مجله پژوهش‌های حفاظت آب و خاک
جلد بیستم، شماره دوم، ۱۳۹۲
http://jwsc.gau.ac.ir

کاربرد دستگاه‌های بر خط هواشناسی در مزرعه در محاسبه نیاز آبی به‌هنگام ذرت و تأثیر آن بر افزایش کارایی مصرف آب در منطقه ساوه

الهام خزائی[۱]، *مهدی ذاکری‌نیا[۲]، حسین دهقانی‌سانیج[۳]، ابوطالب هزارجریبی[۲] و موسی حسام[۲]

[۱]دانشجوی کارشناسی‌ارشد، گروه مهندسی آب، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، [۲]استادیار گروه مهندسی آب، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، [۳]استادیار پژوهشی آبیاری، مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی کرج

تاریخ دریافت: ۹۱/۳/۷ ؛ تاریخ پذیرش: ۹۱/۷/۱۹

چکیده

استفاده نکردن مطلوب از آب آبیاری، محدودیت منابع آب و نیاز به غذای بیش‌تر ایجاب می‌کند که مهندسان آبیاری با اعمال شیوه‌های مدیریتی نوین به برآورد دقیق نیاز آبی گیاه و آبیاری به‌موقع و به اندازه بپردازند. در این پژوهش مقدار و مشخصات محصول تولیدی و کارایی مصرف آب، در وضعیتی که میزان آبیاری براساس برآورد نیاز آبی روزانه به‌صورت خودکار و به‌هنگام در مزرعه و با استفاده از دستگاه اتوماتیک هواشناسی برآورد و اعمال شد با حالت دیگری که نیاز آبی با استفاده از داده‌های طولانی مدت هواشناسی موجود در منطقه برآورد شده بود، مقایسه شد. به این منظور آزمایش صحرایی روی محصول ذرت در منطقه دشت لوئین ساوه انجام شد. نتایج نشان داد، در حالت استفاده از داده‌های به‌هنگام، آب مصرفی ۵۳۸۳ مترمکعب در هکتار، مقدار تولید ۳۸/۵۸ تن در هکتار و کارایی مصرف آب ۷/۱۶ کیلوگرم بر مترمکعب و در حالت استفاده از داده‌های بلندمدت هواشناسی، این مقادیر به‌ترتیب به ۶۳۱۰/۲، ۳۰/۲ و ٤/۷۸ به‌دست آمد. همچنین نتایج تجزیه واریانس تنها بین قطر بلال و تعداد دانه بلال، در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری نشان داد و بین خصوصیات دیگر محصول در دو مزرعه شاهد و نمونه اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. بنابراین با مدیریت آبیاری دقیق در مزرعه و برآورد نیازآبی واقعی گیاه، علاوه‌بر کاهش آب مصرفی و افزایش کارایی مصرف آب، نه تنها تغییر معنی‌داری در بیش‌تر خصوصیات محصول ایجاد نشده بلکه در مواردی افزایش در کیفیت را نیز موجب شده است.

