تحقیقات مهندسی سازه های آبیاری و زهکشی /دوره ۲۵/شماره ۹۴ /بهار ۱۴۰۳/صفحه ۱ -۱۶

نوع مقاله: پژوهشی

مروری بر شاخص‌های مدیریت مصرف آب گیاهان مختلف در ایران

فریبرز عباسی*[۱]، مهدی اکبری[۲]، ابوالفضل ناصری[۳]، نادر عباسی[۴]، جواد باغانی[۵]، محمد جلینی[۶]، محمدعلی شاهرخ‌نیا[۷]، محمدمهدی نخجوانی[۸]، سالومه سپهری[۹]، منصور معیری[۱۰]، علیرضا حسن‌اقلی[۱۱]، ابوالقاسم حقایقی[۱۲]، علی قدمی فیروزآبادی[۱۳]، حسن موسوی فضل[۱۴]، محمدرضا یزدانی[۱۵]

*[۱-۱۴] اعضای هیات علمی موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران

[۱۵] عضو هیات علمی موسسه تحقیقات برنج کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، رشت، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲ /۱۰/۱۵ تاریخ پذیرش : ۱۴۰۳/۰۳/۱۶

چکیده

این تحقیق با هدف ارزیابی حجم آب آبیاری و بهره‌وری آب ۳۵ محصول زراعی و باغی در ایران اجرا شد. اندازه‌گیری‌های میدانی شامل حجم آب آبیاری و عملکرد محصول برای حداقل یک فصل زراعی در قطب‌های تولید هر محصول بود. دوازده محصول زراعی (گندم، برنج، جو، ذرت‌علوفه‌ای، یونجه، چغندرقند، نیشکر، لوبیا، آفتابگردان، پنبه، کلزا، سویا)، ۱۷ محصول باغی (زعفران، سیب، زیتون، پرتقال، نارنگی، هلو، شلیل، آلو، لیمو، انجیر، انگور، خرما، انار، گردو، بادام، پسته، گیلاس) و ٦ سبزی و صیفی (گوجه‌فرنگی، هندوانه، سیب‌زمینی، خیار، خربزه، پیاز) در این تحقیق در نظر گرفته شدند. این محصولات بیش از ۸۵ درصد از سطح زیرکشت و تولیدات آبی کشور را در استان‌های مختلف پوشش می‌دادند. برای هر محصول حجم آب آبیاری در یک فصل زراعی و عملکرد گیاهان زراعی برای یک سال و یا میانگین دوساله ولی برای گیاهان باغی با توجه به تغییرات اقلیمی و سرمازدگی که عملکرد باغ‌ها را تحت تاثیر قرار می‌دهد، میانگین عملکرد ۳-۱ سال تعیین و در تحلیل‌ها استفاده شد. بهره‌وری فیزیکی آب آبیاری از نسبت عملکرد محصول به حجم آب آبیاری و بهره‌وری آب از نسبت عملکرد محصول به حجم آب (مجموع حجم آب آبیاری و بارش موثر) و درآمد ناخالص در واحد حجم آب آبیاری از حاصل‌ضرب عملکرد محصول در قیمت فروش بخش بر حجم آب آبیاری محاسبه شد. در این پژوهش، برای تعیین محصولات همگن از نظر شاخص‌های مورد بررسی (حجم آب آبیاری، بهره‌وری آب، و غیره) از مدل تحلیل خوشه‌ای استفاده گردید. نتایج تحقیق نشان داد میانگین حجم آب آبیاری محصولات مختلف از ۳۹۸٤ مترمکعب بر هکتار برای کلزا تا ۳۲۵۰۰ مترمکعب بر هکتار برای نیشکر متغیر است. میانگین وزنی حجم آب آبیاری (نسبت به سطح زیرکشت) ۳۵ محصول مورد مطالعه ۸۰۳۲ مترمکعب بر هکتار تعیین گردید که این شاخص به تفکیک محصولات باغی، زراعی و سبزی و صیفی به‌ترتیب ۹۱٦۲، ۷٦٦۹ و ۷۲٤۷ مترمکعب بر هکتار است. حجم کل آب مورد استفاده برای ۳۵ محصول مورد مطالعه ٦۱/۷ میلیارد مترمکعب و حجم کل آب آبیاری دیگر محصولاتی که در این تحقیق ارزیابی نشده بودند، ۹/٤ میلیارد مترمکعب برآورد شد. در مجموع، حجم کل آب مورد استفاده برای آبیاری محصولات آبی کشور ۷۱/۱ میلیارد مترمکعب برآورد می‌شود که حدود ۷۰ درصد حجم کل آب تجدیدپذیر کشور است. میانگین وزنی بهره‌وری آب آبیاری و آب محصولات مورد مطالعه به‌ترتیب ۱/۹ و ۱/۵ کیلوگرم بر مترمکعب تعیین شد که با مقدار هدف‌گذاری‌شده در برنامهٔ چشم‌انداز ۲۰ ساله بسیار نزدیک است. از نظر شاخص درآمد ناخالص به ازای واحد حجم آب آبیاری، زعفران و پسته بیشترین، و نیشکر، سویا، جو، ذرت‌علوفه‌ای، گندم و یونجه کمترین مقدار این شاخص را داشته‌اند.

واژه‌های کلیدی: حجم آب کاربردی، بهره‌وری فیزیکی، تحلیل خوشه‌ای، درآمد ناخالص

نگارنده مسئول: **Email**: fariborzabbasi@ymail.com **https://doi.org**/10.22092/IDSER.2024.364605.1569

مقدمه

تولید گیاهان زراعی و باغی در مناطق خشک و نیمه خشک جهان وابستگی شدیدی به آب دارد. آبیاری و بارش دو روش عمدهٔ تامین نیاز آبی گیاهان است. حدود ۱۵ درصد از زمین‌های کشاورزی جهان آبیاری می‌شود و نصف تولیدات کشاورزی از این زمین‌ها به دست می‌آید (Ahmadi *et al.*, 2019; Tavakoli *et al.*, 2021). تغییرات میانگین آب مصرفی در بخش کشاورزی در ایالات متحده از ۸۰۰۰ تا ۱۰۰۰۰ مترمکعب در هکتار و در کشورهای آسیایی از ۵۰۰۰ تا ۱۷۰۰۰ مترمکعب در هکتار گزارش شده است (Shiklomanov, 2000). منشأ اصلی آب آبیاری، بارش‌هاست با میانگین جهانی ۸۶۰ میلی‌متر در سال. ایران به دلیل پایین بودن میزان بارندگی‌ها با کمتر از یک سوم میانگین بارش سالانه جهانی و با توزیع نامناسب مکانی و زمانی آن، در منطقه‌ای خشک و نیمه‌خشک واقع شده است. برآوردها نشان می‌دهد که نیاز خالص آبی گیاهان زراعی و باغی فاریاب در جهان سالیانه حدود ۲۲۰۰ میلیارد مترمکعب است که ۷۰ درصد آن از طریق آبیاری و ۳۰ درصد آن از طریق باران تأمین می‌شود. به عبارت دیگر، ۱۵۴۰ میلیارد مترمکعب از آب‌های با کیفیت استحصالی در جهان برای جبران نیاز آبی گیاهان زراعی و باغی مصرف می‌شود (Molden, 2007).

از نظر مصرف آب در بخش‌های مختلف، در ایران نیز مانند دیگر کشورها بخش قابل‌توجهی از منابع آب‌های سطحی و زیرزمینی در بخش کشاورزی استفاده می‌شود. برای حجم آب مصرفی در بخش کشاورزی ایران، اعداد و ارقام متفاوتی در منابع گزارش شده است. قدرت‌نما (Ghodratnema, 1998) مصرف آب در بخش‌های شرب، صنعت و کشاورزی را در سال‌های ۱۳۴۲ تا ۱۳۷۲ بررسی و مصرف بخش کشاورزی را در این بازهٔ زمانی ۴۴ تا ۷۸ میلیارد مترمکعب در سال گزارش کرده است. موحد دانش (Movaheddanesh, 1994) مصرف آب در بخش کشاورزی را ۷۰ میلیارد مترمکعب و محمد ولی سامانی (Mohammad-Vali-Samani, 2005) مصرف آب در بخش کشاورزی را در سال‌های ۱۳۷۵ و ۱۳۸۰ به‌ترتیب ۸۱ و ۸۶ میلیارد مترمکعب در سال گزارش داده است. ناصری و همکاران (Nasseri *et al.*, 2017) آب تجدیدپذیر کشور را به روش بیلان آب حدود ۱۰۶ میلیارد مترمکعب برآورد و گزارش کرده‌اند که از این مقدار ۷۵ میلیارد مترمکعب آن برای تولید محصولات مختلف در بخش کشاورزی برداشت می‌شود. ناصری و همکاران (Nasseri *et al.*, 2018) حجم آب مصرفی در بخش کشاورزی را به روش نیاز آبی در شرایط ۷۰ و ۸۰ درصد تولید پتانسیل محصولات زراعی و باغی به‌ترتیب برابر ۶۷ و ۷۷ میلیارد مترمکعب در سال گزارش داده‌اند.

