تحقیقات آب و خاک ایران، دوره ۴۹، شماره ۴، مهر و آبان ۱۳۹۷ (ص ۸۳۰-۸۲۱) **DOI:** 10.22059/ijswr.2017.240752.667747

تعیین بهره‌وری مصرف آب در سامانه‌های آبیاری سطحی و بارانی گندم (مطالعه موردی بهبهان)

نادر سلامتی*[1]، جواد باغانی[2]، فریبرز عباسی[3]

۱. استادیار پژوهش، بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اهواز، ایران

۲. استادیار پژوهش، موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران

۳. استاد پژوهش، موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران

(تاریخ دریافت: ۱۶/ ۶/ ۱۳۹۶- تاریخ بازنگری: ۲۶/ ۷/ ۱۳۹۶- تاریخ تصویب: ۲۴/ ۸/ ۱۳۹۶)

چکیده

این تحقیق با هدف مطالعه‌ای میدانی برای اندازه‌گیری مستقیم و مزرعه‌ای آب مصرفی گندم تحت مدیریت کشاورزان در یک فصل زراعی (۹۶-۱۳۹۵) در ۲۱ مزرعه از مزارع شهرستان بهبهان انجام شد. مقادیر اندازه‌گیری شده با نیاز آبی خالص به روش پنمن- مانتیث (سند ملی به‌روز شده) و همچنین با مقادیر سند ملی آب مقایسه گردید. نتایج نشان داد که راندمان کاربرد مزرعه از ۲۲/۷ تا ۹۹/۷ درصد در نوسان بود. میانگین بهره‌وری مصرف آب گندم در مزارع با سامانه آبیاری بارانی و سطحی در شهرستان بهبهان معادل ۰/۹۲ کیلوگرم بر مترمکعب بود. بالاترین مصرف آب در مزارع زیرپوشش چشمه‌ها به میزان ۴۶۲۶ مترمکعب بر هکتار به ثبت رسید. نتایج مقایسه میانگین نیاز آبی در آزمون تی (t-Test) نشان داد که میانگین سند ملی و به‌روز شده به ترتیب با ۴۸۳/۴ و ۴۵۵/۰ میلی‌متر در کل دوره رشد، اختلاف معنی‌داری با هم داشتند. ضرایب همبستگی پیرسون نشان داد که روند تغییرات حجم آب مصرفی، تغییراتی معنی‌داری در سطح ۱ درصد و غیر هم‌راستا با روند تغییرات شاخص راندمان کاربرد و بهره‌وری مصرف آب داشت. هرچه دبی مزرعه و حجم آب مصرفی افزایش یابد بهره‌وری مصرف آب کاهش پیدا می‌کند.

واژه‌های کلیدی: گندم، حجم آب مصرفی، نیاز آبی، راندمان کاربرد

مقدمه

بخش عمده آب مورد نیاز بخش کشاورزی در ایران همانند سایر کشورها، از منابع آب‌های سطحی و زیرزمینی تأمین می‌شود. در شرایط فعلی که تناقضاتی در میزان آب مصرفی محصولات مختلف بین سازمان‌های مختلف وجود دارد، انجام یک کار پژوهشی در سطح کشور که بتواند به اعداد متقنی در باره حجم آب مصرفی محصولات مختلف در کشور منتهی شود، امری لازم و ضروری بوده و نتایج آن می‌تواند کمک شایانی به تصمیم-گیری مسئولین مرتبط با آب و کشاورزی بنماید. در مورد آب مصرفی گندم در گذشته مطالعاتی صورت گرفته است که به نتایج بدست آمده از تعدادی از آنها اشاره می‌شود. Haghighati (2013) با انجام یک طرح تحقیقاتی، میزان عملکرد گندم در مزرعه‌ای با سامانه آبیاری بارانی را در شهرستان شهرکرد ۶۲۰۰ کیلوگرم بر هکتار و حجم آب مصرفی را ۵۳۶۸ مترمکعب بر هکتار و بهره‌وری مصرف آب را ۱/۱۵ کیلوگرم بر مترمکعب اعلام نمود. Nirizi and Helmi Fakhrdavood (2004) در ارزیابی مزرعه‌ای در سه شهرستان چناران، تربت‌حیدریه و تربت‌جام به ترتیب در سه مزرعه با سامانه‌های سطحی، قطره‌ای و بارانی میزان بهره‌وری محاسبه‌شده برای گندم را به ترتیب ۰/۳۸، ۰/۷۶ و ۰/۴۴ کیلوگرم بر مترمکعب گزارش نمودند. Asadi *et al.* (2001) بهره‌وری مصرف آب در گندم در شهرکرد را ۰/۶۱ تا ۱/۳۵ کیلوگرم در مترمکعب اعلام کرده‌اند. بر اساس نتایج، میانگین شاخص بهره‌وری مصرف آب محصولات زراعی گندم (دانه) برای مناطق کرمان، همدان، مغان، گلستان و خوزستان برابر ۰/۷۳ کیلوگرم بر مترمکعب اندازه‌گیری گردید (Heydari، 2011). در تحقیق دیگری با هدف تعیین بهره‌وری مصرف آب در مزارع گندم تحت مدیریت کشاورزان منطقه دشت آزادگان در جنوب حوضه آبریز کرخه، بهره‌وری مصرف آب از ۰/۱ تا ۱/۲ کیلوگرم بر مترمکعب متغیر بوده (با احتساب مقدار باران مؤثر به عنوان بخشی از آب مصرفی) ولی دامنه آن برای حدود ۶۰ درصد مزارع کشاورزان مورد مطالعه، از ۰/۳ تا ۰/۶ کیلوگرم بر مترمکعب و متوسط آن حدود ۰/۴۵ کیلوگرم بر

* نویسنده مسئول: nadersalamati@yahoo.com

Archive of SID
www.SID.ir

مترمکعب بدست آمد (Abasalan *et al.*، 2010). در یک بررسی دیگر، مقادیر بهره‌وری مصرف آب ۱۰ محصول زراعی انتخابی با استفاده از نتایج ۶۷ طرح تحقیقاتی انجام شده طی سال‌های ۱۳۷۲ تا ۱۳۸۵ در ایستگاه‌های تحقیقاتی ۱۳ استان کشور، تعیین گردید. بر اساس نتایج این بررسی، میانگین بهره‌وری مصرف آب گندم، جو، برنج، چغندرقند، ذرت، پنبه (بذر)، یونجه، سیب‌زمینی، گوجه‌فرنگی و کنجد به ترتیب ۱/۶۲، ۲/۳۷، ۰/۴۲، ۰/۵۳، ۱/۱۷، ۰/۶۱، ۰/۸۹، ۲/۷۴، ۶/۷۷ و ۰/۱۱ کیلوگرم بر مترمکعب بود (Montazar and Kosari، 2007). بر اساس مطالعه تعداد ۸۴ منبع تحقیقاتی مربوط به ۲۵ سال اخیر، اطلاعات گندم از ۱۳ کشور، برنج از ۸ کشور، پنبه از ۹ کشور و ذرت از ۱۰ کشور جمع‌آوری‌شده و مقایسه گردیدند. متوسط شاخص بهره‌وری مصرف آب این محصولات شامل گندم، برنج، پنبه (تولید دانه)، پنبه (تولید وش) و ذرت به ترتیب ۱/۰۹، ۱/۰۹، ۰/۶۵، ۰/۲۳ و ۱/۸ کیلوگرم بر مترمکعب بود (Zwart and Bastiaansen, 2004). Prihar *et al.* (1976) با انجام مطالعه‌ای در کرت‌های آزمایشی در منطقه نیمه‌خشک لادهیانی هند، مقدار تبخیر تعرق گندم را ۴۵۴ میلی‌متر گزارش کردند. بهره‌وری مصرف آب گندم استان‌های مختلف کشور نیز با استفاده از آمار دراز مدت عملکرد و استفاده از مدل هیدرولوژی و بیلان آب به نام SWAT (برای تعیین تبخیر و تعرق) برآورد گردید (Faramarzi *et al.*، 2010). Abd El-Rahman (2009) سه واریته گندم را با دو مقدار آبدهی قطره‌چکان شامل چهار و هشت لیتر در ساعت و دو آرایش یک خط و دو خط آبیاری قطره‌ای سطحی در کشور مصر بررسی نموده و گزارش کرد که دو خط آبیاری با آبدهی ۴ لیتر در ساعت بهترین تیمار و بهره‌وری مصرف آب آبیاری سه واریته گندم ۱/۲۰، ۱/۱۷ و ۱/۱۳ کیلوگرم دانه در مترمکعب آب بود.

