

## بررسی بهره‌وری آب آبیاری برای محصول گندم در برخی از شبکه‌های آبیاری و زهکشی استان خوزستان

محمد مهتدی<sup>۱</sup>، محمد الباجی<sup>۲\*</sup> و سعید برومند نسب<sup>۳</sup>

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد گروه آبیاری و زهکشی دانشکده مهندسی علوم آب، دانشگاه شهید چمران اهواز.

۲- نویسنده مسئول، استادیار گروه آبیاری و زهکشی دانشکده مهندسی علوم آب، دانشگاه شهید چمران اهواز [m\\_albaji@scu.ac.ir](mailto:m_albaji@scu.ac.ir)

۳- استاد گروه آبیاری و زهکشی دانشکده مهندسی علوم آب، دانشگاه شهید چمران اهواز

تاریخ پذیرش: ۹۵/۷/۱۴

تاریخ دریافت: ۹۵/۳/۳

### چکیده

یکی از شاخص‌های مورد استفاده در مباحث عملکرد گیاه و آب، بهره‌وری از آب است که به صورت نسبت عملکرد محصول به مقدار آب مصرفی تعریف می‌شود. آب مصرفی شامل بارش، آبیاری یا آبیاری به‌علاوه بارش می‌باشد. بهره‌وری از آب مصرفی، بیانگر میزان تولید به ازای واحد نهاده است. با توجه به دوره آماری شش ساله و بر اساس اطلاعات موجود، بهره‌وری آب برای محصول گندم در هر سال زراعی محاسبه و در نهایت میانگین بهره‌وری آن به عنوان بهره‌وری شبکه معرفی گردید. در این پژوهش شبکه‌های اوان، دز، شاور، مارون، فجر و جازان، گتوند، کرخه، رامشیر و شادگان مورد بررسی قرار گرفت. با توجه به عملکرد و حجم آب آبیاری مصرف شده، بهره‌وری شبکه‌ها به‌دست آمد. بیش‌ترین بهره‌وری‌ها مربوط به شبکه‌های اوان، گتوند و شادگان به ترتیب با ۰/۹۸، ۰/۸۵ و ۰/۸۵ کیلوگرم بر متر مکعب بود. پایین‌ترین بهره‌وری مربوط به شبکه رامشیر با متوسط بهره‌وری ۰/۴۴ کیلوگرم بر مترمکعب بود. با توجه به تجزیه و تحلیل رابطه عملکرد محصول و آب آبیاری به نظر رسید تا زمانی که نیاز آبی گندم تامین شود عملکرد و در نتیجه بهره‌وری افزایش پیدا می‌کند، ولی از زمانی که حجم آب آبیاری از نیاز مصرف گندم بالاتر رود عملکرد ثابت و در بعضی مواقع کاهش پیدا می‌کند و در نتیجه بهره‌وری کاهش پیدا می‌کند.

کلیدواژه‌ها: بهره‌وری آب آبیاری، شبکه‌های آبیاری و زهکشی، گندم.

## Investigation of Water Productivity of Wheat in Some Irrigation and Drainage Networks of Khuzestan

M. Mohtadi<sup>1</sup>, M. Albaji<sup>2\*</sup> and S. Boroomand Nasab<sup>3</sup>

1- M.Sc. Student, Irrigation and Drainage Department, Shahid Chamran University of Ahvaz, Iran.

2\* - Corresponding Author, Assistant Professor, Irrigation and Drainage Department, Shahid Chamran University of Ahvaz, Iran.

3- Professor, Irrigation and Drainage Department, Shahid Chamran University of Ahvaz, Iran.

Received: 23 May 2016

Accepted: 5 October 2016

### Abstract

Water productivity is one of the indexes which is widely used in the issues related to crop productivity and water, and is defined as the ratio of the amount of crop yield to the amount of water consumed by the crop. The water consumed by the crop may be supplied by rain, Irrigation or even irrigation plus precipitation. In fact water productivity is an indicator of the amount of production for each unit of consumed water. In this study, the amount of annual water productivity was indicated according to the available information and six years data-set, and then the mean value was reported for network's crop water productivity. In this practice, ten networks namely, Avan, Dez, Shavoor,

مهدی و همکاران: بررسی بهره‌وری آب آبیاری برای محصول گندم در...

Maroon, Fajr & Jaizan, Gotvand, Karkhe, Ramshir and Shadegan were studied. Water productivity of the networks was estimated according to the crop yield and the volume of consumed water. The highest rates belonged to Avan, Gotvand and Shadegan, being 1.03, 0.98 and 0.85 Kg.m<sup>-3</sup> while Ramshir with an average water productivity of about 0.44 Kg. m<sup>-3</sup> had the least value. An analyze over the relationship between crop yield and irrigation shows that, wheat crop yield will increase until the time that the crop's water requirement is supplied, but it does not change or even decreases when the amount of applied water goes beyond the crop's water requirement, thus as a result, the water productivity decreases.

