۵٪ است. کم‌بودن مقدار ضریب خودکفایی تولید محصول‌های گیاهی از دید آب نسبت به ضریب خودکفایی از دید وزن محصول‌های گیاهی، بیانگر این است که آب مجازی محصول‌های گیاهی وارد شده به کشور بسیار بیشتر از آب مجازی محصول‌های صادر شده از کشور است. بیشتر محصول‌های گیاهی وارداتی شامل روغن (۷۰۰۱ متر مکعب برای هر تن)، شکر (۲۰۹۰ متر مکعب برای هر تن)، ذرت (۱۹۹۷ متر مکعب برای هر تن)، گندم (۹۲۰ متر مکعب برای هر تن) و جو (۹۳۴ متر مکعب برای هر تن) هستند. میوه (۱۴۲۳ متر مکعب برای هر تن) و صیفی‌ها و سبزی‌ها (۲۹۵ متر مکعب برای هر تن) محصول‌های صادراتی عمده می‌باشند (سلطانی و همکاران، ۱۳۹۸ الف). بنابراین، می‌توان نتیجه گرفت که برای بررسی وضعیت خودکفایی محصول‌های کشاورزی در کنار ضریب خودکفایی وزنی محصول‌ها باید به ضریب خودکفایی از دید آب نیز توجه داشت؛ زیرا ضریب خودکفایی بر مبنای وزن، مقدار خودکفایی محصول‌های گیاهی را به صورت خوشبینانه بیان می‌کند.

عوامل‌های تاثیرگذار بر تقاضا برای محصول‌های گیاهی (جمعیت، رژیم غذایی و هدررفت) می‌توانند بر مقدار آب مورد نیاز و به دنبال آن بر مقدار خودکفایی تولید محصول‌های گیاهی در کشور از دید آب، تاثیرگذار باشند. برای نمونه، در صورت افزایش جمعیت با نرخ باروری کنونی (۱/۸) و نبود تغییر در سبد غذایی و نبود کاهش هدررفت محصول‌های گیاهی و دامی در کشور، مقدار آب مورد نیاز برای تولید همه محصول‌های گیاهی مورد تقاضا در سال‌های ۱۴۰۹ و ۱۴۲۹ به ترتیب به ۱۵۲/۴۷ (۲۰/۲۶٪ بیشتر از حال حاضر) و ۱۷۶/۳۴ میلیارد متر مکعب (۳۹/۰۹٪ بیشتر از حال حاضر) خواهد رسید (شکل ۴). با توجه به محدودیت منابع آب کشور، با افزایش تقاضا برای محصول‌های گیاهی (مجموع مصرف انسان و دام)، مقدار ضریب خودکفایی تولید این محصول‌ها از دید آب در آینده وضعیت بدتری پیدا خواهد کرد. برای نمونه، با فرض نبود تغییر در شرایط تولید محصول‌های گیاهی، در صورت افزایش جمعیت با نرخ باروری کنونی، در شرایط استفاده از سبد غذایی کنونی و در صورت نبود کاهش هدررفت محصول‌های گیاهی و دامی، مقدار ضریب خودکفایی تولید محصول‌های گیاهی از دید آب در سال ۱۴۰۹ به ۵۶/۴٪ و در سال ۱۴۲۹ به ۴۸/۸٪ خواهد رسید. با فرض حفظ محیط‌زیست (تخصیص ۳۹ میلیارد متر مکعب آب به بخش کشاورزی)، ضریب خودکفایی کشور برای تولید محصول‌های گیاهی از دید دسترسی به آب در سال ۱۴۰۹ به ۲۶٪ و در سال ۱۴۲۹ به ۲۲٪ خواهد رسید (شکل ۵). اثر عامل‌های مختلف تاثیرگذار بر تقاضا، بر مقدار ضریب خودکفایی تولید از دید آب، در شکل ۵ ارایه شده‌اند.

