ارزیابی عملکرد فصلی سیستم‌های آبیاری و گیاهان با شاخص ARIS

چکیده

ارزیابی عملکرد آبیاری برای برنامه‌ریزی هیدرولوژیکی و به عنوان اولین گام برای بهبود مدیریت آب مورد نیاز است که یکی از معیارهای ارزیابی عملکرد، شاخص عرضه نسبی سالانه آبیاری (ARIS) می‌باشد که در کشاورزی و مدیریت منابع آب برای ارزیابی کفایت تامین آب برای آبیاری در طول یک دوره زراعی استفاده می‌گردد. بنابراین هدف از انجام این تحقیق، بررسی شاخص ARIS و شاخص‌های بهره‌وری آب برای گیاهان مختلف (گندم، ذرت بذری، علوفه‌ای و دانه‌ای، چغندرقند، پنبه، یونجه و سویا) در دو سیستم آبیاری سطحی و سنترپیوت در دشت مغان بود که برای بررسی بهره‌وری آب از سه شاخص WP_T، WP_{eg} و WP_{en} استفاده شد. این تحقیق در ۱۳ ترکیب سیستم آبیاری – محصول در سطح ۶۴۷ هکتار انجام شد. نتایج نشان داد شاخص ARIS برای منطقه مورد مطالعه از ۰/۷۳ تا ۲/۲۱ متغیر بوده به طوری که میانگین کلی آن ۱/۲۷ با انحراف استاندارد کلی ۰/۱۵ به دست آمد که بیانگر اعمال پرآبیاری در سطح مزارع بود. با توجه به سیستم‌های آبیاری، میانگین ARIS برای آبیاری سطحی و سنترپیوت به ترتیب ۱/۶۰ و ۰/۸۹ به دست آمد. همچنین به لحاظ نوع گیاه، سویا و ذرت علوفه‌ای با ۰/۷۳ و ۱/۷۳ به ترتیب دارای کمترین و بیشترین مقدار ARIS بودند. از طرف دیگر، بررسی سیستم‌های آبیاری نشان داد مقدار بهره‌وری آب در سیستم آبیاری سطحی و سنترپیوت به ترتیب ۱۱/۳۱ و ۱۳/۶۶ کیلوگرم بر متر مکعب و مقدار بهره‌وری ناخالص اقتصادی، در سیستم آبیاری سطحی در حدود ۳۵۷۴ ریال بر مترمکعب بیشتر از سیستم سنترپیوت به دست آمد. همچنین بسته به نوع گیاه چغندرقند و ذرت علوفه‌ای داری بیشترین مقدار شاخص بهره‌وری اقتصادی آب بودند اما گندم با ۱۴۱۳۸ ریال بر متر مکعب بیشترین مقدار بهره‌وری خالص اقتصادی را به خود اختصاص داد. با توجه به حجم مصرف آب، بهره‌وری آب و بهره‌وری ناخالص، بهترین گزینه برای کشت در منطقه محصول گندم توصیه گردید. همچنین به لحاظ مصرف آب و بهره‌وری با توجه به نوع سیستم آبیاری، سیستم سنترپیوت کارآیی بیشتری نسبت به سیستم سطحی داشته و توسعه این سیستم توصیه می‌گردد.

کلید واژه‌ها: *بهره‌وری آب، دشت مغان، سیستم آبیاری سطحی، سیستم آبیاری سنترپیوت*، شاخص عرضه نسبی سالانه آبیاری

ویراستاری نشده

Evaluation of seasonal performance of irrigation systems and plants with ARIS index

Abstract

Irrigation performance evaluation is needed for hydrological planning and as the first step to improve water management, one of the performance evaluation criteria is the relative annual irrigation supply index (ARIS), which is used in agriculture and water resources management to evaluate the adequacy of water supply for irrigation in the length of a cropping period is used. Therefore, the purpose of this research is to investigate the ARIS index and water productivity indices for different plants (wheat, seed corn, corn, maize, sugar beet, cotton, alfalfa and soybean) in two surface and center pivot irrigation systems in It was Moghan Plain where three indices WP_T ،WP_{eg} and WP_{en} were used to check water efficiency. This research was conducted in 13 combinations of irrigation system - crop in the area of 647 hectares. The results showed that the ARIS index for the studied area varied from 0.73 to 2.21, so that the overall average was 1.27 with an overall standard deviation of 0.15, which indicated the application of heavy irrigation in the fields. Regarding the irrigation systems, the average ARIS for surface and center pivot irrigation was 1.60 and 0.89, respectively. Also, in terms of plant type, soybean and corn had the lowest and highest ARIS values with 0.73 and 1.73, respectively. On the other hand, the investigation of irrigation systems showed that the water productivity (WP_T) in surface and center pivot irrigation systems was 11.37 and 13.66 kg/m3, respectively. The amount of WP_{eg} index in the surface irrigation system was about 3574 rials/m3 more than the center pivot system. Also, depending on the type of plant, sugar beet and fodder corn had the highest value of water productivity index. But wheat with 14148 rials/m3 had the highest amount of WP_{en}. Considering the volume of water consumption, water productivity and gross productivity, the best option for cultivation in the wheat crop area was recommended. Also, in terms of water consumption and productivity, according to the type of irrigation system, center pivot system is more efficient than surface system, and the development of this system is recommended.

Keywords: *water efficiency, Moghan plain, surface irrigation system, center pivot irrigation system, Annual relative supply index of irrigation*

ویراستاری نشده

مقدمه

بررسی بیلان آب کشور نشانگر آنست که علی‌رغم مهار تمام آب‌های سطحی و قابل استحصال و با توجه به روند بی‌رویه رشد جمعیت از یک سو و نیز گسترش شهرنشینی و توسعه بخش صنعت و خدمات در مقایسه با بخش کشاورزی، در آینده نه چندان دور با کمبود جدی آب مواجه خواهیم شد (Piri et al., 2009). بنابراین در برنامه‌های توسعه اقتصادی کشور توجه زیادی نسبت به افزایش بهره‌وری آب و استفاده بهینه در بخش کشاورزی شده است. مطابق شاخص‌های سازمان ملل و مؤسسه بین‌المللی مدیریت آب، ایران در وضعیت بحرانی شدید آبی قرار دارد (امینیان و همکاران، ۱۳۸۸). بر این اساس بهبود راندمان آبیاری در کشور ما یک امر بسیار ضروری می‌باشد و تاکنون راهکارهای مختلفی از جمله آبیاری تحت فشار، مدیریت زراعی و مدیریت آبیاری برای آن پیشنهاد شده است که به هدف کمک می نماید (عباسی و همکاران، ۱۳۹۵). راندمان آبیاری از نظر مقایسه سیستم‌های مختلف آبیاری معیار بسیار سودمندی است. در واقع راندمان آبیاری معیاری است که در آن نحوه‌ی کاربری آب در آبیاری به کمیت تبدیل می‌شود (نظری، ۱۳۹۵). تا به حال دست‌کم ۲۰ روش مختلف برای توصیف کمی نحوه استفاده از آب تحت عناوین راندمان آبیاری ارائه شده است که همه آنها تا حدودی مفید واقع شده است. اختلاف این روش‌ها بیشتر جنبه سلیقه‌ای داشته و ممکن است مثلاً یک روش، ترکیبی از دو روش دیگر باشد و یا تفاوت‌ها در نحوه تعریف راندمان‌ها باشد تا ماهیت آنها، و گرنه در تمامی آنها هدف آن است که نقاط ضعف سیستم از نظر هدر رفتن آب مشخص گردد (حمدی احمدآباد، ۱۳۹۵).

Clemmens and Dedrick (1994) سیستم‌های آبیاری را براساس راندمان کاربرد آب طبقه‌بندی کردند. در یک سناریوی بهینه شده، برای بهترین سیستم آبیاری، راندمان ۹۰ درصد بود. در صورتی که با راندمان ۹۰ درصد، آب آبیاری اعمال شده با نیاز خالص آبیاری برابر باشد مقدار ARIS ۱/۱۱ خواهد بود. با فرض راندمان ۹۰ درصد، مقدار ARIS کمتر از ۱/۱۱ کم‌آبیاری و بیشتر از ۱/۱۱ پرآبیاری محسوب می‌شود. شاخص ARIS می‌تواند برای تخمین درجه کم‌آبیاری یا پرآبیاری فصلی در مزارع استفاده شود چنانچه اگر در یک مزرعه پرآبیاری اعمال شود این شاخص به راندمان آبیاری وابسته خواهد بود.(Hamdi et al (2021 به منظور بهبود عملکرد سیستم آبیاری سطحی در دشت مغان مطالعاتی را انجام دادند. نتایج نشان داد با اعمال سناریوهای مدیریتی می‌توان راندمان کاربرد آب را از ۳۵ درصد به حدود ۷۰ درصد رساند. با توجه به تحقیقات انجام شده، شاخص ARIS در کشور ایران مورد بررسی قرار نگرفته است به همین دلیل تحقیقی به منظور بررسی این شاخص در دشت مغان که در استان اردبیل واقع شده است انجام شد. در زیر مروری بر کارهایی که تابحال در مورد شاخص ARIS[1] که در کشورهای مختلف صورت گرفته است ارایه شده است.

Faci et al (2000) سیستم آبیاری سطحی در ابرو اسپانیا را مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد مقدار ARIS برای غلات و آفتابگردان به ترتیب ۲ و ۰/۸۶ به دست آمد. آنالیز سیستم آبیاری سطحی برای گیاهان زراعی در ابرو اسپانیا توسط Lecina et al (2005) نشان داد که مقدار ARIS برابر با ۲/۰۵ در سال ۲۰۰۰ و ۱/۵۱ در سال ۲۰۰۱ به دست آمد. نتایج مطالعات Dechmi et al (2003) بر روی سیستم‌های آبیاری بارانی در منطقه ابروی اسپانیا نشان داد متوسط شاخص ARIS برای یونجه و غلات به ترتیب ۰/۷۸ و ۰/۹۰ به‌دست آمد. در دو سیستم آبیاری بارانی Cavero et al (2003) شاخص ARIS را در بازه ۰/۹۴ تا ۱/۱۲ برای ذرت، ۱/۰۳ تا ۱/۱۵ برای یونجه و ۰/۵۷ تا ۱/۰۹ برای آفتابگردان ارایه دادند. در گزارشی از یک منطقه بادخیز با سیستم آبیاری کلاسیک ثابت، Zapata et al (2009) میانگین شاخص ARIS را ۱/۲۵ برای غلات و ۱/۵۹ برای یونجه تخمین زدند. این محققان به این نتیجه رسیدند که عملکرد سیستم‌های آبیاری بارانی در منطقه ابرو اسپانیا به شدت تحت تاثیر شرایط هواشناسی منطقه قرار دارد.