**Keywords:** Water Productivity, Irrigation and drainage networks, Wheat.

محصولات گندم، جو و سیب زمینی به ترتیب ۰/۴۳، ۰/۳۹ و ۳/۲۱ کیلوگرم بر متر مکعب محاسبه گردید. نتایج تحقیقات مهدی و همکاران (۱۳۹۲) نشان داد میانگین کارایی مصرف آب در استان خوزستان برای محصولات جو، یونجه به ترتیب ۰/۸۵ و ۰/۷۶ کیلوگرم بر متر مکعب می‌باشد. با توجه به بررسی‌های صورت گرفته کارایی مصرف آب در شمال استان خوزستان به مراتب بهتر از جنوب استان می‌باشد. رضایی راد و همکاران (۱۳۹۲) در بررسی بهره‌وری آب در محصولات جو، گندم و یونجه که در شهرستان‌های استان اصفهان انجام شده بود به این نتیجه رسیدند که، از بین شهرستان‌های استان اصفهان، شهرستان چادگان با متوسط بهره‌وری آب در محصول گندم به میزان ۱/۳۷ کیلوگرم بر مترمکعب بیشترین مقدار و خوربیا بانک با بهره‌وری میزان ۰/۵۶ کمترین بهره‌وری آب را به ازای مصرف یک متر مکعب دارند

اویس<sup>۱</sup> (۱۹۹۷) بهره‌وری فیزیکی گندم در مناطق مختلف سوریه را در شرایط متفاوت آبیاری بررسی کرده است. در این مقایسه دامنه تغییرات از ۰/۶ الی ۱/۵ متغیر می‌باشد. طی گزارش کانگ در چین، کارایی مصرف آب برای گندم دیم حدود ۰/۷۳-۰/۹۳ کیلوگرم بر مترمکعب و برای شرایط آبی در محدوده ۱/۴۶-۰/۷۷ کیلوگرم بر متر مکعب قرار دارد (کانگ و همکاران<sup>۲</sup>، ۲۰۰۲). زوارت و باستیانسن<sup>۳</sup> (۲۰۰۴) بهره‌وری فیزیکی آب محصول گندم کشورهای مختلف را محاسبه و گزارش کردند. براساس نتایج این پژوهش، بهره‌وری فیزیکی آب به طور متوسط برای محصول مذکور ۱/۰۹ کیلوگرم بر مترمکعب بوده است. سینگ و همکاران (۲۰۰۶) بهره‌وری فیزیکی آب را برای محصول گندم در کشور هند را ۱/۰۴ کیلوگرم بر مترمکعب معرفی کردند. لیو و همکاران<sup>۴</sup> (۲۰۰۸) بهره‌وری فیزیکی آب را برای محصولات گندم، برنج و پنبه در کشور هند محاسبه کرده اند، نتایج

## مقدمه

گندم استراژیک‌ترین محصول کشاورزی ایران محسوب می‌گردد. به طوری که تقریباً همه ساله حدود پنج تا شش میلیون هکتار، از اراضی کشور زیر کشت گندم قرار می‌گیرد. اندازه‌گیری و تحلیل شاخص‌های بهره‌وری آب در ایران به علت محدودیت کمی و کیفی این ماده ارزشمند از جایگاه خاصی برخوردار است (احسانی و خالدی، ۱۳۸۲الف). در حال حاضر بهره‌وری آب کشاورزی در ایران در وضعیت مطلوبی قرار ندارد. موضوع ارتقای بهره‌وری آب در تولید مواد غذایی از مسائل اساسی در کشورهای مختلف جهان و به خصوص کشورهای کم آب نظیر ایران است (احسانی و خالدی، ۱۳۸۲ب). بهره‌وری آب در واقع بیان‌کننده مقدار محصول یا سود به‌دست آمده از مصرف آب می‌باشد و شامل جنبه‌های مختلف مدیریتی آب می‌باشد (سینک و همکاران<sup>۱</sup>، ۲۰۰۶). همچنین بهره‌وری آب شاخص مناسبی برای ارزیابی منابع آب، می‌باشد.

نی ریزی وحلمی فخرداود (۱۳۸۲) کارایی مصرف آب گندم در چناران، تربت حیدریه و تربت جام استان خراسان را به ترتیب ۰/۳۸، ۰/۷۶ و ۰/۴۴ کیلوگرم به ازای یک مترمکعب آب اعلام کردند. عربی یزدی و همکاران (۱۳۸۸) بهره‌وری آب کشاورزی در سال ۱۳۸۵ را بررسی نمودند که براساس این پژوهش میزان بهره‌وری آب محصولات گندم، جو و یونجه به ترتیب ۱/۰۳۶، ۱/۰۶۵ و ۰/۹۷۶ کیلوگرم بر مترمکعب محاسبه گردید. در تحقیق اکبری و همکاران (۱۳۸۸) بر روی تأثیر برنامه‌ریزی آبیاری بر بهره‌وری آب کشاورزی با استفاده از مدل SWAP در شبکه آبخیز اصفهان انجام دادند، اعلام کردند که با اصلاح برنامه‌ریزی، عملکرد محصول جو و گندم به مقدار ۱۵ درصد افزایش مییابد.

حیدری (۱۳۹۰) متوسط کارایی مصرف آب آبیاری محصول گندم را در استان خوزستان ۱/۱۳ کیلوگرم بر مترمکعب معرفی کرد. محمدی و تعالی مقدم (۱۳۹۰) در سال‌های زراعی ۷۸-۱۳۸۲ پژوهشی انجام دادند، بر اساس این پژوهش میزان بهره‌وری آب

2 -Oweis

3 -Kang *et al.*

4 - Zwart and Bastiaanssen

5 - Liu *et al.*

1 - Singh *et al.*

این تحقیقات حاکی بر آن است که بهره‌وری محصولات مذکور به ترتیب ۱/۰۴ و ۰/۸۴ و ۰/۲۱ کیلوگرم بر متر مکعب می‌باشد.