Kahlown *et al.* (2007) در ارزیابی مزارع بارانی گندم منطقه پنجاب پاکستان، میزان بهره‌وری مصرف آب را ۳/۹۵ کیلوگرم بر مترمکعب اندازه‌گیری نمودند. Heydari (2011) در ارزیابی ۷ مزرعه گندم در شهرستان بردسیر کرمان که با سامانه آبیاری بارانی دوار مرکزی آبیاری می‌شدند، میانگین عملکرد ۷ مزرعه را ۳۷۸۶ کیلوگرم بر هکتار، مقدار مصرف آب در مزرعه را ۸۰۹۴ مترمکعب بر هکتار و بهره‌وری مصرف آب را معادل ۰/۵۵۹ کیلوگرم بر مترمکعب اعلام نموده است. Shajari (2012) نیز میزان بهره‌وری محاسبه شده در آبیاری سطحی مزرعه گندم در دشت داراب را ۰/۷۰۹ کیلوگرم بر مترمکعب اعلام کرده است. Heydari (2011) در پژوهشی که در استان‌های کرمان، گلستان و خوزستان انجام داد، میانگین عملکرد گندم در این استان‌ها را به ترتیب ۳۷۸۵، ۲۲۷۴ و ۳۴۹۴ و به همین ترتیب میزان آب مصرفی را ۸۳۹۱، ۱۵۹۲ و ۳۱۰۰ مترمکعب در هکتار و بهره‌وری مصرف آب متناظر را ۰/۴۵۱، ۱/۴۳۰ و ۱/۱۳۰ کیلوگرم بر مترمکعب اعلام نموده است. Ghasemi Nejad Raeini *et al.* (2012) در ارزیابی صورت گرفته در ۵ مزرعه گندم شهرستان همدان که از سامانه آبیاری سطحی استفاده می‌کردند، میانگین عملکرد را ۵۸۸۷ کیلوگرم در هکتار و حجم آب مصرفی را ۵۰۰۷ مترمکعب در هکتار اندازه‌گیری و بهره‌وری مصرف آب را ۱/۱۸۰ کیلوگرم بر مترمکعب اعلام نمودند. نتایج پژوهش انجام شده بر روی گندم در منطقه سیستان با دو روش آبیاری نواری انتها بسته و شیاری نشان داد که اثر روش آبیاری بر صفات مورد بررسی معنی‌دار نبود؛ اما تیمار میزان آب آبیاری، کلیه فاکتورهای رشد گیاه را به صورت معنی‌دار تحت تأثیر قرار داد. میانگین آب مصرفی در تیمار آبیاری کامل، ۷۵ درصد آبیاری کامل و ۵۵ درصد آبیاری کامل به ترتیب برابر با ۴۴۷۳، ۳۵۰۵ و ۲۷۳۰ و بهره‌وری مصرف آب در دامنه ۰/۹۵ تا ۱/۱۷ کیلوگرم بر مترمکعب بدست آمد (Keykhaei and Ganjikhorramdel, 2016). در تحقیق انجام شده در شهر همدان اثرات سه نوع سامانه آبیاری؛ بارانی، قطره‌ای (تیپ) و جویچه‌ای بر چندین رقم گندم مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد تفاوت بین ارقام از نظر عملکرد معنی‌دار نبود. مقدار بهره‌وری مصرف آب آبیاری در روش آبیاری تیپ، بارانی و جویچه‌ای (بدون در نظر گرفتن بارندگی مؤثر) به ترتیب ۱/۶، ۱/۱ و ۰/۶۹ کیلوگرم به ازای واحد آب مصرفی بود (Ghadami Firouzabadi *et al.*, 2017). نتایج پژوهش دیگر نشان داد مقادیر بهینه بهره‌وری آب کاربردی گندم در منطقه مشهد و در شرایط محدودیت منابع آب، با در نظر گرفتن میزان بارندگی مؤثر در این منطقه، با بکارگیری کل آب کاربردی به اندازه ۴۲۰ میلیمتر و با اعمال مدیریت کم‌آبیاری، برابر ۱/۱ کیلوگرم بر مترمکعب می‌باشد Nakhjavanimoghaddam *et al.*, 2017). اخیراً، متوسط بهره‌وری مصرف آب در کشور ۱/۳۲ کیلوگرم بر مترمکعب و رشد سالیانه آن در ۱۱ سال اخیر ۰/۰۴۱ کیلوگرم بر مترمکعب گزارش شده است (Abbasi *et al.*, 2017).

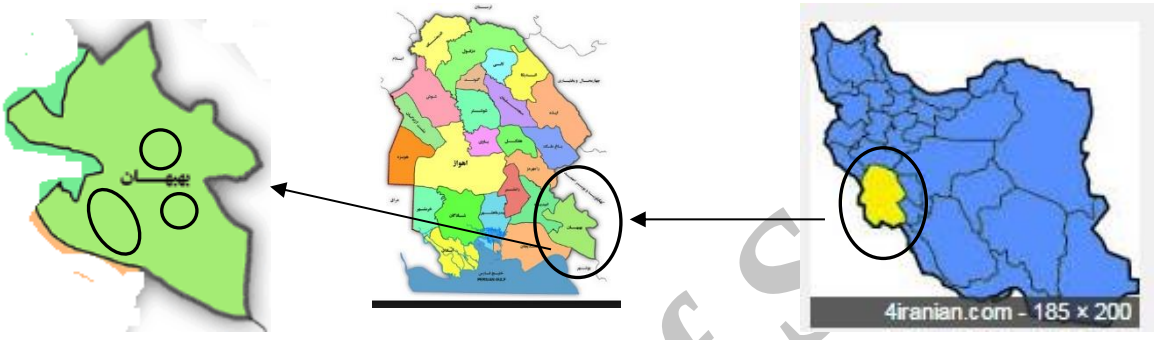
مقاله حاضر برگرفته از نتایج پروژه‌ای است که با هدف تعیین بهره‌وری مصرف آب گندم تحت مدیریت‌های زراعی مختلف و در سامانه‌های متفاوت آبیاری و همچنین به منظور مقایسه میزان مصرف آب آبیاری با نیاز آبی محاسبه شده برای گندم (اعداد موجود در سند ملی آب) انجام شده است.

Archive of SID

www.SID.ir

مواد و روش‌ها

این پروژه که یک پژوهش میدانی است، به منظور تعیین آب مصرفی گندم تحت مدیریت کشاورزان در سطح شهرستان بهبهان اجرا شد. بدین صورت که در تعداد ۲۱ مزرعه از مزارع کشاورزان، حجم آب مصرفی گندم (بدون دخالت در برنامه آبیاری آنها) اندازه‌گیری شد. اطلاعات پایه شامل مشخصات و موقعیت مزرعه، بافت خاک، EC خاک و آب آبیاری با استفاده از نمونه‌برداری از آب و خاک مزرعه تعیین شد. منابع آبی مزارع طوری انتخاب شدند که عوامل مختلف از جمله روش آبیاری، بافت خاک و کیفیت آب آبیاری را پوشش دهند. حجم آب مصرفی گندم زیر هر منبع آبی در طول یک فصل زراعی با اندازه‌گیری دبی منبع آبی و زمان کارکرد آن تعیین شد. در شکل (۱) موقعیت مکانی مزارع مورد مطالعه در شهرستان بهبهان نشان داده شده است.