بهره‌وری فیزیکی آب نیز یکی از شاخص‌های مهم مدیریت آبیاری است که با استفاده از مقدار محصول تولید شده به ازای واحد حجم آب آبیاری به‌دست میآید. تعیین مقدار محصول تولیدی معمولاً ساده‌تر است و برای این کار از آمارهای رسمی استفاده می‌شود. ولی در خصوص مقدار آب آبیاری، آمارها بسیار متفاوت است. در نتیجه شاخص بهره‌وری آب به شدت وابسته به آمار مربوط به حجم آب آبیاری است. عباسی و همکاران (Abbasi *et al.*, 2017) مقادیر بهره‌وری آب را برای سال‌های ۱۳۸۴ تا ۱۳۹۴ برآورد و تحلیل کرده‌اند. این پژوهشگران مقادیر بهره‌وری آب را از ۰/۹۴ تا ۱/۲۹ کیلوگرم بر مترمکعب و متوسط آن را ۱/۰۷ کیلوگرم بر مترمکعب برآورد کرده‌اند. عباسی و همکاران (Abbasi *et al.*, 2019) همچنین نشان دادند که شاخص بهره‌وری آب در کشور روند صعودی با شیب ۰/۰۴۵ کیلوگرم در سال دارد و از ۱/۰ کیلوگرم بر مترمکعب در سال ۱۳۸۷ به حدود ۱/۴۵ کیلوگرم بر مترمکعب در سال ۱۳۹۶ رسیده است.

پژوهش‌های گذشته در خصوص برآورد مصرف آب در بخش کشاورزی همواره با روش‌های تخمینی مانند روش

بیلان آب برآورد شده‌است که دقیق نیست و با خطا همراه است. از طرف دیگر، اعداد و ارقام ارائه شده برای حجم آب مصرفی بخش کشاورزی بسیار متفاوت است و در خصوص درست یا نادرست بودن آن‌ها نیز تردیدهایی وجود دارد. با وجود اهمیت موضوع، اطلاع دقیقی از حجم آب آبیاری محصولات زراعی و باغی در مناطق مختلف کشور در دسترس نیست و این موضوع همواره از دغدغه‌های اصلی متولیان و برنامه‌ریزان صنعت آب کشور بوده و هست. پرداختن به کار پژوهشی در کشور که بتواند به اعداد دقیق‌تری درباره حجم آب آبیاری محصولات مختلف در کشور منتهی شود، می‌تواند کمک شایانی به تصمیم‌گیری مسئولان مرتبط با آب و کشاورزی بکند. هدف اصلی این مقاله ارزیابی جامع شاخص‌های مدیریت آب در بخش کشاورزی (شامل بهره‌وری و حجم آب آبیاری محصولات زراعی و باغی در کشور) است. در این مقاله، بهره‌وری فیزیکی آب و حجم آب آبیاری ۳۵ محصول زراعی، سبزی و صیفی و باغی در مزرعه اندازه‌گیری و تحلیل شده است.

روش تحقیق

این تحقیق به‌صورت گسترده در سطح ملی و در قطب‌های تولید محصولات کشاورزی اجرا شد. داده‌های میدانی شامل حجم آب آبیاری و عملکرد ۳۵ محصول مختلف زراعی، باغی و سبزی و صیفی در قطب‌های تولید این محصولات در یک فصل زراعی در بازهٔ زمانی ۱۴۰۰-۱۳۹۵ اندازه‌گیری شد. سال‌های ارزیابی شامل دو سال نرمال (۱۳۹۶-۱۳۹۴)، دو سال تر (۱۳۹۹-۱۳۹۷) و دو سال خشک (۱۳۹۷-۱۳۹۶ و ۱۴۰۰-۱۳۹۹) بود. دوازده محصول زراعی (گندم، برنج، جو، ذرت‌علوفه‌ای، یونجه، چغندرقند، نیشکر، لوبیا، آفتابگردان، پنبه، کلزا، سویا)، ۱۷ محصول باغی (زعفران، سیب، زیتون، پرتقال، نارنگی، هلو، شلیل، آلو، لیمو، انجیر، انگور، خرما، انار، گردو، بادام، پسته، گیلاس) و ۶ محصول سبزی و صیفی (گوجه‌فرنگی، هندوانه، سیب‌زمینی، خیار، خربزه، پیاز) بودند. این محصولات بیش از ۸۵ درصد از سطح زیرکشت و تولیدات آبی کشور را در استان‌های مختلف پوشش می‌دادند. برای هر محصول، حجم آب آبیاری در یک فصل زراعی و در قطب‌های تولید آن پایش شد. قطب‌های تولید طوری انتخاب شدند که حداقل ۷۰ درصد مناطق تولید هر محصول پوشش داده شود. مزارع و باغ‌ها در شرایط مدیریت بهره‌بردار، در روش‌های مختلف آبیاری، بافت‌های مختلف خاک و کیفیت‌های متفاوت آب آبیاری و خاک پایش شدند. حجم آب آبیاری با کنتور حجمی، دستگاه اولتراسونیک یا فلوم اندازه‌گیری شد. در صورت نصب کنتور، پایش حجم آب آبیاری به صورت مستمر در فصل زراعی بوده است. ولی در صورت استفاده از فلوم یا دستگاه اولتراسونیک، دبی آب چند نوبت در فصل زراعی اندازه‌گیری و حجم آب آبیاری با لحاظ زمان آبیاری و تعداد نوبت‌های آبیاری برآورد شد.

تعداد مزارع و باغ‌های مورد ارزیابی برای هر محصول در قطب‌های تولید طوری انتخاب شدند که کفایت آنها از نظر آماری تایید شود (Sarmad *et al.*, 2001). روش آماری طبقه‌بندی نظام‌دار برای این تحقیق انتخاب شد، بدین‌ترتیب که استان‌ها و شهرستان‌های تولیدکننده هریک در یک طبقه و مزارع یا باغ‌های مورد نظر نیز در یک طبقه قرار گرفتند. عملکرد گیاهان زراعی برای اغلب آن‌ها در یک سال اندازه‌گیری و برای برخی از میانگین دو سال استفاده شد. ولی برای گیاهان باغی با توجه به تغییرات اقلیمی و سرمازدگی که عملکرد باغ‌ها را تحت تاثیر قرار می‌دهد، میانگین عملکرد ۳-۱ سال تعیین و در تحلیل‌ها استفاده شد. مقدار عملکردها عمدتاً با طرح پرسش از بهره‌بردار اخذ شد. در برخی موارد، عملکرد محصول برای محصولات با خرید تضمینی از مستندات فروش محصول استخراج شد. سطح زیرکشت هر محصول با GPS تعیین شد. با توجه به اینکه قطب‌های تولید هر محصول سطح زیرکشت متفاوت داشتند، در تجزیه و تحلیل‌ها میانگین وزنی عملکرد، حجم آب آبیاری

و بهره‌وری آب (نسبت به سطح زیرکشت) تعیین شد. برای یکنواختی تجزیه و تحلیل‌ها، سطح زیرکشت همهٔ محصولات از آمارنامه وزارت جهاد کشاورزی در سال زراعی ۱۳۹۹-۱۳۹۸ استخراج شد (Ahmadi *et al.*, 2019). بهره‌وری فیزیکی آب آبیاری از نسبت عملکرد محصول به حجم آب آبیاری و بهره‌وری آب از نسبت عملکرد محصول به حجم آب (مجموع حجم آب آبیاری و بارش موثر) محاسبه شد. بارندگی مؤثر به روش SCS برآورد شد (SCS, 1972). قیمت فروش محصولات مختلف از مرکز ملی آمار ایران برای سال ۱۳۹۹ استخراج و درآمد ناخالص در واحد حجم آب آبیاری از حاصل‌ضرب عملکرد محصول در قیمت فروش بخش بر حجم آب آبیاری محاسبه شد. برای تعیین محصولات همگن از نظر شاخص‌های مورد بررسی (حجم آب آبیاری، بهره‌وری آب، و غیره) از مدل تحلیل خوشه‌ای استفاده گردید (Manly, 1994). تحلیل خوشه‌ای روشی است آماری برای تعیین گروه‌ها یا خوشه‌های همگن. در تحلیل خوشه‌ای، گروه‌بندی محصولات بر مبنای فاصلهٔ بین شاخص‌هاست. برای تحلیل خوشه‌ای از روش وارد[1] و برای ارزیابی فاصله از فاصله اقلیدسی[2] بهره گرفته شد. نتایج با رسم دندوگرام[3] نمایش داده شد. برای تعیین تعداد مطلوب خوشه‌ها از رابطهٔ زیر استفاده گردید (Manly, 1994):

$$N = \sqrt{\frac{n}{2}} \qquad (۱)$$

که در آن، N و n به‌ترتیب تعداد خوشه‌های مناسب و تعداد محصولات زراعی و باغی است.

