

مقاله پژوهشی

تحلیل شاخص‌های بهره‌وری آب در اراضی کشاورزی شرکت کشت و صنعت و دامپروری مغان

فرشاد عبدی اقدم^{۱*}، علی رسول‌زاده^۲، سعید صمدیان‌فرد^۳، فرامرز نویدی^۴

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱۱/۱۱ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۲/۲۴

۱- دانشجوی دکتری علوم و مهندسی آب، گروه علوم و مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز

۲- دانشیار دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی

۳- استادیار دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز

۴- مدیر امور فنی و عمرانی، شرکت کشت و صنعت و دامپروری مغان

*مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: Farshadabdiagdam@yahoo.com

چکیده

کشاورزی بزرگ‌ترین صنعت در دشت مغان است، در نتیجه بزرگ‌ترین مصرف‌کننده آب نیز می‌باشد. بهبود بهره‌وری آب در اراضی این دشت می‌تواند کمک شایانی به حل مشکل کمبود آب نماید. بدین منظور، شاخص‌های بهره‌وری آب کشاورزی به‌عنوان یکی از مؤلفه‌های مدیریت مصرف در بهره‌برداری از منابع آب، باید مورد توجه قرار گیرد. در این تحقیق با بررسی بهره‌وری آب برای محصولات مهم زراعی کشت و صنعت و دامپروری مغان، ضمن آگاهی از وضعیت موجود بهره‌وری آب، راهکارهایی در جهت سازمان‌دهی الگوی کشت زراعی ارائه شد. از شاخص‌های بهره‌وری آب کشاورزی، عملکرد به ازای واحد حجم آب (CPD)، درآمد به ازای واحد حجم آب (BPD) و درآمد خالص به ازای واحد حجم آب (NBPD)، مورد بحث و بررسی قرار گرفت. درآمد حاصل از فروش با استفاده از گزارشات مربوط به درآمدهای ریالی و بین واحدی شرکت در سال زراعی ۱۳۹۷-۱۳۹۶ محاسبه و نیاز آبی خالص در منطقه مورد مطالعه، با استفاده از نرم‌افزار NETWAT به دست آمد. نتایج نشان داد بهره‌وری آب حاصل از فعالیت‌های کشاورزی در منطقه مورد مطالعه برای کل محصولات بر اساس شاخص‌های CPD، BPD و NBPD به ترتیب برابر با ۱/۱۹ (کیلوگرم بر مترمکعب آب)، ۱۱۹۴۵ (ریال بر متر مکعب آب) و ۸۲۱۶ (ریال بر متر مکعب آب) می‌باشد. اولویت کشت محصولات تا رتبه هفتم بر اساس شاخص NBPD، به ترتیب ذرت بذری، کلزا، گندم، جو، چغندر قند، ذرت علوفه‌ای و ذرت دانه‌ای می‌باشد. در صورت هدف‌گذاری تولید محصول با نیاز آبی کمتر و درآمد بالا به کاشت محصولاتی مانند گندم، جو و کلزا به جای محصولاتی با نیاز آبی بیشتر در منطقه مورد مطالعه توصیه می‌گردد.

واژه‌های کلیدی: الگوی کشت، بهره‌وری اقتصادی آب، دشت مغان، رتبه‌بندی بهره‌وری آب

Analysis of Water Productivity Indicators in Agricultural Lands of Moghan Agro-Industry and Livestock Company

Farshad Abdiaghdam^{1*}, Ali Rasulzadeh², Saeed Samadianfard³, Faramarz Navedi⁴

Received: January 30, 2021 Accepted: May 14, 2021

1 PhD student in Water Science and Engineering, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Iran

2 Assoc. Prof., Faculty of Agriculture and Natural Resources, Mohaghegh Ardabili University, Iran

3 Assist. Prof., Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Iran

4 Director of Technical and Civil Affairs, Moghan Agro-industry and Livestock Company, Iran

* Corresponding Author, E-mail: Farshadabdiaghdam@yahoo.com

Abstract

Background and Objectives

Due to the limited water resources of the country, water should be allocated to products that have more economic benefits per cubic meter of water. Although this does not mean ignoring other basic and long-term goals such as food security and employment, it is necessary to pay attention to the issue of economic efficiency of water. Moreover, agriculture is the largest industry in Moghan Plain and consequently is the largest water consumer. So, the improvement of the water productivity in this plain can be useful for solving the problem of water shortage. Therefore, agricultural productivity indicators should be taken into account as one of the components of consumption management in utilizing water resources. In this research, recommendations were presented for organizing the crop pattern with assessment of the water productivity for agricultural products in Moghan agro-industry and livestock.

Methodology

The research method in this study includes estimating crop yield, cost of agricultural operations (planting, holding and harvesting), sales revenue, net water demand, gross water demand and calculating water productivity in the production of important crops in Moghan Agro-industry and Livestock Company. Water productivity indicators including produced crop per one cubic meter of water (CPD), gross benefit per one cubic meter of water (BPD), and net benefit per one cubic meter of water (NBPD) were analysed and evaluated in the time period of 2017-2018. Revenues from sales of agricultural products were calculated using the incoming reports of the company and the net water requirement was obtained using NETWAT software in the study area.

Findings

The highest area under cultivation was allocated to wheat and rapeseed, with an area of 5152 and 4261 hectares, respectively, while the highest income and net profit was related to seed corn with an area of 679 hectares. The highest water requirements were related to sugar beet and seed corn. Barley crop with the lowest gross water requirement (3929 cubic meters per hectare) had a much smaller area (573 hectares) than wheat, fodder corn and rapeseed crops. CPD indices of sugar beet and fodder corn products were calculated to be 2.09 and 3.23 kg m⁻³ of water, respectively. Additionally, the results showed that agricultural water productivity based on CPD index for seed corn had the lowest value, but net profit per hectare of this crop had the highest value. According to the BPD index, seed corn, wheat, barley and canola crops showed the highest and grain corn, forage corn and sugar beet crops showed the lowest water productivity. The results indicated that the water productivity of agricultural activities for all products in the study area based on the CPD, BPD and NBPD indicators were 1.19 (kilograms per cubic meter of water), 11945 (Rials per cubic meter of water) and 8216 (Rials per Cubic meters of water), respectively. The priority of the cultivating products according to the NBPD index was seed maize, rapeseed, wheat, barley, sugar beet, silage corn, and corn, respectively. According to the NBPD index, seed corn had the highest profit per cubic meter of water consumption, while five percent of

the company's acreage was allocated to it. Furthermore, the largest area under cultivation in this company was allocated to wheat and canola, which was in the third and second priority in terms of NBPD index, respectively. Although barley was the fourth priority, its area under cultivation was the lowest (4%). It seemed that the cultivation pattern of this company was determined more based on the internal needs of the company, the needs of Moghan region and the country, neither on the basis of water productivity indicators.

Conclusion

The obtained results indicated that if the maximum profit is targeted at the production of the company's crops, the cultivation pattern of the study area should go to the cultivation of crops such as corn and canola to see an increase in water productivity based on the NBPD index. If the goal is to produce a product with less water requirement and a reasonable income, it is recommended to use these products instead of products with more water requirement. Finally, practical management solutions were presented to increase water productivity indicators.

Keywords: Crop pattern, Economic efficiency of water, Moghan Plain, Water efficiency rating.