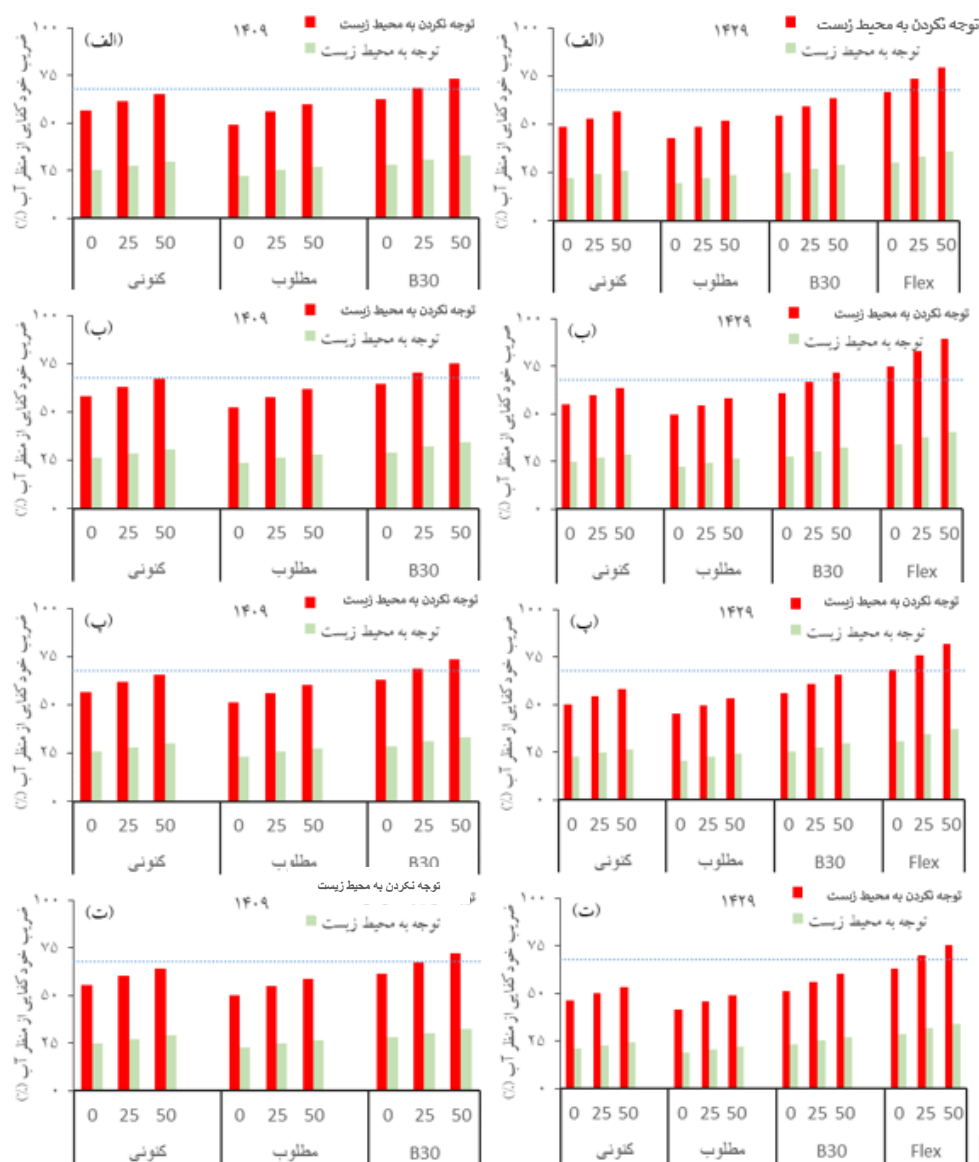
کاهش مقدار هدررفت محصول‌های گیاهی و دامی می‌تواند نقش زیادی در کاهش مقدار آب مورد نیاز برای تولید محصول‌های گیاهی در کشور داشته باشد. برای نمونه، در رویکرد افزایش جمعیت با نرخ باروری کنونی (۱/۸) در شرایط استفاده از سبد غذایی کنونی، با کاهش ۲۵ درصدی هدررفت محصول‌های گیاهی و دامی در سال ۱۴۰۹، مقدار نیاز به آب به مقدار ۱۲/۱۸ میلیارد متر مکعب (۷/۹۹٪) نسبت به نبود کاهش هدررفت در همین سال، کمتر خواهد بود. در سال ۱۴۲۹ کاهش این مقدار هدررفت معادل ۲۴/۳۳ میلیارد متر مکعب آب (۱۳/۸۰٪) نسبت به نبود کاهش هدررفت خواهد بود (شکل ۴). در صورت توجه به محیط زیست و تخصیص آب به مقدار ۳۹ میلیارد متر مکعب به بخش کشاورزی و با فرض کاهش هدررفت به مقدار ۲۵٪ تا سال ۱۴۰۹، مقدار ضریب خودکفایی تولید محصول‌های گیاهی از دید آب برابر ۲۷/۸٪ خواهد بود. با کاهش ۵۰ درصدی هدررفت، در این شرایط مقدار ضریب خودکفایی از دید آب برابر ۲۵/۷٪ خواهد شد (شکل ۵).