#### منطقه مورد مطالعه

استان خوزستان با مساحتی معادل ۶۳۶۳۳/۶ کیلومتر مربع از نظر جغرافیایی بین ۴۷ درجه و ۴۱ دقیقه تا ۵۰ درجه و ۳۹ دقیقه طول شرقی از نصف النهار گرینویچ و ۲۹ درجه و ۵۸ دقیقه تا ۳۳ درجه و ۴ دقیقه عرض شمالی از خط استوا در جنوب غربی ایران واقع شده است. متوسط بارندگی سالیانه در این استان بر اساس آمار ۵۰ ساله حدود ۳۱۲ میلی‌متر و دوره بارندگی معمولاً بین مهرماه تا اردیبهشت می‌باشد. البته در سال‌های اخیر به دلیل کاهش شدید نزولات جوی، متوسط بارندگی چند سال اخیر به زیر ۲۵۰ میلی‌متر رسیده است. متوسط درجه حرارت در دوره گرما، که از اردیبهشت ماه آغاز شده و تا مهرماه ادامه دارد، حدود ۳۱/۲ درجه سانتی‌گراد و حداکثر آن گاهی به بیش از ۵۰ درجه سانتی‌گراد نیز می‌رسد. (بی‌نام، ۱۳۹۱). حدود یک سوم آب‌های سطحی ایران در خوزستان جریان دارد و از این نظر یکی از غنی‌ترین مناطق کشور می‌باشد. رودخانه‌های کرخه، کارون، دز و مارون (جراحی) از مهم‌ترین رودخانه‌های استان محسوب می‌شود.

#### الگوی کشت گندم در شبکه‌های استان خوزستان

جدول (۱) الگوی کشت در حال اجرای محصول گندم را از سال زراعی ۸۵-۱۳۸۴ الی ۹۰-۱۳۸۹ در شبکه‌های مورد بررسی، نشان می‌دهد.

#### مواد و روش‌ها

در این پژوهش بهره‌وری آب در محصول گندم، در نه شبکه آبیاری و زهکشی دز، اوان، شاور، کرخه، گتوند، مارون، فجر و جاپیزان، شادگان و رامشیر از سال زراعی ۸۵-۱۳۸۴ الی ۹۰-۱۳۸۹ مورد بررسی و ارزیابی قرار گرفت. داده‌های شش ساله مربوط به عملکرد محصول گندم، از سازمان جهاد کشاورزی استان خوزستان اخذ گردید. حجم آب تحویلی به هر کدام از شبکه‌ها از سازمان آب و برق خوزستان جمع‌آوری شد. حجم آب آبیاری بوسیله کنتور اندازه‌گیری شده است. نقشه شبکه‌های آبیاری و زهکشی استان خوزستان نیز از سازمان آب و برق تهیه گردید. هدف از به‌دست آوردن بهره‌وری آب گندم، ارائه پیشنهاد یک الگوی کشت بهینه و متناسب با بهره‌وری به‌دست آمده می‌باشد. تحلیل آماری داده‌ها با استفاده از نرم افزار SPSS 18 انجام شد.

با توجه به محدود بودن منابع آب مورد استفاده در آبیاری و اهمیت استان خوزستان در تولید ملی کشاورزی کشور صرفه‌جویی در استفاده از آب آبیاری و افزایش بهره‌وری آب آبیاری لازم و ضروری است. بنابراین هدف از این تحقیق به‌دست آوردن بهره‌وری آب محصول گندم در شبکه‌های آبیاری و زهکشی استان خوزستان و مقایسه آن‌ها با یکدیگر و ارائه الگو کشت گندم متناسب با بهره‌وری آب به‌دست آمده در سطح شبکه‌های مورد مطالعه استان خوزستان می‌باشد.

جدول ۱- الگوی کشت گندم (درصد کشت گندم در هر شبکه)

سال زراعی	رامشیر	شادگان	مارون	فجر و جاپیزان	کرخه	گتوند	شاور	اوان	دز
۱۳۸۵-۱۳۸۴	-	-	۵۵	۷۴	۷۷	۵۰	۶۲	۶۰	۴۴
۱۳۸۵-۱۳۸۶	۹۶	۷۶	۵۳	۸۱	۸۱	۵۵	۶۲	۶۰	۴۵
۱۳۸۶-۱۳۸۷	۹۴	۸۰	۸۷	۹۶	۸۴	۷۶	۸۸	۹۲	۷۴
۱۳۸۷-۱۳۸۸	۸۷	-	۶۴	-	۸۳	۸۱	۸۵	۷۵	۵۲
۱۳۸۸-۱۳۸۹	۸۶	۹۳	۵۶	۸۱	۷۹	-	۷۲	۶۷	۴۵
۱۳۹۰-۱۳۸۹	۸۵	۷۸	۴۹	۸۳	۸۰	۴۹	۶۳	۵۴	۳۹

مهندی و همکاران: بررسی بهره‌وری آب آبیاری برای محصول گندم در...

جدول ۲- عملکرد گندم (کیلوگرم در هکتار)

سال زراعی	رامشیر	رامشیر	شادگان	مارون	فجر و جازان	کرخه	گتوند	شاوور	اوان	دز
۱۳۸۵-۱۳۸۴	-	-	-	۴۱۵۸	۲۶۰۳	۳۵۱۶	۳۶۵۵	۴۱۹۵	۴۲۲۳	۴۴۴۶
۱۳۸۶-۱۳۸۵	۲۹۹۶	۲۹۹۶	۲۲۱۶	۳۷۲۶	۲۹۷۵	۳۱۱۱	۳۲۶۸	۳۹۰۳	۴۲۷۸	۴۰۳۲
۱۳۸۷-۱۳۸۶	۱۷۰۳	۱۷۰۳	۱۲۴۴	۳۲۴۵	۱۸۰۰	۲۷۹۷	۳۱۹۳	۲۹۰۳	۳۱۸۱	۳۴۵۴
۱۳۸۸-۱۳۸۷	۱۶۰۷	۱۶۰۷	-	۲۴۰۵	-	۲۸۴۸	۲۹۲۲	۳۶۱۸	۴۲۴۹	۳۷۲۷
۱۳۸۹-۱۳۸۸	۱۵۴۴	۱۵۴۴	۱۹۶۵	۲۷۴۱	۱۹۷۷	۲۴۹۲	-	۲۹۹۷	۳۳۸۵	۲۹۳۹
۱۳۹۰-۱۳۸۹	۱۵۳۲	۱۵۳۲	۱۶۷۷	۴۵۸۲	۱۵۵۷	۳۵۵۰	۴۲۳۶	۴۳۱۳	۴۰۹۹	۴۳۰۱