در مجموع، محصولات مورد مطالعه در ۵۵۰۰ باغ و مزرعه، ۲۹ استان و ۶۷۷ شهرستان-محصول پایش شدند. سهم بهره‌برداران پیشرو در مزارع و باغ‌های مورد مطالعه حدود ۱۵ درصد بود ولی مزارع و باغ‌ها طوری انتخاب شدند که طیف گسترده‌ای از بهره‌برداران را پوشش دهد. حدود ۵ درصد از مزارع و باغ‌های مورد پایش در تجزیه و تحلیل‌های آماری به عنوان داده پرت حذف شدند. برخی اطلاعات از محصولات و محدودهٔ تغییرات بعضی پارامترهای اندازه‌گیری شده در مزارع و باغ‌های مورد مطالعه در جدول (۱) ارائه شده است.

جدول ۱- برخی اطلاعات از محصولات و محدودهٔ تغییرات برخی پارامترهای اندازه‌گیری شده در مزارع و باغ‌های مورد مطالعه

Table 1- Some information about the crops and range of changes of some parameters measured in the studied farms and gardens

محصول Crop	تعداد استان مورد مطالعه No. Province	تعداد شهرستان مورد مطالعه No. Town	تعداد مزرعه/باغ No. Farm	سطح مزرعه/باغ Area (ha)	شوری آب آبیاری Irrig. Water Salinity (dS/m)	شوری خاک Soil EC (dS/m)
گوجه‌فرنگی Tomato	11	29	176	4.45±5.49	1.47±2.10	2.34±2.04
پیاز Onion	9	22	190	3.31±5.39	1.42±0.92	2.71±1.65
سیب‌زمینی Potato	14	31	259	10.92±16.31	1.40±0.93	1.00±0.72
خیار cucumber	9	28	207	2.30±1.10	0.80±0.10	2.70±0.30
خربزه Melon	5	17	138	8.45±11.11	1.92±1.47	3.11±1.91
هندوانه Watermelon	9	29	156	10.32±12.68	1.41±1.03	2.64±1.90

[1] Ward
[2] Euclidean
[3] Dendogram

ادامه جدول ۱

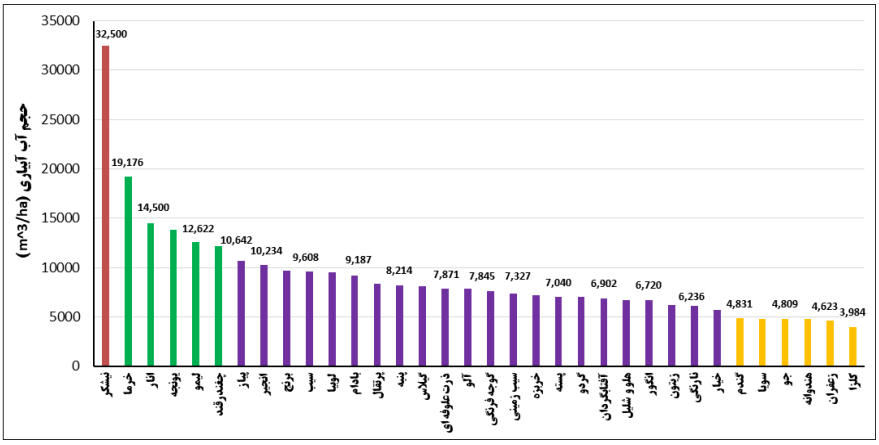
گندم Wheat	12	26	241	20.69±39.64	1.78±1.69	2.67±2.04
جو Barley	12	37	296	12.39±27.75	2.91±2.74	5.50±6.35
برنج Rice	3	14	37	1.50±1.20	1.40±0.69	1.50±0.59
کلزا Rapeseed	13	33	267	8.83±12.47	1.53±1.51	2.49±2.75
یونجه Alfalfa	12	36	301	14.90±32.80	1.40±1.50	3.09±1.89
ذرت علوفه‌ای Fodder corn	8	19	104	10.00±11.00	1.50±1.10	2.00±1.80
پنبه Cotton	7	18	121	9.20±11.87	3.99±2.52	6.46±4.67
سویا Soybeen	2	10	103	5.25±8.82	1.08±0.26	1.40±0.69
لوبیا Beans	6	13	85	5.15±6.69	0.59±0.31	1.25±1.55
چغندرقند Sugar beet	8	17	126	10.29±10.91	0.84±0.68	1.40±1.11
نیشکر Sugar cane	1	4	47	25.00±0.00	2.10±2.12	3.25±2.20
آفتابگردان Sunflower	6	23	166	3.74±4.76	1.37±1.54	2.48±2.73
پسته Pistachio	4	19	88	57.39±60.37	4.84±3.78	7.36±5.47
خرما Date	7	20	126	8.44±20.38	2.77±2.11	6.41±6.28
انار Pomegranate	6	15	132	1.95±1.68	2.77±2.11	3.52±2.35
گردو Walnut	12	27	211	3.61±6.90	0.51±0.35	1.32±2.96
انجیر Fig	5	9	123	1.17±1.08	0.74±0.40	1.42±0.70
انگور Grape	10	23	164	3.52±9.40	1.07±0.95	1.52±0.95
سیب Apple	8	20	145	4.89±9.32	0.56±0.29	1.17±0.93
آلو Plum	8	17	177	1.63±1.83	0.71±0.37	1.62±1.05
لیمو Lemon	4	15	212	3.03±3.60	1.44±0.75	2.75±1.68
گیلاس Cherry	12	26	198	2.12±3.07	0.76±0.68	1.29±0.87
هلو و شلیل Peaches and nectarines	12	20	195	2.67±5.01	0.69±0.38	1.41±0.86
پرتقال و نارنگی Orange and tangerine	6	17	264	7.13±16.32	0.83±0.45	1.55±0.80
زیتون Olive	6	12	120	18.39±24.40	2.70±1.96	3.48±3.38
بادام Almonds	9	25	149	6.58±26.86	0.91±0.59	1.50±0.88
زعفران Saffron	2	6	126	1.17±2.93	1.88±1.56	2.58±1.60

* در سه ستون آخر جدول، عدد اول از سمت چپ میانگین پارامتر اندازه‌گیری شده و عدد سمت راست انحراف معیار است.