تغییر سبد غذایی از سبد کنونی به سبد مطلوب در همه رویکردهای افزایش جمعیت و کاهش هدررفت به افزایش نیاز به آب در کشور خواهد انجامید (شکل ۴). برای نمونه، در شرایط افزایش جمعیت با نرخ باروری کنونی و در صورت نبود تغییر در مقدار هدررفت، مقدار آب مورد نیاز با به کارگیری سبد مطلوب نسبت به سبد غذایی کنونی موجب افزایش ۲۲/۰۲ میلیارد متر مکعبی آب در سال ۱۴۰۹ (۱۴/۴۴٪) و ۲۴/۷۴ میلیارد متر مکعبی در سال ۱۴۲۹ (۱۴/۰۳٪) خواهد شد (شکل ۴). در این شرایط مقدار ضریب خودکفایی تولید محصول‌های گیاهی از دید آب در سال ۱۴۰۹ برابر ۲۲/۴٪ و در سال ۱۴۲۹ برابر ۱۹/۴٪ خواهد بود (شکل ۵).

کمبود منابع آب یکی از بزرگترین چالش‌های پیش روی بخش کشاورزی برای تولید محصول‌های کشاورزی کافی در کشور است. مقدار آب مصرفی در بخش کشاورزی در حال حاضر ۸۶ میلیارد متر مکعب است که بسیار بیشتر از ظرفیت محیط‌زیست می‌باشد. برای حفظ پایدار محیط زیست مقدار آب قابل تخصیص به بخش کشاورزی باید در حدود ۳۹ میلیارد متر مکعب باشد (Soltani et al., 2020b). لازم به بیان است که در این بررسی مقدارهای گزارش شده برای آب مورد تقاضا شامل آب آبی آبیاری می‌باشد. همچنین، مقدار آب در شرایط مدیریت کنونی تولید محصول‌ها در کشور در نظر گرفته شده است (منظور در شرایط راندمان آبیاری کنونی و نبود آمار دقیق عملکرد محصول‌های گیاهی). بدیهی است که با اعمال فشرده‌سازی تولید و بهبود شرایط مدیریت تولید محصول‌های کشاورزی، می‌توان مقدار آب مورد نیاز برای هر تن محصول‌ها را کاهش داد (سلطانی و همکاران، ۱۳۹۸ الف). در بررسی حاضر برای محاسبه مقدار آب مورد نیاز در آینده و در شرایط اقلیم آینده، تأثیر تغییر اقلیم در تغییر مقدار آب مورد نیاز برای تولید هر تن محصول نیز در نظر گرفته شده است.

### نتیجه‌گیری

نتایج بررسی حاضر نشان داد که در سال ۱۴۰۰ خورشیدی خودکفایی تولید محصول‌های گیاهی در کشور از دید دسترسی به آب ۶۷/۸۳٪ است. در صورت توجه به شرایط محیط‌زیست و کاهش تخصیص آب به بخش کشاورزی، خودکفایی تولید محصول‌های کشاورزی باید ۳۱٪ می‌بود. اضافه برداشت آب از منابع موجب خسارت‌های جبران‌ناپذیری به محیط‌زیست شده است. در صورت عدم تغییر در شرایط مدیریت تولید محصول‌های کشاورزی (منظور در شرایط راندمان آبیاری کنونی و فقدان آمار دقیق عملکرد محصول‌های گیاهی) و توجه نکردن به محیط‌زیست، مقدار خودکفایی تولید محصول‌های گیاهی از دید دسترسی به آب به دلیل افزایش جمعیت و تقاضا، در سال‌های ۱۴۰۹ و ۱۴۲۹ به ترتیب برابر ۵۶/۴ و ۴۸/۸٪ خواهد شد. با فرض افزایش جمعیت با نرخ باروری کنونی (۱/۸) در صورت کاهش هدررفت و تغییر رژیم غذایی به سمت رژیم‌های غذایی گیاهی‌محور، با توجه به حفظ محیط‌زیست (کاهش تخصیص آب به بخش کشاورزی از ۸۶ به ۳۹ میلیارد متر مکعب) و در صورت نبود بهبود مدیریت تولید محصول‌های کشاورزی در کشور، مقدار ضریب خودکفایی از دید آب در سال ۱۴۰۰ بیشتر از ۳۳/۲ و در سال ۱۴۲۹ بیشتر از ۳۶/۱ نخواهد شد. بنابراین، برای تأمین محصول‌های کشاورزی کافی در کشور همزمان با حفظ محیط‌زیست، سیاست کلان کشور باید برای بهبود مدیریت تولید و فشرده‌سازی کشاورزی شاهد تغییرهای زیادی باشد. همچنین، ایران در آینده وابستگی بیشتری به محصول‌های وارداتی خواهد داشت. از این رو، لازم است تا روابط سیاسی و اقتصادی ایران با کشورهای صادرکننده محصول‌های کشاورزی بهبود یابد.