مقدمه

مختلف در سطح کشور و همچنین در مقایسه با سایر کشورها با شرایط اقلیمی مشابه، نشان‌دهنده وجود پتانسیل برای افزایش بهره‌وری کشاورزی است. این مهم حتی در بین کشاورزان یک منطقه که مدیریت‌های متفاوتی اعمال می‌کنند، قابل مشاهده است. با توجه به محدودیت منابع آب کشور، تخصیص آب باید به محصولاتی صورت گیرد که دارای سود اقتصادی بیشتری به ازای یک متر مکعب آب باشند. البته این مسئله به معنی چشم‌پوشی از سایر اهداف اساسی و بلندمدت همچون تامین امنیت غذایی و اشتغال نیست. اما ضروری است در کنار این اهداف، به موضوع بهره‌وری اقتصادی آب نیز توجه شود. در طی سال‌های اخیر تحقیقات مفیدی با هدف بازبینی و بررسی مقادیر بهره‌وری آب در کشاورزی در نقاط مختلف دنیا به انجام رسیده است. مطالعه روی ۸۴ منبع تحقیقاتی در ۲۵ سال اخیر نشان داد بهره‌وری آب محصولات گندم، برنج، پنبه و ذرت در تمامی موارد از مقادیر گفته شده قبلی توسط FAO بیشتر است. نتایج بارز این تحقیق آن بود که شاخص بهره‌وری آب به مقدار زیادی می‌تواند در صورت کاهش مقدار آب آبیاری افزایش یابد (تانگ ۲۰۰۰، زارست و بستیانسم ۲۰۰۴). بررسی‌ها و تحقیقات متعدد در جهان نشان می‌دهد که استفاده از سیستم‌های آبیاری تحت فشار، در صورتی که خوب طراحی و اجرا شده باشند، قادر خواهند

در سال‌های اخیر، شاخص‌های بهره‌وری آب کشاورزی به‌عنوان یکی از مؤلفه‌های موثر در مناطقی که محدودیت منابع آب دارند، در برنامه‌ریزی‌های ملی مورد توجه قرار گرفته است (احسانی و خالدی ۲۰۰۳). مطالعات فراوانی در زمینه بهره‌وری آب تاکنون انجام شده است و در سال‌های اخیر به دلیل بحرانی‌تر شدن کمبود منابع آب، این موضوع با اهمیت بیشتری دنبال شده است. توجه به دو حقیقت برای درک نقش کشاورزی در بحران آب، بسیار ضروری است. اول این‌که بخش کشاورزی با اختلاف زیاد (۸۰ درصد مصرف آب)، بزرگ‌ترین استفاده‌کننده آب است (راست و همکاران ۲۰۰۸). دوم این‌که آب مصرفی در کشاورزی به‌طور نسبی در مقایسه با سایر کاربردهای آب، بهره‌وری و بازدهی کمتری دارد (یانگ ۲۰۰۵). بنابراین وقتی که آب در بسیاری از نقاط دنیا، کمیاب می‌شود، سایر بخش‌ها و استفاده‌کننده‌ها تمایل دارند که به بخش کشاورزی به‌عنوان یک منبع بالقوه آب نگاه کنند (اسچرلینگت و همکاران ۲۰۱۴). مشاهده نرخ رشدهای اخیر در عملکرد غلات نشان می‌دهد که با به‌کارگیری استراتژی‌های مناسب جهت تداوم افزایش عملکرد در هکتار در مناطق با عملکرد بالا، بهره‌وری کشاورزی به‌اندازه کافی جهت تأمین تقاضای احتمالی، سریع نخواهد بود (رای و همکاران ۲۰۱۳). اختلاف در بهره‌وری آب محصولات

بود از ۳۰ تا ۶۰ درصد صرفه‌جویی در مصرف آب و از ۲۰ تا ۷۰ درصد افزایش در تولید محصولات کشاورزی را فراهم نمایند (لامادلنا و سارگادوی ۲۰۰۰). در یک پژوهش توسط موتامبارا و همکاران (۲۰۱۶) عملکرد، مشکلات و چالش‌های مدیریت منابع پایدار آب در سطح مدیریتی کشاورزان در مزارع آفریقا مورد مطالعه قرار گرفته است. این محققین نتایج را با شرایط مشابه منطقه خود در آسیا مقایسه کردند و تلاش کردند تا تفاوت‌های مدیریت آب را در آفریقا و آسیا نشان دهند و برخی از عملیات‌های مدیریت آب در آفریقا را نیز اعمال کنند. زیدعلی و همکاران (۲۰۰۲) وضعیت بهره‌وری آب را در شبکه آبیاری و زهکشی مغان با استفاده از سه شاخص CPD^۱ (تولید محصول به ازای یک متر مکعب آب)، BPD^۲ (سود به ازای یک متر مکعب آب) و NBPD^۳ (سود خالص به ازای یک متر مکعب آب) در سه بخش کشت و صنعت مغان، کشت و صنعت پارس و اراضی بخش خصوصی مورد ارزیابی و مقایسه قرار دادند. نتایج نشان داد متوسط شاخص‌های CPD (کیلوگرم بر مترمکعب آب)، BPD (ریال بر مترمکعب آب) و NBPD (ریال بر مترمکعب آب) در شبکه آبیاری و زهکشی مغان به ترتیب ۰/۸۲، ۷۰۲ و ۳۷۷؛ در کشت و صنعت مغان ۰/۷۶، ۵۱۷ و ۳۱۴؛ در کشت و صنعت پارس ۰/۷۵، ۶۴۷ و ۴۱۰ و در اراضی بخش خصوصی به ترتیب ۰/۹، ۸۸۷ و ۴۳۰ می‌باشند. روستا (۲۰۱۱) با بررسی بهره‌وری آب کشاورزی در شهرستان مرودشت نتیجه گرفت که کشت‌های با مصرف آب بالا و بازده اقتصادی پایین مانند چغندر قند از الگوی کشت منطقه حذف و به جای آن‌ها کشت‌هایی نظیر خیار و ذرت علوفه‌ای و یا تناوب یک‌ساله‌ای از کشت‌های بومی همانند گندم، جو و صیفی‌جات مانند گوجه‌فرنگی که هم باعث کاهش مصرف و استحصال آب و هم متضمن منافع اقتصادی بالا برای کشاورزان و بهره‌برداران کشاورزی باشد، جایگزین شود. بر اساس برنامه‌ریزی‌های بلندمدت تا سال ۱۴۰۴

بهره‌وری آب کشاورزی در کشور باید به حداقل ۲ کیلوگرم به ازای یک مترمکعب آب افزایش یابد (کشاورز و دهقانی سانچ ۲۰۱۲). مقادیر بهره‌وری مصرف آب از سال ۱۳۸۲ تا ۱۳۹۲، از ۰/۹۴ تا ۱/۲۹ کیلوگرم بر مترمکعب و متوسط آن ۱/۰۷ کیلوگرم بر مترمکعب و متوسط بهره‌وری مصرف آب در سال ۱۳۹۲ در کشور حدود ۱/۱۹ کیلوگرم بر مترمکعب بوده است (عباسی و همکاران ۲۰۱۶). غلامی و همکاران (۲۰۱۶)، به بررسی بهره‌وری آبیاری بارانی و سطحی در دشت قزوین پرداختند. نتایج نشان داد حداقل و حداکثر بهره‌وری اقتصادی مصرف آب (درآمد ناخالص به حجم آب آبیاری) در آبیاری سطحی برحسب ریال بر مترمکعب به ترتیب برابر ۱۳۸۷ و ۶۱۱۷ برای جو، ۳۸۲ و ۵۰۵۰ برای یونجه، ۹۰۵ و ۶۴۷۴ برای ذرت دانه‌ای، ۱۴۴۷ و ۴۱۵۹ برای گندم می‌باشد. حداقل و حداکثر بهره‌وری اقتصادی آب در آبیاری بارانی (برحسب ریال بر مترمکعب) به ترتیب برابر ۲۴۴۲ و ۸۱۲۶ برای جو، ۶۷۳ و ۵۴۲۰ برای یونجه، ۱۲۸۳ و ۱۱۳۹۵ برای ذرت دانه‌ای، ۲۰۱۶ و ۷۳۱۹ برای گندم می‌باشند. همچنین نتایج نشان داد بهره‌وری اقتصادی آب برای ذرت و گندم نسبت به یونجه و جو بیشتر است. در هر دو سیستم‌های آبیاری بارانی و سطحی میزان بهره‌وری آب گندم و جو به دلیل کشت پاییزه آن‌ها نسبت به ذرت و یونجه بیشتر به دست آمد و گندم از لحاظ بهره‌وری آب آبیاری و همچنین از لحاظ بهره‌وری اقتصادی آب نسبت به سه محصول دیگر در اولویت بالاتری بود. پورمحمد و همکاران (۲۰۱۷)، به بررسی بهره‌وری آب محصولات عمده دشت نیشابور و بهینه‌سازی سطح زیر کشت محصولات پرداختند. نتایج نشان داد ذرت با بیشترین بهره‌وری معادل ۰/۹۷ دلار بر مترمکعب آب در سطح حوضه باصرفه‌ترین محصول کشت‌شده و گوجه‌فرنگی با بهره‌وری ۶ سنت بر مترمکعب آب کمترین بهره‌وری اقتصادی را دارا می‌باشد. گندم و جو نیز با متوسط بهره‌وری ۴۱ سنت بر