نتایج و بحث

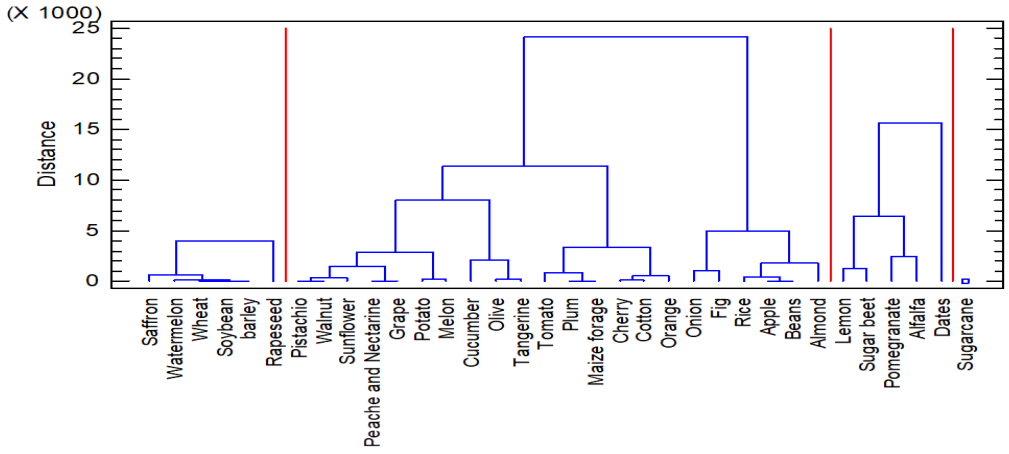
حجم آب آبیاری

میانگین حجم آب آبیاری محصولات مختلف از ۳۹۸۴ مترمکعب بر هکتار برای کلزا تا ۳۲۵۰۰ مترمکعب بر هکتار برای نیشکر متغیر است. گیاهان گرمسیری از جمله نیشکر (۳۲۵۰۰)، خرما (۱۹۱۷۶)، انار (۱۴۵۰۰)، یونجه (۱۳۸۰۸) و لیمو (۱۲۶۲۲) محصولاتی هستند که از نظر حجم آب آبیاری در واحد سطح بیشترین حجم آب را دارند. کلزا (۳۹۸۴)، زعفران (۴۶۲۳)، هندوانه (۴۷۵۱)، سویا (۴۸۲۴)، جو (۴۸۰۹) و گندم (۴۸۳۱) نیز محصولاتی هستند که کمترین حجم آب آبیاری را داشته‌اند (شکل ۱). محصولات مورد مطالعه بر اساس حجم آب آبیاری به چهار خوشه تقسیم شدند (شکل ۲). در خوشهٔ اول زعفران، هندوانه، گندم، سویا، جو و کلزا با میانگین حجم آب آبیاری ۴۶۳۷ مترمکعب در هکتار؛ در خوشهٔ دوم پسته، گردو، آفتابگردان، هلو و شلیل، انگور، سیب‌زمینی، خربزه، خیار، زیتون، نارنگی، گوجه‌فرنگی، آلو، ذرت علوفه‌ای، گیلاس، پنبه، پرتقال، پیاز، انجیر، برنج، سیب، لوبیا و بادام با میانگین حجم آب آبیاری ۷۹۰۶ مترمکعب در هکتار؛ در خوشهٔ سوم لیمو، چغندرقند، انار، یونجه و خرما با میانگین حجم آب آبیاری ۱۴۴۶۳ مترمکعب در هکتار؛ و در خوشهٔ چهارم نیشکر با حجم آب آبیاری ۳۲۵۰۰ مترمکعب در هکتار قرار گرفتند.



شکل ۱- مقایسهٔ حجم آب آبیاری محصولات مختلف (ستون‌های هم‌رنگ از نظر آماری در یک خوشه قرار دارند)

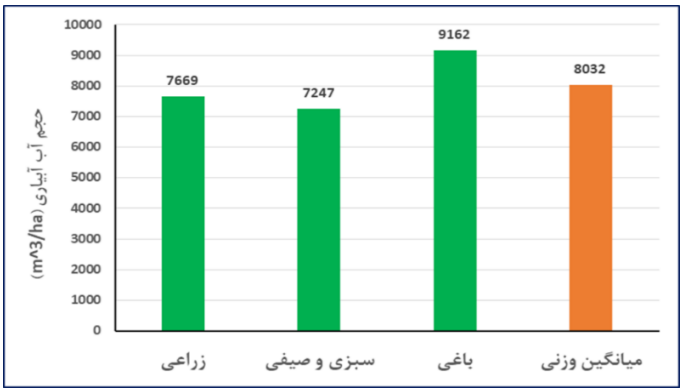
Fig. 1- Comparison of applied Irrigation water in different crops (columns of the same color are statistically placed in same cluster)



شکل ۲- دندروگرام حاصل از تحلیل خوشه‌ای محصولات مورد مطالعه بر مبنای حجم آب آبیاری

Fig. 2 -Dendrogram of cluster analysis of the crops based on applied Irrigation water

میانگین وزنی حجم آب آبیاری (نسبت به سطح زیرکشت) محصولات مورد مطالعه ۸۰۳۲ مترمکعب بر هکتار است. میانگین حجم آب آبیاری برای محصولات باغی (۹۱۶۲ مترمکعب بر هکتار) بیشتر از میانگین حجم آب آبیاری برای محصولات زراعی (۷۶۶۹ مترمکعب بر هکتار) و برای سبزی و صیفی (۷۲۴۷ مترمکعب بر هکتار) مورد مطالعه است (شکل ۳). میانگین وزنی حجم آب آبیاری محصولات مورد مطالعه به سایر محصولاتی تعمیم داده شد که پایش نشده بودند.

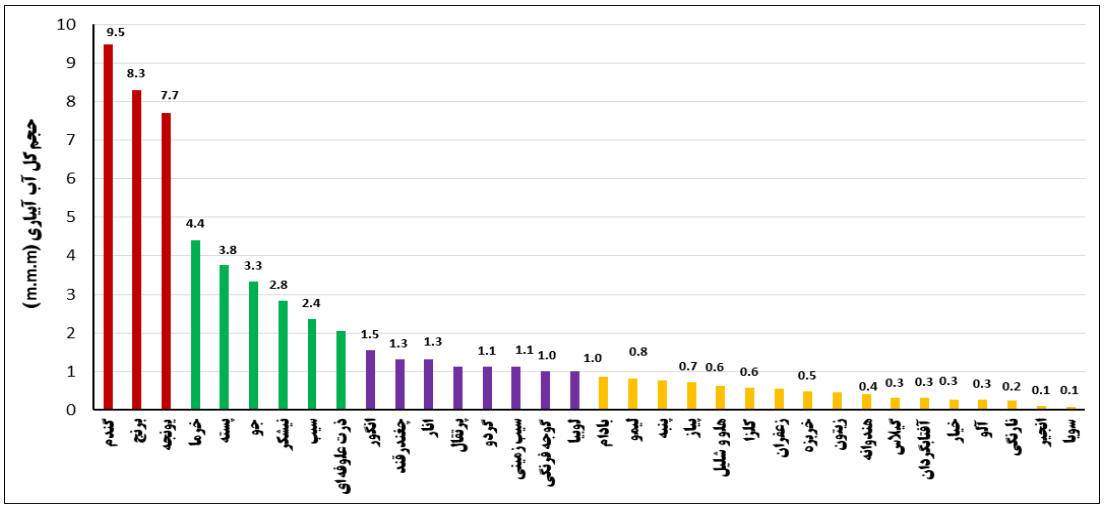


شکل ۳- مقایسهٔ میانگین حجم آب آبیاری محصولات مختلف

Fig. 3 - Comparison of the average of applied irrigation water for different crops

حجم کل آب آبیاری

محصولات مختلف از نظر شاخص حجم کل آب آبیاری (حاصل‌ضرب حجم آب آبیاری در واحد سطح در سطح زیرکشت محصول) در شکل (۴) مقایسه شده‌اند. بر مبنای شاخص حجم کل آب آبیاری، محصولات مورد مطالعه به چهار خوشه تقسیم شدند (نتایج دندوگرام نشان داده نشده‌اند). در خوشهٔ اول زعفران، کلزا، هلو و شلیل، هندوانه، خربزه، زیتون، لیمو، پنبه، بادام، پیاز، گیلاس، آفتابگردان، خیار، آلو، نارنگی، انجیر و سویا با میانگین حجم کل آب آبیاری ۰/۴۶ میلیارد مترمکعب؛ در خوشهٔ دوم پسته، جو، خرما، سیب، ذرت علوفه‌ای و نیشکر با میانگین حجم کل آب آبیاری ۳/۱۲ میلیارد مترمکعب؛ در خوشهٔ سوم سیب‌زمینی، گردو، پرتقال، گوجه‌فرنگی، لوبیا، انگور، انار و چغندرقند با میانگین حجم کل آب آبیاری ۱/۱۹ میلیارد مترمکعب؛ و در خوشهٔ چهارم برنج، یونجه و گندم با میانگین حجم کل آب آبیاری ۸/۵ میلیارد مترمکعب قرار دارند. از نظر این شاخص، گندم، برنج و یونجه با بیشترین حجم آب آبیاری محصولاتی آب‌بَر محسوب می‌شوند. سطح زیرکشت محصول در کشور عامل مهمی در تعیین حجم آب آبیاری است. گندم، به‌رغم اینکه از نظر حجم آب آبیاری در واحد سطح محصول آب‌بَری نیست، با توجه به سطح زیرکشت زیاد آن در کشور (حدود ۲ میلیون هکتار) بیشترین حجم آب آبیاری را با ۹/۵ میلیارد مترمکعب به خود اختصاص داده است. برنج، یونجه، خرما و پسته به‌ترتیب با ۸/۳، ۷/۷، ۴/۴ و ۳/۸ میلیارد مترمکعب در رتبه‌های بعدی قرار دارند. آفتابگردان، خیار، آلو، انجیر و سویا به‌ترتیب با ۳۲۰، ۲۷۰، ۲۶۰، ۱۰۰ و ۹۰ میلیون مترمکعب کمترین حجم کل آب آبیاری دارند. برخی محصولات مانند نیشکر و انار، به‌رغم اینکه جزء محصولاتی بودند که بیشترین حجم آب آبیاری در واحد سطح را داشته‌اند، در شاخص حجم کل آب آبیاری در زمرهٔ محصولات آب‌بَر قرار نمی‌گیرند. حجم کل آب مورد استفاده برای ۳۵ محصول مورد مطالعه ۶۱/۷ میلیارد مترمکعب برآورد شده‌است که بیش از ۶۰ درصد آن به محصولات زراعی و حدود ۵۵ درصد آن به ۵ محصول گندم، برنج، یونجه، خرما و پسته اختصاص دارد.