شکل ۱. پراکندگی مزارع مورد مطالعه در شهرستان بهبهان

برای تعیین حجم آب مصرفی، ابتدا مقدار دبی خروجی از منبع آبی انتخاب شده، به وسیله فلوم و یا کنتور اندازه‌گیری شد. ویژگی‌های مزارع شامل روش آبیاری، منبع آب آبیاری (سطحی، زیرزمینی)، نوع شبکه (مدرن، سنتی)، موقعیت دقیق مکانی با GPS، سطح زیر کشت محصول، بافت خاک مزارع، هدایت الکتریکی خاک و آب آبیاری مورد استفاده، اندازه‌گیری و ثبت گردید. بارندگی مؤثر سال زراعی ۱۳۹۶-۱۳۹۵ به روش SCS برآورد گردید. منظور از سند به‌روز شده در واقع محاسبه نیاز آبی خالص به روش پنمن- مانتیث می‌باشد. برآورد نیاز آبی با استفاده از پارامترهای دمای حداقل و حداکثر، رطوبت حداقل و حداکثر، حداکثر ساعات آفتابی و سرعت باد در ایستگاه هواشناسی سینوپتیک بهبهان از سال ۱۳۸۵ تا سال ۱۳۹۵ و استفاده از نرم‌افزار ETCalculator انجام شد. مقادیر اندازه‌گیری شده آب مصرفی با مقادیر سند ملی مقایسه گردید. عملکرد محصول در پایان فصل زراعی نیز با مشاهده فاکتورهای فروش و برگه‌های باسکول بهره‌بردارانی که مزارع آن‌ها تحت مطالعه بود، تعیین و بهره‌وری مصرف آب مزارع محاسبه و مقایسه شدند. آب مورد نیاز برای آبشویی مزارع مورد مطالعه بر اساس نشریه فائو ۲۹ در آبیاری سطحی و بارانی از رابطه زیر برآورد شد:

$$LR=EC_w/(5EC_e-EC_w) \quad \text{(رابطه ۱)}$$

که در آن، ECw (dS/m) هدایت الکتریکی آب آبیاری، ECe (dS/m) آستانه تحمل به شوری محصول است. آستانه تحمل با ۱۰ درصد کاهش عملکرد برای محصولات مورد مطالعه از نشریه فائو ۲۹ استخراج شده است. آستانه تحمل با ۱۰ درصد کاهش عملکرد برای گندم ۷/۴ دسی زیمنس بر متر توسط فائو گزارش شده است. برای محاسبه راندمان کاربرد ابتدا با استفاده از میانگین آمار ۱۰ ساله هواشناسی و نرم‌افزار ETCalculator نیاز آبی هر مزرعه از زمان کاشت تا برداشت محاسبه و بارندگی مؤثر نیز در نظر گرفته شد. با استفاده از فرمول (۱) نیاز آبشویی بر حسب درصد محاسبه گردید و سپس با در نظر گرفتن نیاز آبی برای هر مزرعه، نیاز آبشویی بر حسب میلی‌متر محاسبه شد. باکم نمودن بارندگی مؤثر از نیاز آبی محاسبه شده و اضافه نمودن نیاز آبشویی به آن و تقسیم نمودن حاصل بر مقدار حجم آب مصرفی در هر مزرعه و در انتها ضرب نمودن در عدد ۱۰۰، راندمان کاربرد بر حسب درصد محاسبه شد. برای مقایسه آماری نتایج اندازه‌گیری و محاسبه شده در مزرعه در سامانه‌های مختلف آبیاری از آزمون تی (t-Test) استفاده شد. مقادیر خروجی آزمون تی دو مقدار آماره T[1] و T بحرانی[2] هستند. اگر قدرمطلق مقادیر آماره T از T بحرانی کوچک‌تر باشد، نتیجه آزمون بی‌معنی بودن اختلاف مقادیر اندازه‌گیری شده در دو سامانه آبیاری را نشان می‌دهند وگرنه مقادیر اندازه‌گیری شده،

1. T statistic
2. T critical

Archive of SID
www.SID.ir

اختلاف معنی‌دار خواهند داشت. همچنین برای مقایسه آماری نتایج اندازه‌گیری و محاسبه شده در مزرعه در سامانه‌های مختلف آبیاری از ضرایب همبستگی پیرسون برای پارامترهای اندازه‌گیری یا محاسبه شده استفاده گردید. بدین منظور ضرایب همبستگی بر اساس تعداد مزارعی که مورد ارزیابی قرار گرفتند و بر اساس معنی‌دار بودن روند تغییرات در سطوح ۱ و ۵ درصد و هم سو یا ناهم‌سو بودن این روند، این بررسی و تجزیه و تحلیل برای پارامترهای مختلف انجام پذیرفت.

نتایج و بحث

تعداد ۲۱ مزرعه در نقاط مختلف شهرستان بهبهان انتخاب شدند. ۹ مزرعه در بخش حومه و مرکزی، ۸ مزرعه در بخش دودانگه و ۴ مزرعه در بخش زیدون انتخاب شدند. ارتفاع از سطح دریا از ۷۶ متر شروع شده و به ۳۷۷ متر ختم شد. سطح زیرکشت مزارع از ۰/۶ تا ۳۳/۹ هکتار متغیر بود. ۵ مزرعه از رودخانه خیرآباد، ۸ مزرعه از رودخانه مارون، ۱ مزرعه از رودخانه زهره، ۴ مزرعه از چاه، ۲ مزرعه از چشمه و ۱ مزرعه از چاه و چشمه به‌صورت هم‌زمان استفاده نمودند، ۱۶ مزرعه به روش مدرن آبیاری می‌شدند و ۵ مزرعه با استفاده از چاه و آب رودخانه و چشمه به روش سنتی آبیاری شدند. تعداد ۸ مزرعه‌ی گندم به روش بارانی و ۱۳ مزرعه به روش سطحی آبیاری شدند. در سه مزرعه به دلیل ارقام مختلف کشت شده و تاریخ کشت-های گوناگون و زمان‌های برداشت مختلف، هر مزرعه به دو یا سه بخش تقسیم شد. مزرعه اول به سه بخش (مزارع ۱، ۲ و ۳) و دو مزرعه دیگر هر کدام به دو بخش (مزارع ۲۰ و ۲۱) و (۲۴ و ۲۵) تقسیم شدند. مقادیر دبی از ۵/۶۷ تا ۹۵/۶۱ لیتر بر ثانیه، شوری خاک مزارع از ۰/۶۵ تا ۷/۳۵ (dS/m)، شوری آب آبیاری نیز از ۰/۷۷ تا ۴/۹۷ (dS/m)، دبی مورد استفاده در مزارع نیز از ۶/۸۴ تا ۹۵/۶۱ (lit/s)، عمق آب آبیاری از ۲۴/۰ تا ۱۶۱/۷ میلی‌متر، نوبت‌های آبیاری از ۳ تا ۲۰ نوبت و نیاز آبشویی در تمام مزارع از ۲/۱ تا ۱۵/۵ درصد متغیر بود (جدول ۱).