³ Net Benefit Per Drop

¹ Crop Per Drop

² Benfit Per Drop

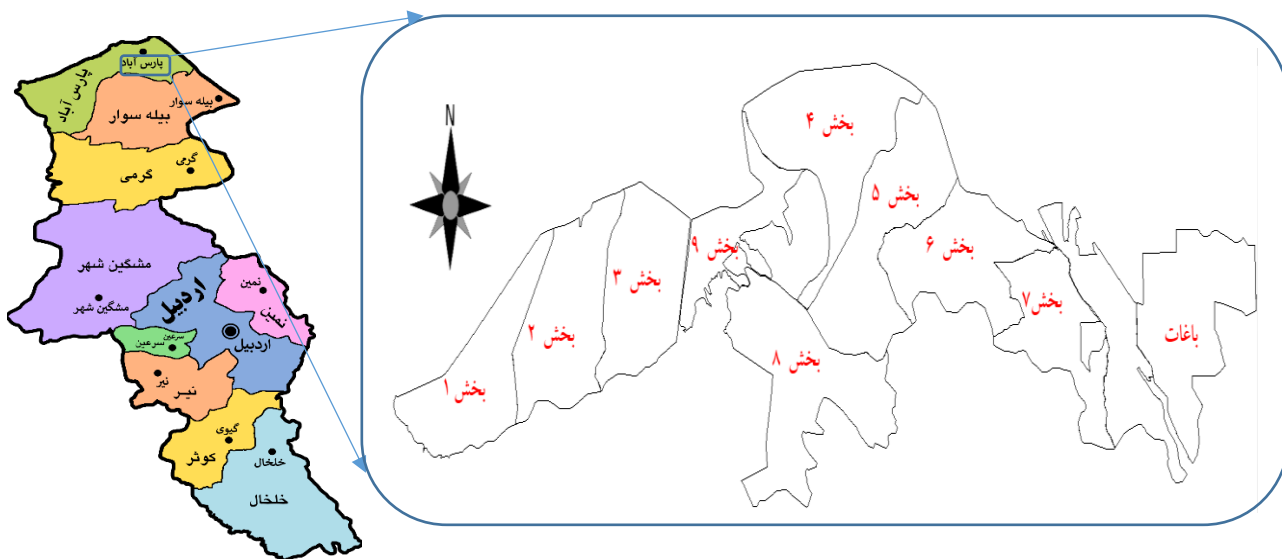
کشت در منطقه مورد مطالعه انجام نشده است. بنابراین هدف از پژوهش حاضر، بررسی شاخص‌های بهره‌وری آب در مزارع کشت و صنعت و دامپروری مغان و ارائه راهکارهایی در جهت بهبود وضعیت فعلی است. در این پژوهش، محصولات مختلف از نظر شاخص‌های بهره‌وری مورد مقایسه قرار گرفته و درصد کشت مناسب بررسی شده است

مواد و روش‌ها

این تحقیق در شرکت کشت و صنعت و دامپروری مغان واقع در شهرستان پارس‌آباد، در شمال استان اردبیل اجرا شد. مساحت کل اراضی کشاورزی این شرکت بالغ بر ۲۳۵۰۲ هکتار می‌باشد که ۱۳۷۹/۵۹ هکتار به صورت کشت دیم و ۲۲۱۲۲/۴۱ هکتار به صورت آبی زیر کشت می‌باشد. ۲۵۰۰ هکتار از اراضی زراعی این شرکت به سیستم‌های آبیاری بارانی مجهز شده و ۳۰۰۰ هکتار از اراضی به کشت محصولات باغی با استفاده از سیستم آبیاری قطره‌ای اختصاص یافته است. قسمت عمده اراضی این شرکت به کشت محصولات زراعی نظیر گندم، جو، کلزا، چغندرقد، ذرت بذری، ذرت علوفه ای و ذرت دانه‌ای اختصاص می‌یابد. نقشه منطقه مورد مطالعه در شکل ۱ نشان داده شده است.

مترمکعب در مقیاس حوضه در رتبه دوم قرار گرفت. نادری (۲۰۱۸)، به بررسی بازده آبیاری و بهره‌وری آب در مزارع استان سمنان (شاهرود) پرداخت. در این تحقیق بازده آبیاری سطحی و بهره‌وری مصرف آب در مزارع چغندرقد و سیب‌زمینی شاهرود طی سال‌های ۱۳۸۸ و ۱۳۸۹ تعیین گردید. بر اساس نتایج حاصله متوسط مقدار شاخص بهره‌وری آب این محصولات به ترتیب برابر ۴/۲۰ و ۲/۰۳ کیلوگرم بر مترمکعب اندازه‌گیری شد. سان و همکاران (۲۰۱۷) نیز در پژوهشی بهره‌وری آب گندم در حوضه هاتو چین را در دو مقیاس مزرعه و حوضه برآورد نمودند. نتایج نشان داد میزان متوسط شاخص بهره‌وری آب در طول دوره مطالعاتی ۰/۸۵ کیلوگرم بر مترمکعب و در سطح حوضه به مقدار ۰/۴۶ کیلوگرم بر مترمکعب کاهش پیدا کرده است. هائو و همکاران (۲۰۱۸) به بررسی بهره‌وری محصولات زراعی در گانسو چین پرداختند و محصول ذرت را نسبت به سیب‌زمینی، گندم، دانه‌های روغنی و پنبه به عنوان محصولی که بیشترین سطح زیر کشت باید به آن اختصاص داده شود، معرفی کردند. همچنین در پژوهشی دیگر مقدار بهره‌وری آب برای محصول پنبه ۰/۸۴ کیلوگرم بر مترمکعب بود (چتین و کارا ۲۰۱۹).

نظر به پژوهش‌های یادشده، تا به حال مطالعه‌ای در مورد مقایسه بهره‌وری آب در محصولات مختلف در یک الگوی



شکل ۱- نقشه منطقه مورد مطالعه نسبت به استان اردبیل

آب کشاورزی، روشی مناسب است (احسانی و خالدی ۲۰۰۳).

$$NPBD = NB / Twc \quad (۳)$$

که در آن NB میزان سود خالص (ریال) است.

