

ارزیابی بهره‌وری آب سامانه‌های آبیاری بارانی و سطحی در مزارع ذرت علوفه‌ای (مطالعه موردی: شهرستان بهبهان)

نادر سلامتی^{۱*}، فریبرز عباسی^۲

تاریخ دریافت: ۹۶/۰۸/۱۴

تاریخ پذیرش: ۹۹/۱۰/۲۱

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- استاد پژوهش، موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران
مسئول مکاتبات، پست الکترونیک: nadersalamati@yahoo.com

چکیده

هدف اصلی از اجرای این تحقیق، اندازه‌گیری مستقیم و مزرعه‌ای آب مصرفی ذرت علوفه‌ای تحت مدیریت کشاورزان و تعیین بهره‌وری آب در بهبهان بود. بدین ترتیب، حجم آب مصرف شده برای ذرت علوفه‌ای در شهرستان بهبهان در سامانه‌های آبیاری بارانی و سطحی و منابع آبی مختلف در طول یک فصل زراعی (۹۶-۱۳۹۵) اندازه‌گیری شد. مقادیر اندازه‌گیری شده با نیاز آبی خالص به روش پنمن-مانتیت برآورد و با مقادیر سند ملی آب مقایسه گردید. میانگین عملکرد در دو سامانه بارانی و سطحی ۵۸۳۲۹ کیلوگرم بر هکتار بود. بهره‌وری آب در مزارع از ۳/۹۱ تا ۱۳/۷۱ کیلوگرم بر مترمکعب در نوسان بود. میانگین راندمان کاربرد ذرت علوفه‌ای در سامانه آبیاری بارانی به میزان ۷۳/۳ درصد به ثبت رسید. حجم آب مصرفی ذرت علوفه‌ای در سامانه آبیاری سطحی ۹۷۷۸ و در مزارع آبیاری بارانی ۶۹۹۱ مترمکعب بر هکتار اندازه‌گیری شد. نتایج مقایسه میانگین نیاز آبی خالص به روش پنمن-مانتیت و سند ملی آب دو سامانه آبیاری در آزمون تی نشان داد که میانگین نیاز آبی خالص با مقدار ۴۳۹/۶ میلی‌متر اختلاف معنی‌داری با سند ملی به میزان ۵۸۱/۸ میلی‌متر دارد. مقایسه ضرایب همبستگی پیرسون نشان داد روند تغییرات بهره‌وری آب با روند تغییرات راندمان کاربرد ذرت روندی هم‌راستا و معنی‌دار در سطح ۵ درصد را نشان می‌دهد. بدیهی است با افزایش راندمان کاربرد، بهره‌وری آب افزایش یافته است.

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

Assessment of Water Productivity of Sprinkler and Surface Irrigation Systems in Silage Maize Fields (case study: Behbahan)

Nader Salamati^{*1}, Fariborz Abbasi²

Received: 2017-11-05

Accepted: 2021-01-10

¹Research Assistant Professor of Agricultural Engineering Research Department, Khuzestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Ahvaz, Iran.

²Research Professor, Agricultural Engineering Research Institute (AERI), Agricultural Research Education, and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran

*Corresponding Author, Email: nadersalamati@yahoo.com

Abstract

The main objective of this project was to measure water consumption of silage maize under farm management. Thus, the volume of water consumed for silage maize in Behbahan was measured in sprinkler and surface irrigation systems and various water resources during one growing season (2016-2017). The measured values of the net water requirement were estimated by the Penman-Monteith method and also compared with the national document values. The average yield in surface and sprinkler irrigation systems was 58329 kg ha⁻¹. Water productivity varied from 3.91 to 13.71 kg per cubic meter in all fields. The average of application efficiency in sprinkler irrigation systems was 73.3%. The average amount of water consumed by silage maize in surface irrigation farms was 9778 and in farms irrigated by sprinkler systems was 6991 cubic meters per hectare. Comparison of the average of net water requirement calculated by the Penman-Monteith and those obtained from the national water document using the T-test showed a significant difference being 440 and 582 mm, respectively. Comparison of the Pearson correlation coefficients showed that the trend of changes in water productivity with trend of changes in maize yield was significant at 5% level. Obviously, by increasing the application efficiency, water productivity was increased.

Keywords: Application efficiency, Consumed water, Water requirement

مقدمه

همانند سایر کشورها در ایران بخش بزرگی از آب مصرفی در بخش کشاورزی مصرف می‌شود. بنابراین انجام یک طرح تحقیقاتی که حاصل آن رسیدن به اعدادی مطمئن در تعیین میزان آب مصرفی در این حوزه باشد ضرورتی انکارناپذیر است که خروجی آن می‌تواند در تصمیم‌گیری‌های منطقه‌ای و کشور در زمینه آب حایز اهمیت باشد.

ذرت یک گونه علوفه‌ای مهم است که برای مصرف به صورت سیلویی کل گیاه برداشت می‌شود (کورس و همکاران ۱۹۹۷). این گیاه با وجود داشتن یک مرحله برداشت دارای عملکرد ماده خشک بالایی است سیلوی آن به آسانی تهیه می‌شود و یک علوفه خوش خوراک با کیفیت پایدار برای دام می‌باشد و انرژی بالاتری نسبت به سایر علوفه‌ها داراست (کوران و پوسچ، ۲۰۰۰).

رضایی و همکاران (۲۰۱۵) در تحقیقی در آبیاری جویچه‌ای نشان دادند که به ازای مقادیر ۰.۷۵، ۱.۰۰، ۱.۲۵ و ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشت که منجر به دوره‌های مختلف و نوبت‌های متفاوتی برای هر تیمار می‌شد، عملکرد ذرت علوفه‌ای را از ۶۴۷۵۰ تا ۷۱۲۳۰ کیلوگرم در هکتار و کارایی مصرف آب ماده خشک را از ۹/۷۵۷ تا ۱۵/۳۷ کیلوگرم بر مترمکعب متغیر گزارش نمودند. مصرف آب در تیمارهای مختلف از ۴۶۳۴ تا ۶۹۶۶ مترمکعب بر هکتار نوسان داشت. اکبری نودهی (۲۰۱۴) در تحقیقی به منظور بررسی تأثیر روش‌های آبیاری جویچه‌ای و کم آبیاری بر عملکرد و کارایی مصرف آب ذرت، نشان داد که تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی با آبیاری کامل جویچه‌ها بیش‌ترین و تیمار ۶۰ درصد نیاز آبی با آبیاری یک در میان ثابت جویچه‌ها کم‌ترین عملکرد ذرت علوفه‌ای را به خود اختصاص داده‌اند. بیش‌ترین کارایی

کرمان، خشکی موضعی ریشه با جابجائی بعد از دو دور آبیاری (فاصله ۲۸ روزه) می‌باشد. عملکرد ذرت علوفه‌ای تیمارهای مختلف از ۲۳۸۰۰ تا ۶۰۵۳۳ کیلوگرم در هکتار و کارایی مصرف آب از ۲/۴۲ تا ۶ کیلوگرم بر مترمکعب متغیر بود. میزان مصرف آب در تیمارهای مختلف از ۵۳۱۲ تا ۱۴۴۱۳ مترمکعب بر هکتار متغیر بود. افضلی و همکاران (۱۳۹۱) در پژوهشی با دو روش آبیاری جویچه‌ای و قطره‌ای نواری نشان دادند، عملکرد در آبیاری قطره‌ای نواری ۹ درصد بیش‌تر از روش آبیاری جویچه‌ای بود. در آبیاری جویچه‌ای ۱۳۸۵۰ و آبیاری قطره‌ای نواری ۷۵۳۰ مترمکعب آب در هکتار مصرف شد. آبیاری قطره‌ای نواری باعث ۴۰ درصد صرفه جویی در مصرف آب شد.