شکل ۵- ضریب خودکفایی تولید محصول های گیاهی (مجموع مصرف انسان و دام) از دید دسترسی به آب در ایران، برای چهار سبب غذایی مختلف (کنوئی، مطلوب، B30، Flex) در سه شرایط کاهش هدررفت (صفر: نبود کاهش، ۲۵: کاهش ۲۵ درصدی و ۵۰: کاهش ۵۰ درصدی هدررفت)، برای چهار رویکرد افزایش جمعیت با نرخ (الف) مشابه حال حاضر، (ب) نرخ پایین، (پ) نرخ متوسط و (ت) نرخ بالا تا سال ۱۴۰۹ و ۱۴۲۹؛ خط چین آبی نشان دهنده مقدار ضریب خودکفایی تولید محصول های گیاهی از دید آب در شرایط حال حاضر می باشد. در دو شرایط نبود توجه به محیط زیست (تخصیص ۸۶ میلیارد متر مکعب آب به کشاورزی) و توجه به محیط زیست (تخصیص ۳۹ میلیارد متر مکعب آب به بخش کشاورزی).

## سپاسگزاری

این گزارش بخشی از گزارش یک طرح پژوهشی است که به سفارش سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی در دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان (قرارداد شماره ۲۹۴۶۸/۲۱۱ مورخه ۹۷/۶/۲۵) انجام شده است. نویسندگان از مسئولین محترم این سازمان کمال تشکر و قدردانی را دارند.

## منابع

سلطانی، افشین؛ سلطانی، الیاس؛ عالمقام، مجید؛ زند، اسکندر. (۱۳۹۸ الف). رژیم غذایی و نقش آن در منابع لازم برای تولیدات کشاورزی، پیوست ۱۴ در سلطانی و همکاران. تحلیل امنیت غذایی کشور تا ۱۴۲۹ با مدل سازی همبست آب، زمین، غذا و محیط زیست: چشم انداز و سیاست های لازم. گزارش طرح تحقیقاتی. سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی.

سلطانی، افشین؛ نه‌بندانی، علی؛ زینلی، ابراهیم؛ ترابی، بنیامین؛ زند، اسکندر؛ قاسمی، ثریا؛ الستی، امید؛ دادرسی، امیر؛ حسینی، رقیه السادات عالمقام، مجید؛ زاهد، محبوبه؛ فیاضی، حسنا؛ کمری، حسین؛ عرب عامری، راحله؛ محمدزاده، زهرا؛ رهبان، سمانه؛ کرامت، صالح. (۱۳۹۸ ب). تحلیل امنیت غذایی کشور تا ۱۴۲۹ با مدل سازی همبست آب، زمین، غذا و محیط زیست: چشم انداز و سیاست های لازم. سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی و دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گزارش طرح تحقیقاتی.

صالحی، فروزان. (۱۳۹۱). سبد غذایی مطلوب. انتشارات اندیشه ماندگار. ۶۰ ص.

Alexander, P., Brown, C., Arneth, A., Finnigan, J., Moran, D., & Rounsevell, M.D. (2017).

Losses, inefficiencies and waste in the global food system. *Agricultural systems*, 153, pp.190-200.

Bodirsky, B.L., Rolinski, S., Biewald, A., Weindl, I., Popp, A., & Lotze-Campen, H. (2015). Global food demand scenarios for the 21st century. *PloS one*, 10(11).