جدول ۳- آب آبیاری گندم (متر مکعب در هکتار)

سال زراعی	رامشیر	شادگان	مارون	فجر و جازان	کرخه	گتوند	شاوور	اوان	دز
۱۳۸۵-۱۳۸۴	-	-	۵۹۹۲	۴۱۷۳	۳۴۴۷	۳۶۶۹	۴۹۳۵	۴۱۶۲	۷۷۷۱
۱۳۸۶-۱۳۸۵	۶۲۳۹	۱۶۹۴	۳۹۵۵	۴۲۵۹	۴۴۹۸	۲۵۲۴	۶۳۳۱	۴۱۲۳	۶۴۸۴
۱۳۸۷-۱۳۸۶	۵۰۱۳	۳۳۹۳	۸۱۳۵	۸۴۸۷	۵۰۹۷	۵۹۶۸	۹۱۰۳	۵۴۹۲	۸۲۸۱
۱۳۸۸-۱۳۸۷	۳۸۰۴	-	۲۵۲۹	-	۴۱۶۶	۲۹۷۰	۹۶۵۶	۲۹۴۱	۳۷۶۱
۱۳۸۹-۱۳۸۸	۲۶۴۵	۲۴۴۵	۴۲۲۷	۲۶۸۸	۵۲۶۲	-	۸۹۱۷	۳۲۸۰	۴۲۳۲
۱۳۹۰-۱۳۸۹	۴۱۳۵	۱۷۱۰	۶۲۶۵	۵۰۳۸	۳۱۳۲	۳۷۸۸	۷۱۴۱	۳۸۶۰	۹۲۵۲

### شاخص بهره‌وری آب

بهره‌وری را در ساده‌ترین شکل می‌توان به صورت نسبت ستاده به داده تعریف کرد (مولن و همکاران<sup>۱</sup>، ۱۹۹۸). یکی از شاخص‌های مورد استفاده در مباحث عملکرد گیاه و آب مصرفی، بهره‌وری از آب است که به صورت نسبت عملکرد محصول به مقدار آب مصرفی تعریف می‌شود. آب مصرفی شامل بارش، آبیاری یا آبیاری به‌علاوه بارش می‌باشد. در این پژوهش میزان آب مصرفی، حجم آب آبیاری در نظر گرفته شده است. بهره‌وری آب را از رابطه (۱) به‌دست می‌آید:

$$WP_{(Ir)y} = \frac{Yield}{Irrigation} (kg.m^{-3}) \quad (1)$$

در رابطه (۱)  $WP_{(Ir)y}$ : بهره‌وری آب آبیاری، Yield: عملکرد محصول و Irrigation: میزان آب آبیاری می‌باشد. در ابتدا عملکرد و حجم آب آبیاری ارائه می‌شود، و با توجه به آن بهره‌وری آب در هر سال را با توجه به رابطه (۱) به‌دست آورده، سپس توسط آزمون‌های آماری، داده‌های بهره‌وری مورد ارزیابی قرار می‌گیرند. در نهایت اولویت کشت گندم، بر اساس شاخص بهره‌وری آب به‌دست می‌آید.

### پارامترهای مورد نیاز

با توجه به رابطه (۱)، برای به‌دست آوردن بهره‌وری آب، عملکرد گندم و آب آبیاری مورد نیاز است. داده‌های مربوط به عملکرد هر محصول از وزارت جهاد کشاورزی اخذ گردید که در جدول (۲) ارائه گردیده است. داده‌های مربوط به آب آبیاری گندم، در هر شبکه، از

سازمان آب و برق خوزستان گرفته شد که در جدول (۳) نشان داده

### بررسی آماری

برای بررسی این موضوع که آیا میزان بهره‌وری آب در شبکه‌های مختلف با هم اختلاف معنی دار دارند یا خیر، از آزمون‌های آماری استفاده شد. آزمون‌های آماری بر اساس پارامتریک یا غیر پارامتریک بودن داده‌ها، به دو گروه کلی تقسیم می‌شوند. داده‌هایی که نرمال باشند و واریانس آن‌ها برابر باشند پارامتریک است و اگر حداقل یکی از دو شرط را نداشته باشند، غیر پارامتریک می‌باشند.

شده است.

همان‌طور که از جدول (۴) مشخص است در اکثر سال‌ها گندم کشت شده و اطلاعات کامل آن موجود می‌باشد. بیشترین بهره‌وری ۱/۴۴ کیلوگرم بر متر مکعب مربوط به شبکه اوان در سال زراعی ۸۸-۱۳۸۷ و کمترین آن ۰/۲۱ کیلوگرم بر متر مکعب مربوط به شبکه فجر و جایزان در سال زراعی ۸۷-۱۳۸۶ می‌باشد.

### میانگین آب آبیاری و عملکرد و بهره‌وری آب گندم

برای تحلیل بیشتر بر روی عوامل افزایش و کاهش بهره‌وری آب در شبکه‌ها، میانگین آب آبیاری و عملکرد هر شبکه در جدول (۵) آورده شده است.

### نتایج و بحث

#### نتایج حاصل از بررسی بهره‌وری

با توجه به رابطه (۱) میزان بهره‌وری گندم محاسبه شد.