در مطالعات مزرعه‌ای، حقیقی (۲۰۱۳) در شهرکرد در مزرعه‌ای با سامانه آبیاری بارانی عملکرد ذرت علوفه‌ای را ۶۶۴۸۹ کیلوگرم بر هکتار، حجم آب مصرفی را ۵۳۹۱ مترمکعب بر هکتار و بهره‌وری آب را ۱۲/۳ کیلوگرم بر مترمکعب اندازه‌گیری نمود. همچنین منتجبی و همکاران (۲۰۱۲) در گلپایگان در مزرعه‌ای با سامانه آبیاری سطحی عملکرد ذرت علوفه‌ای را ۸۸۰۶۵ کیلوگرم بر هکتار، حجم آب مصرفی را ۱۲۷۶۳ مترمکعب بر هکتار و بهره‌وری آب را ۶/۹ کیلوگرم بر مترمکعب اندازه‌گیری نمودند. حیدری (۲۰۱۱) در کرمان عملکرد ذرت علوفه‌ای را ۵۲۸۸۹ کیلوگرم بر هکتار، حجم آب مصرفی را ۹۴۷۳ مترمکعب بر هکتار و بهره‌وری آب را ۵/۵۸ کیلوگرم بر مترمکعب اندازه‌گیری نمود. خزایی و همکاران (۲۰۱۳) در ساوه در دو مزرعه با سامانه آبیاری بارانی عقبه‌ای عملکرد ذرت علوفه‌ای را به ترتیب ۳۸۵۸۰ و ۳۰۲۰۰ کیلوگرم بر هکتار، حجم آب مصرفی را ۵۸۳۸ و ۶۳۱۰ مترمکعب بر هکتار و بهره‌وری آب را ۷/۱۶ و ۴/۷۸ کیلوگرم بر مترمکعب اندازه‌گیری نمود. غالبی و همکاران (۲۰۱۳) تحقیقی در شهرهای استان قزوین انجام دادند به‌طوری‌که در شهرستان آبیگ میانگین عملکرد ذرت علوفه‌ای در ۱۴

مصرف آب در تیمار ۶۰ درصد نیاز آبی با آبیاری یک در میان ثابت جویچه‌ها و کم‌ترین مقدار کارایی مصرف آب مربوط به تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی با آبیاری کامل جویچه‌ها بوده است. کم‌ترین و بیش‌ترین میزان مصرف آب در تیمارهای مختلف از ۳۳۰۳ تا ۶۳۶۳ مترمکعب بر هکتار در نوسان بود. نتایج پژوهش شیخ‌الاسلامی و نائل (۲۰۰۹) در آبیاری سطحی و قطره‌ای نواری دو مزرعه نشان داد که میزان آب مصرفی ذرت در مزرعه آبیاری سطحی ۸۴۲۳ مترمکعب و در مزرعه آبیاری قطره‌ای نواری ۵۷۱۸ مترمکعب بوده است. عملکرد محصول در مزرعه آبیاری سطحی ۶۳۱۲۵ کیلوگرم در هکتار و در مزرعه آبیاری قطره‌ای ۱۰۷۳۲۰ کیلوگرم در هکتار بوده که در میزان آب مصرفی ۴۷ درصد و در میزان محصول برداشت شده ۷۰ درصد تفاوت معنی‌داری بین دو روش آبیاری مشاهده شد. کریمی و همکاران (۲۰۱۵) در تحقیقی بر روی ذرت دانه‌ای نشان دادند که کم‌ترین و بیش‌ترین کارایی مصرف آب در این پژوهش از ۰/۳ تا ۱/۵ کیلوگرم بر مترمکعب به‌ترتیب در آبیاری قطره‌ای نواری و آبیاری سطحی نوسان داشت و عملکرد محصول نیز در دو روش سطحی و قطره‌ای نواری به‌ترتیب از ۶۰۵۸/۷ تا ۱۲۸۷۳/۵ کیلوگرم بر هکتار متغیر بود. نتایج تحقیق رضائی استخروئیه و همکاران (۲۰۱۱) نشان داد که بیش‌ترین عملکرد بیولوژیکی ۳۲۴۳۱ کیلوگرم در هکتار به تیمار جویچه‌ای یک در میان در مرحله اول رشد (CM1) و کم‌ترین آن با عملکرد ۱۷۶۵۴ کیلوگرم در هکتار به تیمار خشکی موضعی ریشه با جابجائی جویچه‌های مرطوب بعد از سه دور آبیاری در مرحله دوم (D3M2) اختصاص داشت. کارائی مصرف آب برای تیمار شاهد برابر ۲/۵۷ و برای خشکی موضعی ریشه با جابجائی جویچه‌های مرطوب بعد از دو آبیاری در تمام دوره رشد (D2T) برابر شش (کیلوگرم عملکرد بیولوژیکی بر متر مکعب آب) حاصل شد. با توجه به کارایی مصرف آب، مناسب‌ترین روش کم‌آبیاری برای ذرت در منطقه

مزرعه‌ی دارای سامانه آبیاری سطحی ۵۵۷۱۴ کیلوگرم بر هکتار، حجم آب مصرفی ۹۴۵۸ مترمکعب بر هکتار و بهره‌وری آب ۶/۱۵۱ کیلوگرم بر مترمکعب اندازه‌گیری شد. در شهرستان بویین‌زهره میانگین عملکرد ذرت علوفه‌ای در ۸ مزرعه‌ی دارای سامانه آبیاری سطحی ۵۷۰۰۰ کیلوگرم بر هکتار، حجم آب مصرفی ۹۵۰۰ مترمکعب بر هکتار و بهره‌وری آب ۶/۲۱۱ کیلوگرم بر مترمکعب اندازه‌گیری شد. پایرو و همکاران (۲۰۰۹) نشان دادند که زمان آبیاری تأثیر مهمی در مقدار ماده خشک ذرت دارد و حساسیت ذرت به آب در زمان پر شدن و خمیری شدن دانه می‌باشد. یازار و همکاران (۱۹۹۹) با بررسی تأثیر شش سطح مختلف آبیاری روی ذرت گزارش کردند گیاهانی که ۸۰ درصد از آب آبیاری را دریافت کرده بودند، دارای بیشترین عملکرد ماده خشک بودند. چاکیر (۲۰۰۴) نشان داد که تنش رطوبتی در طول مراحل مختلف رشد ذرت، عملکرد آن را در درجات متفاوت کاهش می‌دهد که شدت کاهش عملکرد نه تنها به شدت تنش بلکه به مرحله رشدی گیاه نیز وابسته است. روبین و دامینگو (۲۰۰۳) نشان دادند یک تا دو روز تاخیر در آبیاری ذرت در مرحله گرده افشانی و تلقیح ۲۲ درصد عملکرد دانه را کاهش می‌دهد. تنش آبی از مهم‌ترین عوامل محیطی تأثیرگذار بر عملکرد و کیفیت علوفه است (هلت و تایمونز ۲۰۰۱؛ کانگ و همکاران ۱۹۶۸؛ برنگوار و فاسی ۲۰۰۰).