واژه‌های کلیدی: آبیاری عقربه‌ای، دستگاه بر خط هواشناسی، کارایی مصرف آب

* مسئول مکاتبه: a_zakerinia@yahoo.com

مقدمه

استفاده نکردن مطلوب از آب آبیاری، محدودیت منابع آب و نیاز فزاینده بشر به غذای بیش‌تر و مطلوب‌تر ایجاب می‌کند که مهندسان آبیاری با اعمال شیوه‌های مدیریتی نوین اقدام به صرفه‌جویی در مصرف آب و افزایش بازده آبیاری نمایند. این امر بدون برآورد دقیق نیاز آبی گیاه و آبیاری براساس نیاز ادواری گیاهان به آب (آبیاری به‌موقع و به اندازه) میسر نمی‌باشد. در این میان استفاده بهینه از منابع و پتانسیل‌های اقلیمی مناطق مختلف و به‌کارگیری سامانه‌های نوین ثبت و پردازش داده‌های هواشناسی در مدیریت کارآمد آب در کشاورزی به‌عنوان راه‌کاری موفق و با تجربه به اثبات رسیده است. همچنین با توجه به آن‌که سهم عمده‌ای از منابع محدود آب کشور در بخش کشاورزی مصرف می‌گردد، سیاست‌گذاری برای مدیریت بهینه مصرف آب امری ضروری بوده و به‌همین دلیل پژوهش‌های اخیر پژوهش‌گران به‌منظور صرفه‌جویی در مصرف آب و نیز افزایش بازده آبیاری و کارایی مصرف آب، به‌سمت خودکارسازی (آبیاری دقیق) سوق پیدا کرده است. در یک آبیاری بهینه، گیاه باید به اندازه نیاز آبی روزانه خود (ET_c) آبیاری شود، از آن‌جا که بخش عمده‌ای از آب‌های کشور (حدود ۸۰ درصد) در بخش کشاورزی مصرف می‌شود، بنابراین استفاده از سیستم‌هایی در جهت افزایش کارایی مصرف آب باعث صرفه‌جویی حجم بالایی از آب خواهد شد (قناتیان و همکاران، ۲۰۰۷).

از روش‌های آبیاری که در این‌حال در بسیاری از کشورهای جهان مورد استفاده قرار می‌گیرد، روش‌های آبیاری تحت فشار می‌باشد. طراحی سیستم‌های آبیاری تحت فشار و همچنین مدیریت آبیاری در این سیستم‌ها از نظر مقدار آب و زمان آبیاری به‌طور عموم براساس متوسط آمار هواشناسی سال‌های گذشته انجام می‌گیرد. علاوه‌بر آن به‌دلیل نبود سیستم مدیریتی کارآمد، کشاورزان حتی در صورت داشتن سیستم‌های آبیاری مدرن با امکان مدیریت دقیق‌تر، براساس تجربیات خود نسبت به مدیریت آبیاری اقدام می‌کنند. حال آن‌که به‌طور عموم شرایط اقلیمی سال‌های مختلف یکسان نبوده و میزان نیاز آبی گیاهان در سال‌های مختلف متغیر می‌باشد. بنابراین ممکن است در یک‌سال به‌خصوص اگر براساس میانگین درازمدت داده‌های اقلیمی، نیاز آبی تعیین و اعمال گردد، مزرعه یا آب اضافی دریافت نماید[1] و یا آن‌که کم‌تر از حد نیاز به آن آب داده شود[2] که در نتیجه تلفات آب یا کاهش محصول را در برخواهد داشت. یکی از راه‌کارهای عملی آن است که با توجه به دور آبیاری، نیاز آبی