جدول ۴- بهره‌وری آب گندم (کیلوگرم بر متر مکعب)

سال زراعی	رامشیر	شادگان	مارون	فجر و جایزان	کرخه	گتوند	شاوور	اوان	دز
۱۳۸۵-۱۳۸۴	-	-	۰/۶۹	۰/۶۲	۱/۰۲	۰/۹۹	۰/۸۴	۱/۰۳	۰/۵۷
۱۳۸۵-۱۳۸۶	۰/۴۸	۱/۰۳	۰/۹۴	۰/۶۹	۰/۶۹	۱/۲۹	۰/۶۱	۱/۰۶	۰/۶۲
۱۳۸۶-۱۳۸۷	۰/۳۳	۰/۳۶	۰/۳۹	۰/۲۱	۰/۵۴	۰/۵۳	۰/۳۱	۰/۵۷	۰/۴۱
۱۳۸۷-۱۳۸۸	۰/۴۲	-	۰/۹۵	-	۰/۶۸	۰/۹۸	۰/۳۷	۱/۴۴	۰/۹۹
۱۳۸۸-۱۳۸۹	۰/۵۸	۰/۸	۰/۶۴	۰/۷۳	۰/۴۷	-	۰/۳۳	۱/۰۳	۰/۶۹
۱۳۹۰-۱۳۸۹	۰/۳۶	۰/۹۸	۰/۷۳	۰/۳	۱/۱۳	۱/۱۱	۰/۶	۱/۰۶	۰/۴۶

جدول ۵- میانگین آب آبیاری و عملکرد گندم و بهره‌وری آب در هر شبکه به ترتیب

رتبه	شبکه	بهره‌وری (کیلوگرم بر متر مکعب)	آبیاری (متر مکعب در هکتار)	عملکرد (کیلوگرم در هکتار)
۱	اوان	۱/۰۳	۳۹۷۶	۳۹۳۵
۲	گتوند	۰/۹۸	۳۷۸۴	۳۴۵۴
۳	شادگان	۰/۸۶	۲۳۱۱	۱۷۷۵
۴	کرخه	۰/۷۵	۳۶۹۳	۲۴۶۶
۵	مارون	۰/۷۳	۵۱۸۴	۳۴۷۶
۶	دز	۰/۶۳	۶۶۳۰	۳۸۱۶
۷	شاوور	۰/۵۲	۷۶۸۱	۳۶۵۴
۸	فجر و جایزان	۰/۵۱	۴۹۲۹	۲۱۸۲
۹	رامشیر	۰/۴۴	۴۳۷۱	۱۸۷۶

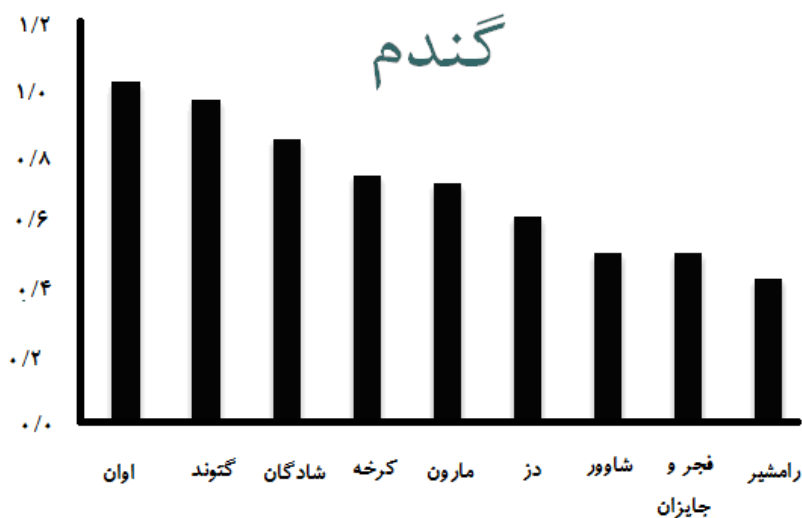
مهندی و همکاران: بررسی بهره‌وری آب آبیاری برای محصول گندم در...

میانگین‌ها در بعضی شبکه‌ها زیاد و در بعضی شبکه‌ها کم می‌باشد. برای قضاوت و بیان قاطعانه معنی‌دار بودن این اختلاف‌ها بایستی آن‌ها را به‌وسیله آزمون‌های آماری بررسی نمود.

#### رابطه عملکرد و آب آبیاری گندم

برای مشخص شدن اینکه آیا آب آبیاری و عملکرد محصول رابطه مستقیم دارند یا خیر، تمام داده‌های مربوط به گندم را در تمام شبکه‌ها رسم گردید.

به نظر می‌رسد پارامتر اصلی موثر بر تغییرات بهره‌وری آب در تمام شبکه‌های مورد بررسی، نوسانات حجم آب آبیاری می‌باشد. در حالی که میزان تغییرات عملکرد گندم در سال‌های مورد مطالعه، به مراتب کمتر از نوسانات حجم آب آبیاری می‌باشد. در نتیجه برای بهبود شاخص بهره‌وری آب آبیاری، مدیریت بهینه و صرفه‌جویی در مصرف آب آبیاری در اولویت قرار دارد. شکل (۱) نمایان‌گر میانگین بهره‌وری هر شبکه می‌باشد. همان‌طور که نمودار نشان می‌دهد شبکه اوان بیشترین بهره‌وری و شبکه رامشیر کمترین بهره‌وری را در گندم دارد. اختلاف بین



شکل ۱- نمودار میانگین بهره‌وری گندم در هر شبکه



شکل ۲- نمودار رابطه عملکرد و آب آبیاری گندم

بهره‌وری‌ها اتفاقی است یا واقعا این اختلاف ناشی از تاثیر عوامل مختلف می‌باشد باید از آزمون‌های آماری استفاده شود. جدول (۶) نتایج آزمون نرمال بودن بهره‌وری گندم را نشان می‌دهد. معیار تصمیم‌گیری برای تمام داده‌ها، بالای پنج درصد به دست آمد (تایید فرض صفر) و با اطمینان بالایی می‌توان نتیجه گرفت که تمام شبکه‌ها، داده‌های نرمالی دارند. برای اینکه دانسته شود آیا اختلاف وجود دارد یا ندارد از جدول تجزیه واریانس و آماره فیشر استفاده می‌شود.