هدف اصلی این مقاله اندازه‌گیری میدانی آب مصرفی مزارع ذرت علوفه‌ای در سطح شهرستان بهبهان و مقایسه بهره‌وری آب آنها بود. تا بدین وسیله میزان مصرف و بهره‌وری آب تحت مدیریت‌های زراعی مختلف و در سامانه‌های آبیاری مورد مقایسه و ارزیابی قرار گیرند.

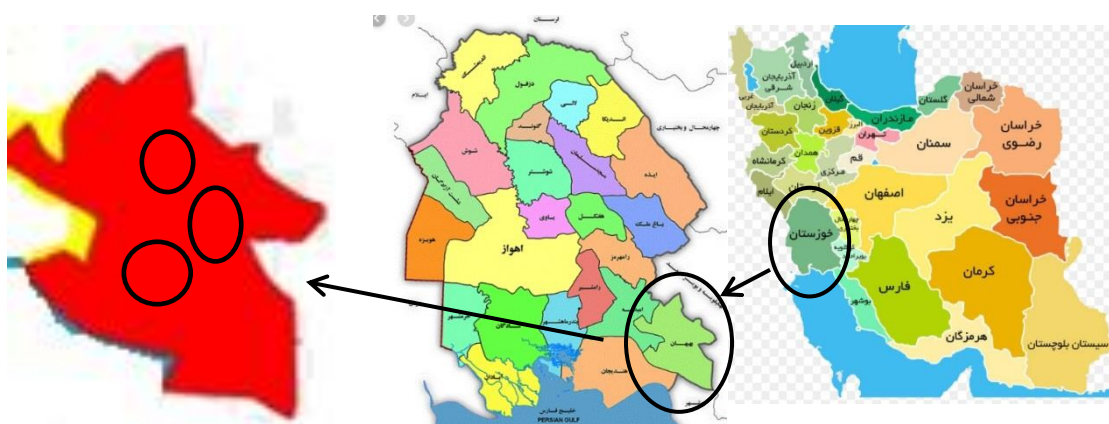
مواد و روش‌ها

روش‌های تعیین یا برآورد آب مصرفی در بخش کشاورزی به روش‌های مستقیم و غیرمستقیم دسته‌بندی می‌شوند. از جمله روش‌های غیرمستقیم به روش

بیلان آب و تعیین نیاز خالص آب مورد نیاز گیاهان و تبدیل آن به نیاز ناخالص با استفاده از راندمان کاربرد می‌توان اشاره نمود. در روش مستقیم میزان آب مصرفی محصولات زراعی و باغی در مزرعه با وسایل اندازه‌گیری جریان تعیین می‌شود. در این تحقیق، آب مصرفی ذرت علوفه‌ای در مزارع، بدون دخالت در برنامه آبیاری آن‌ها و تحت مدیریت زارعان اندازه‌گیری شده است. در انتخاب منابع آبی مزارع، عوامل مختلف به‌گونه‌ای مدنظر بودند که بتوانند روش آبیاری، بافت خاک و کیفیت آب آبیاری را پوشش دهند. در این تحقیق آب مصرفی ارقام مختلف محصول ذرت علوفه‌ای، اندازه‌گیری شدند. حجم آب مصرفی ذرت علوفه‌ای زیر هر منبع آبی در طول یک فصل زراعی با اندازه‌گیری دبی منبع آبی و زمان کارکرد آن تعیین شد. برای تعیین حجم آب مصرفی، مقدار دبی خروجی از منبع آبی انتخاب شده، با وسیله مناسب (فلوم، کنتور و میکرومولینه) اندازه‌گیری شدند. در هر کدام از مزارع انتخابی، برخی ویژگی‌های مزارع از جمله سطح زیرکشت هر محصول و سطح کل اراضی زیر منبع آبی، بافت خاک مزارع، هدایت الکتریکی خاک و آب آبیاری مورد استفاده، اندازه‌گیری گردید. ثبت اطلاعات برخی از مشخصات مزارع از قبیل مساحت، موقعیت دقیق مکانی با GPS، روش آبیاری، منبع آب آبیاری (سطحی، زیرزمینی)، نوع شبکه (مدرن، سنتی) انجام شد. بارندگی موثر در صورت وجود به روش SCS برآورد گردید. نیاز آبی خالص به روش پنمن-مانتیت با استفاده از داده‌های سال جاری و داده‌های ۱۰ ساله برای شهرستان بهبهان از نزدیک‌ترین ایستگاه هواشناسی تهیه و تعیین شد. مقادیر اندازه‌گیری شده آب مصرفی با مقادیر سند ملی مقایسه شد. عملکرد محصول در پایان فصل زراعی نیز اندازه‌گیری و بهره‌وری فیزیکی آب تعیین و مقایسه شدند. آب مورد نیاز برای آبخوبی مزارع مورد مطالعه بر اساس نشریه فائو ۲۹ در آبیاری سطحی و بارانی از رابطه زیر برآورد شدند:

آب متنوع بودند. پنج مزرعه از رودخانه خیرآباد، دو مزرعه از رودخانه مارون، سه مزرعه از چاه و یک مزرعه از چاه و چشمه به‌صورت هم‌زمان استفاده می‌نمود. ده مزرعه به روش مدرن آبیاری می‌شدند و یک مزرعه با استفاده از چاه به روش سنتی (سطحی) آبیاری می‌شد. منابع استفاده از آب نیز متنوع بودند. یازده مزرعه از آب رودخانه‌های مارون، خیرآباد و چندین حلقه چاه استفاده می‌کردند. تعداد هشت مزرعه -ی ذرت به روش بارانی و سه مزرعه به روش سطحی آبیاری می‌شدند که از این سه مزرعه، دو مزرعه زیر پوشش شبکه بوده و یک مزرعه از آب چاه استفاده می‌کردند ولی هر سه مزرعه به روش سطحی آبیاری می‌شدند (شکل ۱).