Broomandi, P., Dabir, B., Bonakdarpour, B., & Rashidi, Y. (2017). Identification of dust storm origin in South-West of Iran. *Journal of Environmental Health Science and Engineering*, 15(1), 1-16.

Buzby, J.C., Wells, H.F., & Hyman, J. (2014). The estimated amount, value and calories of postharvest food losses at the retail and consumer levels in the United States. Economic Information Bulletin Number 121. *Economic Research Service/USDA*.

Cassidy, E.S., West, P.C., Gerber, J.S., & Foley, J.A. (2013). Redefining agricultural yields: from tonnes to people nourished per hectare. *Environmental Research Letters*, 8(3), 34-45.

Connor, D. J., Loomis, R. S., & Cassman, K. G. (2011). Crop ecology: productivity and management in agricultural systems. *Cambridge University Press*. 556 p.

Dehghani, M., Zoj, M.J.V., Entezam, I., Saatchi, S.S., & Shemshaki, A. (2010). Interferometric measurements of ground surface subsidence induced by overexploitation of groundwater. *Journal of Applied Remote Sensing*, 4(1), 16-36.

Ercin, A.E., & Hoekstra, A.Y. (2014). Water footprint scenarios for 2050: A global analysis. *Environment international*, 64, 71-82.

FAO. (2020). Food Balance Sheets [Online]. [http:// www.fao.org/faostat/en/#data/FBS](http://www.fao.org/faostat/en/#data/FBS).

- Godfray, H.C.J., Beddington, J.R., Crute, I.R., Haddad, L., Lawrence, D., Muir, J.F., Pretty, J., Robinson, S., Thomas, S.M., & Toulmin, C. (2010). Food security: the challenge of feeding 9 billion people. *Science* 327, 812–818.
- González, A.D., Frostell, B., & Carlsson-Kanyama, A. (2011). Protein efficiency per unit energy and per unit greenhouse gas emissions: potential contribution of diet choices to climate change mitigation. *Food policy*, 36(5), 562-570.
- Gustavsson, J., Cederberg, C., Sonesson, U., & van Otterdijk, R. (2011). Global Food Losses and Food Waste; Extent, Causes and Prevention. Swedish Institute for Food and Biotechnology (SIK), Gothenburg (Sweden), and FAO, Rome (Italy).
- Monier, V., Shailendra, M., Escalon, V., O'Connor, C., Gibon, T., Anderson, G., Hortense, M., & Reisinger, H. (2010). Preparatory Study on Food Waste across EU 27. European Commission (DG ENV) Directorate C-Industry. Final Report. ISBN: 978-92-79-22138-5.
- Motagh, M., Djamour, Y., Walter, T.R., Wetzel, H.U., Zschau, J., & Arabi, S. (2007). Land subsidence in Mashhad Valley, northeast Iran: results from InSAR, levelling and GPS. *Geophysical Journal International*, 168(2), 518-526.
- Munesue, Y., & Masui, T. (2019). The impacts of Japanese food losses and food waste on global natural resources and greenhouse gas emissions. *Journal of Industrial Ecology*, 23(5), 1196-1210.
- Parry, A., James, K., & LeRoux, S. (2015). Strategies to Achieve Economic and Environmental Gains by Reducing Food Waste. Waste & Resources Action Programme (WRAP), Banbury, UK.
- Porkka, M., Kummu, M., Siebert, S., & Varis, O. (2013). From food insufficiency towards trade dependency: a historical analysis of global food availability. *PloS one*, 8(12), e82-94.
- Postel, S.L., Daily, G.C., & Ehrlich, P.R. (1996). Human appropriation of renewable fresh water. *Science*, 271(5250), 785-788.
- Ranganathan, J., Vennard, D., Waite, R., Dumas, P., Lipinski, B., Searchinger, T.I.M., & GLOBAGRI-WRR, M.A. (2016). Shifting diets for a sustainable food future. World Resources Institute.
- Reutter, B., Lant, P., Reynolds, C. & Lane, J. (2017). Food waste consequences: environmentally extended input-output as a framework for analysis. *Journal of cleaner production*, 153, pp.506-514.
- Rizvi, S., Pagnutti, C., Fraser, E., Bauch, C.T. & Anand, M. (2018). Global land use implications of dietary trends. *PloS one*, 13(8).
- Searchinger, T., Hanson, C., Ranganathan, J., Lipinski, B., Waite, R., Winterbottom, R., Winshaw, A., & Heimlich, R. (2013). The Great Balancing Act. Working Paper Installment 1 of Creating a Sustainable Food Future. World Resources Institute, Washington, DC.
- Soltani, E., Soltani, A., Alimagham, M., & Zand, E. (2021). Ecological footprints of environmental resources for agricultural production in Iran: a model-based study. *Environmental Science and Pollution Research*, 28 (48), 68972–68981.
- Soltani, A., Alimagham, S. M., Nehbandani, A., Torabi, B., Zeinali, E., Zand, E., & van Ittersum, M. K. (2020a). Future food self-sufficiency in Iran: A model-based analysis. *Global Food Security*, 24, 100351. doi:10.1016/j.gfs.2020.100351
- Soltani, A., Alimagham, S. M., Nehbandani, A., Torabi, B., Zeinali, E., Zand, E. Ghassemi, S., Vadez, V., Sinclair, T.R., & van Ittersum, M. K. (2020b). Modeling plant production at country