Lorite et al (2004) شاخص ARIS را در سیستم آبیاری مزارع Genil-Cabra در اسپانیای شمالی (۷۰۰۰ هکتار) مورد مطالعه قرار دادند. برای این منظور، محققان از داده‌های چهار فصل آبیاری استفاده کردند و هفت نوع گیاه را در نظر گرفتند. نتایج برای محصولات مختلف نشان داد بازه شاخص ARIS از ۰/۲۲ برای آفتابگردان تا ۱/۱۹ برای چغندر قند متغییر است که به ترتیب نشان

[1] The Annual Relative Irrigation Supply Index

دهنده کم‌آبیاری و پرآبیاری (در حد کم) می‌باشد. Garcia et al (2008) شاخص ARIS را در همان منطقه آنالیز کردند با این تفاوت که ۱۵ فصل آبیاری در نظر گرفتند. متوسط این شاخص برای تمامی گیاهان ۰/۶۰ به دست آمد، که برای آفتابگردان ۰/۲۳، غلات زمستانه ۰/۲۸ و پنبه ۰/۷۹ گزارش شد. Agide et al (2016) عملکرد سیستم‌های آبیاری در Ethiopia را آنالیز کردند نتایج نشان داد متوسط شاخص ARIS برای سیستم‌های آبیاری سنتی، مدرن و نیمه سنتی به ترتیب ۱/۱۸، ۲/۶۳ و ۳/۸۴ به‌دست آمد.

Molden et al (1998) به بررسی عملکرد سیستم‌های آبیاری سطحی در کشورهای مختلف پرداخته و مقدار ARIS را در بازه ۰/۵ تا ۴/۱۶ ارائه دادند. Molden (1997) با جمع‌آوری داده‌های مربوط به عملکرد سیستم آبیاری در هند، مقدار ARIS را ۱/۵۴ برای گندم و ۱/۶۴ برای پنبه به دست آوردند. Salvador et al (2011) در ابروی اسپانیا عملکرد سیستم آبیاری و گیاهان را برای سال‌های ۱۹۹۰ تا ۲۰۰۵ مورد مطالعه قرار دادند. در این تحقیق درختان میوه، گیاهان تابستانه، گیاهان زمستانه، سبزیجات، درختان زیتون و تاکستان‌ها با سه نوع سیستم آبیاری در نظر گرفته شد. مساحت زیر کشت بررسی شده در این تحقیق ۶۷۰ هزار هکتار بوده است. نتایج نشان داد مقدار ARIS برای گیاهان در محدوده ۰/۴۶ تا ۱/۳۰ و برای سیستم‌های آبیاری سطحی، کلاسیک ثابت و قطره‌ای به ترتیب ۱/۱۴، ۱/۱۶ و ۰/۶۵ به دست آمد. Exposito and Berbel (2017) در یک مطالعه موردی در حوضه رود Guadalquivir در جنوب اسپانیا به منظور استفاده از آب آبیاری کشاورزی در یک حوضه بسته و تأثیرات آن بر روی بهره‌وری آب در سال‌های ۲۰۱۲ – ۲۰۰۵ برای گیاهان غالب منطقه (۱۱ نوع گیاه) انجام شد. نتایج نشان داد مقدار شاخص ARIS در سال ۲۰۰۵ در بازه ۰/۳۷ (غلات) تا ۱/۳۹ (درختان میوه) و در سال ۲۰۱۲ در بازه ۰/۴۱ (زیتون) تا ۱/۵۵ (درختان میوه) قرار گرفت. Zhao et al (2017) به بررسی بهره‌وری آب کشاورزی براساس فاکتورهای مختلف پرداختند. در این تحقیق، سناریوهای متفاوت برای بهینه‌سازی بهره‌وری آب گیاهان مختلف مورد استفاده قرار گرفت. نتایج نشان داد متوسط شاخص WP_T در وضع موجود ۱/۵۴ کیلوگرم بر متر مکعب بوده که با اعمال سناریوهای بهینه‌سازی، متوسط این شاخص نسبت به وضع موجود ۰/۳۱ کیلوگرم بر متر مکعب افزایش یافته است. در تحقیقی دیگر، $Buendia - Espinoza\ et\ al$ (2004) در سیستم‌های آبیاری تحت‌فشار در مکزیک بهره‌وری اقتصادی آب آبیاری (WP_{eg}) را در بازه ۱/۶۵ تا ۲/۶۸ پوند بر مترمکعب برای گوجه فرنگی و ۲/۱۴ تا ۲/۳۴ پوند بر مترمکعب برای کدو حلوایی به دست آوردند در همین راستا، Exposito and Barbel (2017) در Guadalquivir مقدار این شاخص را ۰/۱۹ برای برنج، ۰/۴۴ برای ذرت، ۰/۲۱ برای پنبه، ۰/۶۱ برای چغندر قند، ۱/۵۱ برای پرتقال و ۱/۱۷ یورو بر مترمکعب برای زیتون به دست آوردند. Salvador et al (2011) کمترین و بیشترین مقدار WP_{eg} را به ترتیب برای یونجه در سیستم آبیاری سطحی (۰/۰۸۱ یورو بر مترمکعب) و درخت سیب در سیستم آبیاری قطره‌ای (۱/۲۰ یورو بر مترمکعب) گزارش کردند. Salvador et al (2011) مقدار بهره‌وری خالص اقتصادی آب آبیاری (WP_{en}) را در محدوده ۰/۰۴۳ یورو بر متر مکعب برای گندم و ۱/۰۰ یورو بر متر مکعب برای سیب ارایه دادند. Perry (2001) و Jalota et al (2007) مقدار شاخص مذکور را برای برنج، ذرت دانه‌ای و گندم به ترتیب ۰/۰۲۰، ۰/۰۳۴ و ۰/۰۸۱ یورو بر متر مکعب به دست آوردند همچنین این محققان مقدار WP_{en} را برای ذرت دانه‌ای و گندم به ترتیب در بازه ۰/۱۰۶ تا ۰/۰۵۳ و ۰/۱۲۱ تا ۰/۱۰۰ یورو بر مترمکعب ارائه دادند.

در داخل کشور نیز مطالعات زیادی در زمینه محاسبه انواع شاخص‌های بهره‌وری آب در بخش کشاورزی صورت گرفته است با این تفاوت که نوع روش‌های آبیاری در محصولات مختلف و تأثیر آنها بر روی بهره‌وری آب با شاخص های جدید در این مطالعات کمتر مورد توجه قرار گرفته است.

در مطالعه‌ای Farahani and Ovis (2008) بهره‌وری آب در غلات را حدود ۰/۴ کیلوگرم بر مترمکعب برآورد کردند. نتایج تحقیق زمانی و همکاران (۱۳۹۳) به منظور بهره‌وری اقتصادی آب در محصولات مختلف زراعی دشت بهار نشان داد بیشترین و کمترین مقدار شاخص WP_T به ترتیب برای ذرت برابر با ۸/۸۰ کیلوگرم بر متر مکعب و کدو برابر با ۰/۲۱ کیلوگرم بر متر مکعب در

ویراستاری نشاه

سیستم آبیاری مدرن بود. همچنین بیشترین و کمترین مقدار شاخص WP_{eg} به ترتیب برای سیر برابر با ۱۱۵۵۳/۶۵ ریال بر مترمکعب در سیستم مدرن و یونجه برابر با ۱۹۱۶/۶۸ ریال بر مترمکعب در سیستم سنتی بود. بیشترین مقدار WP_{en} برای سیر با ۴۱۵۳/۰۵ ریال بر مترمکعب در سیستم مدرن به دست آمد.

با وجود مطالعات زیادی که در زمینه بهره‌وری آب و کارایی سیستم‌های آبیاری در سطح کشور انجام شده است در معدود مطالعاتی به بررسی و مقایسه بهره‌وری آب با شاخص‌های جدید و رویکرد نو در سیستم‌های مختلف آبیاری پرداخته شده است. از طرف دیگر، شاخص بررسی عملکرد سالانه آبیاری (ARIS) در کشور برای گیاهان و سیستم‌های آبیاری به طور جدی بررسی نشده است. بنابراین هدف از انجام این تحقیق، بررسی شاخص جدید ARIS و مقایسه شاخص‌های بهره‌وری آب برای گیاهان مختلف در سیستم‌های آبیاری سطحی و سنترپیوت در دشت مغان است. این اطلاعات می‌تواند برای مقایسه دشت مغان با مناطق دیگر در جهان مورد مقایسه و بررسی قرار گیرد.

ویراستاری نشده

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه در تحقیق حاضر دشت مغان (شرکت کشت و صنعت و دامپروری مغان) بود. دشت مغان در استان اردبیل واقع شده است و یکی از دشت‌های حاصل‌خیز کشور می‌باشد. سیستم‌های رایج آبیاری در این دشت، سیستم آبیاری سطحی، بارانی (کلاسیک ثابت) و سنترپیوت می‌باشد. محدوده مورد مطالعه در شکل ۱ آمده است. در این تحقیق دو سیستم آبیاری رایج سطحی و سنترپیوت و برای انتخاب نوع گیاه، گیاهان غالب منطقه در نظر گرفته شدند. داده‌برداری در دو سال زراعی ۱۳۹۵و ۱۳۹۶ صورت گرفت و میانگین داده‌های دو سال زراعی به عنوان داده‌های تحقیق مورد استفاده قرار گرفت. در مجموع ۴۱ مزرعه با ۸ گیاه و دو سیستم آبیاری مختلف انتخاب شد. مساحت محدوده تحقیق ۶۷۴ هکتار بود. اطلاعات مربوط به مزارع مورد مطالعه در جدول ۱ آمده است. براساس نوع سیستم آبیاری، سیستم آبیاری سطحی ۴۴۰ هکتار (۶۸ درصد کل مساحت) و سیستم آبیاری سنترپیوت ۲۰۷ هکتار (۳۲ درصد از کل مساحت) را به خود اختصاص داده است. از لحاظ نوع گیاه، چغندر قند با ۱۹۳ هکتار (۳۰ درصد کل مساحت)، ذرت بذری با ۱۲۰ هکتار (۱۹ درصد)، ذرت دانه‌ای با ۱۲۴ هکتار (۱۹ درصد)، و گندم با ۹۶ هکتار (۱۵ درصد از کل مساحت) بیشترین مساحت را به خود اختصاص داده‌اند. با توجه به این‌که کشت پنبه در منطقه اکثراً به صورت کشت دوم بوده است بنابراین در کشت اول مساحت مربوط به این محصول کم بوده که در نتیجه آن کمترین مساحت در تحقیق حاضر، مربوط به پنبه با ۸ هکتار (۱/۲ درصد از کل مساحت) بود. در سیستم آبیاری سنترپیوت، در هر آبیاری مقدار آب مصرفی از طریق کنتور حجمی قرائت گردید و با جمع کردن قرائت‌ها در طول فصل رشد، کل آب مصرفی (IWA) به دست آمد. در سیستم آبیاری سطحی در مزارع مورد مطالعه، در فصل رشد دبی ورودی به مزارع با استفاده از فلوم اندازه‌گیری شد. سپس در هر مرحله آبیاری دبی ورودی به مزارع در ساعت آبیاری ضرب شد و حجم آب ورودی به مزارع تعیین گردید. همچنین در منطقه مورد مطالعه ۲۱۰ پرسشنامه از کشاورزان جمع‌آوری گردید که ۴۱ پرسشنامه مربوط به مزارعی بود که اطلاعات مورد نیاز به صورت میدانی اندازه‌گیری شد و مابقی پرسشنامه‌ها از کشاورزان اطراف منطقه مورد مطالعه جمع‌آوری گردید. این پرسشنامه‌ها شامل آب مصرفی در هکتار، قیمت فروش محصولات، درآمد ناخالص، هزینه‌های یک فصل زراعی شامل تمامی عملیات کاشت، داشت و برداشت بود. در هر مرحله آبیاری اطلاعات مربوط به دبی ورودی (که اکثراً کشاورزان به صورت اینچ آب بیان می‌کردند)، ساعت آبیاری و هزینه‌های آبیاری (شامل هزینه آب، آبیار، کارگر و ...) از کشاورزان گرفته شد. با استفاده از داده‌های اندازه‌گیری شده IWA و اطلاعات پرسشنامه‌ای، میانگین آب مصرفی آبیاری در طول یک فصل رشد برای تمامی محصولات در منطقه به دست آمد. اطلاعات مربوط به تبخیر و تعرق ماهیانه، بارش موثر و نیاز خالص آبیاری محصولات برای منطقه (IR_n) از سامانه نیاز آبی برای محدوده مورد مطالعه استخراج گردید.