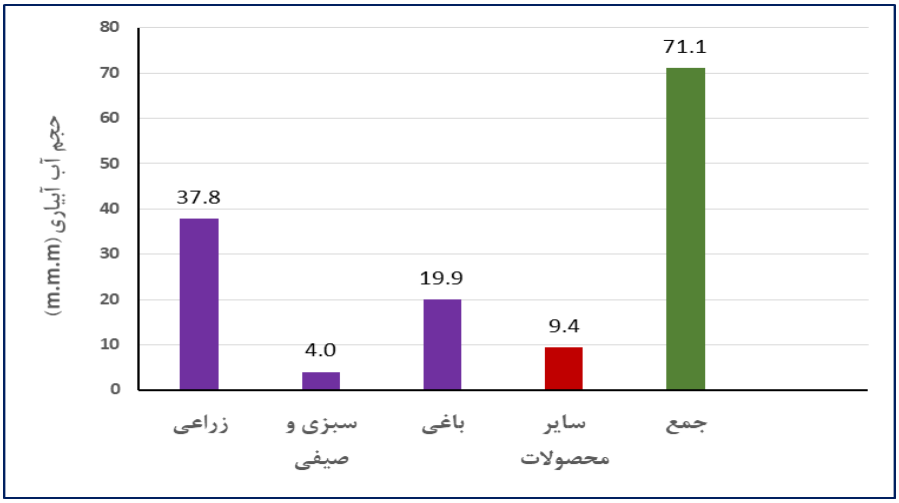


شکل ٤- مقایسهٔ حجم کل آب آبیاری محصولات مورد مطالعه

(ستون‌های هم‌رنگ از نظر آماری در یک خوشه قرار گرفته‌اند)

Fig. 4- Comparison of total applied Irrigation water for different crops (columns of the same color are statistically placed in the same cluster)

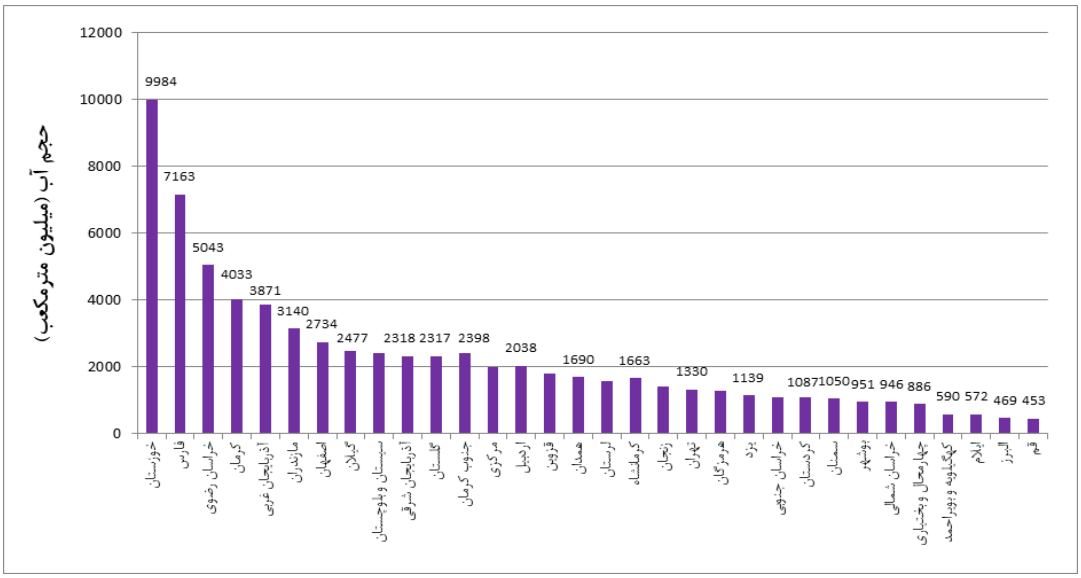
بر اساس نتایج این ارزیابی، حجم کل آب مورد استفاده برای آبیاری محصولات زراعی مورد مطالعه ۳۷/۸ میلیارد مترمکعب برآورد شده است. این رقم برای محصولات باغی و سبزی و صیفی مورد مطالعه به‌ترتیب ۱۹/۹ و ۴/۰ میلیارد مترمکعب است. حجم کل آب آبیاری دیگر محصولاتی که در این تحقیق ارزیابی نشده‌اند ۹/۴ میلیارد مترمکعب برآورد شده است (شکل ۵). در مجموع، حجم کل آب مورد استفاده برای آبیاری محصولات آبی کشور ۷۱/۱ میلیارد مترمکعب برآورد می‌شود که حدود ۷۰ درصد حجم کل آب تجدیدپذیر کشور است. این رقم با ارقام گزارش شده توسط ناصری و همکاران (Nasseri *et al.*, 2017; 2018) که به روش‌های تقریبی حجم آب در بخش کشاورزی را برآورد کرده‌اند، همخوانی دارد. نتایج بررسی‌هانشان می‌دهد که سهم بخش کشاورزی از آب تجدیدپذیر در یک دههٔ اخیر ثابت و حدود ۷۰ درصد بوده است. در سند ملی دانش بنیان امنیت غذایی کاهش حجم آب بخش کشاورزی به ۵۱ میلیارد مترمکعب برای سال ۱۴۱۱ پیش‌بینی شده است.



شکل ٥- مقایسهٔ حجم کل آب آبیاری محصولات زراعی، باغی و سبزی و صیفی

Fig. 5- Comparison of the total applied irrigation water for different crops

در شکل (۶) حجم آب آبیاری در استان‌های مختلف با هم مقایسه شده‌است. استان‌های خوزستان (۹۹۸۴)، فارس (۷۱۶۳)، کرمان (۶۴۳۱)، خراسان‌رضوی (۵۰۴۳)، آذربایجان‌غربی (۳۸۷۱) و مازندران (۳۱۴۰ میلیون مترمکعب) بیشترین حجم آب آبیاری را داشته‌اند. دلیل اصلی آن، وسعت زیاد اراضی آبی این استان‌هاست. بر اساس آمارنامه‌های کشاورزی، استان‌های خوزستان، فارس، خراسان‌رضوی و کرمان بیشترین سطح اراضی آبی کشور را داشته‌اند. اقلیم گرم و خشک در بخش‌های زیادی از استان‌های خوزستان، فارس، کرمان و خراسان‌رضوی و کشت محصولات آب‌بَری مانند نیشکر، خرما، مرکبات و چغندرقند نیز از دیگر دلایل است. حجم آب آبیاری درهر یک از استان‌های بوشهر، خراسان‌شمالی، چهارمحال و بختیاری، کهکیلویه و بویراحمد، ایلام، البرز و قم کمتر از یک میلیارد مترمکعب بوده است.