برای تعیین بهره‌وری آب کشاورزی نیاز به محاسبه هزینه‌های کاشت، داشت و برداشت و درآمد حاصل از فروش محصولات زراعی کشت شده، سطح زیر کشت و راندمان آبیاری می‌باشد. جهت محاسبه هزینه‌های کاشت، داشت و برداشت محصولات زراعی بررسی شده، جدولی شامل تمامی پارامترهای زراعی (کاشت، داشت و برداشت) برای تک تک محصولات تهیه و با استفاده از اطلاعات به دست آمده از واحد برنامه و بودجه شرکت کشت و صنعت و دامپروری مغان، قیمت‌گذاری شد. درآمد حاصل از فروش با استفاده از گزارشات مربوط به درآمدهای ریالی و بین واحدی شرکت در سال ۱۳۹۷-۱۳۹۶ محاسبه گردید.

در جدول ۱، قیمت‌گذاری عملیات زراعی برای یک هکتار گیاه چغندر قند از تاریخ ۹۶/۴/۱ تا ۹۷/۵/۳۰ در شرکت کشت و صنعت و دامپروری مغان برای نمونه ارائه شده است. منظور از مقدار در این جدول، تعداد کل یک عملیات زراعی، برای کل سطح زیر کشت یک محصول می‌باشد. لازم به ذکر است اطلاعات موجود برای هزینه‌ها در شرکت کشت و صنعت و دامپروری مغان تفکیک نشده و آمار هزینه‌ها به صورت کلی می‌باشد. برای مثال هزینه برای کشت گندم برای هر مزرعه تفکیک نشده و برای کل مزارع گندم بدست آمده است. در این پژوهش برای محاسبه هزینه یک هکتار کشت گندم، هزینه کل کشت گندم اعم از هزینه کاشت، داشت و برداشت و حمل و نقل و... تقسیم بر مساحت کشت گندم شده تا هزینه تولید یک هکتار کشت گندم بدست آید.

روش تحقیق در این پژوهش شامل برآورد عملکرد محصولات، هزینه عملیات زراعی (کاشت، داشت و برداشت)، درآمد حاصل از فروش، نیاز آبی خالص، نیاز آبی ناخالص و محاسبه بهره‌وری آب در تولید محصولات مهم زراعی در اراضی کشت و صنعت و دامپروری مغان در سال زراعی ۱۳۹۷-۱۳۹۶ است. با توجه به هدف تحقیق از شاخص‌های فیزیکی و اقتصادی بهره‌وری آب شامل عملکرد به ازای واحد حجم آب (CPD)، درآمد به ازای واحد حجم آب (BPD) و درآمد خالص به ازای واحد حجم آب (NBPD) برای محاسبه بهره‌وری آب استفاده شد (احسانی و خالدی ۲۰۰۳). شاخص CPD به شرح زیر محاسبه می‌شود:

$$CPD = TP / Twc \quad (۱)$$

که در آن TP مقدار محصول تولید شده (کیلوگرم در هکتار) و Twc حجم آب مصرف شده (مترمکعب در هکتار) با در نظر گرفتن بارندگی می‌باشد. اگر شاخص CPD بر اساس درآمد سنجیده شود، شاخص درآمد به ازای حجم آب (BPD) به دست می‌آید.

$$BPD = TR / Twc \quad (۲)$$

که در آن TR مقدار ارزش کل فروش محصول در هکتار (ریال) است. بر اساس این شاخص، سیاست مصرف آب باید به گونه‌ای باشد که میزان سود ناخالص به دست آمده در واحد آب مصرف شده بیشتر شود. اما در این روش هزینه تولید محصول در نظر گرفته نمی‌شود. یکی دیگر از شاخص‌های بهره‌وری، شاخص درآمد خالص به ازای واحد حجم آب (NBPD) است. در این شاخص، سود خالص جایگزین سود ناخالص می‌شود. بنابراین اگر منظور افزایش بهره‌وری مصرف آب از نظر اقتصادی باشد، می‌توان گفت که این روش برای سنجش بهره‌وری

جدول ۱- قیمت گذاری عملیات زراعی از تاریخ ۹۶/۴/۱ لغایت ۹۷/۵/۳۰ در شرکت کشت و صنعت و دامپروری مغان برای گیاه چغندر قند.

شرح عملیات	مقدار	واحد	قیمت واحد (ریال)	قیمت کل (ریال)
آب اول چغندر قند	۱۰۷	هکتار	۲۹۹۰۰۰	۳۱۹۹۳۰۰۰
آب دوم به بعد چغندر قند	۲۵۱۸	هکتار	۲۶۴۵۰۰	۶۶۶۰۱۱۰۰۰
بارکنی چغندر	۱۶۲	هکتار	۱۵۰۰۰۷۰۰	۲۴۳۰۱۱۳۴۰۰
برداشت ماشینی چغندر قند	۷۱	هکتار	۱۵۰۰۰۷۰۰	۱۰۶۵۰۴۹۷۰۰
برگ زنی چغندر	۱۷۵	هکتار	۲۳۰۰۰۰۰	۴۰۲۵۰۰۰۰۰
پی چینی چغندر قند	۱۹	هکتار	۱۳۲۰۰۰۰	۲۵۰۸۰۰۰۰
تنک کردن و سس گیری چغندر قند	۷۴	هکتار	۳۳۰۰۰۰۰	۲۴۴۲۰۰۰۰۰
جمع‌آوری و ردیف‌چینی چغندر قند	۱۰۴	هکتار	۶۶۰۰۰۰۰	۶۸۶۴۰۰۰۰۰
چاپر کلنگی-ساقه خوردن	۱۲۸	هکتار	۱۹۸۰۰۰	۲۵۳۴۴۰۰۰
چغندر کنی	۶۹	هکتار	۱۳۲۰۰۰۰	۹۱۰۸۰۰۰۰
حمل چغندر از محل دپو به کارخانه قند	۵۳۰۸.۳۶	تن	۱۱۰۰۰۰	۵۸۳۹۱۹۶۰۰
حمل چغندر از مزارع به کارخانه قند	۴۶۵۴.۹۹	تن	۱۱۰۰۰۰	۵۱۲۰۴۸۹۰۰
خاک آب چغندر قند	۲۲۳	هکتار	۲۶۴۰۰۰	۵۸۱۷۲۰۰۰
خاک ورز مرکب	۵۷۷	هکتار	۶۵۰۰۰۰	۳۷۵۰۵۰۰۰۰
دیسک اول	۵۴۷	هکتار	۳۲۴۵۰۰	۱۷۷۵۰۱۵۰۰
دیسک دوم به بعد	۱۴۱۰	هکتار	۲۰۰۰۰۰	۲۸۲۰۰۰۰۰۰
روتیواتور دوار چغندر	۵۱	هکتار	۳۲۴۵۰۰	۱۶۵۴۹۵۰۰
ساب سایلر-زیرشکن	۷۵	هکتار	۵۸۳۰۰۰	۴۳۷۲۵۰۰۰
سمپاشی بوم دار معمولی	۱۴۴۲	هکتار	۱۳۰۰۰۰	۱۸۷۴۶۰۰۰۰
سیکلو تیلر-کلوخ شکن	۲۴	هکتار	۳۲۴۵۰۰	۷۷۸۸۰۰۰
شخم زنی دوم به بعد	۱۰۱	هکتار	۷۰۰۰۰۰	۷۰۷۰۰۰۰۰
شپیر زنی ساده	۴۶۶	هکتار	۲۰۰۰۰۰	۹۳۲۰۰۰۰۰
فاروئر زنی ساده	۲۹۳	هکتار	۱۳۰۰۰۰	۳۸۰۹۰۰۰۰
فاروئر زنی مارک‌دار	۲۲۲	هکتار	۲۲۰۰۰۰	۴۸۸۴۰۰۰۰
کاشت چغندر	۵۴۹	هکتار	۳۸۵۰۰۰	۲۱۱۳۶۵۰۰۰
کود پاشی سانتروفوژ	۷۵۳	هکتار	۱۷۶۰۰۰	۱۳۲۵۲۸۰۰۰
کودکار کولتیواتور ساده	۴۴۹	هکتار	۱۷۶۰۰۰	۷۹۰۲۴۰۰۰
کولتیواتور شمشیری- شمشیرزنی	۵۴۸	هکتار	۲۵۰۰۰۰	۱۳۷۰۰۰۰۰۰
لولر زنی	۵۴۷	هکتار	۲۵۰۰۰۰	۱۳۶۷۵۰۰۰۰
محلول پاشی	۲۹	هکتار	۱۶۵۰۰۰	۴۷۸۵۰۰۰
نهر کنی	۱۸۰	هکتار	۵۰۰۰۰	۹۰۰۰۰۰۰
وجین اول چغندر قند	۲۸۶	هکتار	۵۵۰۰۰۰۰	۲۱۲۳۰۰۰۰۰۰
وجین دوم به بعد چغندر قند	۲۲۲	هکتار	۳۳۰۰۰۰۰	۷۳۲۶۰۰۰۰۰
هزینه سم	۷۴۱	هکتار	۳۷۹۲۴۰۰۰	۲۸۱۰۱۶۸۴۰۰۰
هزینه کود نیترا ته	۷۴۱	هکتار	۴۵۰۰۰۰۰	۳۳۳۴۵۰۰۰۰۰
هزینه کود پتاس	۷۴۱	هکتار	۲۲۵۰۰۰۰	۱۶۶۷۲۵۰۰۰۰۰
هزینه کود فسفات	۷۴۱	هکتار	۲۲۰۰۰۰۰	۱۶۳۰۲۰۰۰۰۰۰
هزینه ریز مغذی	۷۴۱	هکتار	۱۰۰۰۰۰۰	۷۴۱۰۰۰۰۰۰۰
هزینه بذر	۷۴۱	هکتار	۹۰۰۰۰۰	۶۶۶۹۰۰۰۰۰
جمع کل هزینه برای (۷۴۱ هکتار)				۴۷۸۷۱۱۰۱۶۰۰
جمع کل هزینه در یک هکتار				۶۴۶۰۳۳۷۵.۹۸