در این تحقیق به منظور ارزیابی عملکرد فصلی سیستم‌های آبیاری و گیاهان از شاخص ARIS (Malano and Burton, 2001) استفاده شد. این شاخص به صورت زیر بیان می‌گردد:

$$ARIS = \frac{IWA}{IR_n}$$ رابطه ۱)

که در آن: IWA آب آبیاری اعمال شده (مترمکعب در هکتار) و IR_n نیاز خالص آبیاری در یک فصل زراعی (مترمکعب در هکتار) می‌باشد. مقدار یک در این شاخص بیانگر برابر بودن مقدار آب آبیاری اعمال شده با نیاز خالص آبیاری می‌باشد.

علاوه بر شاخص ARIS، شاخص‌های اقتصادی و بهره‌وری در تعیین کارآیی یک سیستم می‌تواند موثر باشد. بنابراین برای بررسی بهره‌وری آب از سه شاخص WP_T، WP_{eg} و WP_{en} استفاده شد که روابط آن‌ها در معادله‌های (۲ تا ۴) ارائه شده است:

ویرایشی نشده

بهروری آب آبیاری یکی از شاخص‌های مهم برای اندازه‌گیری اثرات مدیریت آب آبیاری می‌باشد که اکثر محققان (Salvador et al, 2011; Kahlown et al ,2007; Zwart and Bastiaanssen, 2004; Molden et al, 2010) در مقالات، رابطه آن را به صورت زیر گزارش داده‌اند:

$$WP_T = \frac{Y}{IWA}$$ رابطه ۲)

که در آن: WP_T بهره‌وری آب آبیاری (کیلوگرم بر مترمکعب)، Y عملکرد محصول (کیلوگرم در هکتار) و IWA حجم آب آبیاری اعمال شده (مترمکعب در هکتار) می‌باشد.

به دلیل اختلاف بین عملکرد و هزینه، شاخص WP_T نمی‌تواند برای مقایسه بین گیاهان کافی باشد برای همین منظور از روش بهره‌وری اقتصادی ناخالص آب آبیاری (WP_{eg}) استفاده شد. این شاخص نسبت بین درآمد ناخالص یک محصول (I_g) و حجم آب آبیاری در یک فصل رشد (IWA) می‌باشد که رابطه آن به صورت زیر است (Salvador et al, 2011) :

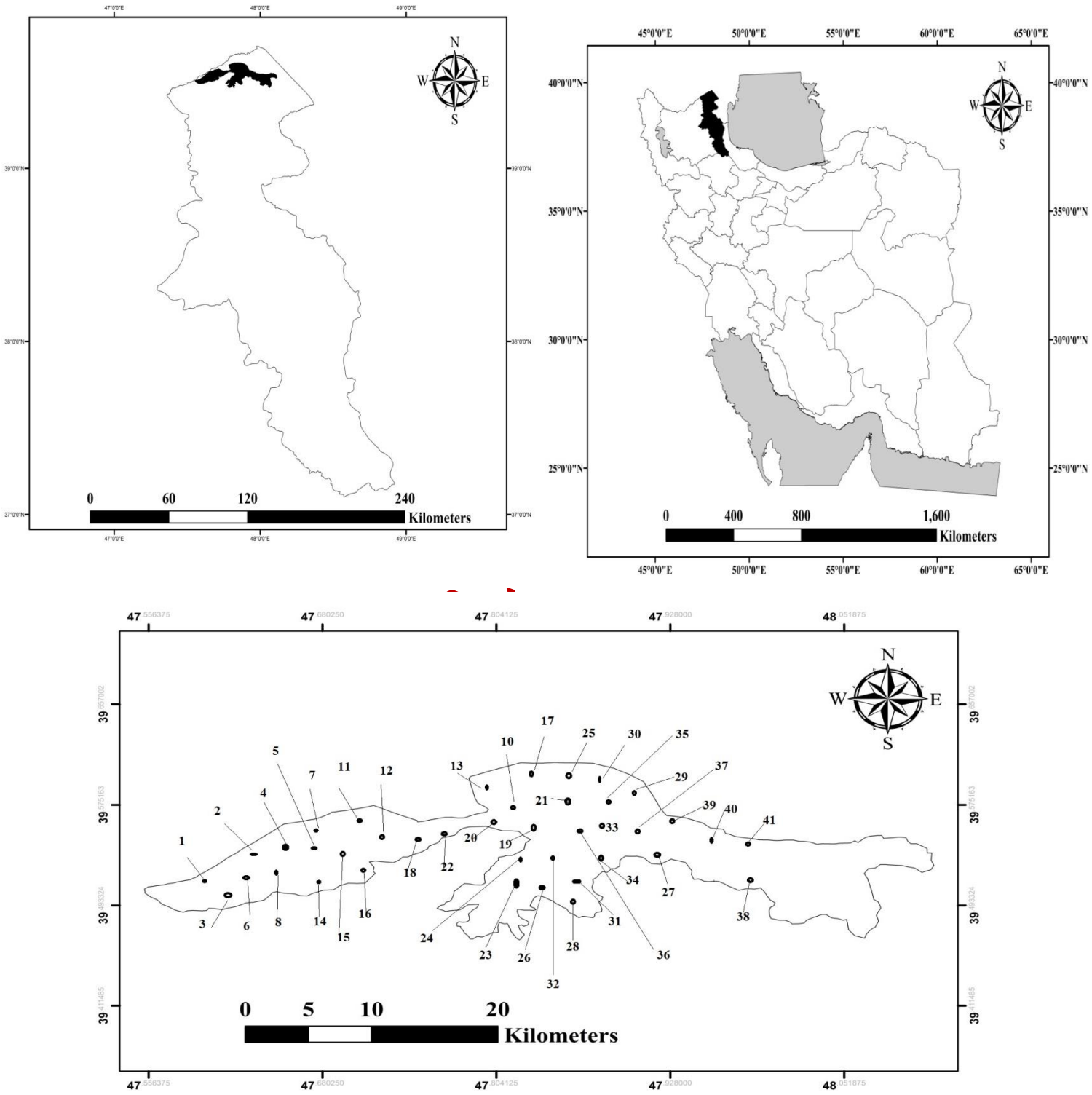
$$WP_{eg} = \frac{I_g}{IWA}$$ رابطه ۳)

از طرف دیگر برای ارزیابی درست بهره‌وری اقتصادی آب علاوه بر درآمد باید هزینه‌ها را هم در نظر گرفت بنابراین شاخص WP_{en} (بهره‌وری خالص اقتصادی آب آبیاری) (واحد پول بر متر مکعب) که نسبت درآمد خالص محصول (M_n) به حجم آب آبیاری در فصل رشد (IWA) می‌باشد مورد استفاده قرار گرفت که رابطه آن در زیر آمده است:

$$WP_{en} = \frac{M_n}{IWA}$$ رابطه۴)

به منظور تعیین عملکرد محصولات، نمونه‌برداری و اندازه‌گیری میدانی صورت گرفت. برای تعیین عملکرد محصولات در هر هکتار سه پلات یک در یک در سه نقطه در نظر گرفته شد. نمونه‌ها از داخل پلات برداشت شدند. در نهایت برای ذرت بذری، ذرت دانه‌ای، سویا و گندم عملکرد دانه‌ها و برای یونجه عملکرد علوفه خشک در هکتار به دست آمد. برای این منظور، نمونه‌ها در داخل آون با دمای ۷۰ درجه به مدت ۲۴ ساعت خشک شدند. با توجه به این‌که یونجه در منطقه ۴ تا ۵ مرحله برداشت می شد، در مزارع مورد مطالعه برای پنج مرحله نمونه‌برداری صورت گرفت و در هر مرحله برداشت، میانگین عملکرد علوفه خشک تعیین گردید. عملکرد چغندرقند و ذرت علوفه‌ای با توجه به شرایط منطقه تعیین شد. برای اندازه‌گیری عملکرد چغندرقند، قسمت غده به عنوان محصول در نظر گرفته می‌شود بنابراین با حذف خاک چسبیده به غده و برگ‌های روی غده، عملکرد محصول در هکتار تعیین گردید. برداشت پنبه در منطقه در دو چین انجام شد. در چین اول غوزه‌های رسیده برداشت و مابقی غوزه‌ها به طور کامل در چین دوم برداشت شد. بنابراین عملکرد گیاه پنبه (وزن غوزه) در هکتار اندازه‌گیری شد. به منظور تعیین عملکرد ذرت علوفه‌ای، با توجه به اینکه بعد از برداشت، مستقیم با همان وضعیت به فروش می‌رسد دقیقاً عین شرایط در نظر گرفته شد و نمونه‌های برداشت شده اندازه‌گیری گردید. لازم به ذکر می‌باشد قیمت فروش محصولات از روی قیمت مصوب دولت در سال‌های ۱۳۹۵ و ۱۳۹۶ و پرسشنامه‌ها، و میزان هزینه‌ها برای تمامی محصولات و مزارع مورد مطالعه از روی پرسشنامه‌ها تعیین شد.