با توجه به جدول (۷) معیار تصمیم‌گیری ۰/۰۰۱ به دست آمد و چون آزمون در سطح ۹۵ درصد مورد ارزیابی قرار می‌گیرد اختلاف معنی دار بین میانگین بهره‌وری‌ها وجود دارد (رد فرضیه صفر). برای اینکه مشخص شود از چه آزمونی استفاده گردد ابتدا باید مشخص شود داده‌ها توزیع نرمال و واریانس برابر دارند یا خیر. اگر هر دو شرط را دارا بودن از آزمون‌های پارامتریک و اگر حداقل یک شرط را نداشتند از آزمون‌های غیر پارامتریک استفاده می‌شود. جدول (۶) آزمون نرمال بودن و جدول (۸) تجزیه واریانس آن‌ها را نشان می‌دهد

شکل (۲) نمودار مربوط به آب آبیاری و عملکرد محصول گندم را در تمام شبکه‌ها نشان می‌دهد. همان‌طور که به نظر می‌رسد، یک رابطه غیر خطی بین این دو پارامتر قابل مشاهده می‌باشد. در ابتدا رابطه بین عملکرد و آب آبیاری مستقیم می‌باشد. این رابطه تا آب مصرفی حدود ۶۰۰۰ متر مکعب ادامه دارد، از اینجا به بعد هرچه حجم آب آبیاری زیاد می‌شود عملکرد، افزایش نمی‌یابد. وقتی حجم آب آبیاری از حدود ۷۰۰۰ مترمکعب افزایش می‌یابد، عملکرد کاهش پیدا می‌کند. رابطه غیر خطی، نشان‌دهنده این است که هر چه آب بیشتر به زمین داده شود لزوماً عملکرد افزایش پیدا نمی‌کند. به نظر می‌رسد تا زمانی که نیاز آبی گیاه تامین گردد، عملکرد نیز افزایش پیدا می‌کند و زمانی که از حد نیاز گیاه فراتر رفت، کم‌کم مشکلات ناشی از تجمع آب اضافی در منطقه توسعه ریشه، خود را نشان می‌دهد و عملکرد، رو به کم شدن می‌رود. به عبارت دیگر از زمانی که با افزایش آب آبیاری، عملکرد محصول افزایش پیدا نکند (حدود ۶۰۰۰ مترمکعب) بهره‌وری آب شروع به کم شدن می‌کند

#### آزمون آماری

برای اینکه توجه شود آیا اختلاف به وجود آمده بین میانگین

#### جدول ۶- آزمون نرمال بودن بهره‌وری آب گندم

شبکه	معیار تصمیم‌گیری
۰/۱۷۵	اوان
۰/۴۸۷	گتوند
۰/۹۶۲	شادگان
۰/۳۸۷	کرخه
۰/۴۹۶	مارون
۰/۴۵۵	دز
۰/۲۶۷	شاوور
۰/۲۱۲	فجر و جازان
۰/۷۲۶	رامشیر

#### جدول ۷- جدول تجزیه واریانس بهره‌وری آب گندم

Sig.	F	میانگین مربعات	درجه آزادی	مجموع مربعات	
۰/۰۰۱	۶/۲۱۵	۰/۲۵۶	۵	۱/۲۷۸	درون گروه
		۰/۰۴۱	۲۷	۱/۱۱۱	برون گروه
			۳۲	۲/۳۸۹	کل

### مهندی و همکاران: بررسی بهره‌وری آب آبیاری برای محصول گندم در...

بودن اعداد، باید از آزمون استفاده شود که حساسیت بالایی داشته باشد. آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار، دارای حساسیت بالا می‌باشد و آزمون مناسبی برای تحلیل میانگین بهره‌وری می‌باشد. جدول ۹ معیار تصمیم‌گیری برای مشخص کردن معنی‌دار بودن داده‌ها را نشان می‌دهد.

با توجه به جدول ۹ و سطح اطمینان ۹۵ درصد، آن شبکه‌هایی که معیار تصمیم‌گیریشان زیر ۰/۰۵ باشد اختلافشان با یکدیگر معنی‌دار (رد فرضیه صفر) می‌باشد. به طور مثال اختلاف میانگین بهره‌وری گندم شبکه اوان با شبکه‌های دز، مارون، شاور، رامشیر و فجر و جایزان معنی‌دار می‌باشد و با سایر شبکه‌ها اختلافشان معنی‌دار نیست. به همین طریق می‌توان یک دسته‌بندی کلی انجام داد. جدول ۱۰ این تقسیم‌بندی را که نتیجه تحلیل جدول ۹ نشان می‌دهد.

جدول ۸ نتیجه آزمون برابری واریانس‌ها را نشان می‌دهد. همان‌طور که مشخص است معیار تصمیم‌گیری بیش از ۰/۰۵ به دست آمد (تایید فرض صفر) در نتیجه واریانس شبکه‌ها برابر می‌باشد. در تمامی آزمون‌های آماری دو فرض صفر و فرض یک مورد بررسی قرار می‌گیرد. اگر معیار تصمیم‌گیری که به دست می‌آوریم بیش از ۰/۰۵ به دست آمد (در صورتی که آزمون در سطح اطمینان ۹۵ درصد بررسی گردد)، فرض صفر تایید می‌شود و اگر کمتر از ۰/۰۵ به دست آمد، فرض صفر رد می‌شود. با توجه به نوع آزمون، فرضیات آن مشخص می‌شود. فرض صفر دلالت بر برابری میانگین‌ها، و فرض یک نشان دهنده اختلاف معنی‌دار بین حداقل دو گروه از میانگین‌هاست. اگر معیار تصمیم‌گیری بیش از ۰/۰۵ به دست آید، فرض صفر تایید و میانگین‌ها برابر می‌باشند.