ناخالص آبیاری برحسب مترمکعب در هکتار محاسبه گردید.

نتایج و بحث

در جدول ۲ مقادیر سطح زیر کشت، میزان عملکرد (کیلوگرم) و مصرف آب (مترمکعب در هکتار) برای محصولات مختلف در سال زراعی ۹۶-۹۷ ارائه شده است. درآمد حاصل از فروش محصول (ریال در هکتار)، هزینه عملیات زراعی هر هکتار (ریال) و سود خالص در هر هکتار (ریال) در سال ۹۶-۹۷ تعیین و در جدول ۳ ارائه شده است. بیشترین سطح زیر کشت به محصول گندم و کلزا، به ترتیب با مساحت ۵۱۵۲ و ۴۲۶۱ هکتار اختصاص داده شده است. این در حالی است که بیشترین درآمد و سود خالص مربوط به ذرت بذری با مساحت ۶۷۹ هکتار می‌باشد. بیشترین نیاز آبی مربوط به چغندر قند و ذرت بذری می‌باشد. محصول جو با کمترین نیاز آبی ناخالص (۳۹۲۹ مترمکعب در هکتار)، مساحت بسیار کمتری (۵۷۳ هکتار) را نسبت به محصولات گندم، ذرت علوفه‌ای و کلزا به خود اختصاص داده است.

نیاز آبی خالص در منطقه مورد مطالعه، طبق الگوی کشت محصولات زراعی در سال ۱۳۹۷-۱۳۹۶، با استفاده از نرم‌افزار NETWAT محاسبه شد. بر اساس نتایج گزارشات موجود در شرکت کشت و صنعت و دامپروری مغان راندمان کاربرد آب در مزارع شرکت، به طور متوسط ۴۲٪ می‌باشد و در محاسبات مربوط به برآورد آب بها و مقدار آب تحویلی به شبکه این راندمان مبنای محاسبات قرار می‌گیرد (بی‌نام ۲۰۱۷).

لازم به ذکر است نیاز آبی برای سال زراعی ۹۶-۹۷ طبق الگوی کشت با پرس و جو از اداره آب منطقه‌ای بر مبنای آب تحویلی به شبکه محاسبه شده است. در اداره آب منطقه‌ای بر اساس الگوی کشت پیش‌بینی شده از طرف شرکت و الگوی کشت تایید شده از طرف سازمان آب، با استفاده از راندمان کلی ۴۲٪ مقدار آب تحویلی به شبکه در سال زراعی مشخص می‌شود و در این پژوهش، برای محصولات بررسی شده طبق همین روال عمل شد. با در اختیار داشتن راندمان آبیاری و نیاز خالص آبی، نیاز

جدول ۲- مقادیر سطح زیر کشت، عملکرد، نیاز آبی خالص و نیاز آبی ناخالص محصولات مهم زراعی شرکت کشت و صنعت و دامپروری مغان در سال ۱۳۹۶-۱۳۹۷.

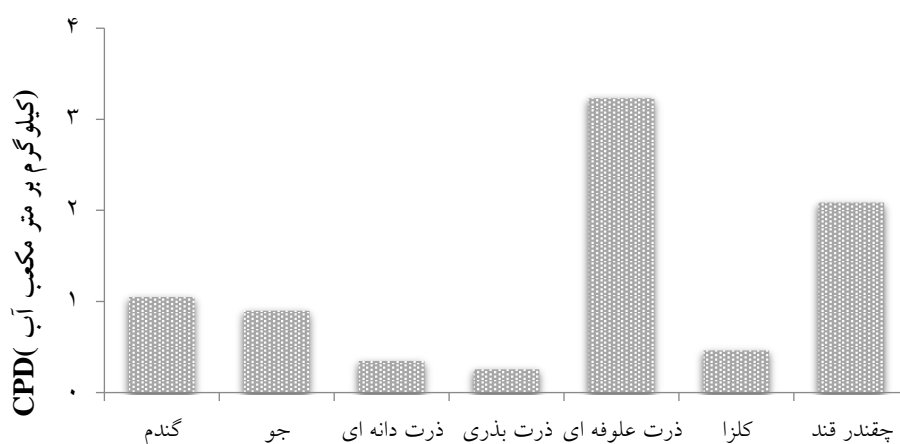
نوع محصول	سطح زیر کشت (ha)	عملکرد (kg ha ⁻¹)	نیاز آبی خالص (m ³ ha ⁻¹)	نیاز آبی ناخالص (m ³ ha ⁻¹)
گندم	۵۱۵۲	۵۲۵۳	۲۱۰۰	۵۰۰۰
جو	۵۷۳	۳۵۳۳	۱۶۵۰	۳۹۲۹
ذرت دانه‌ای	۳۶۹	۴۹۷۸	۶۰۵۰	۱۴۴۰۵
ذرت بذری	۶۷۹	۴۰۳۳	۶۶۵۵	۱۵۸۴۵
ذرت علوفه‌ای	۱۵۹۴	۳۱۰۸۴	۴۰۴۰	۹۶۱۹
کلزا	۴۲۶۱	۲۳۰۵	۲۱۰۰	۵۰۰۰
چغندر قند	۷۴۱	۳۹۵۷۵	۷۹۷۰	۱۸۹۷۶

جدول ۳- محاسبه هزینه، درآمد، سود برای محصولات مهم زراعی شرکت کشت و صنعت و دامپروری مغان در سال ۱۳۹۷-۱۳۹۶.