ویرایش اولیه



شکل ۱. موقعیت مزارع مورد مطالعه

جدول ۱. مساحت مربوط به هر محصول و سیستم آبیاری

سیستم آبیاری	محصول	تعداد قطعات زمین‌ها	متوسط مساحت
سطحی	چغندر قند	۹	۲۰
سطحی	ذرت بذری	۴	۱۸
سطحی	ذرت علوفه‌ای	۴	۱۰
سطحی	پنبه	۱	۸
سطحی	ذرت دانه‌ای	۴	۱۷
سطحی	سویا	۲	۸
سطحی	گندم	۳	۲۲
سنتر پیوت	چغندر قند	۱	۱۳
سنتر پیوت	ذرت علوفه‌ای	۲	۱۲
سنتر پیوت	ذرت دانه‌ای	۴	۱۴
سنتر پیوت	ذرت بذری	۳	۱۶
سنتر پیوت	گندم	۲	۱۵
سنتر پیوت	یونجه	۲	۱۳

نتایج و بحث

اطلاعات مربوط به تبخیر و تعرق و بارش موثر در طول دو فصل زراعی در سال‌های ۱۳۹۵ و ۱۳۹۶، مساحت زیر کشت، تعداد مزارع و نیاز خالص آبیاری (IR_n) برای محصولات مختلف در جدول ۲ براساس نوع گیاه طبقه‌بندی شده است.

جدول ۲- تبخیر تعرق، بارش موثر و نیاز خالص آبیاری به تفکیک محصولات (منبع: سامانه نیاز آبی)

گیاه	مساحت			ET_C (mm)	P (mm)	IR_n ($m^3.ha^{-1}$)
	تعداد	کل مساحت (هکتار)	متوسط مساحت (هکتار)			
چغندر قند	۱۰	۱۹۳	۱۹/۳	۸۵۹	۶۲	۷۹۷۰
ذرت بذری	۷	۱۲۰	۱۷/۲	۶۴۱	۳۶	۶۰۵۰
ذرت علوفه‌ای	۶	۶۴	۱۰/۷	۴۶۵	۶۱	۴۰۴۰
پنبه	۱	۸	۸	۷۳۰	۶۰	۶۷۰۰
ذرت دانه‌ای	۸	۱۲۴	۱۵/۵	۶۴۱	۳۶	۶۰۵۰
سویا	۲	۱۶	۸	۶۹۶	۳۸	۶۵۸۰
گندم	۵	۹۶	۱۹/۲	۲۸۳	۷۳	۲۱۰۰
یونجه	۲	۲۶	۱۳	۹۳۹	۱۲۴	۸۱۵۰
مجموع	۴۱	۶۷۴	۱۱۰/۹			

از لحاظ تعداد، بیشترین مزارع مربوط به چغندر قند و ذرت دانه‌ای به ترتیب با ۱۰ و ۸ مزرعه بوده است که بیانگر کشت غالب منطقه می‌باشد. در این تحقیق مساحت کل مزارع ۶۴۷ هکتار بوده است. با توجه به اینکه در دشت مغان قسمت زیادی از مزارع اجاره داده می‌شود و در کشت اجاره‌ای اکثر محصولات صرفه اقتصادی ندارد لذا کشت غالب اجاره گیرنده‌ها چغندرقند بوده است. از طرف دیگر، طبق مطالعات میدانی و نظرات کارشناسان منطقه، کشت ذرت بذری و دانه‌ای برای کشت و صنعت هزینه چندانی ندارد ولی درآمد معناداری دارد همچنین ذرت علوفه به دلیل کشت دوم (بعد از گندم، جو و کلزا) در منطقه کاشته می‌شود. بنابراین، چغندرقند، ذرت بذری و ذرت دانه‌ای با ۶۷ درصد بیشترین مساحت مزارع مورد مطالعه را به خود اختصاص داده‌اند. میانگین مساحت مزارع در محدوده

ویرایشی نشده

۸ هکتار برای پنبه و سویا تا ۱۹/۳ هکتار برای چغندرقند بوده است. تبخیر و تعرق برای گیاهان در محدوده ۴۶۵ میلی‌متر برای ذرت علوفه‌ای و ۹۳۹ میلی‌متر برای یونجه قرار گرفت. متوسط تبخیر و تعرق ۶۵۶/۷۵ میلی‌متر بود. براساس سامانه نیاز آبی کشور در دشت مغان برای محصولات مورد مطالعه، مقدار بارش موثر در محدوده ۳۶ (ذرت دانه‌ای و بذری) تا ۱۲۴ (یونجه) میلی‌متر گزارش شده است. با کسر بارش موثر (P) از تبخیر و تعرق گیاهان (ETc)، مقدار نیاز خالص آبیاری (IRn) بدست آمد. بیشترین و کمترین مقدار نیاز خالص آبیاری (IR_n) در طول فصل زراعی به ترتیب ۸۱۵۰ مترمکعب در هکتار برای یونجه و ۲۱۰۰ مترمکعب در هکتار برای گندم تخمین زده شد. چغندر قند با ۷۹۷۰ مترمکعب در هکتار بعد از یونجه بیشترین مقدار IR_n را داشت. نیاز خالص آبیاری برای محصولات سویا، ذرت بذری، ذرت دانه‌ای و پنبه در حدود ۶۵۰۰ مترمکعب در هکتار بوده است.

در جدول ۳ متوسط آب آبیاری مصرفی و انحراف از میانگین (SD) به تفکیک گیاهان و سیستم‌های آبیاری ارائه شده است.

جدول ۳-آب آبیاری مصرفی (IWA) و انحراف از میانگین به تفکیک محصول و سیستم آبیاری

محصول	سیستم	تعداد زمین‌ها	مساحت کل (ha)	IWA Average ($m^3.ha^{-1}$)	SD ($m^3.ha^{-1}$)
چغندر قند	سطحی	۹	۱۸۰	۱۳۸۹۹	۵۹۲
	سنتر پیوت	۱	۱۳	۶۰۶۵	۰
ذرت علوفه	سطحی	۴	۴۰	۸۹۱۳	۱۶۸۶
	سنتر پیوت	۲	۲۴	۵۱۰۳	۶۷۷
ذرت بذری	سطحی	۴	۷۲	۸۵۰۹	۹۶۳
	سنتر پیوت	۳	۴۸	۵۲۰۷	۲۴۷
ذرت دانه‌ای	سطحی	۴	۶۸	۸۶۴۳	۱۶۰۴
	سنتر پیوت	۴	۵۶	۳۷۵۶	۱۱۵۷
گندم	سطحی	۳	۶۶	۳۸۵۴	۲۶۶
	سنتر پیوت	۲	۳۰	۱۹۲۷	۱۱۹
پنبه	سطحی	۱	۸	۹۹۵۶	۰
سویا	سطحی	۲	۱۶	۴۷۹۱	۱۲۴
یونجه	سنتر پیوت	۲	۲۶	۷۵۱۵	۷۵۷
*		۴۱	۶۴۷	۷۴۲۵	۶۳۰

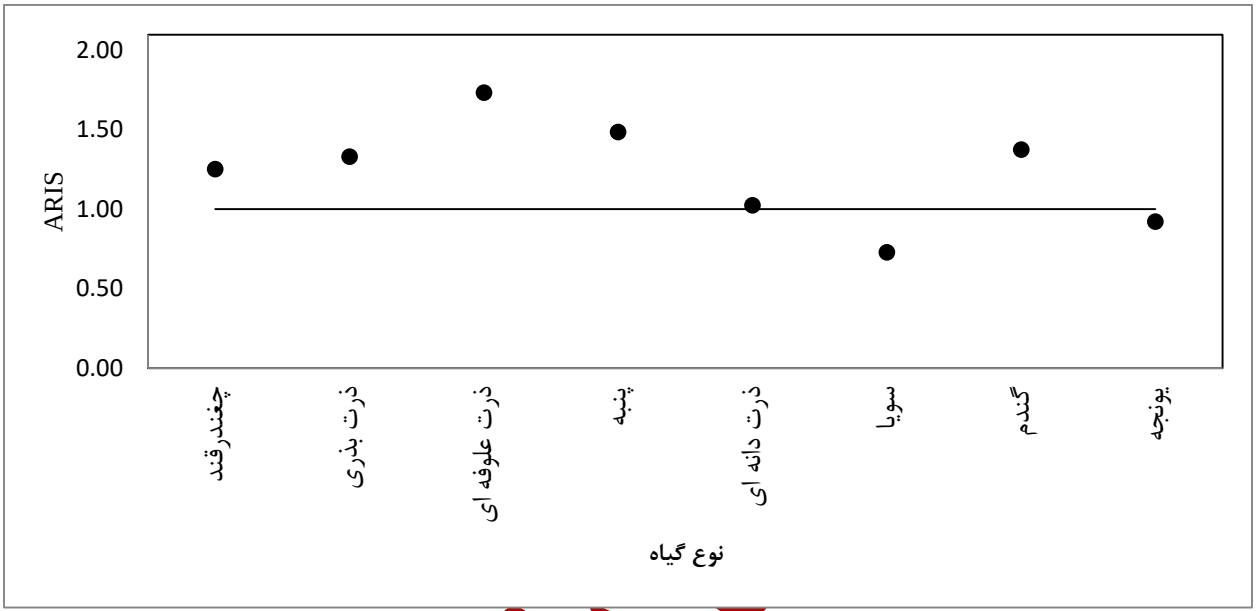
***تعداد زمین‌ها (کل)، مساحت کل (کل مساحت‌ها)، میانگین آب آبیاری مصرفی (IWA Average) و متوسط انحراف از میانگین (SD Average)**

میانگین IWA برای تمامی گیاهان و سیستم‌های آبیاری ۷۴۲۵ مترمکعب در هکتار بدست آمد. بیشترین و کمترین مقدار آب مصرفی به ترتیب برای چغندرقند در سیستم آبیاری سطحی با ۱۳۸۹۹ مترمکعب در هکتار و گندم در سیستم آبیاری سنترپیوت با ۱۹۲۷ مترمکعب در هکتار بدست آمد که کوتاه بودن دوره رشد گندم و استفاده حداکثری از آب باران می‌تواند از دلایل کم بودن IWA در این محصول باشد. در تمامی مزارع با مقایسه بین سیستم آبیاری سطحی و سنترپیوت به دلیل تلفات عمقی و روناب زیاد، آب آبیاری مصرفی در سیستم سطحی به مراتب بیشتر از سنترپیوت بود. به طوری که محدوده آب آبیاری مصرفی در سیستم سنترپیوت ۱۹۲۷ (گندم) تا ۷۵۱۵ (یونجه) مترمکعب در هکتار بوده، در حالی‌که این محدوده برای سیستم آبیاری سطحی از ۳۸۵۴ (گندم) تا ۱۳۸۹۹ (چغندرقند) متغیر بود. بسته به نوع محصول، پنبه در سیستم آبیاری سطحی با ۹۹۵۶ مترمکعب در هکتار رتبه دوم آب آبیاری مصرفی را به خود اختصاص داد که دلیل اصلی آن تلفات نفوذ عمقی و عدم آشنایی کشاورزان با شیوه اصولی آبیاری در مزارع پنبه بود. با ارزیابی و بررسی‌های میدانی آبیاری سطحی، مشخص گردید طول زیاد شیارها و وجود ترک‌های گسترده در سطح خاک سبب افزایش تلفات آبیاری (نفوذ عمقی و روناب) و به دنبال آن افزایش آب مصرفی در آبیاری سطحی شده است. ذرت بذری، ذرت دانه‌ای و ذرت علوفه‌ای در سیستم آبیاری سطحی IWA در حدود ۸۵۰۰ تا ۸۹۰۰ مترمکعب در هکتار داشته‌اند. بیشترین متوسط انحراف از میانگین

ویرایشگاری نشده

برای ذرت علوفه‌ای در سیستم آبیاری سطحی بدست آمد که دلیل آن متفاوت بودن روش‌های آبیاری مزارع توسط زارعین بوده است. کمترین مقدار این شاخص برای گندم در سیستم آبیاری سنترپیوت با ۱۱۹ مترمکعب در هکتار بوده است.

