

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

نادر سلامتی*^۱، جواد باغانی^۲، فریبرز عباسی^۳

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

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-مانتیت (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 غیرهم‌راستا 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 تصمیم‌گیری 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. Haghghati (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

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، ۰/۴۳۰ 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 Ganjikhorrandel, 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 ۰/۴۱ 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.

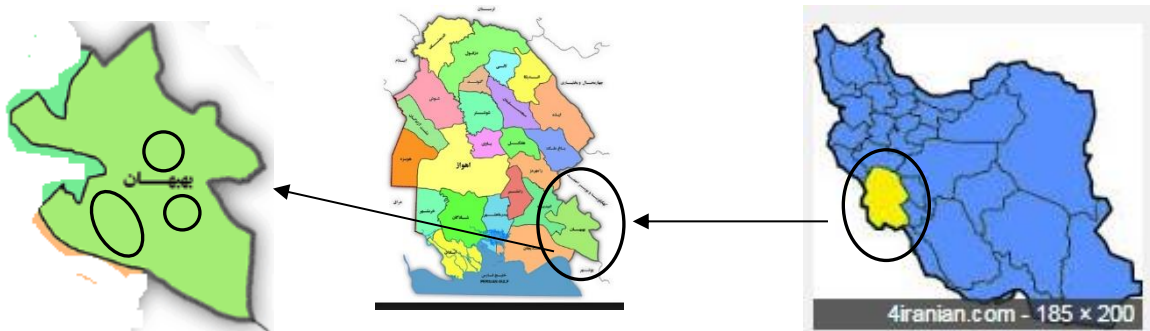
مترمکعب بدست آمد (Abasalan *et al.*, 2010). در یک بررسی دیگر، مقادیر بهره‌وری مصرف آب ۱۰ محصول زراعی انتخابی با استفاده از نتایج ۶۷ طرح تحقیقاتی انجام شده طی سال‌های ۱۳۷۲ تا ۱۳۸۵ در ایستگاه‌های تحقیقاتی ۱۳ استان کشور، تعیین گردید. بر اساس نتایج این بررسی، میانگین بهره‌وری مصرف آب گندم، جو، برنج، چغندرقد، 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 جمع‌آوری شده 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 وارسته گندم را با دو مقدار آبدی 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 آبدی ۴ لیتر در ساعت بهترین تیمار و بهره‌وری مصرف آب آبیاری سه وارسته گندم ۱/۲۰، ۱/۱۷ و ۱/۱۳ کیلوگرم دانه در مترمکعب آب بود.

Kahlowan *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

مواد و روش‌ها

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.

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



شکل ۱. پراکندگی مزارع مورد مطالعه در شهرستان بهبهان

تحمل با ۱۰ درصد کاهش عملکرد برای محصولات مورد مطالعه از نثریه 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^2 بحرانی هستند. اگر قدرمطلق مقادیر آماره T از T^1 بحرانی کوچک‌تر باشد، نتیجه آزمون بی‌معنی بودن اختلاف مقادیر اندازه‌گیری شده در دو سامانه آبیاری را نشان می‌دهند وگرنه مقادیر اندازه‌گیری شده،

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 نثریه 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، EC_w (dS/m) هدایت الکتریکی آب آبیاری، EC_e (dS/m) آستانه تحمل به شوری محصول است. آستانه

1. T statistic
2. T critical

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 به صورت 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 کشت‌های 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 آبیاری 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 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 آبیاری 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

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.