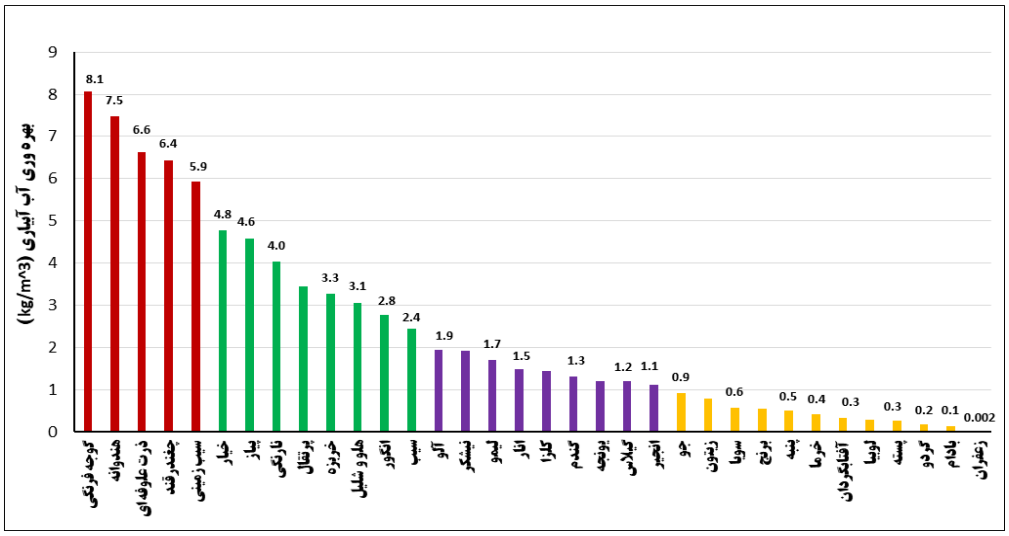


شکل ٦- مقایسهٔ حجم آب آبیاری در استان‌های مختلف

Fig. 6- Comparison of the volume of Irrigation water in different provinces

بهره‌وری آب آبیاری

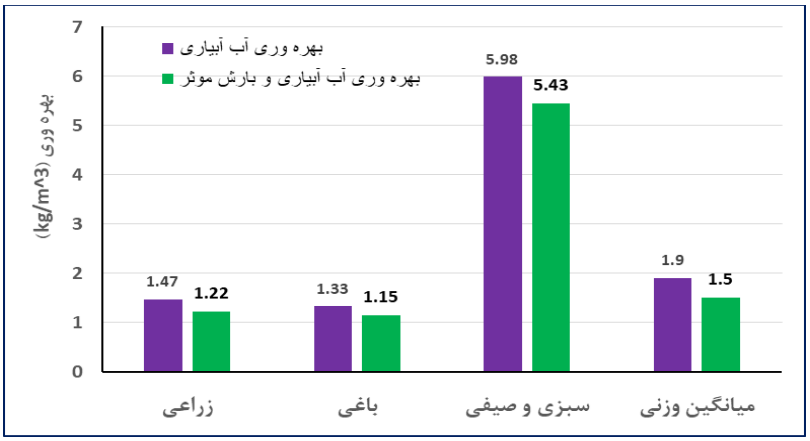
شاخص بهره‌وری فیزیکی آب آبیاری محصولات مورد مطالعه در شکل (۷) مقایسه شده است. چهار خوشه برای محصولات مورد مطالعه بر مبنای بهره‌وری آب آبیاری در نظر گرفته شده است (نتایج دندوگرام نشان داده نشده‌اند). در خوشهٔ اول زعفران، بادام، گردو، پسته، لوبیا، آفتابگردان، برنج، سویا، خرما، پنبه، زیتون و جو با میانگین بهره‌وری آب آبیاری ۰/۳۶ کیلوگرم بر مترمکعب قرار دارند. در خوشهٔ دوم، لیمو، آلو، نیشکر، گیلاس، یونجه، انجیر، گندم، کلزا و انار با میانگین بهره‌وری آب آبیاری ۱/۴۸ کیلوگرم بر مترمکعب دیده می‌شوند. در خوشهٔ سوم هلو و شلیل، انگور، سیب، خربزه، پرتقال، پیاز، خیار، نارنگی با میانگین بهره‌وری آب آبیاری ۳/۵۵ کیلوگرم بر مترمکعب، قرار دارند. در خوشهٔ چهارم سیب‌زمینی، چغندرقند، ذرت‌علوفه‌ای، گوجه‌فرنگی و هندوانه با میانگین بهره‌وری آب آبیاری ۶/۹۱ کیلوگرم بر مترمکعب، قرار دارند. میانگین شاخص بهره‌وری فیزیکی آب آبیاری محصولات مورد مطالعه ۱/۹ کیلوگرم بر مترمکعب برآورد شده است که بیشتر از مقادیر گزارش شده برای این شاخص در کشور است. عباسی و همکاران (Abbasi *et al.*, 2019) مقادیر شاخص بهره‌وری فیزیکی آب آبیاری را برای بازهٔ زمانی ۱۳۸۶ تا ۱۳۹۶ برابر ۱/۰ تا ۱/۴۵ کیلوگرم بر مترمکعب اعلام کرده‌اند.



شکل ۷- مقایسهٔ شاخص بهره‌وری فیزیکی آب آبیاری محصولات مورد مطالعه
(ستون‌های هم‌رنگ از نظر آماری در یک خوشه قرار گرفته‌اند)

Fig. 7- Comparison of physical irrigation water productivity of different crops (columns of the same color are statistically placed in the same cluster)

در شکل (۸)، بهره‌وری فیزیکی آب آبیاری و بهره‌وری آب (آب آبیاری و بارش موثر) محصولات مورد مطالعه مقایسه شده‌اند. نتایج تحقیق نشان می‌دهد میانگین بهره‌وری آب محصولات زراعی و باغی تفاوت زیادی با هم ندارند. ولی میانگین بهره‌وری آب محصولات سبزی و صیفی به‌طور قابل توجهی بیشتر از میانگین بهره‌وری آب محصولات زراعی و باغی است. یافته‌های این تحقیق بر اساس شاخص بهره‌وری فیزیکی آب، مزیت نسبی کشت گیاهان سبزی و صیفی را نسبت به سایر محصولات نشان می‌دهد. ازاین‌رو، این موضوع باید در سیاست‌گذاری‌های کلان کشور از جمله تدوین الگوی کشت، مناطق مستعد کشت سبزی و صیفی شناسایی و مدنظر قرار گیرد. میانگین وزنی بهره‌وری آب محصولات مورد مطالعه ۱/۵ کیلوگرم بر مترمکعب است که با مقدار هدف‌گذاری شده در برنامهٔ چشم‌انداز ۲۰ ساله بسیار نزدیک است. بهره‌وری آب در سند ملی دانش بنیان امنیت غذایی ۲/۶ کیلوگرم بر مترمکعب برای سال ۱۴۱۱ هدف‌گذاری شده است.

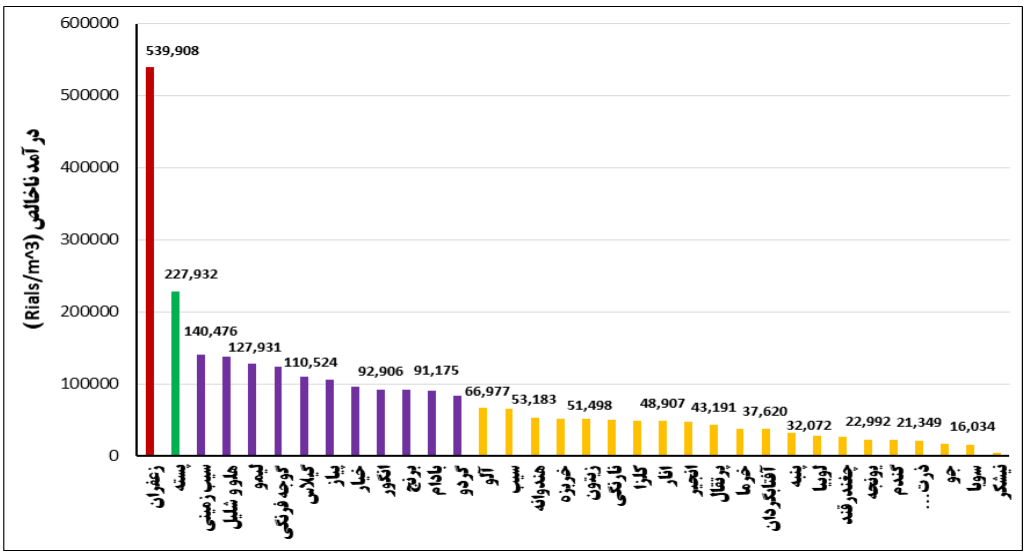


شکل ۸- مقایسهٔ بهره‌وری فیزیکی آب آبیاری و بهره‌وری آب محصولات مورد مطالعه

Fig. 8 - Comparison of physical water and irrigation productivity of different crops

شاخص درآمد ناخالص

در شکل (۹) محصولات مورد مطالعه از نظر شاخص درآمد ناخالص به ازای واحد حجم آب آبیاری با هم مقایسه شده‌اند. برای محصولات مورد مطالعه بر مبنای شاخص درآمد ناخالص به ازای مصرف یک مترمکعب آب در تولید محصول، چهار خوشه در نظر گرفته شد (نتایج دندوگرام نشان داده نشده‌اند). در خوشهٔ اول زعفران با میانگین درآمد ناخالص ۵۳۹۹۰۸ ریال بر مترمکعب و در خوشهٔ دوم پسته با میانگین درآمد ناخالص ۲۲۷۸۳۲ ریال بر مترمکعب قرار دارد. در خوشهٔ سوم سیب‌زمینی، هلو و شلیل، لیمو، گوجه‌فرنگی، گیلاس، پیاز، خیار، انگور، برنج، بادام و گردو با میانگین درآمد ناخالص ۱۰۹۴۳۳ ریال بر مترمکعب قرار دارند. در خوشهٔ چهارم آلو، سیب، خربزه، هندوانه، زیتون، نارنگی، کلزا، انار، انجیر، پرتقال، خرما، آفتابگردان، پنبه، لوبیا، چغندرقند، یونجه، گندم، ذرت علوفه‌ای، جو، سویا، نیشکر هستند با میانگین درآمد ناخالص ۳۷۹۹۱ ریال بر مترمکعب. از نظر شاخص درآمد ناخالص به ازای واحد حجم آب آبیاری، نیشکر، سویا، جو، ذرت‌علوفه‌ای، گندم و یونجه کمترین مقدار این شاخص را دارند.