میانگین عملکرد گندم در مزارع با سامانه‌های آبیاری بارانی و سطحی در شهرستان بهبهان معادل ۳۷۰۶/۶ کیلوگرم در هکتار بود. بین کم‌ترین و بیش‌ترین عملکرد در مزارع آبیاری بارانی و سطحی به ترتیب ۶۰/۰۰ و ۲۳/۸۶ درصد اختلاف وجود داشت. اختلاف زیاد بین بیش‌ترین و کم‌ترین عملکرد در مزارع با سامانه آبیاری بارانی نسبت به مزارع آبیاری سطحی شاید به دلیل رعایت نمودن تاریخ کاشت در بعضی مزارع و عدم رعایت تاریخ کاشت در بعضی دیگر از مزارع باشد؛ زیرا که رعایت تاریخ کاشت در نمایان شدن حداکثر عملکرد محصول مؤثر بوده و عدم رعایت آن نیز موجب شده تا کاهش عملکرد، اصلی‌ترین واکنش گیاه به این اصل مهم باشد. لازم به ذکر است که مزارع آبیاری بارانی در کشت قبل از گندم، عمدتاً زیر کشت ذرت بوده که بیش‌تر این مزارع به صورت دانه‌ای برداشت شدند. از آنجایی که برداشت ذرت دانه‌ای در منطقه بهبهان عمدتاً به ماه‌های دی و بعضاً به بهمن‌ماه موکول می‌شود و با توجه به این‌که تاریخ کاشت مناسب گندم در خوزستان از ۱۵ آبان تا ۱۵ آذر پیشنهاد گردیده است، لذا کاشت گندم در دی‌ماه و یا اوایل بهمن منجر گردیده تا دوره رشد گندم کوتاه شده و گندم فرصت کافی برای رسیدن به حداکثر پتانسیل تولید خود را نداشته باشد و این مسئله متعاقباً موجبات کاهش عملکرد محصول را فراهم نموده است. میانگین بهره‌وری مصرف آب گندم در مزارع با سامانه آبیاری بارانی و سطحی در شهرستان بهبهان معادل ۰/۸۸ کیلوگرم بر مترمکعب بود. میانگین بهره‌وری مصرف آب در تمام مزارع از ۰/۳۹ تا ۱/۲۹ کیلوگرم بر مترمکعب در نوسان بود. میانگین راندمان کاربرد گندم در شهرستان بهبهان معادل ۸۱/۴ درصد بود. میانگین راندمان کاربرد در تمام مزارع از ۲۲/۷۴ تا ۹۹/۷ درصد متغیر بود (جدول ۱). میانگین حجم آب مصرفی گندم در سامانه‌های آبیاری بارانی و سطحی معادل ۴۱۸۴/۷ مترمکعب در هکتار بود که در تمام مزارع از ۲۸۴۶ تا ۸۸۵۷ مترمکعب در هکتار در نوسان بود (شکل ۱). میانگین نیاز آبشویی گندم در سامانه‌های آبیاری بارانی و سطحی در شهرستان بهبهان معادل ۳۰/۱ میلی‌متر بود. میانگین عمق آب آبیاری در مزارع آبیاری سطحی و بارانی به ترتیب ۹۳/۹ و ۳۴/۶ میلی‌متر بودند. کم‌ترین و بیش‌ترین عمق آب آبیاری در مزارع آبیاری بارانی به ترتیب ۲۴ و ۵۳/۷ میلی‌متر اندازه‌گیری شد. نوع بافت خاک، سرعت پاشش آب‌پاش‌ها و میزان شوری آب چاه‌ها در این اختلاف عمق آبیاری مؤثر بوده است. کم‌ترین و بیش‌ترین نوبت‌های آبیاری در مزارع آبیاری بارانی به ترتیب ۷ و ۲۰ نوبت و در مزارع آبیاری سطحی به ترتیب ۳ و ۱۱ نوبت اندازه‌گیری شدند. اختلاف کم‌تر عمق آب آبیاری در سامانه آبیاری بارانی به دلیل نوع سامانه و حجم آب مصرفی کم‌تری است که در این سامانه نسبت به سطحی انجام شده است. میانگین نیاز آبی گندم بر اساس سند ملی آب و سند به روز شده در سامانه‌های آبیاری بارانی و سطحی در شهرستان به ترتیب ۴۸۳/۴ و ۴۵۵/۰ میلی‌متر بودند. میانگین نیاز آبی گندم بر اساس سند ملی آب و سند به روز شده در تمام مزارع به ترتیب از ۴۵۹/۰ تا ۵۱۱/۰ و از ۳۷۳/۴ تا ۵۱۷/۰ میلی‌متر در نوسان بود. کم‌ترین و بیش‌ترین نیاز آبی به‌روز شده در مزارع آبیاری بارانی به ترتیب ۳۷۳/۴ و ۵۱۷/۰ و در مزارع آبیاری

Archive of SID
www.SID.ir

سطحی به ترتیب ۳۸۱/۴ و ۴۹۷/۷ میلی‌متر محاسبه شدند. بین کم‌ترین و بیش‌ترین نیاز آبی به‌روز شده در مزارع آبیاری بارانی و سطحی به ترتیب ۲۷/۷۹ و ۱۶/۱۶ درصد اختلاف وجود داشت. اختلاف بیش‌تر نیاز آبی به‌روز شده در سامانه آبیاری بارانی به دلیل تاریخ کاشت‌های متفاوتی بود که در مزارع زیر پوشش این سامانه نسبت به سامانه دیگر ثبت شد. به‌عبارت دیگر این اختلاف مربوط به دوره‌های رشد متفاوتی بود که در مزارع آبیاری بارانی به دلیل تاریخ کشت‌های متنوع مشاهده شد (نسبت به آبیاری سطحی) (شکل ۲). طول دوره رشد گندم در تمام مزارع از ۱۲۱ تا ۱۸۶ روز در نوسان بود. کم‌ترین و بیش‌ترین طول دوره رشد در مزارع آبیاری بارانی به ترتیب ۱۲۱ و ۱۶۸ روز و در مزارع آبیاری سطحی به ترتیب ۱۴۴ و ۱۸۶ روز اندازه‌گیری شدند. اختلاف کم‌تر طول دوره رشد در سامانه آبیاری سطحی به دلیل تاریخ کشت‌های مناسب‌تر نسبت به مزارع با سامانه بارانی بود. به عبارت دیگر این اختلاف به خاطر تفاوت در طول دوره رشد مزارع بود که خود متأثر از تاریخ کاشت متفاوت بوده است (جدول ۱).

میانگین نیاز آبی سند به‌روز شده و سند ملی در سامانه آبیاری سطحی به ترتیب ۴۴۴/۷ و ۴۸۷/۱ و در مزارع با سامانه آبیاری بارانی به ترتیب ۴۷۰/۴ و ۴۷۷ بدست آمد. مقادیر نیاز آبی دو سند نشان می‌دهند که اعداد محاسبه شده در سند به‌روز شده در هر دو سامانه آبیاری نسبت به سامانه متناظر آن در سند ملی کم‌تر است و این نشان می‌دهد که نیاز آبی گندم در منطقه بهبهان نسبت به سند ملی کم‌تر است (شکل ۲). اختلاف بیش‌تر سند ملی با سند به‌روز شده در آبیاری سطحی نشان می‌دهد در صورتی که تاریخ کاشت رعایت شود مقادیر نیاز آبی نیز بر اساس سند به‌روز شده کاهش خواهد یافت. در سامانه‌های آبیاری سطحی، بیش‌تر مزارع در دامنه‌ی قابل‌قبول‌تری از نظر زمان کاشت قرار داشتند و همین امر در کاهش بیش‌تر نیاز آبی مؤثرتر بوده است. عکس این مسئله در سامانه‌های بارانی دیده شد. لذا عدم رعایت تاریخ کاشت که منجر به افزایش نیاز آبی در سند به‌روز شده گردیده است توأماً موجب کاهش اختلاف نیاز آبی سند به‌روز شده با سند ملی شده است. بیش‌ترین حجم آب مصرفی در مزارع گندم در سامانه آبیاری سطحی به میزان ۴۳۹۹ مترمکعب در هکتار به ثبت رسید. میانگین حجم آب مصرفی در مزارع بارانی ۳۸۶۴ مترمکعب در هکتار بود که در رده‌ی بعدی قرار داشت. میانگین حجم آب مصرفی گندم در مزارعی که از منابع آب سطحی استفاده می‌کردند، ۳۹۴۹ مترمکعب در هکتار بود. این میزان در مزارعی که از منابع آب زیرسطحی استفاده می‌کردند ۴۶۰۳ مترمکعب بر هکتار اندازه‌گیری شد (شکل ۲). حجم آب مصرفی در مزارعی که از منابع آب سطحی آبیاری می‌شدند، از ۲۸۴۶ تا ۴۸۵۲ مترمکعب در هکتار و در مزارعی که از منابع آب زیرسطحی استفاده می‌کردند، از ۲۸۸۴ تا ۸۸۵۷ مترمکعب در هکتار متغیر بود (شکل ۲). میانگین حجم آب مصرفی گندم در مزارعی که از آب رودخانه خیرآباد استفاده می‌کردند، ۳۹۷۵ مترمکعب در هکتار اندازه‌گیری شد. این میزان در مزارعی که از چاه و از رودخانه مارون استفاده می‌کردند به ترتیب ۴۵۶۷ و ۴۰۱۶ مترمکعب بر هکتار اندازه‌گیری شد. همچنین این میزان در مزارعی که از چشمه و رودخانه زهره استفاده می‌کردند به ترتیب ۴۶۲۶ و ۲۸۴۶ مترمکعب در هکتار بود.