متوسط و میانگین شاخص ARIS در جدول ۴ و شکل ۲ به تفکیک محصول و سیستم آبیاری ارائه شده است.



شکل ۲. میانگین شاخص ARIS در محصولات مختلف

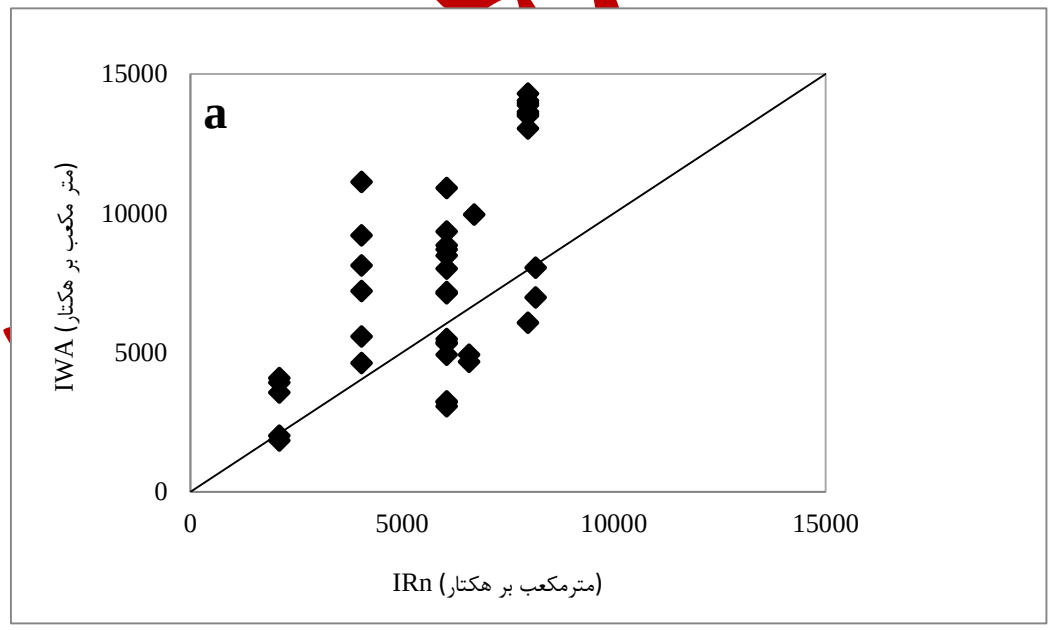
جدول ۴. متوسط شاخص ARIS به تفکیک محصولات و سیستم‌های آبیاری

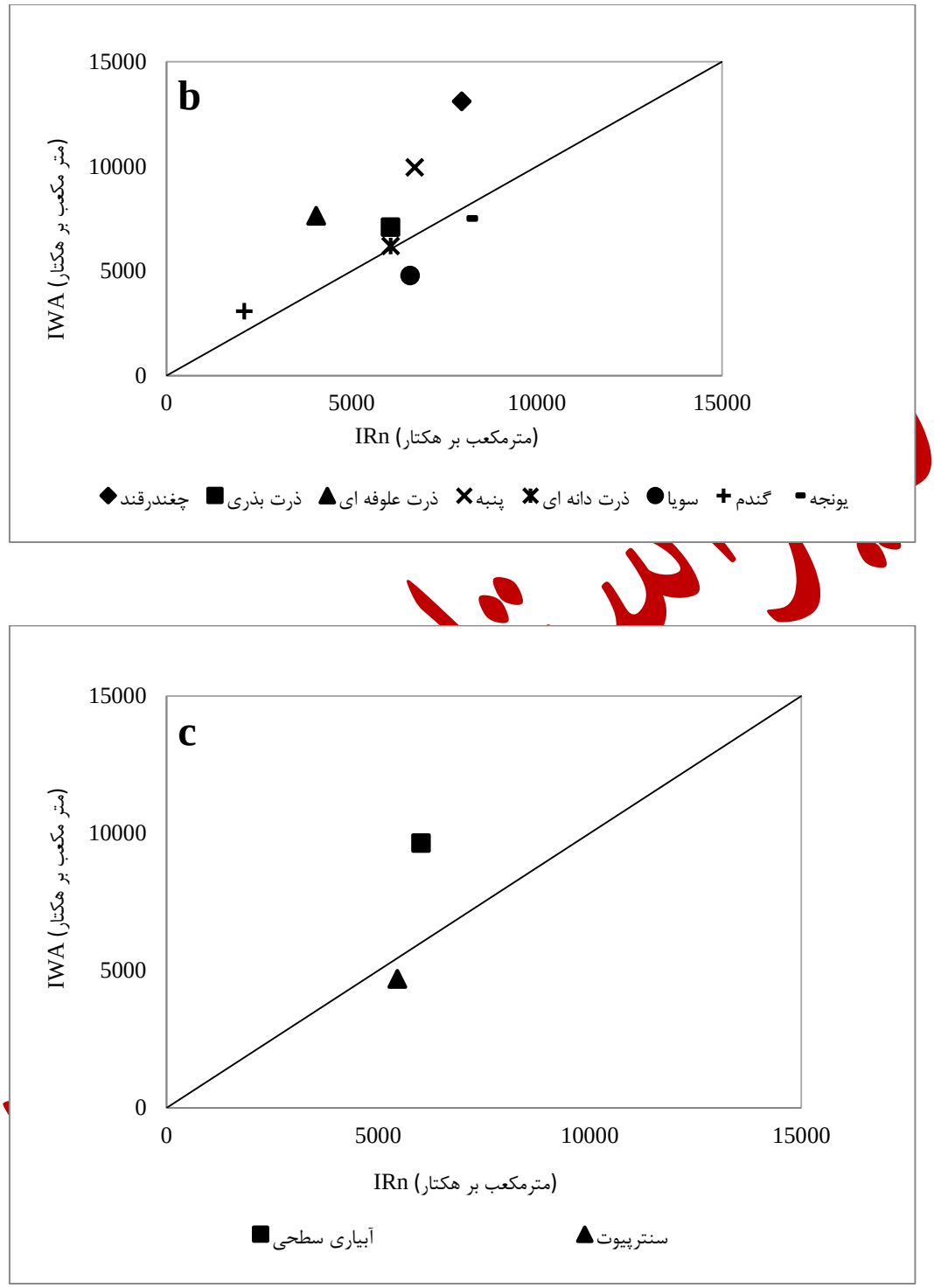
محصول	سیستم	ARIS Average	SD
چغندر قند	سطحی	۱/۷۴	۰/۰۷
	سنتر پیوت	۰/۹۶	۰
ذرت علوفه‌ای	سطحی	۲/۲۱	۰/۴۲
	سنتر پیوت	۱/۲۶	۰/۱۷
ذرت بذری	سطحی	۱/۸۰	۰/۴۸
	سنتر پیوت	۰/۸۶	۰/۰۴
ذرت دانه‌ای	سطحی	۱/۴۳	۰/۲۷
	سنتر پیوت	۰/۶۲	۰/۱۹
گندم	سطحی	۱/۸۳	۰/۱۳
	سنتر پیوت	۰/۹۲	۰/۰۶
پنبه	سطحی	۱/۴۹	۰
سویا	سطحی	۰/۷۳	۰/۰۲
یونجه	سنتر پیوت	۰/۹۲	۰/۰۹
متوسط		۱/۲۷	۰/۱۵

برای هر محصول و سیستم آبیاری، میانگین این شاخص محاسبه شد. محدوده شاخص ARIS از ۰/۶۲ برای ذرت دانه‌ای در سیستم آبیاری سنترپیوت تا ۲/۲۱ برای ذرت علوفه‌ای در سیستم آبیاری سطحی متغیر بود. در سیستم آبیاری سطحی به دلیل پرآبیاری‌های اعمل شده از سمت زارعین برای تمامی محصولات به جز سویا (۰/۷۳) میانگین این شاخص بیشتر از ۱ بوده به طوری که در محدوده

۱/۴۳ تا ۲/۲۱ قرار گرفت (شکل۲). در حالی که در سیستم آبیاری سنترپیوت به دلیل کنترل مصرف آب از طریق کنتور و رعایت اصول آبیاری با تنظیم سرعت حرکت دستگاه، میزان تلفات رواناب و نفوذ عمقی بسیار ناچیز بود که همین امر سبب گردید مقدار شاخص ARIS به جز در ذرت علوفه‌ای (۱/۲۶) در تمام محصولات کمتر از ۱ به دست آید. با توجه به اینکه در طول روز سرعت باد در منطقه زیاد است و این موضوع سبب کاهش یکنواختی توزیع آب و افزایش تلفات بادبردگی می‌شود معمولاً آبیاری در طول شب و یا از طریق لوله‌هایی عصایی شکل در سیستم سنترپیوت صورت می‌گرفت. در مزارع مورد مطالعه، متوسط ARIS برای تمامی محصولات و سیستم‌های آبیاری ۱/۲۷ به دست آمد که Salvador et al (2011) متوسط این شاخص را ۱/۰۸ محاسبه کرده بودند بنابراین نتایج تحقیق بدست آمده با نتایج Cavero et al (2003) و Salvador et al (2011) مطابقت دارد. متوسط انحراف از میانگین (SD) برای شاخص ARIS برابر با ۰/۱۵ بود که صرف‌نظر از تک‌مزارع (چغندرقند در سیستم آبیاری سنترپیوت و پنبه در سیستم آبیاری سطحی) بیشترین مقدار مربوط به ذرت علوفه‌ای و بذری در سیستم آبیاری سطحی در حدود ۰/۴۲ و ۰/۴۸ و کمترین مقدار مربوط به سویا در همان سیستم آبیاری بوده است. اختلاف زیاد انحراف از میانگین ARIS نشان از شیوه‌های مختلف مدیریت آبیاری از طرف زارعین می‌باشد به عنوان نمونه، در مزارع با سیستم آبیاری سطحی برای جلوگیری از تلفات عمقی بالا تعدادی از کشاورزان، در ابتدا آب با دبی زیاد را وارد جویچه نموده و سپس آبیاری را انجام می‌دادند که در اصطلاح علمی همان آبیاری موجی می‌باشد و یا برای جلوگیری از رواناب، تعداد معدودی از زارعین قبل از رسیدن آب به انتهای جویچه اقدام به قطع جریان آب می‌کردند. براساس وزن تعداد مزارع، کمترین مقدار SD در مزارع چغندرقند با سیستم آبیاری سطحی در حدود ۰/۰۷ به دست آمد که نشان از مدیریت مشابه کشاورزان در آبیاری این محصول می‌باشد.