نوع محصول	گندم	جو	ذرت دانه‌ای	ذرت بذری	ذرت علوفه‌ای	کلزا	چغندر قند
هزینه در هکتار (ریال)	۲۲۷۴۰۰۴۲	۱۸۳۷۰۰۲۸	۳۹۷۵۹۶۱۲	۵۸۹۰۳۷۵۵	۳۵۹۳۱۴۴۵	۱۶۳۰۷۰۲۷	۶۴۶۰۳۳۷۵
درآمد حاصل از فروش (ریال در هکتار)	۶۹۵۱۷۸۷۲	۵۳۲۲۷۵۳۶	۵۹۷۳۶۰۰۰	۴۱۵۳۹۹۰۰۰	۵۵۹۴۳۴۱۳	۶۶۰۴۸۷۰۵	۱۲۲۶۴۰۰۰۰
سود خالص در هر هکتار (ریال)	۴۶۷۷۷۸۳۰	۳۵۲۵۷۵۰۸	۱۹۹۷۶۳۸۸	۳۵۶۴۹۵۲۴۵	۲۰۰۱۱۹۶۸	۴۹۷۴۱۶۷۸	۶۲۰۳۶۶۲۵

شاخص CPD از تقسیم عملکرد هر محصول (کیلوگرم در هکتار) بر حجم آب مصرف شده (مترمکعب در هکتار) بدست آمده است (جدول ۲). شاخص CPD نشان‌دهنده مقدار تولید یا عملکرد محصول در قبال میزان آب مصرفی می‌باشد و پایین بودن مقدار این شاخص، بیانگر ناچیز بودن محصول تولیدشده در ازای آب مصرفی می‌باشد. متوسط بهره‌وری آب در سال ۱۳۹۲ در کشور حدود ۱/۱۹ کیلوگرم بر مترمکعب در هکتار بوده است (عباسی و همکاران ۲۰۱۶). با توجه به شکل ۲ ملاحظه می‌شود که بهره‌وری آب کشاورزی در محصولات گندم، جو، ذرت دانه‌ای، ذرت بذری و کلزا

پایین‌تر از متوسط کشوری می‌باشد. بر اساس نتایج به‌دست‌آمده، شاخص بهره‌وری CPD در تولید محصولات چغندر قند و ذرت علوفه‌ای به ترتیب برابر ۲/۰۹ و ۳/۲۳ کیلوگرم بر مترمکعب آب محاسبه گردید که دارای بهره‌وری آب بالا می‌باشد (شکل ۲). نتایج نشان داد بهره‌وری آب کشاورزی بر اساس شاخص CPD برای ذرت بذری کمترین مقدار را دارد، اما سود خالص در هر هکتار از این محصول دارای بیشترین مقدار است (جدول ۳). علت این موضوع به دلیل ارزش ریالی بالای هر کیلوگرم از این محصول نسبت به محصولات دیگر است.

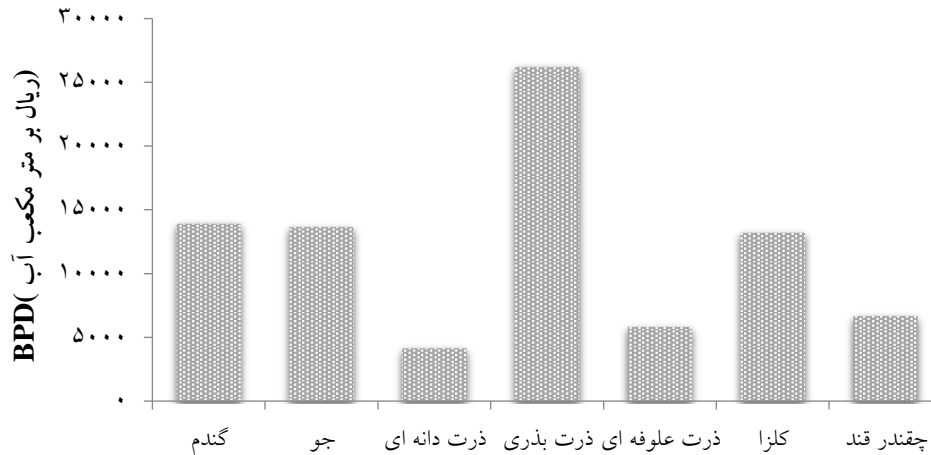


شکل ۲- مقایسه بهره‌وری آب بر اساس شاخص CPD.

بدون در نظر گرفتن هزینه تولید بر حجم آب مصرف شده (جدول ۲) بدست آمده است. بر اساس این شاخص محصولات ذرت بذری، گندم، جو و کلزا بیشترین و

در شکل ۳ بهره‌وری استفاده از آب در مورد محصولات زراعی بر اساس شاخص درآمد به ازای واحد آب مصرفی (BPD) نشان داده شده است. این شاخص از تقسیم ارزش کل فروش هر محصول در هکتار (جدول ۳)

محصولات ذرت دانه‌ای، ذرت علوفه‌ای و چغندر قند کمترین بهره‌وری آب را نشان می‌دهند.



شکل ۳- مقایسه بهره‌وری آب بر اساس شاخص BPD.

حجم آب مصرفی (جدول ۲) محاسبه شده است. بر اساس این شاخص محصول ذرت بذری، کلزا، گندم و جو دارای بیشترین بهره‌وری آب می‌باشند. این نتایج با نتایج پورمحمد و همکاران (۲۰۱۶) مشابه است. در بین محصولات زراعی کشت شده در منطقه مورد مطالعه، الگوی کشت ذرت بذری دارای بالاترین درآمد و سود خالص می‌باشد. در نتیجه بهره‌وری آب بر اساس شاخص NBPD برای این محصول بیشترین مقدار را دارا می‌باشد. ذرت دانه‌ای و ذرت علوفه‌ای دارای کمترین مقدار NBPD می‌باشند.

بر اساس مطالب ذکر شده، شاخص NBPD نسبت به شاخص‌های CPD و BPD کامل‌تر می‌باشد (کریمی و جلیلی ۲۰۱۷). به عبارت دیگر، بر اساس این شاخص می‌توان بهره‌وری آب محصولات مختلف زراعی را در یک الگوی کشت مورد بررسی و مقایسه قرار داد. با توجه به این‌که سود بیشتر مطلوب یک شرکت است بر همین اساس نتیجه‌گیری بر اساس این شاخص به واقعیت نزدیک‌تر است.

در شکل ۴ شاخص NBPD برای محصولات منطقه مورد مطالعه نشان داده شده است. این شاخص از تقسیم سود خالص از کشت هر محصول (جدول ۳) بر مقدار



شکل ۴- مقایسه بهره‌وری آب بر اساس شاخص NBPD.

تعدادی از محصولات مانند گندم، جو و کلزا شاخص‌های مذکور نتایج متفاوتی نشان می‌دهد که این موضوع به علت تفاوت در ساختار هزینه این محصولات می‌باشد (جدول ۴).