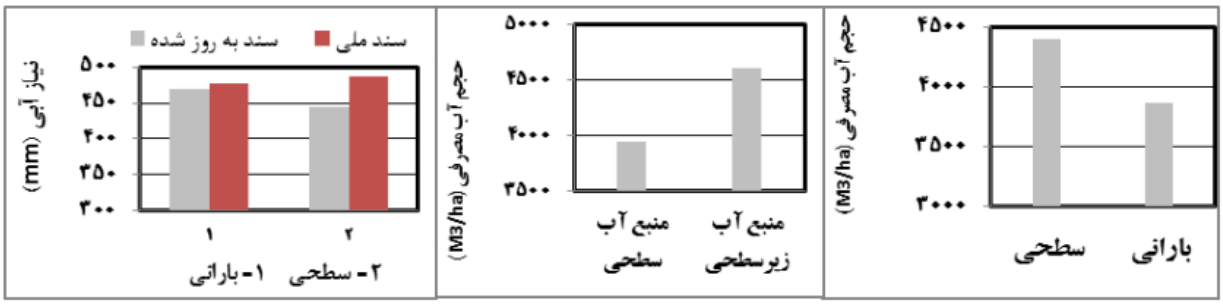
بالاترین مصرف آب در چشمه‌ها به میزان ۴۶۲۶ مترمکعب در هکتار به ثبت رسید و رده‌های بعدی به مزارعی که از چاه‌ها، رودخانه‌های مارون و خیرآباد و رودخانه زهره استفاده می‌نمودند اختصاص پیدا کرد. بدیهی است که زیاد بودن میزان آب چشمه و رایگان بودن آب در بیش‌تر مصرف کردن بی‌تأثیر نبوده است. البته پایین بودن مصرف در مزارعی که از رودخانه خیرآباد استفاده می‌کردند، عمدتاً به این دلیل بود که اکثر مزارع به صورت بارانی آبیاری شدند و همچنین رده‌ی بعدی که به رودخانه مارون مربوط است، شامل مزارعی بود که به روش سطحی آبیاری گردیدند و تحت کنترل شبکه آبیاری و زهکشی مارون آب دریافت کردند. هر چند میزان آب دریافتی در هر نوبت آبیاری سطحی بالا بود ولی مدیریتی که از طریق سازمان آب در مزارع زیر پوشش شبکه مارون اعمال شد به گونه‌ای بود که نوبت‌های آبیاری از ۳ و یا ۴ و به ندرت از ۵ نوبت، تجاوز می‌کرد. لذا، این نوع اعمال مدیریت در کاهش مصرف آب بی‌تأثیر نبوده است. حجم آب مصرفی در منابع مختلف آبی متغیر بود. بین کم‌ترین و بیش‌ترین حجم آب مصرفی در مزارعی که از رودخانه‌های خیرآباد، مارون، چاه‌ها و چشمه‌ها استفاده نمودند به ترتیب ۲۷/۷۴، ۳۲/۷۶، ۶۷/۴۴ و ۱۰/۷۵ درصد اختلاف وجود داشت. اختلاف کم بین بیش‌ترین و کم‌ترین حجم آب مصرفی در مزارع زیر پوشش رودخانه‌های خیرآباد و مارون به این دلیل بود که بیش‌تر مزارع از سامانه آبیاری بارانی و یا سطحی استفاده نمودند. مزارعی که آبیاری بارانی داشتند هر چند نوبت‌های آبیاری آن‌ها متعدد بود. ولی میزان آب مصرفی در هر نوبت کم بود و در مزارعی که به صورت سطحی آبیاری شدند با توجه به اعمال مدیریت مصرف آب از طرف سازمان آب، تعداد نوبت‌های آبیاری کاهش پیدا کرد. در حالی که در مزارع زیر پوشش چاه‌ها، هم نوبت‌های آبیاری متنوع‌تر بود و هم میزان آب استحصالی در هر نوبت آبیاری از یک چاه با دیگر چاه‌ها تفاوت داشت (جدول ۱).

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۱. مشخصات مزارع زیر کشت گندم در سامانه‌های آبیاری بارانی و سطحی

شماره مزرعه	روش آبیاری	نیاز آبی (میلی‌متر) بر اساس سند ملی	نیاز آبی (میلی‌متر) بر اساس سند به‌روز شده (پنمن مانتیث)	حجم کل آب مصرفی (m^3/ha)	نیاز آبشویی (mm)	راندمان کاربرد (٪)	طول دوره رشد (روز)	عملکرد محصول kg/ha	بهره‌وری مصرف آب (kg/m^3)
۱	سطحی	۴۸۰/۰	۴۶۰/۳	۵۰۶۶	۴۱/۲	۵۸/۵	۱۶۶	۴۷۷۸	۰/۹۱
۲	سطحی	۴۶۲/۰	۴۶۳/۳	۴۱۴۵	۴۱/۵	۸۸/۵	۱۴۸	۴۴۴۴	۱/۰۴
۳	سطحی	۴۵۹/۰	۴۶۱/۸	۳۶۸۴	۴۱/۳	۹۹/۱	۱۴۴	۴۱۴۳	۱/۰۸
۴	سطحی	۴۸۰/۰	۳۹۵/۹	۴۸۸۹	۴۲/۸	۳۵/۹	۱۷۲	۴۶۹۰	۰/۹۱
۵	سطحی	۴۸۰/۰	۳۸۱/۴	۲۸۴۶	۳۷/۰	۶۰/۸	۱۷۹	۴۰۰۰	۱/۲۹
۶	سطحی	۴۸۰/۰	۳۸۶/۷	۸۸۵۷	۶۰/۰	۲۲/۷	۱۸۶	۳۵۰۰	۰/۳۹
۷	سطحی	۴۹۶/۰	۴۷۴/۰	۴۰۳۰	۲۲/۳	۸۶/۴	۱۵۳	۲۹۸۳	۰/۷۱
۸	سطحی	۴۹۵/۰	۴۶۳/۴	۴۸۵۲	۲۱/۸	۶۹/۴	۱۵۱	۵۱۰۴	۱/۰۲
۹	سطحی	۴۹۸/۰	۴۴۱/۵	۳۸۷۸	۲۰/۷	۸۱/۰	۱۵۱	۳۴۴۱	۰/۸۵
۱۰	سطحی	۵۱۱/۰	۴۵۱/۳	۴۱۶۰	۲۱/۲	۵۶/۹	۱۷۲	۲۹۲۵	۰/۶۷
۱۱	سطحی	۴۹۶/۰	۴۵۲/۳	۳۲۶۳	۲۱/۲	۹۹/۷	۱۵۰	۳۰۰۸	۰/۸۸
۱۲	سطحی	۴۹۸/۰	۴۴۶/۱	۳۳۲۳	۲۱/۰	۹۵/۹	۱۵۲	۳۳۲۰	۰/۹۶
۱۳	سطحی	۴۸۳/۰	۴۲۶/۰	۳۸۶۹	۲۰/۰	۷۷/۰	۱۴۸	۴۵۰۰	۱/۱۲
۱۴	سطحی	۴۹۷/۰	۴۶۹/۱	۴۷۵۵	۲۲/۰	۷۲/۱	۱۵۴	۳۱۴۶	۰/۶۴
۱۵	سطحی	۴۹۲/۰	۴۹۷/۷	۴۳۶۳	۳۷/۵	۹۱/۵	۱۴۹	۲۹۴۱	۰/۶۵
۱۶	بارانی	۴۹۱/۰	۵۱۷/۰	۴۴۳۷	۲۷/۷	۹۳/۲	۱۲۴	۳۵۰۰	۰/۷۷
۱۷	بارانی	۴۷۳/۰	۴۹۲/۶	۴۲۶۱	۲۶/۴	۸۹/۹	۱۲۶	۳۲۰۰	۰/۷۳
۱۸	بارانی	۴۷۶/۰	۴۱۷/۶	۳۲۰۶	۲۲/۴	۹۱/۷	۱۴۱	۳۹۷۱	۱/۱۸
۱۹	بارانی	۴۹۵/۰	۴۴۷/۷	۳۷۵۹	۶۰/۶	۹۸/۵	۱۴۴	۳۰۷۱	۰/۷۹
۲۰	بارانی	۴۸۰/۰	۴۹۲/۶	۴۰۵۶	۲۶/۴	۹۴/۵	۱۲۶	۳۵۰۰	۰/۸۳
۲۱	بارانی	۴۷۷/۰	۴۷۷/۱	۳۷۱۸	۲۵/۵	۹۸/۶	۱۲۱	۳۴۹۸	۰/۹۱
۲۲	بارانی	۴۹۰/۰	۴۷۰/۷	۴۱۷۳	۲۵/۲	۸۶/۳	۱۴۱	۳۰۰۴	۰/۷۰
۲۳	بارانی	۴۷۱/۰	۳۷۳/۴	۲۸۸۴	۴۴/۵	۹۸/۵	۱۲۳	۲۰۰۰	۰/۶۶
۲۴	بارانی	۴۶۷/۰	۵۰۵/۷	۴۲۱۱	۱۰/۷	۹۰/۴	۱۶۸	۵۰۰۰	۱/۱۵
۲۵	بارانی	۴۵۹/۰	۵۰۹/۴	۳۹۳۰	۱۰/۸	۹۷/۸	۱۵۲	۵۰۰۰	۱/۲۳