بعد از مشخص شدن نرمال بودن و یکسان بودن واریانس بهره‌وری هر شبکه از آزمون‌های پارامتریک استفاده می‌شود. به دلیل کوچک

### جدول ۸- آزمون برابری واریانس‌ها بهره‌وری آب گندم

شبکه	مقایسه‌های خروجی
کل شبکه‌ها	۰/۶۸۸

### جدول ۹- معیار تصمیم‌گیری میانگین بهره‌وری آب گندم

شبکه	کرخه	فجر و جایزان	گتوند	رامشیر	شادگان	شاور	مارون	اوان	دز
دز	۰/۳۴۶	۰/۴۷۳	۰/۰۱۹	۰/۲۲۲	۰/۱۳۶	۰/۴۵۶	۰/۴۶۶	۰/۰۰۶	-
اوان	۰/۰۵۸	۰/۰۰۱	۰/۷۴۱	۰/۰۰۰	۰/۲۸۹	۰/۰۰۱	۰/۰۳۶	۰/۰۰۰	۰/۰۰۶
مارون	۰/۸۲۹	۰/۱۶۲	۰/۰۹۰	۰/۰۵۹	۰/۳۹۳	۰/۱۴۵	۰/۰۰۰	۰/۰۳۶	۰/۴۶۶
شاور	۰/۰۹۶	۰/۹۹۵	۰/۰۰۳	۰/۶۰۴	۰/۰۳۴	۰/۰۰۰	۰/۱۴۵	۰/۰۰۱	۰/۴۵۶
شادگان	۰/۵۰۷	۰/۰۴۰	۰/۴۶۷	۰/۰۱۴	۰/۰۰۰	۰/۰۳۴	۰/۳۹۳	۰/۲۸۹	۰/۱۳۶
رامشیر	۰/۰۳۸	۰/۶۲۴	۰/۰۰۱	۰/۰۰۰	۰/۰۱۴	۰/۶۰۴	۰/۰۵۹	۰/۰۰۰	۰/۲۲۲
گتوند	۰/۱۳۴	۰/۰۰۴	۰/۰۰۰	۰/۰۰۱	۰/۴۶۷	۰/۰۰۳	۰/۰۹۰	۰/۷۴۱	۰/۰۱۹
فجر و جایزان	۰/۱۱۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۴	۰/۶۲۴	۰/۰۴۰	۰/۹۹۵	۰/۱۶۲	۰/۰۰۱	۰/۴۷۳
کرخه	۰/۰۰۰	۰/۱۱۰	۰/۱۳۴	۰/۰۳۸	۰/۵۰۷	۰/۰۹۶	۰/۸۲۹	۰/۰۵۸	۰/۳۴۶



**جدول ۱۰- گروه بندی شبکه ها بر اساس شاخص بهره وری آب گندم**

گروه سوم	گروه دوم	گروه اول
شاوور-۰/۵۲	کرخه-۰/۷۶	اوان-۱/۰۳
فجر-۰/۵۱	مارون-۰/۷۳	گتوند-۰/۹۸
رامشیر-۰/۴۴	دز-۰/۶۲	شادگان-۰/۸۶

ارائه راه حل مناسب برای افزایش عملکرد، باید منطقه به طور کامل مورد بررسی قرار گیرد و مشکل پایین بودن عملکرد روشن گردد. عواملی چون کیفیت پایین آب، مشکلات مربوط به خاک منطقه (از لحاظ فیزیکی و شیمیایی)، زمان کشت محصول، بذر مورد استفاده و یا هر دلیلی که بتواند عامل محدود کننده در به حداکثر رسیدن عملکرد محصول باشد، باید مشخص گردد و با مدیریت صحیح، مشکل حل شود. شبکه رامشیر جز این گروه می باشد.

با توجه به بهره وری به دست آمده و الگوی کشت در حال اجرا، پیشنهاد می شود، در شبکه های اوان و گتوند کشت گندم افزایش پیدا کند. در شادگان، با توجه به اینکه عملکرد محصول کم می باشد ولی به دلیل مصرف پایین آب، بهره وری افزایش پیدا کرده و پیشنهاد می شود، آبرسانی به این شبکه افزایش پیدا کند. شبکه های دز، مارون و شاوور عملکرد مناسبی در کشت گندم دارند ولی به دلیل مصرف بالای آب، از بهره وری مناسبی برخوردار نیستند، پیشنهاد می گردد در این شبکه ها صرفه جویی آب در اولویت قرار گیرد. در شبکه های رامشیر و فجر و جایزان به دلیل مصرف بالای آب و همچنین پایین بودن عملکرد محصول و در نتیجه کم بودن بهره وری آب، پیشنهاد می گردد درصد کشت گندم در این دو شبکه کاهش پیدا کند.

**تشکر و قدردانی**

از حمایت مالی دانشگاه شهید چمران اهواز، همکاری سازمان آب و برق استان خوزستان و همچنین سازمان جهاد کشاورزی استان خوزستان کمال تشکر و قدردانی به عمل می آید.

با توجه به جدول (۱۰) سه گروه مشخص شده که به ترتیب اولویت مرتب شده است. شبکه های موجود در هر گروه با هم اختلاف معنی دار ندارند. پیشنهاد می شود در شبکه های گروه اول تمرکز الگوی کشت، در گندم متمرکز شود.