اولویت کشت هر یک از محصولات کشاورزی بر پایه شاخص‌های CPD، BPD و NBPD در جدول ۴ ارائه شده است. با توجه به این‌که ساختار شاخص‌های BPD و NBPD مشابه یکدیگر می‌باشند، نتایج حاصل شده از آن‌ها به یکدیگر نزدیک است. با این تفاوت که برای

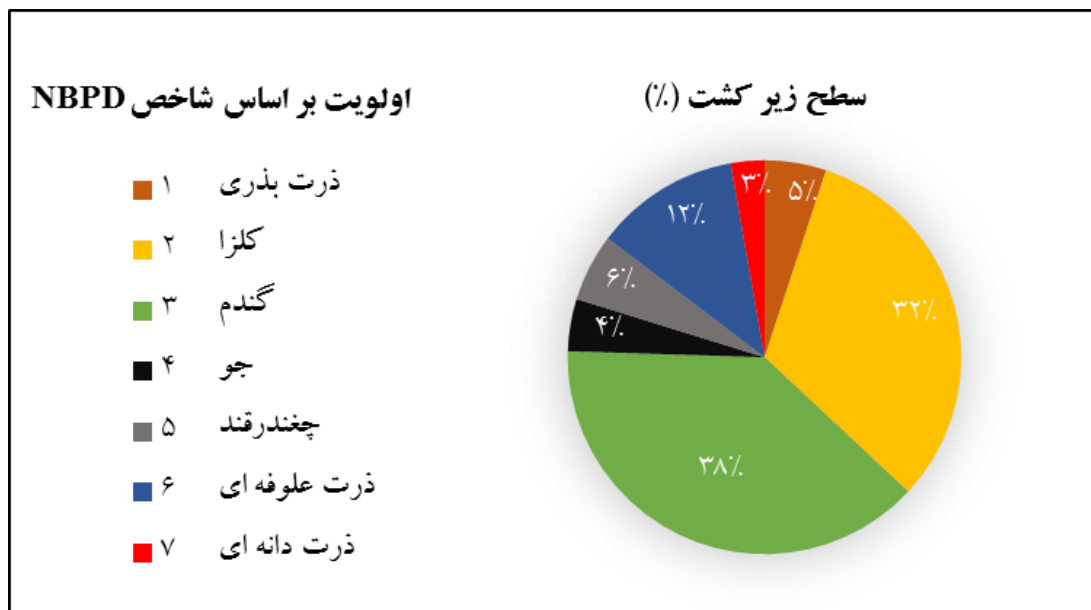
جدول ۴- اولویت هر یک از محصولات مورد بررسی بر پایه شاخص‌های بهره‌وری آب.

شاخص	CPD	BPD	NBPD
ذرت بذری	۷	۱	۱
کلزا	۵	۴	۲
گندم	۳	۲	۳
جو	۴	۳	۴
چغندر قند	۲	۵	۵
ذرت علوفه‌ای	۱	۶	۶
ذرت دانه‌ای	۶	۷	۷

NBPD به ترتیب در رتبه دوم، سوم و چهارم قرار دارند. در صورتی‌که هدف تولید محصول با نیاز آبی کمتر و درآمد مناسب باشد، به کار بردن این محصولات به جای محصولاتی با نیاز آبی بیشتر توصیه می‌گردد.

در شکل ۵ سطح زیر کشت هر یک از محصولات زراعی نسبت به کل اراضی اختصاص داده شده به این محصولات، بر اساس شاخص NBPD مورد مقایسه قرار گرفته است. محصولات گندم، کلزا و ذرت علوفه‌ای بیشترین مساحت را به خود اختصاص داده‌اند، در حالی‌که بر اساس شاخص NBPD این محصولات به ترتیب در اولویت سوم، دوم و ششم قرار دارد. ذرت بذری ۵ درصد اراضی را به خود اختصاص داده است در حالی‌که در اولویت اول می‌باشد.

اولویت کشت در یک منطقه، به هدف از تولید محصولات قابل کشت، بستگی دارد (کریم‌زاده و همکاران ۲۰۱۷). در صورتی‌که بهره‌وری، مقدار محصول تولید شده به ازای واحد آب مصرفی (CPD) باشد، ذرت بذری اولویت آخر کشت را به خود اختصاص می‌دهد، اما اگر شاخص بهره‌وری آب، میزان درآمد و سود خالص به ازای واحد آب مصرفی باشد (BPD و NBPD)، ذرت بذری دارای بیشترین بهره‌وری آب می‌باشد. در صورت هدف‌گذاری بیشترین سود در تولید محصولات زراعی شرکت، الگوی کشت منطقه مورد مطالعه باید به سمت کشت محصولاتی همچون ذرت بذری و کلزا برود تا شاهد افزایش بهره‌وری آب بر اساس شاخص NBPD باشیم. محصول کلزا، گندم و جو بر اساس شاخص



شکل ۵- مقایسه سطح زیر کشت هر یک از محصولات نسبت به کل اراضی اختصاص داده شده به این محصولات، بر اساس شاخص NBPD.

ترتیب ۶، ۱۳ و ۳ درصد از کل اراضی را به خود اختصاص داده‌اند. نیاز آبی ذرت بذری و ذرت دانه‌ای تفاوت ناچیزی دارند و همچنین بر اساس شاخص NBPD ذرت بذری در اولویت اول و ذرت دانه‌ای در اولویت آخر قرار دارد.

جدول ۵ برآوردی از مقدار شاخص بهره‌وری آب حاصل از فعالیت کشاورزی برای کل محصولات را ارائه می‌کند. این مقادیر می‌توانند به‌عنوان اعداد مرجع و معتبری در مقایسه این مقادیر در سال‌های مختلف زراعی مورد استفاده قرار گیرد. مقادیر مربوط به شاخص‌های بهره‌وری آب برای کل محصولات از میانگین مجموع تک تک شاخص‌های بهره‌وری بدست می‌آید. لازم به ذکر است این محاسبات در عین سادگی بسیار کاربردی بوده و می‌تواند مبنای برنامه‌ریزی برای ارتقای شاخص‌های بهره‌وری در آینده باشد و یا مورد مقایسه با شبکه‌های دیگر قرار گیرد.

تولید محصول در کشت و صنعت و دامپروی مغان، براساس نیازهای کشت و صنعت انجام می‌شود. به عنوان مثال، محصولی مانند چغندر قند و ذرت علوفه‌ای به ترتیب برای تأمین نیاز کارخانه قند و دامداری کشت و صنعت تولید می‌گردد. به نظر می‌رسد محصولات کشت شده در این شرکت از یک الگوی کشت متناسب با آب مصرفی تبعیت می‌کند. برای مثال با این‌که محصولی مانند ذرت بذری دارای بیشترین سود می‌باشد، اما نیاز آبی این محصول تقریباً ۳ برابر محصولی مانند کلزا و گندم می‌باشد. در نتیجه اگر نیاز آبی، ملاک قرار گیرد باید سطح کمتری به کشت این محصول اختصاص داده شود. با توجه به شکل ۵ مشاهده می‌شود که ۵ درصد کل اراضی به کشت این محصول اختصاص داده شده است. محصولاتی مانند چغندر قند، ذرت علوفه‌ای و ذرت دانه‌ای دارای نیاز آبی بسیار زیادی نسبت به محصولات دیگر می‌باشد و از لحاظ شاخص NBPD به ترتیب در اولویت ۵، ۶ و ۷ قرار دارند و لذا محصولات ذکر شده به

جدول ۵- مقادیر شاخص‌های بهره‌وری آب برای کل محصولات.