شکل ۲. مقایسه برخی از شاخص‌های مورد مطالعه در دو سامانه آبیاری بارانی و سطحی

آزمون تی (t-Test)

نتایج مقایسه میانگین عملکرد دو سامانه آبیاری در آزمون تی (t-Test) نشان داد دو سامانه بارانی و سطحی به ترتیب با عملکردهای ۳۵۷۴ و ۳۷۹۵ کیلوگرم در هکتار اختلاف معنی‌داری با هم نداشتند. بهره‌وری آب آبیاری در دو سامانه بارانی و سطحی اختلاف معنی‌داری با هم نداشتند. سامانه بارانی با متوسط راندمان کاربرد ۹۳/۹ درصد، دارای بالاترین راندمان کاربرد بوده و از این لحاظ اختلاف معنی‌داری با سامانه سطحی با مقدار ۷۳/۰۳ درصد داشت. سامانه سطحی با طول دوره رشدی معادل ۱۵۸ روز، دارای بیش‌ترین طول دوره رشد بوده و

Archive of SID
www.SID.ir

اختلاف معنی‌داری با سامانه بارانی به میزان ۱۳۷ روز داشت. سامانه سطحی با حجم آب مصرفی معادل ۴۳۹۸/۷ مترمکعب بر هکتار، بیش‌ترین حجم آب مصرفی را به خود اختصاص داد ولی این اختلاف با سامانه بارانی به میزان ۳۸۶۳/۶ مترمکعب بر هکتار معنی‌دار نبود. سامانه سطحی با ۹۳/۹ میلی‌متر، بیش‌ترین عمق آب آبیاری را به خود اختصاص داد و اختلاف معنی‌داری با سامانه بارانی با عمق آبیاری ۳۴/۶ میلی‌متر داشت. ارتفاع از سطح دریا در سامانه‌های بارانی و سطحی به ترتیب ۳۳۶/۷ و ۲۶۷/۶ متر اختلاف معنی‌داری با هم داشتند (جدول ۲). بین مقادیر سند به‌روز شده در دو سامانه سطحی و بارانی اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. نیاز آبی برآورد شده برای تمام مزارع آزمایشی مطابق اسناد ملی و به‌روز شده به ترتیب برابر ۴۸۳/۴ و ۴۵۵/۰ میلی‌متر محاسبه شدند که این دو میانگین با هم اختلاف معنی‌داری داشتند. لذا می‌توان ادعا نمود که سند به‌روز شده با برآورد کمتر نیاز آبی گندم در بهبهان می‌تواند موجب کاهش مصرف آب در شهرستان بهبهان گردد (جدول ۳). نتایج مقایسه حجم آب مصرفی از منابع آبی مختلف در آزمون تی (t-Test) نشان داد که مصرف آب در سه منبع آبی مختلف، دو به دو با هم اختلاف معنی‌داری نشان ندادند. میانگین مقدار مصرف آب از رودخانه‌های مارون، خیرآباد و چاه‌ها به ترتیب معادل ۴۰۱۶/۳، ۳۹۷۵/۴ و ۴۵۶۷/۰ مترمکعب بر هکتار بود. نتایج مقایسه میانگین حجم آب مصرفی از منابع آب سطحی و زیرسطحی در آزمون تی نشان داد که دو منبع آب مذکور با هم اختلاف معنی‌داری داشتند. میانگین حجم آب مصرفی از منابع آب سطحی ۳۹۴۹/۵ و از منابع زیرسطحی برابر ۴۶۰۲/۷ مترمکعب بر هکتار بود (جدول ۴).

جدول ۲. نتایج مقایسه میانگین شاخص‌های اندازه‌گیری و محاسبه شده در آزمون تی (t-Test)

تیمار	بارانی	سطحی	T آماری	Tبحرانی	تیمار	بارانی	سطحی	T آماری	Tبحرانی
عملکرد (kg/ha)	۳۵۷۴	۳۷۹۵	-۰/۶۵۸	۲/۱۴۵	حجم آب مصرفی(m^3/ha)	۳۸۶۳/۶	۴۳۹۸/۷	-۱/۳۸۷	۲/۱۴۵
بهره‌وری مصرف آب(kg/m^3)	۰/۸۹۵	۰/۸۷۵	۰/۲۵۱	۲/۱۴۵	نوبت آبیاری	۱۲/۵۰	۵/۳۳	۸/۱۶۴	۲/۱۴۵
راندمان کاربرد (٪)	۹۳/۹	۷۳/۰	۳/۱۹۷	۲/۱۴۵	عمق آب آبیاری (mm)	۳۴/۶	۹۳/۹	-۵/۳۷۷	۲/۱۴۵
نیاز آبشویی (٪)	۶/۲	۷/۲	-۰/۹۷۳	۲/۱۴۵	نیاز آبشویی (mm)	۲۸/۰	۳۱/۴	۰/۸۷۱	۲/۱۴۵
طول دوره رشد (روز)	۱۳۶/۶	۱۵۸/۳	-۴/۲۰۵	۲/۱۴۵	سند ملی (mm)	۴۷۷/۹	۴۸۷/۱	-۱/۸۷۶	۲/۱۴۵
ارتفاع از سطح دریا (متر)	۳۳۶/۷	۲۶۷/۶	۲/۳۶۶	۲/۱۴۵	سند به‌روز شده (mm)	۴۷۰/۴	۴۴۴/۷	۱/۸۹۲	۲/۱۴۵

جدول ۳. نتایج مقایسه سند به‌روز شده و سند ملی در آزمون تی (t-Test)

بارانی			سطحی			
سند به‌روز شده (mm)	سند ملی (mm)	T آماری	سند به‌روز شده (mm)	سند ملی (mm)	T آماری	Tبحرانی
۴۷۰/۴	۴۷۷/۹	-۰/۷۶۶	۴۴۴/۷	۴۸۷/۱	-۴/۸۸۷	۲/۱۴۵

جدول ۴. نتایج مقایسه میانگین منابع آبی و نیاز آبی در آزمون تی (t-Test)

منابع آب (m^3/ha)	رودخانه مارون	چاه	T آماری	رودخانه مارون	رودخانه خیرآباد	T آماری	رودخانه خیرآباد	چاه	T آماری	Tبحرانی
	۴۰۱۶/۳	۴۵۶۷/۰	-۱/۱۰۱	۴۰۱۶/۳	۳۹۷۵/۴	۰/۲۳۰	۳۹۷۵/۴	۴۵۶۷/۰	-۰/۹۳۲	۲/۲۶۲
منابع آب (m^3/ha)	منابع آب سطحی	منابع آب زیرسطحی	T آماری	Tبحرانی	نیاز آبی (mm)	سند ملی	سند به‌روز شده	T آماری	Tبحرانی	
	۳۹۴۹/۵	۴۶۰۲/۷	-۲/۲۵۶	۲/۰۸۶		۴۸۳/۴	۴۵۴/۹	۳/۳۴۷	۲/۰۴۰	

محاسبه ضرایب همبستگی پیرسون برخی از پارامترهای اندازه‌گیری و محاسبه شده

۱- روند تغییرات حجم آب مصرفی با روند تغییرات شاخص راندمان کاربرد و بهره‌وری مصرف آب روندی غیر هم‌راستا و

Archive of SID

www.SID.ir

خواهد یافت (جدول ۵).

۲ - تغییرات شاخص ارتفاع از سطح دریا با روند تغییرات شاخص راندمان کاربرد و نیاز آبی سند به‌روز شده در سطح ۱ درصد معنی‌دار بوده و هم‌راستا می‌باشند. این در حالی است که روند تغییرات شاخص ارتفاع از سطح دریا با تغییرات شاخص‌های نیاز آبشویی، طول دوره رشد، شوری خاک و شوری آب در سطح ۱ درصد و با شاخص طول دوره رشد در سطح ۵ درصد معنی‌دار بوده و هم‌راستا نبودند. به عبارت دیگر با افزایش ارتفاع از سطح دریا، راندمان کاربرد و نیاز آبی سیر صعودی به خود می‌گیرند. این بدان معنی است که افزایش ارتفاع از سطح دریا موجب گردیده تا از حداکثر آب داده شده به گیاه استفاده شود و از طرفی دیگر کاهش ارتفاع موجب گردیده تا نیاز آبی کاهش یابد.