LR=EC_w/(5EC_e-EC_w) [۱]
 که در آن، EC_w هدایت الکتریکی آب آبیاری، EC_e آستانه تحمل محصول و MaxEC_e شوری با عملکرد صفر است. آستانه تحمل با ۱۰ درصد کاهش عملکرد برای محصولات مورد مطالعه از نشریه فائو ۲۹ استخراج شد. آستانه تحمل با ۱۰ و ۱۰۰ درصد کاهش عملکرد برای ذرت علوفه‌ای به ترتیب ۳/۲ و ۱۶ دسی‌زیمنس بر متر توسط فائو گزارش شده است. تعداد یازده مزرعه در نقاط مختلف شهرستان بهبهان انتخاب شدند. هفت مزرعه در بخش حومه و مرکزی، سه مزرعه در بخش دودانگه و یک مزرعه در بخش زیدون انتخاب شدند. ارتفاع از سطح دریا در مزارع انتخابی از ۱۴۵ تا ۳۷۸ متر و سطح زیر کشت مزارع از ۵/۱ تا ۳۳/۹ هکتار متغیر بود. منابع استفاده از



شکل ۱- پراکندگی مزارع مورد مطالعه در شهرستان بهبهان.

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

برای مقایسه آماری نتایج اندازه‌گیری و محاسبه شده در مزرعه در سامانه‌های مختلف آبیاری از آزمون تی تست استفاده شد. مقادیر خروجی آزمون تی تست دو مقدار آماره T^1 و T^2 بحرانی^۲ 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 در غیر این- صورت مقادیر اندازه‌گیری شده، اختلاف معنی‌دار

¹ T statistic

² T critical

نتایج و بحث

ارقام زراعی مختلفی در مزارع انتخابی کشت شده و بیشترین ارقام مورد استفاده به ترتیب Simon ایرانی، مغان و Simon خارجی بودند. تاریخ کاشت مزارع از ۲۱ تیرماه تا ۲ شهریور ماه متغیر و تاریخ برداشت اواخر آبان و اوایل آذر بود. طول دوره رشد با توجه به تاریخ کاشت و ارقام مورد استفاده نوسان داشت و این دوره از ۷۳ تا ۱۳۲ روز متغیر بود. نیاز آبتجویی در مزارع از ۲/۱ تا ۳۸/۱ درصد، نوبت‌های آبیاری از ۱۰ تا ۴۲ نوبت، عمق آب آبیاری از ۱۶/۶ تا ۶۴/۰ میلی‌متر، هدایت الکتریکی آب آبیاری از ۰/۸ تا ۴/۴ $dS m^{-1}$ ، هدایت الکتریکی خاک از ۰/۷ تا ۷/۱ $dS m^{-1}$ ، دبی آب آبیاری از ۱۶/۷ تا ۷۶/۹ لیتر بر ثانیه و سطح زیرکشت مزارع از ۵/۱ تا ۳۳/۹ هکتار متغیر بودند.

میانگین عملکرد در دو سامانه بارانی و سطحی در شهرستان بهبهان ۵۸۳۲۹ کیلوگرم بر هکتار بود (جدول ۱). میانگین عملکرد ذرت علوفه‌ای مزارع در تمام مزارع از ۴۸۰۴۲ تا ۶۸۴۵۰ کیلوگرم در هکتار در نوسان بود. نتایج مقایسه میانگین صفات مورد بررسی در آزمون تی^۱ نشان داد دو سامانه بارانی و سطحی که به ترتیب دارای عملکردهای ۶۰۹۱۹ و ۵۵۳۹۷ کیلوگرم در هکتار بودند اختلاف معنی داری با هم نداشتند. بین کمترین و بیشترین عملکرد در مزارع آبیاری بارانی و سطحی به ترتیب ۲۸/۳۵ و ۱۷/۱۸ درصد اختلاف وجود داشت. اختلاف کم‌تر عملکرد در مزارع با سامانه آبیاری سطحی شاید به دلیل مدیریت ساده‌تر این سامانه نسبت به سطحی باشد که موجب گردیده تا بین کمترین و بیشترین عملکرد مزارع، اختلاف کمتری نسبت به مزارع آبیاری بارانی وجود داشته باشد (شکل ۱). بهره‌وری آب در تمام مزارع از ۳/۹۱ تا ۱۳/۷۱ کیلوگرم بر مترمکعب در نوسان بود. میانگین بهره‌وری آب در مزارع آبیاری بارانی و سطحی به ترتیب با ۸/۵۲ و ۷/۸۴ کیلوگرم بر مترمکعب که ۸ درصد با هم اختلاف داشتند

و در سطح اعتماد ۵ درصد با هم اختلاف معنی داری نداشتند (جدول ۲). میانگین راندمان کاربرد در دو سامانه بارانی و سطحی در شهرستان بهبهان ۶۹/۵ درصد بود. میانگین راندمان کاربرد ذرت علوفه‌ای در تمام مزارع از ۴۸/۷ تا ۹۸/۴ درصد در نوسان بود (جدول ۱). سامانه بارانی با راندمان کاربرد ۷۳/۳ درصد، بالاترین میزان راندمان کاربرد را به خود اختصاص داده و نسبت به میزان ۵۹/۱ درصدی سامانه سطحی اختلاف معنی داری نداشت (جدول ۲). کمترین و بیشترین مقدار راندمان کاربرد در مزارع آبیاری بارانی به ترتیب ۳۵/۴ و ۸۹/۵ درصد اندازه‌گیری شد. کمترین و بیشترین مقدار راندمان کاربرد در مزارع آبیاری سطحی به ترتیب ۵۳/۳ و ۶۹/۴ درصد اندازه‌گیری شد. بین کمترین و بیشترین راندمان کاربرد در مزارع آبیاری بارانی و سطحی به ترتیب ۶۰/۴۴ و ۳۵/۴۲ درصد اختلاف وجود داشت. بیش‌آبیاری انجام شده در مزارع آبیاری سطحی در پایین‌تر بودن راندمان کاربرد مزارع سطحی نسبت به مزارع آبیاری بارانی بی‌تأثیر نبوده است (شکل ۱). مصرف زیاد آب از طرفی و عدم شوری آب از طرف دیگر موجب گردید تا علی‌رغم نیاز آبی کم‌تر، راندمان کاربرد مزرعه شماره ۸ کاهش قابل ملاحظه‌ای داشته باشد. در مزرعه شماره ۱۱ دلیل اصلی افزایش راندمان کاربرد، مصرف کم‌تر آب و یا به عبارت دیگر مدیریت بهتر آب در این مزرعه بوده و علی‌رغم این‌که روش آبیاری مزرعه سطحی بوده ولی راندمان کاربرد نسبت به مزرعه شماره ۸ بیش از ۴۰ درصد بیشتر می‌باشد (جدول ۱).