در شکل ۳ آب آبیاری مصرفی (IWA) و نیاز خالص آبیاری (IRn) برای محصولات و سیستم‌های آبیاری مقایسه شده است: در شکل ۳(a) برای تمام محصولات در هر دو سیستم آبیاری سطحی و سنترپیوت (تمامی داده‌ها)، در شکل ۳(b) صرف نظر از سیستم آبیاری براساس نوع محصول و در شکل ۳(c) براساس نوع سیستم آبیاری.



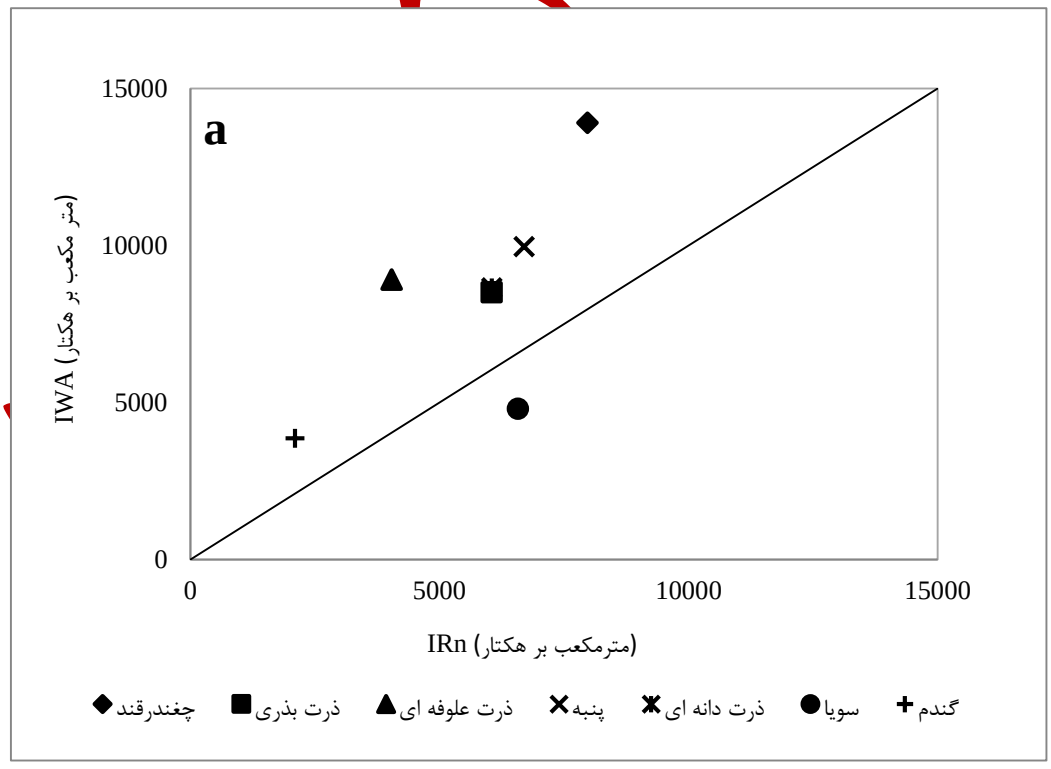


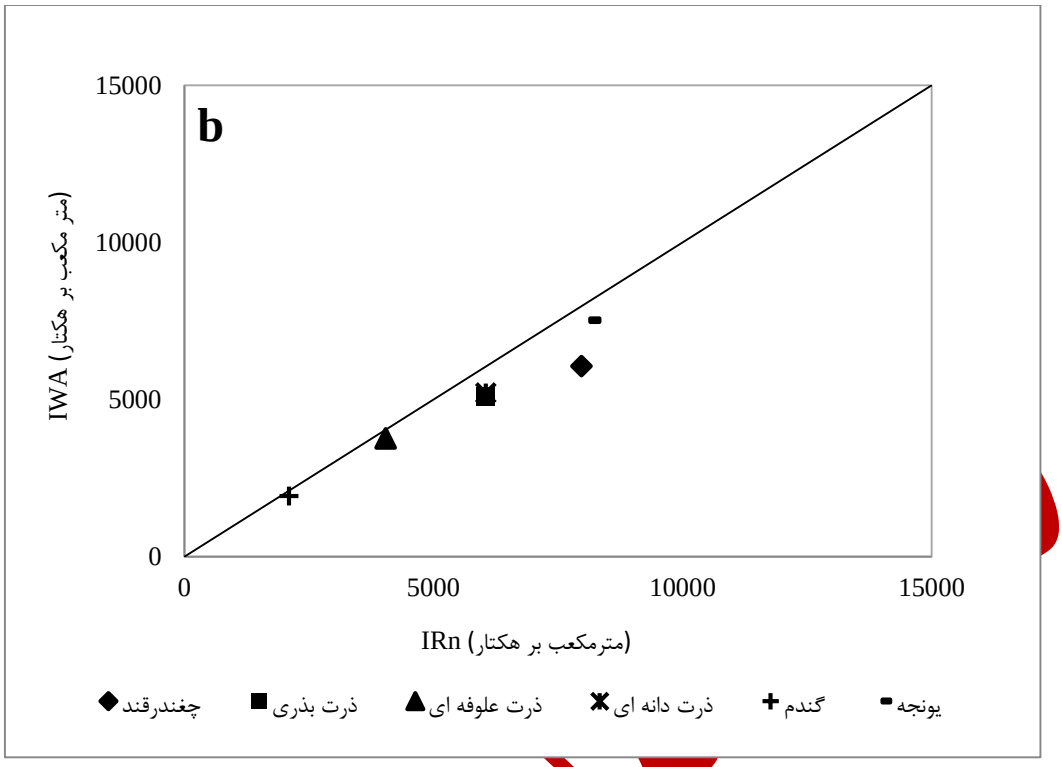
شکل ۳. مقایسه آب آبیاری مصرفی (IWA) و نیاز خالص آبیاری (IR_n): (a) برای تمامی داده‌های مربوط به گیاه و سیستم آبیاری، (b) برای نوع گیاهان، (c) برای نوع سیستم آبیاری

با توجه به شکل ۳(a) اکثر محصولات در بالای خط ۱:۱ قرار گرفته‌اند که نشان از IR_n بالا بوده است. نقاطی که دارای IR_n پایین هستند در زیر خط قرار گرفته‌اند. در تمام محصولات زیر کشت آبیاری سطحی به دلیل مصرف آب بیشتر از نیاز آبی گیاه (به جز مزارع

سویا)، نقاط بالای خط ۱:۱ قرار گرفته‌اند که نشان از برتری IWA به IRn می‌باشد. در حالی که در سیستم آبیاری سنترپیوت به با توجه به کم‌آبیاری‌های اعمال شده بصورت غیرآگاهانه، در تمام محصولات به جز ذرت علوفه‌ای، نقاط پایین خط ۱:۱ قرار گرفتند که برتری IRn به IWA را نشان می‌دهد. به عبارتی دیگر، در این مزارع نیاز آبی گیاهان تأمین نشده است. با مقایسه بین گیاهان در شکل ۳(b) مشخص گردید نقاط برای گندم، ذرت دانه‌ای، ذرت بذری، ذرت علوفه‌ای، چغندرقند و پنبه در بالای خط ۱:۱ قرار گرفته است که نشان دهنده برتری IWA به IRn در تأمین نیاز آبیاری گیاهان مذکور بوده است. به عبارتی آب مصرفی آبیاری بیش از نیاز آبی گیاهان بوده است که این بیش‌آبیاری در چغندرقند بیشتر از تمام محصولات بوده است. در گیاهان یونجه به دلیل کم آبیاری ناشی از عدم آشنایی آبیار با میزان آب مورد نیاز و کنترل سرعت سنترپیوت و همچنین کوتاه بودن طول شیارها در گیاه سویا که موجب رسیدن سریع آب به انتهای جویچه شده و کشاورز اقدام به قطع جریان می‌نمود نقاط زیر خط افتاده است که نشان از کم‌آبیاری و تأمین نشدن نیاز آبی گیاه است. در شکل ۳(c) که برای سیستم‌های آبیاری ارائه شده است مشاهده گردید در سیستم آبیاری سطحی، نقطه بالای خط یک به یک و در سیستم آبیاری سنترپیوت نقطه پایین خط یک به یک افتاده است به عبارتی دیگر در سیستم آبیاری سطحی با مقدار ARIS برابر با ۱/۶۴ بیش‌آبیاری و در سیستم سنترپیوت کم‌آبیاری اتفاق افتاده است. با توجه به شکل، کم‌آبیاری برای یونجه به نسبت بیشتر از پنبه مشاهده گردید. با توجه به فاصله کم بین نقطه سنترپیوت و خط ۱:۱ و مقدار ARIS برابر با ۰/۸۶ می‌توان مشاهده کرد کم‌آبیاری در سیستم مذکور شدید نبوده است البته این نتیجه‌گیری صرفاً براساس نوع سیستم آبیاری می‌باشد.

در شکل ۴ مقایسه مقدار آب آبیاری مصرفی با نیاز خالص آبیاری در گیاهان مختلف براساس نوع سیستم آبیاری انجام شد: ۴(a) سیستم آبیاری سطحی، ۴(b) سیستم آبیاری سنترپیوت.