مجموعه زراعی	CPD (کیلوگرم بر مترمکعب آب)	BPD (ریال بر مترمکعب آب)	NBPD (ریال بر مترمکعب آب)
مهم	۱/۱۹	۱۱۹۴۵	۸۲۱۶

نتیجه‌گیری کلی

کشاورزی بزرگ‌ترین صنعت و بزرگ‌ترین مصرف‌کننده آب در دشت مغان است. یکی از بهترین شاخص‌ها برای بررسی بهره‌وری آب کشاورزی، شاخص NBPD یا درآمد خالص به ازای واحد آب مصرفی می‌باشد. بر اساس این شاخص اولویت از ۱ تا ۷ برای کشت محصولات در شرکت کشت و صنعت و دامپروری مغان، به ترتیب ذرت بذری، کلزا، گندم، جو، چغندرقد، ذرت علوفه ای و ذرت دانه‌ای می‌باشند. با در نظر گرفتن شاخص NBPD، ذرت بذری دارای بالاترین سوددهی به ازای یک متر مکعب آب مصرفی می‌باشد. در حالی که پنج درصد مساحت زیرکشت شرکت به آن، اختصاص یافته است. بیشترین مساحت زیر کشت در این شرکت، اختصاص به گندم و کلزا دارد که به ترتیب در اولویت سوم و دوم از نظر شاخص NBPD قرار دارد. با این که جو در اولویت چهارم قرار گرفته است، سطح زیر کشت آن کمترین مقدار (۴ درصد) است. به نظر می‌رسد الگوی کشت این شرکت، بیشتر براساس نیازهای داخلی شرکت، نیازهای منطقه مغان و کشور تعیین گردیده نه براساس مبنای شاخص‌های بهره‌وری آب. برای مقابله با بحران‌های کم‌آبی در سال‌های آتی، پیشنهاد می‌گردد سیاست‌های آبی شرکت در راستای توسعه و جایگزینی محصولات با مصرف آب کم و شاخص NBPD بیشتر باشد. این کار باعث کاهش مصرف آب و استحصال آب شده و همچنین متضمن منافع اقتصادی بیشتر برای

منابع مورد استفاده

- Abbasi F, Naseri A, Sohrab F, Baghani J, Abbasi N and Akbari M, 2016. Improving water productivity. Agricultural Research, Education and Extension Organization. 68p. (In Persian).
- Anonymous, 2017. Annual water demand determination report based on the forecasted and approved cultivation pattern in the 96-97 crop year. Technical and Engineering Department of Moghan Agro-Industry and Livestock Company (In Persian).

شرکت کشت و صنعت و دامپروری مغان خواهد بود. پیشنهاد می‌شود اندازه‌گیری‌های مربوط به شاخص‌های بهره‌وری آب در تمامی قطعات و به صورت سالانه انجام شود و مقدار شاخص مناسب بهره‌وری مصرف آب هر محصول به دست آید. برای بهبود شاخص‌های بهره‌وری مصرف آب، بهتر است به موازات کاهش مصرف آب، عملکرد محصول افزایش یابد. روش‌های بهبود بهره‌وری آب از طریق صرفه‌جویی و جلوگیری از تلفات فیزیکی، شامل اقدامات سخت‌افزاری و نرم‌افزاری مرتبط با صرفه‌جویی‌های واقعی و کاهش تلفات فیزیکی در مقیاس‌های گیاه، مزرعه و شبکه آبیاری می‌باشند. استفاده از روش‌های مدیریتی مانند سیستم‌های آبیاری تحت فشار برای افزایش راندمان آبیاری در مزارع و افزایش تولید محصول از طریق مدیریت در مراحل کاشت، داشت و برداشت برای افزایش سود حاصله و در نتیجه افزایش شاخص‌های بهره‌وری مؤثر خواهد بود.

سیاسگزاری

از همکاری و مسائدت مسئولین و کارشناسان شرکت کشت و صنعت و دامپروری مغان در انجام مراحل این مطالعات سپاس‌گزاریم.

- Çetin O and Kara A, 2019. Assessment of water productivity using different drip irrigation systems for cotton. *Agricultural Water Management*. 223: 105693.
- Ehsani M and Khaledi H, 2003. Agricultural water productivity, National Irrigation and Drainage Committee of Iran (Ministry of Energy) (In Persian).
- Gholami Z, Ebrahimian H and Nouri H, 2016. Investigation of irrigation water efficiency in sprinkler and surface irrigation systems in Qazvin plain. *Journal of Irrigation Science and Engineering*, 39(3): 135-146 (In Persian with English abstract).
- Hao LN, Su XL and Singh VP, 2018. Cropping pattern optimization considering uncertainty of water availability and water saving potential. *International Journal of Agricultural and Biological Engineering*, 11(1): 178-186.
- Karimi M and Jolaini M, 2017. Evaluation of agricultural water productivity indices in major field crops in Mashhad plain. *Journal of Water and Sustainable Development* 4(1): 13-138 (In Persian with English abstract).
- Karimzadeh M, Alizadeh A, Ansari H, Ghorbani M and Banayab Avak M, 2017. Optimizing water productivity and energy efficiency in selecting crop pattern. *Iranian Journal of Irrigation and Drainage*. 10(6): 849-859 (In Persian with English abstract).
- Keshavarz A and Dehghani Sanich H, 2012. Water Productivity Index and solutions for future agricultural activities in Iran. *Economic Strategy*. 1(1): 199-233 (In Persian with English abstract).
- Lamaddalena N and Sargadoy JA, 2000. Performance analysis of on-demand pressurized irrigation systems. Proc., FAO Irrigation and Drainage, Rome. 132pp.
- Mutambara S, Darkoh MBK and Athlopheng JR, 2016. A comparative review of water management sustainability challenges in smallholder irrigation schemes in Africa and Asia. *Agricultural Water Management*. 171: 63-72.
- Naderi N, 2018. Irrigation efficiency and water productivity in the fields of Semnan province (Shahrood), *Iranian Journal of Irrigation and Drainage*. 12(4): 894-902 (In Persian with English abstract).
- Pourmohamad Y, Mousavi Bayegi M, Alizadeh A, Naghi Ziaei A and Bannayan M, 2017. Estimating major crop water productivity at Neyshabour basin and optimize crop area. *Water and Soil*. 1(3): 112-126 (In Persian with English abstract).
- Ray DK, Ramankutty N, Mueller ND, West PC and Foley JA, 2013. Yield trends are insufficient to double global crop production by 2050. *PLOS ONE*. 8(6): 1-8.
- Rost S, Gerten D, Bondeau A, Lucht W, Rohwer J and Schapho S, 2008. Agricultural green and blue water consumption and its influence on the global water system. *Water Resources Research*, 44(9): 1-17.
- Rusta A, 2010. Investigation of agricultural water productivity in drought-prone areas, case study: Marvdasht. Proceedings of the Fifth National Conference on New Ideas in Agriculture. 27 February, Isfahan, Iran (In Persian with English abstract).
- Scheierling SM, Treguer DO, Booker JF and Decker E, 2014. How to assess agricultural water productivity? Looking for water in the agricultural productivity and efficiency literature. Policy Research Working Paper 6982, World Bank, Washington, D.C.
- Sun S, Zhang C, Li X, Zhou T, Wang Y, Wu P and Cai H, 2017. Sensitivity of crop water productivity to the variation of agricultural and climatic factors: A study of Hetao irrigation district, China. *Journal of Cleaner Production*, 142: 2562-2569.
- Tuong TP, 2000. Productive water use in rice production: opportunities and limitations. *Journal of Crop Production*. 2(2): 214-264 .
- Young RA, 2005. Determining the economic value of water: concepts and methods. Washington, DC: Resources for the Future .
- Zaid Ali S, Khaledi H and Khalqi M, 2002. Investigation of water efficiency in Moghan irrigation and drainage network Pp. 419-432. Proceedings of the Eleventh Conference of the National Irrigation and Drainage Committee, 3-4 December, Tehran, Iran. (In Persian with English abstract).
- Zwart SJ and Bastiaanssen WGM, 2004. Review of measured crop water productivity values for irrigated wheat, rice, cotton and maize. *Agricultural Water Management*. 69(2): 115-133.