میانگین حجم آب مصرفی ذرت علوفه‌ای در دو سامانه بارانی و سطحی در شهرستان بهبهان ۷۷۵۱ مترمکعب بر هکتار بود. در مزرعه شماره ۹ به دلیل تاریخ کاشت زودتر (در نیمه دوم تیر ماه) و مدیریت مصرف ضعیف آب چاه، حجم آب مصرفی تا ۱۴۷۳۳ مترمکعب بر هکتار افزایش یافت (جدول ۱). سامانه آبیاری سطحی با حجم آب مصرفی معادل ۹۷۷۸/۵

^۱ t-Test

و این آبیاری هم در نوبت‌های آبیاری و هم در مقدار آب داده شده ظهور و بروز می‌نماید. البته همین مساله مدیریتی در مورد مزارع آبیاری سطحی نیز صادق می‌باشد. میانگین نیاز آبتجویی در دو سامانه بارانی و سطحی در شهرستان بهبهان $66/9$ میلی‌متر بود. میانگین نیاز آبتجویی ذرت علوفه‌ای در تمام مزارع از $8/0$ تا $133/0$ میلی‌متر در نوسان بود (جدول ۱). زمانی که سرعت پاشش آبپاش بیش از سرعت نفوذپذیری نهایی خاک شد، انجام آبیاری متوقف می‌شود این امر در مدیریت اتوماتیک و مصرف کمتر آب در این سامانه موثر است. مقدار 133 میلی‌متر، میزان نیاز آبتجویی در مزرعه شماره ۴ مربوط به کل دوره آبیاری است که 28 نوبت آبیاری انجام شده است. هدایت الکتریکی زیاد آب ($4/41 \text{ dS m}^{-1}$) مورد استفاده در مزرعه شماره ۴ موجب افزایش نیاز خالص آبی در این مزرعه شده است. میانگین عمق آب آبیاری در دو سامانه بارانی و سطحی در شهرستان بهبهان $32/4$ میلی‌متر بود. عمق آب آبیاری در تمام مزارع از $16/6$ تا $64/1$ میلی‌متر در نوسان بود (جدول ۱). میانگین عمق آب آبیاری در مزارع بارانی معادل $24/2$ میلی‌متر بود. عمق آب آبیاری در سامانه آبیاری سطحی با $54/4$ میلی‌متر اختلاف معنی‌داری با عمق آب آبیاری سامانه آبیاری بارانی داشت (جدول ۲). کمترین و بیشترین عمق آب آبیاری در مزارع آبیاری بارانی به ترتیب $16/6$ و $34/3$ میلی‌متر اندازه‌گیری شد. نوع بافت خاک و سرعت پاشش آب-پاش‌ها در این اختلاف عمق آبیاری موثر بوده است. اختلاف کمتر عمق آب آبیاری در سامانه آبیاری سطحی به دلیل حجم بیشتر آبی است که در آبیاری سطحی نسبت به دیگر سامانه‌ها مصرف می‌شود و این امر موجب گردیده تا بین کمترین و بیشترین عمق آب آبیاری، اختلاف کمتری نسبت به مزارع آبیاری بارانی وجود داشته باشد (جدول ۱). میانگین نوبت‌های آبیاری در دو سامانه بارانی و سطحی در شهرستان بهبهان $26/5$ نوبت بود. میانگین نوبت‌های آبیاری ذرت علوفه-

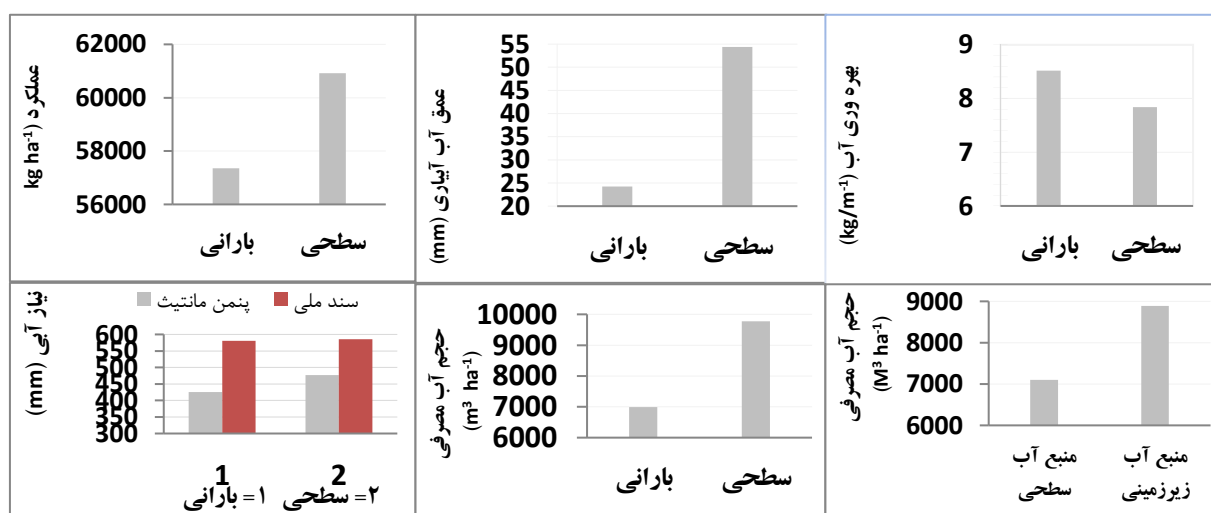
مترمکعب بر هکتار اختلاف معنی‌داری با سامانه آبیاری بارانی با $6991/1$ مترمکعب بر هکتار داشت (جدول ۲). بین کمترین و بیشترین حجم آب مصرفی در مزارع آبیاری بارانی و سطحی به ترتیب $54/87$ و $66/11$ درصد اختلاف وجود داشت. اختلاف کمتر حجم آب مصرفی در سامانه آبیاری بارانی شاید به دلیل این باشد که در مزارع آبیاری بارانی به محض جاری شدن آب در زمین یعنی زمانی که سرعت پاشش بیش از نفوذپذیری زمین شد عملاً، آبیاری تمام می‌شود این امر در مدیریت اتوماتیک و کمتر مصرف نمودن آب در این سامانه بی‌تاثیر نیست (شکل ۲). سامانه آبیاری بارانی با $29/5$ نوبت آبیاری، بیشترین نوبت آبیاری را به خود اختصاص داد و رده‌ی بعدی با $18/3$ نوبت به سامانه سطحی تعلق گرفت و از این لحاظ اختلاف معنی‌داری با هم داشتند (جدول ۲). تعداد نوبت‌های آبیاری به روش آبیاری وابسته است. چون دور آبیاری به روش آبیاری وابسته است. مثلاً دور آبیاری قطره‌ای کمتر، بارانی قدری بیشتر و روش سطحی از همه اینها بیشتر است. به طوری که در جداول (۱ و ۲) نیز مشاهده می‌شود، میانگین نوبت‌های آبیاری در دو سامانه سطحی و بارانی به ترتیب $18/3$ و $29/5$ نوبت ثبت شد. تعداد نوبت‌های آبیاری در مزارع با سامانه بارانی از 23 تا 42 نوبت و در سامانه سطحی از 10 تا 30 نوبت متغیر بودند. این گستره وسیع تغییرات در نوبت‌های آبیاری به آب در دسترس و مدیریت بهره‌برداری بستگی دارد. به طوری که نوبت‌های آبیاری در مزارعی که از آب چاه استفاده می‌کردند با روش آبیاری بارانی تحت مدیریت بیشتر زارع بودند. ولی در مزارعی که زیر پوشش شبکه آبیاری بنه باشت رودخانه خیرآباد بوده و روش آبیاری بارانی دارند دور آبیاری 4 روز تعریف شده است. در حالی که در مزارعی که بهره‌بردار از آب چاه استفاده می‌نمود در بعضی موارد حتی دور آبیاری به دو روز تقلیل می‌یافت. در مزارعی که مالکیت چاه به بهره‌بردار برمی‌گردد، معمولاً بیش آبیاری اتفاق می‌افتد