- level as affected by availability and productivity of land and water. *Agricultural Systems*, 183, 102859-102864. <https://doi.org/10.1016/j.gfs.2023.100723>
- Tonini, D., Albizzati, P.F., & Astrup, T.F. (2018). Environmental impacts of food waste: Learnings and challenges from a case study on UK. *Waste Management*, 76, 744-766.
- van Loon, M. P., Alimagham, S., Pronk, A., Fodor, N., Ion, V., Kryvoshein, O., Kryvobok, O., Marrou, H., Mihail, R., Mínguez, M. I., Pulina, A., Reckling, M., Rittler, L., Roggero, P. P., Stoddard, F. L., Topp, C. F. E., van der Wel, J., Watson, C., & van Ittersum, M. K. (2023). Grain legume production in Europe for food, feed and meat-substitution. *Global Food Security*, 39, Article 100723.

## **Estimating Food Demand on Future (1429): The Role of Population Size, Type of Diet and Loss/Waste of Agricultural Products**

**Amiri, S.R., Alimaghham, S.M. and Soltani, A.<sup>1, 2</sup>**

The demand for food is influenced by population size, type of diet and the amount of loss/waste of Agricultural products. In the present study, the amount of demand affected simultaneously by the influencing factors for the present time period, 2030 and 2050 were examined. The study examined 48 different scenarios derived from combining three levels of loss/waste reduction (0, 25, and 50%), four different food baskets, and four different fertility rates (including the current constant (1.8), low (1.5), medium (2.5) and high (3.3) fertility rates) for each of the 2030- and 2050-time frames, and calculated the demand values for plant products and blue water footprint required for each scenario. The amount of blue water footprint required to produce the products in demand was calculated according to the current farm management conditions of agricultural production. In the calculation of blue water footprint, the effect of climate change for the time points of 2030 and 2050 was also taken into consideration. The results showed that the current demand for plant products in the country is 128.74 million tons per year. Assuming a population increase at the current fertility rate (1.8), the demand will be 149.25 million tons in 2030 and 166.06 million tons in 2050. The amount of irrigation water required to meet the demands in is under the current conditions, 152.47 billion m<sup>3</sup> in 2030 and 176.34 billion m<sup>3</sup> in 2050. Currently, the amount of water allocated to the agricultural sector is 86 billion m<sup>3</sup>, which is more than the environmental capacity. To achieve a sustainable environment, the amount of water allocated to the agricultural sector must be reduced to 39 billion m<sup>3</sup>. If the environmental protection is included, the country's self-sufficiency rate in producing plant products from a water perspective will be 25.6% in 2030 and 22.1% in 2050. With a 25% reduction in loss/waste, the amount of water needed to produce the products in demand will be 140.28 billion m<sup>3</sup> in 2030 and 162.18 billion m<sup>3</sup> in 2050. However, the use of a plant-based diet can significantly reduce the amount of demand for agricultural products and subsequently the demand for water.

**Keywords:** Blue water footprint, Climate change, Plant products, Self-sufficiency.

---

1. Corresponding Author: Email: afshin.soltani@gmail.com

2. Associate Professor of University of Saravan, Graduated Ph.D. Student and Professor of Plant Production, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, respectively.