شکل ۴. مقایسه آب آبیاری مصرفی (IWA) و نیاز خالص آبیاری (IR_n): (a) برای گیاهان مختلف در سیستم آبیاری سطحی، (b) برای گیاهان مختلف در سیستم آبیاری سنترپیوت

در سیستم آبیاری سطحی (در شکل ۴(a)) تمام گیاهان به جز سویا بالای خط ۱:۱ قرار گرفته‌اند. به عبارتی دیگر در تمام گیاهان به جز سویا نیاز آبیاری تأمین شده است. در بین گیاهان مورد مطالعه، برای چغندرقند اختلاف میان آب آبیاری مصرفی با نیاز خالص آبیاری بیش‌تر از تمام گیاهان بوده است به همین دلیل فاصله نقطه چغندرقند با خط ۱:۱ بیشتر از سایر گیاهان است. در سیستم آبیاری سنترپیوت (شکل ۴(b)) در حالت کلی تمام گیاهان زیر خط واقع شده‌اند. در این میان ذرت علوفه‌ای و گندم کمترین فاصله با خط را داشته‌اند. به عبارت دیگر برای این دو گیاه در سیستم آبیاری مذکور می‌توان ادعا کرد آب مصرفی آبیاری اختلاف چندانی با نیاز خالص آبیاری نداشته و کم‌آبیاری جزیی صورت گرفته است. با توجه به شکل، بیشترین کم‌آبیاری برای چغندرقند صورت گرفت که دور آبیاری بلند می‌تواند از دلایل اصلی آن باشد، در حالی‌که در سیستم آبیاری سطحی عکس این موضوع اتفاق افتاد. از جمله مهم‌ترین عوامل در کم‌آبیارهای صورت گرفته در سنترپیوت را می‌توان عدم نظارت و بازرسی‌های میدانی اپراتور، استفاده از آبپاش‌های یک و دو طرفه در یک سیستم، افزایش سرعت سیستم برای کوتاه‌تر نمودن زمان آبیاری، فشار و دبی نامناسب آبپاش‌ها، خرابی و عدم چرخش آبپاش را نام برد (Hamdi et al., 2021). با توجه به مطالب گفته شده و مطالعات میدانی، سهم بزرگی از دلایل پایین بودن عملکرد این سیستم‌ها، مدیریت و بهره برداری ضعیف از آنهاست. به طوری که در مزارع تحت سیستم سنترپیوت نیاز آبی در هیچ کدام از مزارع تأمین نشد. در حالی‌که در مزارع تحت سیستم آبیاری سطحی به دلیل عدم آگاهی کشاورز در زمان قطع جریان، آب مصرفی در اکثر مزارع بیشتر از نیاز آبی گیاه بود که براساس مطالعات انجام شده در همین راستا توسط حمدی احمدآباد و همکاران (۱۳۹۵)، در سیستم آبیاری سطحی مقدار آب زیادی به صورت نفوذ عمقی و رواناب تلف شده که بیشترین سهم تلفات را نفوذ عمقی به خود اختصاص داد.

در جدول ۵ شاخص‌های بهره‌وری برای گیاهان در سیستم‌های آبیاری سطحی و سنترپیوت ارائه شده است.

بهره‌وری آب آبیاری برای دشت مغان برای ۱۳ ترکیب سیستم آبیاری – محصول تعیین شد (جدول ۵).

جدول ۵. مقایسه شاخص‌های بهره‌وری در گیاهان و سیستم‌های آبیاری مورد مطالعه

محصول	سیستم	WP_T	WP_{eg}	WP_{en}
چغندر قند	سطحی	۴/۳۵	۱۲۱۵۵	۷۳۶۵
	سنتر پیوت	۵/۰۶	۱۰۱۱۷	۳۵۴۱
ذرت علوفه‌ای	سطحی	۴/۴۲	۴۱۹۳	۱۷۶۸
	سنتر پیوت	۵/۱۳	۴۸۴۶	۲۷۹۵
ذرت بذری	سطحی	۰/۳۹	۱۷۳۹۳	۵۷۹۷
	سنتر پیوت	۰/۴۷	۲۰۹۹۵	۸۳۵۱
ذرت دانه‌ای	سطحی	۰/۴	۳۸۸۲	۱۲۳۴
	سنتر پیوت	۰/۸۶	۸۲۴۲	۲۴۸۹
گندم	سطحی	۱/۰۶	۱۲۱۳۸	۶۸۶۳
	سنتر پیوت	۱/۱۴	۱۳۶۵۵	۷۹۶۷
پنبه	سطحی	۰/۳۰	۷۶۵۸	۷۲۳۷
سویا	سطحی	۰/۴۵	۸۵۰۴	۲۶۸۵
یونجه	سنتر پیوت	۱/۰۰	۴۴۹۴	۱۷۹۷

مقدار شاخص بهره‌وری آب در محدوده ۰/۳ کیلوگرم بر مترمکعب برای پنبه در سیستم آبیاری سطحی تا ۵/۱۳ کیلوگرم بر مترمکعب برای ذرت علوفه‌ای در سیستم آبیاری سنترپیوت به دست آمد که با نتایج تحقیق Zamani et al (2015) همخوانی دارد. مقدار این شاخص برای ذرت علوفه‌ای و چغندر قند در هر دو سیستم آبیاری سطحی و سنترپیوت بیشترین مقدار را داشته است به طوری که برای این دو محصول محدوده شاخص مذکور بین ۴/۳۵ تا ۵/۱۳ بوده، یعنی به ازای مصرف یک متر مکعب آب در حدود ۵ کیلوگرم محصول تولید شده است. برای ذرت بذری و ذرت دانه‌ای در هر دو سیستم آبیاری سطحی و سنترپیوت، سویا و پنبه در سیستم آبیاری سطحی شاخص WP_T کمتر از ۱ کیلوگرم بر مترمکعب به دست آمد. گندم در سیستم آبیاری سطحی و سنترپیوت و یونجه در سیستم آبیاری سنترپیوت به ازای مصرف هر مترمکعب آب در حدود یک کیلوگرم محصول تولید نموده است به همین دلیل شاخص بهره‌وری آب در این گیاهان در حدود یک کیلوگرم بر مترمکعب به دست آمد. ذرت بذری جزء محصولاتی بوده است که بهره‌وری آب در آن کمتر از یک (در حدود ۰/۵) کیلوگرم بر مترمکعب بوده ولی با مقایسه بهره‌وری ناخالص اقتصادی مشاهده شد بیشترین مقدار این شاخص برای ذرت بذری در آبیاری سنترپیوت با ۲۰۹۹۵ ریال بر مترمکعب و بعد از آن در سیستم آبیاری سطحی با ۱۷۳۹۳ ریال بر مترمکعب بوده است که دلیل بالا بودن WP_{eg} قیمت بالای محصول بوده است. کمترین مقدار این شاخص برای ذرت دانه‌ای در سیستم آبیاری سطحی برابر با ۳۸۸۲ ریال بر مترمکعب به دست آمد. گندم و چغندرقند بعد از ذرت دانه‌ای به نسبت بقیه محصولات بالاترین بهره‌وری ناخالص اقتصادی داشته‌اند که قیمت و تناژ بالا را می‌توان از دلایل این موضوع دانست. مقایسه بین سیستم‌های آبیاری نشان داد در تمام گیاهان به جز چغندرقند، شاخص WP_{eg} در سیستم آبیاری سنترپیوت بیشتر از سیستم آبیاری سطحی بوده است. به طوری‌که برای ذرت دانه‌ای شاخص بهره‌وری ناخالص اقتصادی در سیستم آبیاری سنترپیوت ۵۲ درصد بیشتر از سیستم آبیاری سطحی بوده است. مقایسه WP_{en} در سیستم آبیاری سطحی نشان داد بیشترین و کمترین مقدار به ترتیب برای پنبه (۷۲۳۷ ریال بر مترمکعب) و ذرت دانه‌ای (۱۲۳۴ ریال بر مترمکعب) به دست آمد.

ویراستاری نشده

با توجه به اینکه تنوع در بهره‌وری بین محصولات زراعی و سیستم‌های آبیاری زیاد بود شاخص مقایسه از WP_T به WP_{eg} و WP_{en} افزایش یافت. نسبت حداکثر به حداقل بهره‌وری به ترتیب ۱۴، ۱۶ و ۲۴ بود. با اضافه شدن شاخص WP_{en} تفاوت بین محصولات کشاورزی و سیستم‌های آبیاری بیشتر نمایان شد. مقایسه بین محصولات نشان داد بیشترین مقدار بهره‌وری آب مربوط به ذرت علوفه‌ای و چغندر قند بوده همچنین به لحاظ نوع سیستم آبیاری، سیستم سنترپیوت دارای بهره‌وری بیشتری نسبت به سیستم سطحی می‌باشد که با نتایج Hamei et al. (2021) و حمدی و همکاران (۱۳۹۵) مطابقت دارد چرا که در سیستم سنترپیوت عمق آبیاری کمتر و تلفات ناچیز است اما به دلیل نفوذ عمقی و رواناب زیاد، در سیستم آبیاری سطحی مقدار بهره‌وری کاهش یافت. WP_{eg} و WP_{en} روندهای مشابه WP_T را در مورد محصولات نشان دادند و مقایسه هزینه‌های ناخالص در سیستم‌های آبیاری نشان داد، در اکثر مزارع مقدار این شاخص برای سیستم سنترپیوت بالاتر از سیستم آبیاری سطحی بود. اما بسته به نوع محصول، بیشترین و کمترین مقدار WP_{eg} به ترتیب برای ذرت بذری و یونجه به دست آمد که دلیل آن قیمت بالای ذرت بذری می‌باشد. اما در مورد یونجه باید گفت به دلیل درآمد ناخالص کمتر نسبت به بقیه محصولات و همچنین میزان آب مصرفی بیشتر، کمترین مقدار شاخص بهره‌وری ناخالص اقتصادی آب را به خود اختصاص داد. در مقایسه محصولات رایج کشت در دشت مغان، بعد از ذرت بذری، گندم بهره‌وری اقتصادی بالاتری نسبت به دیگر محصولات نشان داد. بررسی شاخص بهره‌وری خالص در بین سیستم‌های آبیاری، بیانگر برتری سیستم سنتر پیوت به سطحی می‌باشد. زیرا در آبیاری سنترپیوت به دلیل تلفات کمتر، آب اعمال شده کمتر و از طرفی نبود هزینه‌های سم‌پاشی، کارگر و ... سبب شد درآمد خالص بیشتر شود. با توجه به نتایج تحقیق، تغییر نوع سیستم آبیاری از سطحی به روش‌های نوین در افزایش بهره‌وری آب بسیار موثر است که با نتایج تحقیق Mukherjee et al. (2023) مطابقت دارد. لازم به ذکر است مقدار WP_{en} بسته به نوع محصول از ۱۷۶۸ تا ۸۳۵۱ ریال بر متر مکعب متغیر بود به طوری که در ذرت بذری (۸۳۵۱ ریال بر متر مکعب در سیستم سنترپیوت)، گندم (۷۹۶۷ ریال بر متر مکعب در سیستم سنترپیوت) و پنبه (۷۲۳۷ ریال بر متر مکعب در سیستم سنترپیوت) بیشترین مقدار و در ذرت علوفه‌ای (۱۷۶۸ریال بر متر مکعب در سیستم سنترپیوت) و یونجه (۱۷۹۷ ریال بر متر مکعب در سیستم سنترپیوت) کمترین مقدار را داشت. لازم به ذکر است قیمت‌گذاری و بازار فروش محصول، از عوامل اساسی در افزایش و کاهش این شاخص می‌باشد. به طوری که در ذرت علوفه که قیمت فروش آن پایین بوده کمترین مقدار WP_{en} را داشته است.

نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج تحقیق، متوسط شاخص ARIS بیشتر از یک به دست آمد که نشان‌دهنده مصرف آب بیشتر از نیاز آبی در مزارع توسط زارعین است. به طوری که، مجموع نیاز آبی گیاهان حدود ۷۴ هزار مترمکعب محاسبه گردید اما در حدود ۸۸ هزار مترمکعب آب برای آبیاری مصرف شد که قسمت اعظم آن در مزارع با سیستم آبیاری سطحی اتفاق افتاد. از طرف دیگر، سیستم آبیاری سنترپیوت نسبت به سیستم آبیاری سطحی دارای ARIS کمتری بود که دلیل اصلی آن کنترل و نظارت بر سیستم (دور، سرعت و ...) از طرف مجموعه بود. همچنین بسته به نوع گیاه، بیشترین و کمترین حجم مصرف آب به ترتیب در مزارع چغندرقند و گندم اعمال شد.

همچنین در خصوص ارزیابی و شناسایی مشکلات ساختاری و مدیریتی، تغییر سیستم آبیاری از سطحی به سنترپیوت می‌تواند از هدر رفت آب جلوگیری به عمل آورده و مصرف آب در مزرعه را تا حد زیادی کاهش دهد. بنابراین، برای بهبود عملکرد آبیاری و حفظ منابع آبی لازم است تصمیماتی در خصوص نوع محصول، سیستم آبیاری و آموزش کشاورزان اتخاذ گردد. به عنوان نمونه، با توجه به حجم مصرف آب، بهره‌وری و بهره‌وری ناخالص آب، گندم بهترین گیاه برای کشت در منطقه توصیه می‌شود. از طرف دیگر، سیستم آبیاری سنترپیوت کارآیی بیشتری نسبت به سیستم آبیاری سطحی داشته و کشت گندم با توسعه این سیستم آبیاری در منطقه پیشنهاد می‌گردد.

ویرایش اولیه

منابع

۱- امینیان، ف.، دشتی، ق. و حسین‌زاده، ج. ۱۳۸۸. برآورد اقتصادی آب در تولید محصول پسته(مطالعه مورد: منابع زیرزمینی شهرستان دامغان)، ششمین کنفرانس اقتصاد کشاورزی ایران، پردیس و منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج.

۲- حمدی احمدآباد، ی (۱۳۹۵). ارزیابی عملکرد سامانه‌های آبیاری برای استفاده موثر از آب. *پایان نامه کارشناسی ارشد*. به راهنمایی عبدالمجید لیاقت. تهران: دانشگاه تهران، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی.

۳- حمدی احمدآباد، ی.، لیاقت، ع.، سهرابی، ت.، رسولزاده، ع.، نظری، ب. ۱۳۹۵. بهبود عملکرد آبیاری سطحی با مدیریت زمان قطع جریان در مدل SIRMOD (مطالعه موردی:کشت و صنعت و دامپروری مغان). تحقیقات آب و خاک ایران. ۴۸ (۴):۸۱۱-۸۲۲.

۴- حمدی احمدآباد، ی.، لیاقت، ع.، سهرابی، ت.، رسولزاده، ع.، نظری، ب.، لیاقت، ا. ۱۳۹۵. ارزیابی عملکرد سامانه‌های آبیاری عقربه‌ای (سنتریوت) در مزارع کشت و صنعت و دامپروری مغان. تحقیقات آب و خاک ایران. ۴۷ (۴):۷۲۹-۷۲۳.

۵- زمانی، ا.، مرتضوی، ا.، و بلدلی، ح. ۱۳۹۳. بررسی بهره‌وری اقتصادی آب در محصولات مختلف زراعی در دشت بهار. پژوهش آب در کشاورزی. ۲۸ (۱): ۵۱-۶۲.

۶- عباسی، ف.، سهراب، ف. و عباسی، ن. ۱۳۹۵. ارزیابی وضعیت راندمان آب آبیاری در ایران. تحقیقات مهندسی سازه‌های آبیاری و زهکشی. ۱۷ (۶۷):۱۱۳-۱۲۸.

۷- نظری، ب (۱۳۹۵). مدل‌سازی پویای شبکه‌های آبیاری با رویکرد بهره‌وری آب. پایان نامه دکتری. به راهنمایی عبدالمجید لیاقت. تهران: دانشگاه تهران، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی.

1. Agide, Z., Haileslassie, A., Sally, H., Erkossa, T., Schmitter, P., Langan, S., & Hoekstra, D. (2016). Analysis of water delivery performance of smallholder irrigation schemes in Ethiopia: Diversity and lessons across schemes, typologies and reaches.
2. Buendia-Espinoza, J.C., Palacios-Velez, E., Chavez-Morales, J., Rojas-Martinez, B., 2004. Impact of pressurized irrigation systems performance on productivity of eight crops, in Guanajuato, Mexico. Agrociencia 38 (5), 477–486.
3. Cavero, J., Beltrán, A., Aragüés, R., 2003. Nitrate exported in the drainage waters of two sprinkler irrigated watersheds. Journal of Environmental Quality 32, 916–926.
4. Clemmens, A.J., Dedrick, A.R., 1994. Irrigation techniques and evaluations. Advance Series in Agricultural Sciences 22, 63–103.
5. Dechmi, F., Playán, E., Faci, J.M., Tejero, M., 2003. Analysis of an irrigation district in northeastern Spain. I. Characterisation and water use assessment. Agricultural Water Management 61, 75–92.
6. Expósito, A., & Berbel, J. (2017). Agricultural irrigation water use in a closed basin and the impacts on water productivity: The case of the Guadalquivir river basin (Southern Spain). *Water*, *9*(2), 136.
7. Faci, J.M., Bensaci, A., Slatni, A., Playán, E., 2000. A case study for irrigation modernisation: I. Characterisation of the district and analysis of water delivery records. Agricultural Water Management 42 (3), 313–334.
8. Farahani, H., & Oweis, T. Agricultural Water Productivity in Karkheh River Basin. *A Compendium of Review Papers*, 3.
9. García-Vila, M., Lorite, I.J., Soriano, M.A., Fereres, E., 2008. Management trends and responses to water scarcity in an irrigation scheme of Southern Spain. Agricultural Water Management 95 (4), 458–468.

ویراستاری یزدان

10. Hamdi Ahmadabad, Y., Liaghat, A., Sohrabi, T., Rasoulzadeh, A., & Ebrahimian, H. (2021). Improving performance of furrow irrigation systems using simulation modelling in the Moghan plain of Iran. Irrigation and Drainage, 70(1), 131-149.
11. Hamdi Ahmadabad, Y., Liaghat, A., Sohrabi, T., Rasoulzadeh, A., Nazari, B., & Liaghat, A. (2017). Performance evaluation of center pivot systems in Moghan Agro-Industry and Livestock. Iranian Journal of Soil and Water Research, 47(4), 723-729. (in Persian)
12. Jalota, S.K., Sood, A., Vitale, J.D., Srinivasan, R., 2007. Simulated crop yields response to irrigation water and economic analysis: increasing irrigated water use efficiency in the Indian Punjab. Agronomy Journal 99 (4), 1073–1084.
13. Kahlown, M.A., Raoof, A., Zubair, M., Kemper, W.D., 2007. Water use efficiency and economic feasibility of growing rice and wheat with sprinkler irrigation in the Indus Basin of Pakistan. Agricultural Water Management 87 (3), 292– 298.
14. Lecina, S., Playán, E., Isidoro, D., Dechmi, F., Causapé, J., Faci, J.M., 2005. Irrigation evaluation and simulation at the Irrigation District V of Bardenas (Spain). Agricultural Water Management 73 (3), 223–245.
15. Lorite, I.J., Mateos, L., Fereres, E., 2004. Evaluating irrigation performance in a Mediterranean environment- II. Variability among crops and farmers. Irrigation Science 23 (2), 85–92.
16. Malano, H., Burton, M., 2001. Guidelines for benchmarking performance in the irrigation and drainage sector. FAO, Rome.
17. Molden, D.; Oweis, T.; Steduto, P.; Bindraban, P.; Hanjra, M.A.; Kijne, J. Improving agricultural water productivity: Between optimism and caution. Agric. Water Manag. 2010, 97, 528–553.
18. Molden, D.J., 1997. Accounting for water use and productivity. SWIM Paper1. Colombo, Sri Lanka: International Water Management Institute.
19. Molden, D.J., Sakthivadivel, R., Perry, C.J., de Fraiture, C., Kloezen, W.H., 1998. Indicators for comparing performance of irrigated agricultural systems. Research Report 20. Colombo, Sri Lanka: International Water Management Institute.
20. Mukherjee, S., Dash, P. K., Das, D., & Das, S. (2023). Growth, yield and water productivity of tomato as influenced by deficit irrigation water management. Environmental Processes, 10(1), 10.
21. Perry, C.J., 2001. Charging for irrigation water: the issues and options, with a case study from Iran. Research Report 52. International Water Management Institute, Colombo, Sri Lanka.
22. Piri J., Amin S., Moghaddamnia A., Han D., Remesun D. 2009. Daily pan evaporation modeling in hot and dry climate. Journal of Hydrologic Engineering, 14:803-811.
23. Salvador, R., Martínez-Cob, A., Cavero, J., & Playán, E. (2011). Seasonal on-farm irrigation performance in the Ebro basin (Spain): Crops and irrigation systems. *Agricultural Water Management*, *98*(4), 577-587.
24. Zamani, O., mortazavi, A. and Balali, H. 2015. Economical Water Productivity of Agricultural Products in Bahar Plain,Hamadan. Journal of Water Research in Agricultural. 28(1): 51-62. (in Persian)
25. Zapata, N., Playán, E., Skhiri, A., Burguete, J., 2009. Simulation of a collective solidest sprinkler irrigation controller for optimum water productivity. Journal of Irrigation and Drainage Engineering 135 (1), 13–24.
26. Zhao, J., Li, M., Guo, P., Zhang, C., & Tan, Q. (2017). Agricultural water productivity oriented water resources allocation based on the coordination of multiple factors. *Water*, *9*(7), 490.
27. Zwart, S.J.; Bastiaanssen, W.G.M. Review of measured crop water productivity values for irrigated wheat, rice, cotton and maize. Agric. Water Manag. 2004, 69, 115–133.