شکل ۹- مقایسهٔ محصولات مورد مطالعه بر مبنای شاخص درآمد ناخالص به ازای واحد حجم آب (ستون‌های هم‌رنگ از نظر آماری در یک خوشه قرار گرفته‌اند. قیمت فروش محصولات مختلف از مرکز ملی آمار ایران برای سال ۱۳۹۹ استخراج شده است)

Fig. 9 - Comparison of studied crops based on gross income index per unit of applied irrigation water (columns of the same color are statistically placed in the same cluster)

نتیجه‌گیری

با توجه به مجموعه نتایج بدست آمده از اندازه‌گیری‌ها و ارزیابی‌های این مطالعه، موارد زیر قابل استنتاج و ارائه است:

میانگین حجم آب آبیاری محصولات مختلف از ۳۹۸۴ مترمکعب بر هکتار برای محصول کلزا تا ۳۲۵۰۰ مترمکعب بر هکتار برای نیشکر متغیر است. گیاهان گرمسیری از جمله نیشکر (۳۲۵۰۰)، خرما (۱۹۱۷۶)، انار (۱۴۵۰۰)، یونجه (۱۳۸۰۸) و لیمو (۱۲۶۲۲) محصولاتی هستند که از نظر حجم آب آبیاری در واحد سطح بیشترین آن را داشته‌اند. کلزا (۳۹۸۴)، زعفران (۴۶۲۳)، هندوانه (۴۷۵۱)، سویا (۴۸۲۴)، جو (۴۸۰۹) و گندم (۴۸۳۱) نیز کمترین حجم آب آبیاری در واحد سطح را داشته‌اند.

میانگین وزنی حجم آب آبیاری (نسبت به سطح زیرکشت) ۳۵ محصول مورد مطالعه ۸۰۳۲ مترمکعب بر هکتار تعیین گردید که این شاخص به تفکیک محصولات

باغی، زراعی و سبزی و صیفی به‌ترتیب ۹۱۶۲ ، ۷۶۶۹ و ۷۲۴۷ مترمکعب بر هکتار است.

سطح زیرکشت هر محصول عامل مهمی در تعیین حجم آب آبیاری هر محصول است. گندم، به‌رغم اینکه از نظر حجم آب آبیاری در واحد سطح، محصولی آب‌بَر نیست؛ ولی با توجه به سطح زیرکشت زیاد آن در کشور (حدود ۲ میلیون هکتار) بیشترین حجم آب آبیاری را با ۹/۵ میلیارد مترمکعب داشته است. برنج، یونجه، خرما و پسته به‌ترتیب با ۸/۳، ۷/۷، ۴/۴ و ۳/۸ میلیارد مترمکعب در رتبه‌های بعدی قرار دارند.

آفتابگردان، خیار، آلو، انجیر و سویا به‌ترتیب با ۳۲۰، ۲۷۰، ۲۶۰، ۱۰۰ و ۹۰ میلیون مترمکعب کمترین حجم کل آب آبیاری را داشته‌اند.

برخی محصولات مانند نیشکر و انار، به‌رغم اینکه جزء محصولاتی هستند که بیشترین حجم آب آبیاری در واحد سطح را به‌دست آورده‌اند، ولی به دلیل سطح زیرکشت کمتر آنان نسبت به دیگر محصولات در کشور، شاخص حجم کل آب آبیاری آنها در مقایسه با محصولات دیگر بسیار کم است.

حجم کل آب مورد استفاده برای ۳۵ محصول مورد مطالعه ۶۱/۷ میلیارد مترمکعب برآورد شده‌است که بیش از ۶۰ درصد آن به محصولات زراعی و حدود ۵۵ درصد آن به ۵ محصول گندم، برنج، یونجه، خرما و پسته اختصاص دارد. حجم کل آب آبیاری دیگر محصولاتی که در این تحقیق ارزیابی نشده‌اند، ۹/۴ میلیارد مترمکعب برآورد شده‌است.

در مجموع، حجم کل آب مورد استفاده برای آبیاری محصولات آبی کشور حدود ۷۱ میلیارد مترمکعب برآورد می‌شود که حدود ۷۰ درصد حجم کل آب تجدیدپذیر کشور است.

میانگین وزنی بهره‌وری آب محصولات مورد مطالعه ۱/۵ کیلوگرم بر مترمکعب است که با مقدار هدف گذاری‌شده در برنامهٔ چشم‌انداز ۲۰ ساله بسیار نزدیک است. ضرورت دارد شاخص بهره‌وری آب برای محصولات مختلف در کشور با شاخص‌های جدید بهره‌وری آب مانند شاخص بهره‌وری نسبی اقتصادی آب (Jafari and Abbasi, 2023) نیز برآورد و تحلیل شود.

میانگین شاخص بهره‌وری فیزیکی آب آبیاری محصولات مورد مطالعه ۱/۹ کیلوگرم بر مترمکعب برآورد شده است که بیشتر از مقادیر گزارش شده برای این شاخص در کشور است. عباسی و همکاران (Abbasi et al., 2019) مقادیر شاخص بهره‌وری فیزیکی آب آبیاری را برای بازهٔ زمانی ۱۳۸۶ تا ۱۳۹۶ برابر ۱/۰ تا ۱/۴۵ کیلوگرم بر مترمکعب اعلام کرده‌اند.

از نظر شاخص درآمد ناخالص به ازای واحد حجم آب آبیاری، زعفران و پسته بیشترین و نیشکر، سویا، جو، ذرت‌علوفه‌ای، گندم و یونجه کمترین مقدار این شاخص را به‌دست داده‌اند.

شاخص بهره‌وری آب، اگرچه معیاری است بسیار مهم در تصمیم‌گیری و تعیین مزیت نسبی کشت، اما گاهی قیود حاکم بر ساختار کشاورزی مثل کیفیت آب، جنبه‌های زیست‌محیطی، ریسک تولید و بازار، فرآوری و حتی مسائل اجتماعی و سیاسی، سبب می‌شود تصمیمات مدیریتی متناسب با شرایط گرفته شود.

شاخص بهره‌وری آب صرفاً متاثر از برنامه و سامانهٔ آبیاری نیست و عوامل مهم و فراوانی در آن دخالت دارند که عبارت‌اند از آب و آبیاری (کیفیت و کمیت آب، منبع آب، نظام و روش آبیاری، نیاز آبی و آبیاری، برنامهٔ آبیاری، نوسان‌های سطح ایستابی و زهکشی، مدیریت زراعی، کم‌آبیاری، پارامترهای اقلیمی، آبیاری تکمیلی و تک‌آبیاری، استحصال و جمع‌آوری آب باران)، خاک و تغذیه، گیاه، اقلیم، آفات و بیماری‌ها و علف‌های هرز، اقتصاد و بازار، فرآوری و بسته‌بندی، قوانین و برنامه‌ریزی، ماشین‌های کشاورزی، الگوی تولید و الگوی کشت.

برای ارتقای بهره‌وری آب دو راهبرد کلی شامل روش‌های مستقیم و روش‌های غیرمستقیم وجود دارد. در روش‌های مستقیم با افزایش صورت کسر بهره‌وری، کاهش

مخرج کسر و یا با روش‌های تلفیقی همزمان با کاهش مخرج کسر، صورت کسر نیز افزایش یابد. در روش‌های غیرمستقیم (مثل کاهش ضایعات محصولات کشاورزی)، اساساً به فرآیندهایی پرداخته می‌شود که اگرچه بسیار اهمیت دارد و برای آن نهاده‌های مختلف مصرف شده، اما کمتر مورد توجه واقع شده‌اند.