۳- روند تغییرات عملکرد گندم با روند تغییرات نیاز آبی بر اساس سند ملی در سطح ۵ درصد معنی‌دار بوده ولی روند تغییرات عملکرد با این شاخص هم‌راستا نیستند. به‌عبارت دیگر با افزایش عملکرد، نیاز آبی کاهش پیدا کرده است. روند تغییرات راندمان کاربرد با روند تغییرات طول دوره رشد در سطح ۱ درصد و با تغییرات نیاز آبشویی، نیاز آبی بر اساس سند به‌روز شده و شوری آب در سطح ۵ درصد معنی‌دار بوده است. ولی روند تغییرات راندمان کاربرد با تغییرات نیاز آبی بر اساس سند به‌روز شده هم‌راستا بوده ولی این روند تغییرات با نیاز آبشویی و شوری آب و طول دوره رشد گندم نا هم‌راستا می‌باشد (جدول ۵).

۴ - با کاهش طول دوره رشد، راندمان کاربرد افزایش یافته است که این تغییرات به‌خصوص در مزارع آبیاری بارانی که کشت آن‌ها به دلیل عقب افتادن برداشت ذرت دانه‌ای در دی‌ماه و یا بهمن انجام شدند، محرزتر بود. به‌طوری که دیر کاشتن عملاً موجب کاهش دوره رشد گندم شده و این روند کاهش دوره رشد با روند افزایش راندمان کاربرد تغییراتی معنی‌دار را نشان می‌دهد (جدول ۵).

۵ - روند تغییرات نیاز آبشویی با روند تغییرات شاخص‌های نیاز آبی بر اساس سند به‌روز شده، شوری خاک، شوری آب و دبی مورد استفاده تغییرات معنی‌داری در سطح ۱ درصد داشتند. روند تغییرات نیاز آبشویی با روند تغییرات شوری آب و خاک هم‌راستا بود. ولی روند تغییرات نیاز آبشویی با روند تغییرات شاخص‌های نیاز آبی بر اساس سند به‌روز شده و دبی مورد استفاده در مزرعه نا هم‌راستا بودند؛ به عبارت دیگر با افزایش شوری آب و خاک، نیاز آبشویی نیز افزایش می‌یابد (جدول ۵).

۶ - تغییرات شاخص نوبت‌های آبیاری با روند تغییرات عمق آب آبیاری، نیاز آبی بر اساس سند ملی سند به‌روز شده در سطح ۱ درصد معنی‌دار و با طول دوره رشد گندم نیاز آبی بر اساس سند به‌روز شده در سطح ۵ درصد معنی‌دار بودند. تغییرات نوبت‌های آبیاری با نیاز آبی بر اساس سند به‌روز شده و طول دوره رشد گندم هم‌سو و هم‌راستا بود. ولی با تغییرات عمق آب آبیاری ناهم‌سو بود. هر چه تعداد نوبت-های آبیاری بیش‌تر شده عمق آب آبیاری کاهش پیدا می-کند. درست مثل حالتی که در آبیاری بارانی و یا سطحی اتفاق می‌افتد به‌طوری که بیش‌ترین نوبت‌های آبیاری با کم-ترین عمق‌ها در آبیاری بارانی بوده و برعکس این حالت در آبیاری سطحی اتفاق افتاد. بدیهی است با افزایش طول دوره رشد گندم، نیاز آبی بر اساس سند ملی افزایش پیدا کرد.

۷ - روند تغییرات عمق آب آبیاری با تغییرات نیاز آبی بر اساس سند ملی در سطح ۱ درصد معنی‌دار بوده و روند تغییرات هم‌سو بودند؛ به عبارت دیگر افزایش عمق آب آبیاری در آبیاری سطحی با میزان افزایش نیاز آبی بر اساس سند ملی تغییرات معنی‌داری داشته است (جدول ۵).

۸ - روند تغییرات شوری خاک با روند تغییرات شوری آب در سطح ۱ درصد معنی‌دار و هم‌راستا بوده است. به‌بیان دیگر مزارعی که شوری خاک آن‌ها زیاد بود، آب مصرفی این مزارع نیز بیشتر بود (جدول ۵).

میانگین بهره‌وری مصرف آب گندم در شهرستان بهبهان با متوسط ۰/۸۸ کیلوگرم بر مترمکعب با میانگین بهره‌وری مصرف آب گزارش شده توسط Heydari (2011) در استان خوزستان به میزان ۰/۷۳ کیلوگرم بر مترمکعب تفاوت داشت. میانگین بهره‌وری مصرف آب گندم در این تحقیق تطابق خوبی با مقدار گزارش شده توسط Zwart and Bastiaansen (2004) با مقدار ۱/۰۹ کیلوگرم بر مترمکعب داشت. میانگین بهره‌وری مصرف آب در شهرستان بهبهان از میانگین محاسبه شده توسط Abasalan *et al.* (2010) بیش‌تر بود که شاید دلیل این مسئله افزایش عملکرد و گسترش بیش‌تر سامانه‌های تحت‌فشار برای کشت گندم در چند سال اخیر باشد که منجر به افزایش بهره-وری مصرف آب گندم در سال ۱۳۹۶ نسبت به سال‌های قبل در خوزستان شده است. همچنین میزان بهره‌وری مصرف آب در آبیاری بارانی در شهرکرد که توسط Haghighati (2013)، Keykhaei and Ganjikhorramdel, (2016) و Ghadami Firouzabadi *et al.* (2017) محاسبه شده با میزان مشابه آن در شهرستان بهبهان تطابق قابل قبولی داشت. دامنه بهره‌وری مصرف آب برای گندم در شهرستان بهبهان با دامنه‌ای که توسط

Archive of SID

www.SID.ir

Asadi *et al.* (2001) اندازه‌گیری شده بود، هم‌خوانی و تطابق نسبتاً خوبی داشتند. میانگین حجم آب مصرفی و بهره‌وری مصرف آب در شهرستان بهبهان به ترتیب با ۴۱۸۴/۷ مترمکعب بر هکتار و ۰/۹۲ کیلوگرم بر مترمکعب با مقدار آب کاربردی و بهره‌وری مصرف آب در تحقیق Nakhjavanimoghaddam *et al.* (2017) هم‌خوانی قابل توجهی دارد.

جدول ۵. ضریب همبستگی پیرسون محاسبه شده برای شاخص‌های اندازه‌گیری شده در سامانه‌های آبیاری سطحی و بارانی