ای در تمام مزارع از ۱۰ تا ۴۲ نوبت در نوسان بود. میانگین نوبت‌های آبیاری در مزارع بارانی و سطحی به ترتیب ۲۹/۵ و ۱۸/۳ نوبت بود. دریافت آب کمتر در مزارعی که زیر شبکه بودند و از رودخانه آب می‌گرفتند، به دلیل مدیریتی است که از سوی سازمان آب در واگذاری آب انجام می‌شود. به هر حال کمبود و بحران آب در سال‌های اخیر و پایین افتادن آب پشت سدها موجب گردیده تا آب کمتری به کشاورزان تعلق گیرد و این امر موجب پایین آمدن نوبت‌های آبیاری از یک طرف و به تبع آن مصرف آب کمتری در این مزارع نسبت به مزارعی شده که از چاه آب دریافت می‌نمایند. زیرا عدم کنترل و نبود کنتورهای اندازه‌گیری بر روی چاه‌ها موجب استحصال بیشتر آب از سفره‌های زیرزمینی شده است. 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 می‌شود. میانگین نیاز آبی پهن مانتیث در دو سامانه بارانی و سطحی در شهرستان بهبهان ۴۳۹/۶ میلی‌متر بود. نیاز خالص آبی پهن مانتیث در تمام مزارع از ۳۱۰/۳ تا ۶۵۵/۳ میلی‌متر در نوسان بود. بالا بودن نیاز آبی پهن مانتیث در مزرعه شماره ۹ به دلیل کشت زودتر مزرعه بود که منجر به افزایش تبخیر تعرق گیاه شده است. مقادیر روش پهن مانتیث دو سامانه آبیاری نشان داد که سامانه سطحی با ۴۷۶/۸ میلی‌متر با مقدار مشابه در سامانه آبیاری بارانی به میزان ۴۲۵/۷ میلی‌متر اختلاف معنی داری نشان نداد (جدول ۲). میانگین نیاز آبی پهن مانتیث با مقدار ۴۳۹/۱ میلی‌متر اختلاف معنی داری با سند ملی به میزان ۵۸۱/۸ میلی‌متر دارد. همچنین میزان نیاز آبی پهن مانتیث در مزارع با سامانه سطحی با مقدار ۴۷۶/۸ میلی‌متر اختلاف معنی داری با سند ملی در این مزارع با مقدار ۵۸۵/۰ میلی‌متر داشت و میزان نیاز آبی پهن مانتیث در مزارع با سامانه بارانی با مقدار ۴۲۵/۶ میلی‌متر اختلاف معنی داری با سند ملی در این مزارع با مقدار ۵۸۰/۶

میلی‌متر داشت (جدول ۲). میانگین طول دوره رشد ذرت علوفه‌ای در دو سامانه بارانی و سطحی در شهرستان بهبهان ۱۰۵/۷ روز بود. میانگین طول دوره رشد ذرت علوفه‌ای در تمام مزارع از ۹۰ تا ۱۳۲ روز در نوسان بود (جدول ۱). اختلاف کمتر طول دوره رشد در سامانه آبیاری بارانی به دلیل تاریخ کاشت‌های مناسب‌تر نسبت به مزارع با سامانه سطحی بود. به عبارت دیگر این اختلاف مدیون دوره رشد در مزارع بود که خود متأثر از تاریخ کاشت مناسب بوده است (جدول ۱). کم بودن مصرف آب در مزارعی که از رودخانه خیرآباد آب دریافت می‌کردند، عمدتاً به این دلیل بود که تمام مزارع به صورت بارانی آبیاری می‌شدند (مزارع شماره ۱، ۲، ۳، ۵ و ۶) و همچنین رده‌ی بعدی که به رودخانه مارون رسید شامل دو مزرعه‌ای بود که به روش سطحی آبیاری می‌شدند (مزارع شماره ۱۰ و ۱۱) و تحت کنترل شبکه آبیاری و زهکشی مارون آب دریافت می‌کردند (جدول ۱). هر چند میزان آب دریافتی در هر نوبت آبیاری سطحی بالاست ولی مدیریتی که از طریق سازمان آب در مزارع زیر پوشش شبکه مارون اتخاذ می‌گردد، در این کاهش مصرف آب بی‌تاثیر نبوده است. اختلاف کمتر حجم آب مصرفی در مزارع زیر پوشش رودخانه خیرآباد این بود که تمام مزارع از سامانه آبیاری بارانی استفاده می‌نمودند و دور آبیاری در مزارع نسبتاً یکسان بوده و یا اختلاف کمی با هم داشتند. 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. حجم آب مصرفی در مزارعی از منابع آب سطحی استفاده می‌کردند از ۴۹۹۳ تا ۹۶۰۹ مترمکعب بر هکتار متغیر بود. ولی در مزارعی که از منابع آب زیرسطحی استفاده می‌کردند، میزان حجم آب مصرفی آن‌ها از ۴۸۲۶ تا ۱۴۷۳۳ مترمکعب متغیر بود (شکل ۲).

جدول ۱- مشخصات مزارع زیرکشت نرت علوفه‌ای در سامانه‌های بارانی و سطحی.