با توجه به وضعیت موجود مقادیر شاخص‌های راندمان آبیاری و بهره‌وری آب و روند افزایشی آنها، به نظر می‌رسد که کشور در آیندهٔ نزدیک به مقادیر هدف‌گذاری شده در برنامه‌های بالادستی نزدیک شده‌است و راهبردهای مستقیم به‌ویژه کاهش حجم آب در مخرج کسر بهره‌وری دیگر تاثیر چندانی در ارتقای شاخص‌های ذکر شده نخواهند داشت. ازاین‌رو، در کنار کاربرد فناوری‌ها و تکنولوژی‌های نو برای ارتقای بهره‌وری پیشنهاد می‌شود راهبردهای غیرمستقیم از جمله کاهش ضایعات محصولات کشاورزی در اولویت قرار گیرد. استفادهٔ بهینه از تولیدات موجود، فرآوری و کاهش ضایعات در حقیقت نوعی افزایش بهره‌وری منابع تولید است.

مراجع

Abbasi, F., Abbasi, N. & Naseri, A. 2019. The technical-economic effects of knowledge and technology on the promotion of water productivity in production areas. Baztab-e-Tat, 2(1), 5-6. (in Persian).

Abbasi, F., N. Abbasi, and A.R. Tavakoli, 2017. Water productivity in agriculture; Challenges and prospects. Journal of Water and Sustainable Development, 4(1): 141-144. (in Persian).

Ahmadi, K., Ebadzadeh, H.R., Hatami, F., Hosseinpour, R. & Abdshah, H. 2019. Agricultural Statistics of the Crop in Year 2017-2018. Volume 3: Crop Products. Ministry of Jahad e Agriculture, Deputy of Planning and Economy, Information and Communication Technology Center. 166 p.

Ghodratnema, G.H. 1998. Water resources, uses and demands for water in Iran: present and future. J. Water Develop. 6(3): 20-46. (in Persian)

Jafari, H., and F. Abbasi, 2023. Introducing and evaluation of relative economic water productivity index. Iranian Journal of Soil and Water Research, 54 (7): 1095-1114. https://doi.org/10.22059/ijswr.2023.358941.669495.

Manly, B.F.J., 1994. Multivariate Statistical Methods: A Primer. Second Edition, Chapman and Hall/CRC, 232p.

Mohammad-Vali-Samani, J. 2005. Water resources management and sustainable development. Infrastructure Studies Office of the Islamic Consultative Assembly. Report No. 7374. (in Persian).

Molden, D. 2007. Water for Food. Water for Life. A Comprehensive Assessment of Water Management in Agriculture. International Water Management Institute (IWMI) and FAO.

Movaheddanesh, A.S. 1994. Hydrology of Surface Water. The Study and Compilation of Humanities Pub. (in Persian)

Naseri, A., F. Abbasi, and M. Akbari, 2017. Estimating agricultural water consumption by analyzing water balance. Irrigation and Drainage Structures Engineering Research, 18(68): 17-32. (In Persian).

Nasseri, A., F. Abbasi and M. Akbari, 2018. Estimation of Water Consumption in Agricultural Sector. Research Report, No. 54001, Agricultural Engineering Research Institute, Karaj. Iran. (in Persian).

Sarmad, Z., A. Bazargan, and E. Hejazi, 2001. Research Methods in Behavioral Sciences. Agah Publishing, Tehran, 405 pp.

SCS, 1972. U.S. Soil Conservation Service, National Engineering Handbook, Hydrology Section 4.

Shiklomanov, I.A., 2000. Appraisal and assessment of world water resources. Water International, 25(1): 11-32, DOI: 10.1080/02508060008686794.

Tavakoli, A.R., H. Ramazani Etedali, and M. Sarai Tabrizi, 2021. Green Water Productivity, ways to improving it in agriculture. Gazvin, Imam Khomeini International University (IKIU) Press, 429p

Irrigation and Drainage Structures Engineering Research/Vol.25/No.94/ spring 2024/P: 1-16

Original Research

A Review of Water Consumption Management Indicators of different Crops in Iran

F. Abbasi[*1], M. Akbari[1], A. Nasseri[1], N. Abbasi[1], J. Baghani[1], M. Joleini[1], M.A. Shahrokhnia[1], M.M. Nakhjavani[1], S. Sepehri Sadeghian[1], M. Moayeri[1], A.R. Hassanoghli[1], A. Haghayeghi[1], A.Ghadami Firouzabadi[1], H.Mousavi Fazl[1], M.R. Yazdani[2]

***Corresponding Author:** Professor Agricultural Engineering Research Institute (AERI), Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran
Received: 5 January 2024, **Accepted:** 5 June 2024
Email: Fa.abbasi@areeo.ac.ir
https://doi.org/ 10.22092/IDSER.2024.364605.1569

Extended Abstract

Introduction

In terms of water consumption in different sectors, in Iran as in other countries, a significant part of surface and groundwater resources is used in agricultural sector. For the amount of water consumed in Iran's agricultural sector, different numbers have been reported in various sources. In the past three decades, water consumption in agricultural sector in various sources and methods has been reported between 44 and 86 billion cubic meters (Movaheddanesh, 1994; Ghodratnema, 1998; Mohammad-Vali-Samani, 2005; Nasseri *et al*., 2017; 2018). The physical water productivity is also one of the important indicators of irrigation management, which is determined by using the amount of product produced per unit of applied irrigation water. Abbasi *et al*. (2017) estimated and analyzed water productivity values in Iran for different years. They estimated the values of water productivity varying from 0.94 to 1.29 kg/m^3 and average being 1.07 kg/m^3. Abbasi *et al*. (2019) also showed that water productivity index in Iran had an upward trend with a slope of 0.045 kg per year. It varied from 1.0 kg/m^3 in 2008 to about 1.45 kg/m^3 in 2017. Past researches regarding the estimation of water consumption in agricultural sector have been reported with estimation methods such as water balance method, which was not accurate and was associated with errors. On the other hand, the figures presented for the amount of water consumed in agricultural sector are very different and there are doubts about their accuracy. Despite the importance of the issue, accurate information on the amount of irrigation water for agricultural crops in different regions of Iran is not available and this issue has always been one of the main concerns of the water industry managers and planners. Therefore, carrying out a research work that leads to more accurate numbers about the amount of applied irrigation water for different crops, can be of great help to the decision-making of officials related to water and agriculture. The main goal of this article is a comprehensive evaluation of water management indicators in agricultural sector (including the water productivity and applied irrigation water for different crops).

Methodology

Field measurements including applied irrigation water and crop yield were carried out for at least one cropping season in the production hubs of each crop. Twelve crops included 12 wheat, rice, barley, fodder corn, alfalfa, sugar beet, sugar cane, beans, sunflower, cotton, rapeseed, and soybean, 17 garden crops included saffron, apple, olive, orange, tangerine, peach, nectarine, plum, lemon, fig, grape, date, pomegranate, walnut, almond, pistachio, and cherry and 6 vegetable and summer crops were tomato, watermelon, potato, cucumber, melon, and onion. These crops covered more than 85% of the cultivated area and irrigated lands in different provinces. For each crop, applied irrigation water was measured in a crop season and the yield for one year or the average of two years, but for garden plants, due to climate changes and frost damages, the average yield of 1-3 years was determined and used in the analysis. Physical water productivity of irrigation water from the ratio of crop yield to applied irrigation water and water productivity from the ratio of crop yield to water (total volume of irrigation water and effective precipitation) and gross income per unit of applied irrigation water was calculated from the product of crop yield in the sales price divided by the applied irrigation water. In this research, the cluster analysis model was used to determine the homogeneous crops.

Results and Discussion

The results showed that applied irrigation water for different crops varied from 3984 for rapeseed to 32500 cubic meters per hectare for sugarcane. So that the weighted average applied irrigation water of 35 studied crops was determined to be 8032 cubic meters per hectare.
This index was 9162, 7669 and 7247 cubic meters per hectare for garden, agricultural, vegetable and summer crops, respectively. Also, the total applied water used for the 35 studied crops was estimated at 61.7 billion cubic meters and the total irrigation water for other crops that were not evaluated in this research was estimated at 9.4 billion cubic meters. The total water used in irrigated crops was estimated at 71 billion cubic meters, which was about 70% of the total renewable water in Iran. The weighted average of irrigation water productivity and water productivity of the studied crops was determined as 1.9 and 1.5 kg/m^3, respectively. Saffron and pistachio provided the highest gross income per unit of irrigation water and sugarcane, soybean, barley, fodder corn, wheat and alfalfa had the lowest values.

Conclusions

The results of this research provided valuable information for managers and decision makers in different provinces of Iran.

Keywords: Applied irrigation water, physical productivity, cluster analysis, gross income