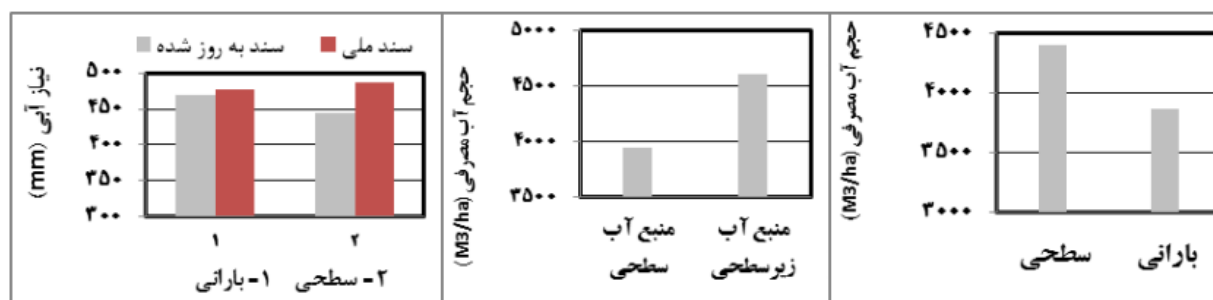
بالاترین مصرف آب در چشمه‌ها به میزان ۴۶۲۶ مترمکعب در هکتار به ثبت رسید و رده‌های بعدی به مزارعی که از چاه‌ها، رودخانه‌های مارون و خیرآباد و رودخانه زهره استفاده می‌نمودند اختصاص پیدا کرد. بدیهی است که زیاد بودن میزان آب چشمه و رایگان بودن آب در بیش‌تر مصرف‌کنندگان بی‌تأثیر نبوده است. البته پایین بودن مصرف در مزارعی که از رودخانه خیرآباد استفاده می‌کردند، عمدتاً به این دلیل بود که اکثر مزارع به صورت بارانی آبیاری شدند و همچنین رده‌های 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).

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. به عبارت 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 توأمأ 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 رده‌های 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

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

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



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

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

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 ۳۷۹۵ و ۳۵۷۴ کیلوگرم در هکتار اختلاف معنی‌داری با هم نداشتند. بهره‌وری آب آبیاری در دو سامانه

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).

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 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

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

تیمار	بارانی	سطحی	T آماری	T بحرانی	تیمار	بارانی	سطحی	T آماری	T بحرانی
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 آیشویی (/)	۶/۲	۷/۲	-۰/۹۷۳	۲/۱۴۵	نیاز آیشویی (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)

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

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

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

معنی‌دار در سطح ۱ درصد را نشان می‌دهد. به عبارت دیگر با افزایش حجم آب مصرفی این دو شاخص سیر کاهشی نشان دادند. ولی تغییرات حجم آب مصرفی با طول دوره رشد گندم در سطح ۵ درصد معنی‌دار بود. به عبارت دیگر با افزایش دوره رشد گندم میزان حجم آب مصرفی افزایش

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

خواهد یافت (جدول ۵).

۲ - تغییرات شاخص ارتفاع از سطح دریا با روند تغییرات شاخص راندمان کاربرد و نیاز آبی سند به روز شده در سطح ۱ درصد معنی دار بوده و هم راستا می باشند. این در حالی است که روند تغییرات شاخص ارتفاع از سطح دریا با تغییرات شاخص های نیاز آبخویی، طول دوره رشد، شوری خاک و شوری آب در سطح ۱ درصد و با شاخص طول دوره رشد در سطح ۵ درصد معنی دار بوده و هم راستا نبودند. به عبارت دیگر با افزایش ارتفاع از سطح دریا، راندمان کاربرد و نیاز آبی سیر صعودی به خود می گیرند. 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 معنی دار بوده ولی روند تغییرات عملکرد با این شاخص هم راستا نیستند. به عبارت 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 آبخویی، نیاز آبی بر اساس سند به روز شده و شوری آب در سطح ۵ درصد معنی دار بوده است. ولی روند تغییرات راندمان کاربرد با تغییرات نیاز آبی بر اساس سند به روز شده هم راستا بوده ولی این روند تغییرات با نیاز آبخویی و شوری آب و طول دوره رشد گندم نا هم راستا می باشد (جدول ۵).

۴ - با کاهش طول دوره رشد، راندمان کاربرد افزایش یافته است که این تغییرات به خصوص در مزارع آبیاری بارانی که کشت آن ها به دلیل عقب افتادن برداشت ذرت دانه ای در دی ماه و یا بهمن انجام شدند، محرز تر بود. به طوری که دیر کاشتن عملاً موجب کاهش دوره رشد گندم شده و این روند کاهش دوره رشد با روند افزایش راندمان کاربرد تغییراتی معنی دار را نشان می دهد (جدول ۵).