	حجم آب مصرفی (m^3/ha)	ارتفاع از سطح دریا (متر)	بهره‌وری مصرف آب (kg/m^3)	عملکرد (kg/ha)	راندمان کاربرد (٪)	نیاز آبشویی (٪)	نوبت‌های آبیاری	عمق آب آبیاری (mm)	سند ملی (mm)	سند به‌روز شده (mm)	طول دوره رشد (روز)	شوری خاک (dS/m)	شوری آب (dS/m)	دبی (لیتر بر ثانیه)
n =۲۵ ۰/۴۰۹۳=٪۵ ۰/۵۲۰۸=٪۱														
حجم آب مصرفی(m^3/ha)	۱	-۰/۳۳۵۳	-۰/۵۴۳۶**	۰/۱۵۴۳	-۰/۷۱۰۵**	۰/۳۹۶۰	۰/۰۱۰۳	۰/۳۳۵۰	۰/۰۲۹۳	-۰/۰۷۶۱	۰/۴۵۵۰*	-۰/۱۳۵۸	۰/۳۷۹۷	-۰/۳۰۵۹
ارتفاع از سطح دریا(متر)		۱	۰/۲۴۱۴	۰/۱۷۱۹	۰/۶۵۷۴**	-۰/۶۵۱۶**	۰/۳۱۴۳	-۰/۱۷۷۸	-۰/۰۷۸۰	۰/۷۴۸۵**	-۰/۵۰۲۳*	-۰/۵۵۱۲**	-۰/۶۴۸۰**	۰/۳۸۶۲
بهره‌وری مصرف آب (kg/m^3)			۱	-۰/۳۲۵۶	-۰/۱۵۲۷	۰/۰۸۱۰	-۰/۰۰۷۳	-۰/۴۴۷۱*	-۰/۲۵۳۹	۰/۰۳۹۴	-۰/۳۶۰۰	-۰/۳۳۰۲	۰/۲۳۸۹	۰/۶۶۷۳**
عملکرد (kg/ha)				۱	-۰/۲۴۱۲	-۰/۱۹۵۳	۰/۱۲۰۴	-۰/۰۱۵۳	-۰/۴۵۳۳*	۰/۱۴۱۰	۰/۳۵۶۳	-۰/۳۹۴۹	-۰/۱۹۹۹	۰/۱۲۸۰
راندمان کاربرد (٪)					۱	-۰/۴۳۳۶*	۰/۲۸۵۰	-۰/۳۷۸۶	-۰/۱۷۸۲	۰/۵۱۱۰*	-۰/۷۶۲۹**	-۰/۰۳۵۶	-۰/۴۲۷۷*	۰/۱۸۷۴
نیاز آبشویی (٪)						۱	-۰/۰۷۳۳	-۰/۰۶۳۹	-۰/۱۳۶۹	-۰/۶۴۱۴**	۰/۲۳۷۹	۰/۶۳۷۷**	۰/۹۹۹۴**	-۰/۵۴۲۵**
نوبت‌های آبیاری							۱	-۰/۷۸۲۲**	-۰/۵۶۳۴**	۰/۴۲۵۰*	-۰/۴۴۷۱*	-۰/۰۴۲۴	-۰/۰۷۸۰	۰/۱۳۲۰
عمق آب آبیاری (mm)								۱	۰/۶۳۳۲**	-۰/۱۹۷۶	۰/۳۷۶۲	-۰/۲۳۶۶	-۰/۰۶۸۱	-۰/۰۵۸۰
سند ملی (mm)									۱	-۰/۰۲۰۹	۰/۱۴۵۴	-۰/۰۶۵۹	-۰/۱۳۳۵	۰/۰۰۸۱
سند به‌روز شده (mm)										۱	-۰/۳۸۳۱	-۰/۴۶۰۵*	-۰/۶۴۲۱**	۰/۱۷۸۰
طول دوره رشد (روز)											۱	-۰/۱۲۶۱	۰/۲۲۶۸	-۰/۱۵۲۲
شوری خاک (dS/m)												۱	۰/۶۴۷۳**	-۰/۳۷۱۵
شوری آب (dS/m)													۱	-۰/۵۴۷۹**
دبی (لیتر بر ثانیه)														۱

نتیجه‌گیری

نتایج اندازه‌گیری در ۲۱ مزرعه نشان داد عملکرد گندم در تمام مزارع از ۲۰۰۰ تا ۵۱۰۴ کیلوگرم در هکتار و میانگین بهره‌وری مصرف آب از ۰/۳۹ تا ۱/۲۹ کیلوگرم بر مترمکعب متغیر بود. میانگین حجم آب مصرفی گندم در سامانه‌های آبیاری بارانی و سطحی معادل ۴۱۸۴/۷ مترمکعب در هکتار بود. بالاترین مصرف آب در مزارع زیرپوشش چشمه‌ها به میزان ۴۶۲۶ مترمکعب بر هکتار به ثبت رسید. بالا بودن مصرف آب در دو چشمه مورد ارزیابی شاید به این دلیل باشد که میزان آب چشمه از مقدار آب مورد نیاز مزارع گندم بیش‌تر بوده است. مزارع زیر پوشش رودخانه مارون عمدتاً تحت پوشش شبکه آبیاری و زهکشی مارون بودند و بیش‌تر آن‌ها فقط سه نوبت آب آبیاری دریافت نمودند و مدیریت اعمال شده از طرف شبکه آبیاری و زهکشی مارون در کاهش مصرف آب نسبت به چاه‌ها بی‌تأثیر نبوده است. نتایج مقایسه میانگین در آزمون تی (t-Test) نشان داد نیاز آبی برآورد شده برای تمام مزارع آزمایشی مطابق اسناد ملی و به‌روز شده به ترتیب برابر ۴۸۳/۴ و ۴۵۵/۰ میلی‌متر است که این دو میانگین با هم اختلاف معنی‌داری داشتند.

REFERENCES

Abasalan, Sh., Karimi, M., Heidari, N., Dehghan, A., Abbasi, F. and Rahimian, M.H. (2010). Determination and evaluation of water use efficiency in the lower saline lands of the

Abbasi, F., Abbasi, N. and Tavakoli, A.R. (2017). Agricultural water productivity: Chalenges and visions. *Water and Sustainable Development*, 4(1): 141-144.

Archive of SID
www.SID.ir

Karkheh watershed. *Research Report No. 89/1267. Agricultural Engineering Research Institute*. (In Farsi)

Abd El-Rahman, G. (2009). Water use efficiency of wheat under drip irrigation system at Al-Maghara area, North Sinai, Egypt. Amer. Eurasian J. *Agric. Environ. Sci*, 5(5), 664-670.

Asadi, H., Neyshaburi, M. and Siadat, H. (2001). Effect of water stress in different stages of growth on yield, yield components and some wheat relations. *Proceedings of the 7th Iranian Soil Science Congress, Shahrekord*. (In Farsi)

Faramarzi, M., Yang, H, Schulin, R. and Abbaspour, K. (2010). Modeling wheat yield and crop water productivity in Iran: Implications of agricultural water management for wheat production. *Agricultural Water Management*, 97(11), 1861-1875.

Ghadami Firouzabadi, A., Chaychi, M. and Seyedan. M. (2017). Effects of different irrigation systems on yield, some agronomic traits, and water productivity of different wheat genotypes and their economic assessment in Hamedan. *Journal of Research in Agriculure*, 31(2), 139-149. (In Farsi)

Ghasemi Nejad Raeini, M.R., Maroufi, S., Zare Kohan, M. and Maleki, A. (2012). Study of water productivity index and its comparison with current conditions of wheat fields. *Irrigation Science & Engineering (Scientific Journal of Agriculture)*, 98(4), 80-91. (In Farsi)

Haghighati, B. (2013). *Report of the Promotion Plan* - Improving management and optimal water consumption in the process of producing agricultural products. Agricultural and Natural Resources Research Center of Chaharmahal and Bakhtiari. (In Farsi)

Heydari, N. (2011). Determination and evaluation of water use efficiency of some major crops under farmers management in Iran. *Journal of Water and Irrigation Management*, 1(2), 57-43. (In Farsi)

Kahlown, M.A., Raoof, A., Zubair, M. and Doral, Kemper, W. (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.

Keykhaei, F., Ganjikhorramdel, N. (2016). Effect of deficit irrigation in corrugation and border methods on yield and water use efficiency of wheat cv. Hamoon. *Journal of Research in Agriculure*, 30(1), 1-11. (In Farsi)

Montazar, A. and Kosari, H. (2007). Water productivity analysis of some irrigated crops in Iran. Proceeding of the international conference of water saving in Mediterranean agriculture and future needs. Valenzano (Italy). Series B, 56(1), 109-120.

Nakhjavanimoghaddam, M,M. ghahraman, B. and Zarei, Gh. (2017). Wheat water productivity analysis under different irrigation management practices in some regions of Iran. *Journal of Research in Agriculure*, 31(1), 43-57. (In Farsi)

Nirizi, S. and Helmi Fakhrdavood, R. (2004). Comparison of water use efficiency at several points in Khorasan. *Articles of the Eleventh Iranian Irrigation and Drainage Committee. Tehran*. 391-403. (In Farsi)

Prihar, S.S., Khera, K.L., Sandhu, K.S. and Sandhu, B.S. (1976). Comparison of irrigation schedules based on pan evaporation and growth stages of winter wheat. *Journal of Agronomy*, 60, 650-653.

Shajari, Sh. (2012). Comparison of productivity and economic and technical efficiency of irrigation water in wheat fields in Darab plain: *Considering the Risks. Abstract of the Articles of the first National Conference on Water Management on the Farm, 10-9 June 2012, Karaj* - Soil and Water Research Institute, p. 16. (In Farsi)

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

Archive of SID

www.SID.ir