شماره مزرعه	روش آبیاری	منبع آب مورد استفاده	نیاز آبی (میلی‌متر) بر اساس		عمق آب آبیاری (mm)	حجم کل آب مصرفی (m ³ ha ⁻¹)	عملکرد محصول kg ha ⁻¹	بهره وری آب (kg m ⁻³)	راندمان کاربرد (%)
			سند ملی	پنمن مانتیث					
۱	بارانی	رودخانه خیرآباد	۵۸۵	۴۳۰/۴	۲۲/۴	۷۳۸۹	۵۹۱۰۵	۸/۰۰	۶۳/۸
۲	بارانی	رودخانه خیرآباد	۵۸۵	۴۳۰/۴	۲۶/۰	۷۵۵۲	۶۰۲۴۸	۷/۹۸	۶۲/۵
۳	بارانی	رودخانه خیرآباد	۵۸۵	۵۳۹/۱	۲۳/۲	۶۰۲۴	۶۵۴۶۳	۱۰/۸۷	۹۸/۴
۴	بارانی	چاه	۵۸۱	۳۴۹/۴	۱۹/۷	۵۳۰۸	۴۹۱۳۳	۹/۲۶	۸۹/۴
۵	بارانی	رودخانه خیرآباد	۵۸۵	۴۵۴/۵	۳۴/۳	۷۸۸۸	۵۳۱۳۵	۶/۷۴	۶۳/۲
۶	بارانی	رودخانه خیرآباد	۵۸۵	۵۱۲/۵	۲۶/۰	۶۲۵۰	۵۶۶۹۲	۹/۰۷	۹۰/۱
۷	بارانی	چاه و چشمه	۵۸۵	۳۱۰/۳	۱۶/۶	۴۸۲۶	۴۸۰۴۲	۹/۹۶	۸۳/۷
۸	بارانی	چاه	۵۵۴	۳۷۶/۶	۲۵/۵	۱۰۶۹۳	۶۷۰۵۰	۶/۲۷	۳۵/۴
۹	سطحی	چاه	۵۸۵	۶۵۵/۳	۴۹/۱	۱۴۷۳۳	۵۷۶۱۹	۲/۹۱	۵۳/۳
۱۰	سطحی	رودخانه مارون	۵۸۵	۴۲۸/۷	۶۴/۱	۹۶۰۹	۵۶۶۸۸	۵/۹۰	۴۸/۷
۱۱	سطحی	رودخانه مارون	۵۸۵	۳۴۶/۴	۴۹/۹	۴۹۹۳	۶۸۴۵۰	۱۳/۷۱	۷۵/۴
میانگین	-	-	۵۸۱/۸	۴۳۹/۶	۳۲/۴	۷۷۵۱	۵۸۳۲۹	۸/۳۳	۶۹/۴۵



شکل ۲- مقایسه برخی شاخص‌های مورد مطالعه در مزارع و سامانه‌های آبیاری بارانی و سطحی.

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

T	T	سطحی	بارانی	تیمار	T	T	سطحی	بارانی	تیمار
بحرانی	آماري				بحرانی	آماري			
۲/۳۶۴	-۲/۷۲۸	۹۷۷۸/۵	۶۹۹۱/۱	حجم آب مصرفی (m ³ ha ⁻¹)	۲/۳۶۴	-۱/۴۳۸	۶۰۹۱۸	۵۷۳۵۸	عملکرد (kg ha ⁻¹)
۲/۳۶۴	-۱۳/۷۴۱	۵۴/۴	۲۴/۲	عمق آب آبیاری (mm)	۲/۳۶۴	۰/۸۳۱	۷/۸۴	۸/۵۲	بهره‌وری آب (kg m ⁻³)
۲/۳۶۴	۳/۴۶۲	۱۸/۳	۲۹/۰	نوبت آبیاری	۲/۳۶۴	۲/۲۲۳	۵۹/۱	۷۳/۳	راندمان کاربرد (%)

قابل قبولی داشت. در حالی که این میزان مصرف با مقادیر گزارش شده توسط افضلی و همکاران (۲۰۱۲) هم‌خوانی قابل قبول‌تری داشت. این همانندی مصرف آب در عملکرد نیز مشاهده شد. میزان آب مصرفی مزارع ذرت علوفه‌ای شهرستان بهبهان که به روش جویچه‌ای آبیاری می‌شدند، با میزان مصرف آب در تیمار ۷۵ میلی‌متر تبخیر از تشت در پژوهش رضایی و همکاران (۲۰۱۵) و همچنین با دامنه مصرف آب در پژوهش افضلی و همکاران (۲۰۱۲) و نتایج تحقیق شیخ الاسلامی و نائل (۲۰۰۹) انطباق قابل قبولی داشت. همچنین دامنه عملکرد مزارع آزمایشی این پژوهش با دامنه عملکرد ذرت علوفه‌ای در پژوهش رضایی و همکاران (۲۰۱۵) هم‌خوانی خیلی خوبی داشت. نتایج تحقیق حقیقتی (۲۰۱۳) و غالبی و همکاران (۲۰۱۳) از نظر عملکرد، حجم آب مصرفی و بهره‌وری آب در محدوده اعداد این پژوهش قرار داشت و از این لحاظ تطابق نتایج قابل توجه بود. نتایج این پژوهش از نظر حجم آب مصرفی و بهره‌وری آب در مزارع ذرت علوفه‌ای با سامانه آبیاری سطحی با نتایج مطالعه منتجبی و همکاران (۲۰۱۲) انطباق خوبی داشتند.

ضرایب همبستگی پیرسون برای پارامترهای اندازه‌گیری و محاسبه شده

روند تغییرات حجم آب مصرفی با روند تغییرات شاخص بهره‌وری آب و راندمان کاربرد آب روندی غیرهم‌راستا و معنی‌دار در سطح ۱ درصد را نشان می‌دهد. به عبارت دیگر با افزایش حجم آب مصرفی این دو شاخص سیر کاهشی نشان دادند (جدول ۳).

روند تغییرات بهره‌وری آب با روند تغییرات راندمان کاربرد ذرت روندی هم‌راستا و معنی‌دار در سطح ۵ درصد را نشان می‌دهد. بدیهی است با افزایش راندمان کاربرد، بهره‌وری آب افزایش یافته است و برعکس (جدول ۳).

روند تغییرات عملکرد با روند تغییرات نیاز آبتجویی در سطح ۵ معنی‌دار بوده ولی روند تغییرات عملکرد با این شاخص هم‌راستا نیست. یا از زاویه‌ای دیگر در اراضی که با افزایش نیاز آبتجویی (مزارع با شوری خاک بیشتر) مواجه هستند، عملکرد حتما کاهش پیدا کرده است (جدول ۳).

میزان آب مصرفی مزارع ذرت علوفه‌ای با آبیاری قطره‌ای در شهرستان بهبهان با کم‌ترین مقدار آب مصرفی با نتایج کریمی و همکاران (۲۰۱۵) مطابقت

جدول ۳- ضریب همبستگی پیرسون محاسبه شده برای برخی شاخص‌های اندازه‌گیری شده در سامانه‌های آبیاری سطحی و بارانی.