۵ - روند تغییرات نیاز آبخویی با روند تغییرات شاخص های نیاز آبی بر اساس سند به روز شده، شوری خاک، شوری آب و دبی مورد استفاده تغییرات معنی داری در سطح ۱ درصد داشتند. روند تغییرات نیاز آبخویی با روند تغییرات شوری آب و خاک هم راستا بود. ولی روند تغییرات نیاز آبخویی با روند تغییرات شاخص های نیاز آبی بر اساس سند به روز شده و دبی مورد استفاده در مزرعه نا هم راستا بودند؛ به عبارت دیگر با افزایش شوری آب و خاک، نیاز آبخویی نیز افزایش می یابد. (جدول ۵).

۶ - تغییرات شاخص نوبت های آبیاری با روند تغییرات عمق آب آبیاری، نیاز آبی بر اساس سند ملی سند به روز شده در سطح ۱ درصد معنی دار و با طول دوره رشد گندم نیاز آبی بر اساس سند به روز شده در سطح ۵ درصد معنی دار بودند. تغییرات نوبت های آبیاری با نیاز آبی بر اساس سند به روز شده و طول دوره رشد گندم هم سو و هم راستا بود. ولی با تغییرات عمق آب آبیاری ناهم سو بود. هر چه تعداد نوبت های آبیاری بیش تر شده عمق آب آبیاری کاهش پیدا می کند. درست مثل حالتی که در آبیاری بارانی و یا سطحی اتفاق می افتد به طوری که بیش ترین نوبت های آبیاری با کم ترین عمق ها 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 معنی دار بوده و روند تغییرات هم سو بودند؛ به عبارت دیگر افزایش عمق آب آبیاری در آبیاری سطحی با میزان افزایش نیاز آبی بر اساس سند ملی تغییرات معنی داری داشته است (جدول ۵).

۸ - روند تغییرات شوری خاک با روند تغییرات شوری آب در سطح ۱ درصد معنی دار و هم راستا بوده است. به بیان دیگر مزارعی که شوری خاک آن ها زیاد بود، آب مصرفی این مزارع نیز بیشتر بود (جدول ۵).

میانگین بهره وری مصرف آب گندم در شهرستان بهبهان با متوسط ۰/۸۸ کیلوگرم بر مترمکعب با میانگین بهره وری مصرف آب گزارش شده توسط Heydari (2011) در استان خوزستان به میزان ۰/۷۳ کیلوگرم بر مترمکعب تفاوت داشت. میانگین بهره وری 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 بهره وری مصرف آب در شهرستان بهبهان از میانگین محاسبه شده توسط Abasalan *et al.* (2010) بیش تر بود که شاید دلیل این مسئله افزایش عملکرد و گسترش بیش تر سامانه های تحت فشار برای کشت گندم در چند سال اخیر باشد که منجر به افزایش بهره وری مصرف آب گندم در سال ۱۳۹۶ نسبت به سال های قبل در خوزستان شده است. همچنین میزان بهره وری مصرف آب در آبیاری بارانی در شهرکرد که توسط Haghghati (2013)، Ghadami و Keykhaei and Ganjikhorrandel (2016) و Firouzabadi *et al.* (2017) محاسبه شده با میزان مشابه آن در شهرستان بهبهان تطابق قابل قبولی داشت. دامنه بهره وری مصرف آب برای گندم در شهرستان بهبهان با دامنه ای که توسط

کیلوگرم بر مترمکعب با مقدار آب کاربردی و بهره‌وری مصرف آب در تحقیق Nakhjavanimoghaddam *et al.* (2017) هم‌خوانی قابل توجهی دارد.