**نتیجه گیری**

نتایج به دست آمده از بهره وری گندم، مشکلات ناشی از پایین بودن بهره وری آب شبکه ها را می توان به سه گروه مختلف تقسیم کرد:

- شبکه هایی که مشکل پایین بودن عملکرد در واحد سطح را ندارند، ولی آب مصرف شده برای تولید محصول در آن ها بسیار زیاد می باشد. راهکار اساسی در این شبکه ها، صرفه جویی در مصرف آب آبیاری و مدیریت مصرف آب می باشد. شبکه های دز و شاوور یکی از این شبکه ها می باشند.

- شبکه هایی که در آن ها آب کافی به زمین نمی رسد و به تبع آن عملکرد محصول کم می باشد. به نظر می رسد حل این مشکل باید آب مورد نیاز گیاه را تأمین کرد. در جاهایی که چنین امکانی وجود ندارد، می توان با تغییر الگوی کشت منطقه، استفاده از بذور اصلاح شده و مقاوم به کم آبی، استفاده از روش های مدیریت آبیاری (کم آبیاری، آبیاری یک در میان، استفاده مجدد از زه آب ها و...) یا هر تدبیر دیگری که مشکل کمبود آب را حل می کند، سبب بهبود بهره وری در منطقه شد.

- شبکه هایی که آب مورد نیاز گیاه تأمین می گردد، ولی عملکرد مورد انتظار، حاصل نمی گردد (شبکه های رامشیر و فجر و جایزان). برای

**منابع**

- ۱- احسانی، م. و ه. خالدی. ۱۳۸۲ الف. بهره وری آب کشاورزی. کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران، گروه کار سیستم های آبیاری در مزرعه. ۱۱۵ صفحه.
- ۲- احسانی، م. و ه. خالدی. ۱۳۸۲ ب. شناخت و ارتقای بهره وری آب کشاورزی به منظور تأمین امنیت آبی و غذایی کشور. مجموعه مقالات یازدهمین همایش کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران، تهران.
- ۳- اکبری، م.، دهقانی، م. و ا. میرلطیفی. ۱۳۸۸. تأثیر برنامه ریزی آبیاری بر بهره وری آب در کشاورزی (مطالعه موردی: شبکه آبشار اصفهان). مجله آبیاری و زهکشی، ۳ (۱): ۶۹-۷۳.

مهندی و همکاران: بررسی بهره‌وری آب آبیاری برای محصول گندم در...

۴- بی نام. ۱۳۹۱. آمار هواشناسی استان خوزستان. اداره کل هواشناسی استان خوزستان.

۵- حیدری، ن. ۱۳۹۰. تعیین و ارزیابی شاخص کارایی مصرف آب محصولات زراعی تحت مدیریت کشاورزان در سطح کشور. مجله مدیریت آب و آبیاری، (۲)۱: ۴۳-۵۷.

۶- رضایی‌راد، ه.، هوشمند، ع. و م. م. دوست محمدی. ۱۳۹۲. بررسی بهره‌وری آب سه محصول زراعی جو، گندم و یونجه استان اصفهان (به تفکیک شهرستان). دانشگاه آزاد اسلامی (واحد خوراسگان)، دانشکده کشاورزی، ۱۰ صفحه.

۷- عربی یزدی، ا.، علیزاده، ا. و ف. محمدیان. ۱۳۸۸. بررسی ردپای اکولوژیک آب در بخش کشاورزی ایران. نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)، (۴)۲۳: ۱-۱۵.

۸- محمدی، ح. و آ. تعالی مقدم. ۱۳۹۰. تجارت آب مجازی برای محصولات عمده کشاورزی در ایران. دومین کنفرانس ملی پژوهش‌های کاربردی منابع آب ایران، شرکت آب منطقه‌ای، زنجان، ۱۳ صفحه.

۹- مهندی، م.، الباجی، م. و م. م. دوست محمدی. ۱۳۹۲. بررسی بهره‌وری آب سه محصول زراعی جو، گندم و یونجه در استان خوزستان به تفکیک شهرستان. چهارمین همایش ملی مدیریت شبکه‌های آبیاری و زهکشی، دانشگاه شهید چمران اهواز، دانشکده مهندسی علوم آب، ۸ صفحه.

۱۰- نی ریزی، س. و ر. حلمی فخرداد. ۱۳۸۲. مقایسه کارایی مصرف آب در چند نقطه خراسان. مجموعه مقالات یازدهمین همایش کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران، تهران.

11- Kang, S., Zhang, L., Liang, Y. and H. Cai. 2002. Effects of limited irrigation on yield and water use efficiency of winter wheat on the Loess Plateau of China. In: McVicar, soil assessment for managing sustainable agriculture in China and Australia. (Monograph T.R., Rui, L., Walker, J., Fitzpatrick, R.W., and Changming, L. (Eds) Regional water and no. 841 Australian Centre for International Agricultural Research, Canberra, pp 105-116

12- Liu, J., Zehnder, A. J. B. and H. Yang. 2008. Drops for crops: Modelling crop water productivity on a global scale. Global NEST Journal, 10(3): 295-300.

13- Molen, D. J., Sakthivadivel, R. and C. J. Perrye. 1998. Indicators for comparing performance of irrigated agricultural systems. Research Report 20, Colombo, Sri Lanka: International Water Management Institute.

14- Oweis, T. 1997. Supplemental irrigation: A highly efficient water-use practice ICARDA. Report, Aleppo, Syria, 16p.

15- Singh, R., Van Dam, J. C. and R. A. Feddes. 2006. Water productivity analysis of irrigated crops in Sirsa District. Indian Agricultural Water Management, 82: 253-278.

16- Zwart, S. J. and W.G.M. Bastiaanssen. 2004. Review of measured crop water productivity values for irrigated wheat, rice, cotton and maize. Agricultural Water Management, 69(2):115-133