	حجم آب مصرفی ($m^3 ha^{-1}$)	بهره‌وری آب ($kg m^{-3}$)	عملکرد ($kg ha^{-1}$)	راندمان کاربرد (%)	نیاز آیشویی (mm)	عمق آب آبیاری (mm)
n = ۱۱						
۰/۵۷۶۰ = %۵						
۰/۷۰۷۹ = %۱						
حجم آب مصرفی ($m^3 ha^{-1}$)	۱	-۰/۸۱۸۹**	۰/۰۷۶۲	-۰/۷۴۶۳**	۰/۱۲۱۴	۰/۴۶۸۲
بهره‌وری آب ($kg m^{-3}$)		۱	۰/۴۱۶۰	۰/۶۸۸۸*	-۰/۲۰۴۱	-۰/۳۴۶۸
عملکرد ($kg ha^{-1}$)			۱	-۰/۱۰۳۱	-۰/۵۹۱۶*	-۰/۰۳۵۳
راندمان کاربرد (%)				۱	۰/۳۳۵۶	-۰/۴۷۲۴
نیاز آیشویی (mm)					۱	-۰/۰۳۴۱
عمق آب آبیاری (mm)						۱

نتیجه‌گیری کلی

نتایج اندازه‌گیری‌های میدانی در ۱۱ مزرعه آبیاری سطحی و بارانی نشان داد که بیش‌آبیاری انجام شده در مزارع آبیاری سطحی در پایین‌تر بودن راندمان کاربرد مزارع سطحی نسبت به مزارع آبیاری بارانی موثر بود. کم‌ترین و بیش‌ترین عمق آب آبیاری در مزارع آبیاری بارانی به ترتیب ۱۶/۶ و ۳۴/۳ میلی‌متر اندازه‌گیری شد. نوع بافت خاک و سرعت پاشش آب-پاش‌ها در این اختلاف عمق آبیاری موثر بوده است. بالاترین مصرف آب در چاه‌ها به ثبت رسید. نتایج مقایسه میانگین نیاز خالص آبی به روش پنمن مانتیث و سند ملی آب دو سامانه آبیاری در آزمون تی نشان داد

که میانگین نیاز خالص آبی پنمن مانتیث اختلاف معنی‌داری با سند ملی دارد. استفاده از روش پنمن مانتیث موجب صرفه‌جویی در مصرف آب به میزان ۲۴/۴ درصد (معادل صرفه‌جویی به میزان ۱۴۲۲ مترمکعب بر هکتار) برای کشت ذرت علوفه‌ای در شهرستان بهبهان می‌باشد. میانگین عملکرد دو سامانه آبیاری در ضریب همبستگی پیرسون نشان داد که روند تغییرات عملکرد ذرت علوفه‌ای با روند تغییرات نیاز آیشویی، در سطح ۵ معنی دار بوده ولی روند تغییرات عملکرد با این شاخص هم‌راستا نیست. به بیان دیگر در اراضی که با شوری آب و یا خاک بیشتر مواجه بودند، عملکرد کاهش یافته است.

منابع مورد استفاده

- Afzali Goruh H, Asouadar MA and Khodarahmpour Z, 2012. Effect of irrigation and soil levels on water use efficiency and corn yield in Kerman. *Journal of Water and Soil Science* 22(3): 47-58.
- Akbari Nodehi D, 2014. Effect of Furrow irrigation methods and deficit irrigation on yield and water use efficiency of Maize in Mazandaran. *Journal of Water and Soil Science*. 18(70): 245-254.
- Anonymous, 1985. Food and Agriculture Organization of the United Nations Rome, FAO29-Chap2.
- Berenguer MJ and Faci JM, 2001. Sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) yield compensation processes under different plant densities and variable water supply. *European Journal of Agronomy*, 15:43-55.
- Cakir R, 2004. Effect of water stress at different development stages on vegetative and reproductive growth of corn. *Field Crops Research* 89:1-16.
- Coors JG, Albrecht K A and Bures EJ, 1997. Ear fill effects on yield and quality of silage corn. *Crop Science*. 37:243-247.
- Curran B and Posch J, 2000. Agronomic management of silage for yield and quality: silage cutting height. *Crop Insights* 10 (2): 145-155.

- Ghalebi S, Shahabi Far J and Gomarkchi A, 2013.: Review and evaluation of the role of different irrigation management on water use efficiency (WUE) in different groups of farmers' technical efficiency in maize fields of Qazvin province. Final report of the research project. No. 48345. Soil and Water Research Institute. Karaj. Iran.
- Haghighati B, 2013. Improving the management and optimal use of water in the process of producing agricultural products. Report of the Promotion Plan. Agricultural and Natural Resources Research and Education Center of Chaharmahal va Bakhtiari. (in Persian with English abstract)
- Heidari N, 2011. Determination and evaluation of water use efficiency of some major crops under farmers management in Iran. *Journal of Water and Irrigation Management. Journal of Agriculture* 1(2): 43 - 57. (in Persian with English abstract)
- Holt RF and Timmons DR, 1968. Influence of precipitation, soil water, and plant population interactions on corn grain yield. *Agronomy Journal* 60: 379-381.
- Kang Sh, Shi W and Zhang J, 2000. An improved water-use efficiency for maize grown under regulated deficit irrigation. *Field Crops Research*, 67: 207-214.
- Karimi M, Baghani J and Jolaini M, 2015. Evaluation of the effect of different irrigation levels of drip irrigation (Tape) on yield and yield components of corn. *Journal of Water and Soil* 29 (2): 311-321. (in Persian with English abstract)
- Khazaei E, Zakerinia M, Dehghani Sanij H, Hezarjeribi A and Hesam M, 2013. Application of online meteorological station in farm for calculating maize real-time water requirement and its effect on increasing water use efficiency in Saveh city region. *Journal of Water and Soil Conservation* 20(2): 143-160. (in Persian with English abstract)
- Montajebi N, 2012. The effect of irrigation rounds and potassium consumption on water use efficiency and yield of forage corn - P. 208, First national conference on water management in the field. Soil and Water Research Institute. 30-31 May . Karaj. Iran.
- Payero J, Tarkalson D, Irmak S, Davision D and Petersen J, 2009. Effect of timing of a deficit irrigation allocation on corn evapotranspiration, yield, water use efficiency and dry mass. *Agricultural Water Management* 96: 1387-1397.
- Rezaei estakhruieh A, Boroumand Nasab S, Houshmand A and Khanjani MJ, 2011. Effect of local irrigation and root dryness on morphological and physiological characteristics of corn. *Quarterly Journal of Irrigation and Water Engineering* 2(6): 67-76. (in Persian with English abstract)
- Rezaei Sukht Abandani R, Rezaei M, Rezaei N and Ebrahimi M, 2015. Evaluation of the Effect of irrigation and nutrition management on the yield and water productivity of maize (S.C.704) in the North of Iran. *New Agricultural Findings* 10(1): 21 - 39.
- Robins JS and Domingo CE, 2003. Some effect of several soil moisture deficits growth stages in corn. *Agronomy Journal* .95: 618-621.
- Sheikholeslami MB and Nael MK, 2009. Study and comparison of water consumption and yield of corn production using two methods of T-Tape irrigation and traditional irrigation. Pp. 232-235. The National Conference on Water Crisis Managemen., 1-2 March. Marvdasht. Iran.
- Yazar A, Howell TA, Dusek DA and Copeland KS, 1999. Evaluation of crop water stress index for LEPA irrigated corn. *Journal of Irrigation Science*. 18:171-180.