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

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

دبی (لیتر بر ثانیه)	شوری آب (dS/m)	شوری خاک (dS/m)	طول دوره رشد (روز)	سند به‌روز شده (mm)	سند ملی (mm)	عمق آب آبیاری (mm)	نوبت‌های آبیاری	نیاز آبیوشی (%)	راندمان کاربرد (%)	عملکرد (kg/ha)	بهره‌وری مصرف آب (kg/m ³)	ارتفاع از سطح دریا (متر)	حجم آب مصرفی (m ³ /ha)
۱	۰/۳۷۹۷	۰/۱۳۵۸	۰/۴۵۵۰*	۰/۰۷۶۱	۰/۰۲۹۳	۰/۳۳۵۰	۰/۰۱۰۳	۰/۳۹۶۰	۰/۰۷۱۰۵**	۰/۱۵۴۳	۰/۵۴۳۶**	۰/۳۳۵۳	۱
۰/۳۸۶۲	۰/۶۴۸۰**	۰/۵۵۱۳**	۰/۵۰۲۳*	۰/۷۴۸۵**	۰/۰۷۸۰	۰/۱۷۷۸	۰/۳۱۴۳	۰/۶۵۱۶**	۰/۶۵۷۴**	۰/۱۷۱۹	۰/۲۴۱۴	۱	
۰/۶۶۷۳**	۰/۲۳۸۹	۰/۳۳۰۲	۰/۳۶۰۰	۰/۰۳۹۴	۰/۲۵۳۹	۰/۴۴۷۱*	۰/۰۰۷۳	۰/۰۸۱۰	۰/۱۵۲۷	۰/۳۲۵۶	۱	بهره‌وری مصرف آب (kg/m ³)	
۰/۱۲۸۰	۰/۱۹۹۹	۰/۳۹۴۹	۰/۳۵۶۳	۰/۱۴۱۰	۰/۴۵۳۳*	۰/۰۱۵۳	۰/۱۲۰۴	۰/۱۹۵۳	۰/۲۴۱۲	۱	عملکرد (kg/ha)	۱	
۰/۱۸۷۴	۰/۴۲۷۷*	۰/۰۳۵۶	۰/۷۶۲۹**	۰/۵۱۱۰*	۰/۱۷۸۲	۰/۳۷۸۶	۰/۲۸۵۰	۰/۴۳۳۶*	۱	راندمان کاربرد (%)	۱	۱	
۰/۵۴۲۵**	۰/۹۹۹۴**	۰/۳۳۷۷**	۰/۲۳۷۹	۰/۶۴۱۴**	۰/۱۳۶۹	۰/۱۳۶۹	۰/۰۶۳۹	۰/۰۷۳۳	۱	نیاز آبیوشی (%)	۱	۱	
۰/۱۳۲۰	۰/۰۷۸۰	۰/۰۴۲۴	۰/۴۴۷۱*	۰/۴۲۵۰*	۰/۵۶۳۴**	۰/۷۸۲۲**	۱	نوبت‌های آبیاری	۱	۱	۱	۱	
۰/۰۵۸۰	۰/۰۶۸۱	۰/۲۳۶۶	۰/۳۷۶۲	۰/۱۹۷۶	۰/۶۳۳۳**	۱	عمق آب آبیاری (mm)	۱	۱	۱	۱	۱	
۰/۰۰۸۱	۰/۱۳۳۵	۰/۰۶۵۹	۰/۱۴۵۴	۰/۰۲۰۹	۱	سند ملی (mm)	۱	۱	۱	۱	۱	۱	
۰/۱۷۸۰	۰/۶۴۲۱**	۰/۴۶۰۵*	۰/۳۸۳۱	۱	سند به‌روز شده (mm)	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	
۰/۱۵۲۲	۰/۲۲۶۸	۰/۱۲۶۱	۱	طول دوره رشد (روز)	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	
۰/۳۷۱۵	۰/۶۴۷۳**	۱	شوری خاک (dS/m)	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	
۰/۵۴۷۹**	۱	شوری آب (dS/m)	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	
۱	۱	دبی (لیتر بر ثانیه)	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	

نتیجه‌گیری

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.

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

REFERENCES

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

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

- 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 Agriculture*, 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., Ganjikhorrandel, 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 Agriculture*, 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 Agriculture*, 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.