1- Over-Irrigation
2- Under-Irrigation

براساس داده‌های نزدیک‌ترین ایستگاه هواشناسی موجود محاسبه و سپس از طریق آبیاری جایگزین شود. اما مشکل اساسی در این مورد آن است که ایستگاه‌های هواشناسی به‌طور عمده از نوع فرودگاهی بوده و داده‌های آن‌ها نمی‌تواند به‌طور مستقیم در فرمول‌های استاندارد برآورد تبخیر و تعرق مانند روش فائو پنمن- مونتیت مورد استفاده قرار گیرد و نیاز به اصلاحاتی مانند وارد کردن ضریب شاخص خشکی[1] در محاسبه‌ها دارد (میرشاهی، ۱۹۹۹)، که انجام آن برای زارع و یا مدیران آبیاری مشکل می‌باشد. روش دیگر آن است که داده‌های هواشناسی در روزهای بین دو آبیاری در مزرعه‌ای که قرار است، برای آن برنامه‌ریزی آبیاری انجام شود به‌صورت به‌هنگام[2] از طریق نصب حس‌گرهای لازم برداشت و محاسبات نیاز آبی براساس داده‌های به‌دست آمده صورت گرفته و مقدار آب تخلیه شده از خاک جایگزین شود. به‌کارگیری هر کدام از این دو روش مستلزم هزینه‌های متفاوتی است که استفاده از آن‌ها تنها در کسب محصول بیش‌تر توجیه‌پذیر می‌باشد (علیزاده، ۲۰۱۰). در خصوص اهمیت بهینه‌سازی مصرف و افزایش کارایی مصرف آب و اثربخشی آن در میزان تولیدات کشاورزی کشور همین بس که چنان‌چه براساس مجموع اقدامات مدیریتی و به‌کارگیری فن‌آوری‌های نوین کارایی مصرف آب از ۱-۰/۸ کیلوگرم به‌ازای هر مترمکعب آب فعلی به حدود ۱/۵ کیلوگرم به‌ازای هر مترمکعب افزایش یابد، میزان تولیدات کشاورزی به ۱۲٤/۵ میلیون تن در سال خواهد رسید (اکبری و دهقانی‌سانیج، ۲۰۰۷). ذرت پس از گندم و برنج، مهم‌ترین ماده غذایی دنیا را تشکیل می‌دهد (پوئلمن، ۱۹۵۹). در بین گیاهان زراعی چهارکربنه ذرت بیش‌ترین حساسیت را به تنش‌هاش محیطی دارد، در شرایط تنش خشکی، به‌ویژه چند روز قبل و بعد از گل‌دهی شاخص برداشت ذرت افت زیادی می‌کند (اونس، ۱۹۹۳). ذرت به آب فراوان نیاز دارد و به تنش شوری حساس بوده و شوری‌های زیادتر از ۱/۷ دسی‌زیمنس بر متر باعث کاهش رشد آن می‌شود (اسپراگو و دودلی، ۱۹۸۸). پین‌هیرو و همکاران (۲۰۰٤) بیان نمودند که بررسی اثرات تنش خشکی بر عملکرد دانه، به‌عنوان حاصل نهایی رشد و نمو، می‌تواند بیانگر عکس‌العمل کلی گیاه به تنش خشکی باشد. در گیاه ذرت تولید ماده خشک با کاهش آب مصرفی، نقصان می‌یابد ولی کاهش عملکرد دانه در اثر کمبود آب بیش‌از کاهش ماده خشک تولیدی است (اتگول و همکاران، ۱۹۹۵). آلن و مازیک (۱۹۹۳) و جوز و همکاران (۲۰۰۰) افزایش کارایی مصرف آب را در نتیجه اعمال تنش خشکی گزارش کردند. هاول و همکاران (۱۹۹۸) اشاره

1- Aridity Index
2- Real Time

کردند که مصرف آب ذرت بین مقادیر ۸۰۲-٤٦٥ میلی‌متر و راندمان مصرف آب بین ۱/٦۸-۱/٦٥ کیلوگرم در مترمکعب در شرایط آبیاری کامل می‌باشد.

کمپ و همکاران (۲۰۰٦) روش مناسب مدیریت آبیاری را کنترل نیم‌رخ رطوبتی خاک دانسته و نشان دادند برای رسیدن به حداکثر کارآیی مصرف آب ذرت دانه‌ای در نواحی مرطوب نیاز آبی ذرت ۱٥۳/٥ میلی‌متر است. کمپ و همکاران (۲۰۰٦) برای مناطق نیمه‌خشک نیز این روش را پیشنهاد کرده و نیاز آبی ذرت را در این مناطق ٥٦۱/۱ میلی‌متر تخمین زدند. اما الکایسی و زینهوا (۲۰۰۳) گزارش نمودند که در اثر اعمال تنش خشکی بازده اقتصادی و بیولوژیک مصرف آب در ذرت کاهش می‌یابد. کامپوس و همکاران (۲۰۰٤) در آزمایشی که برای بهبود مقاومت به خشکی در ذرت انجام دادند به این نتیجه دست یافتند که ذرت در مرحله گل‌دهی، زمان رشد خامه و گرده‌افشانی بیش‌تر به خشکی حساس است. آن‌ها گزارش کردند که عملکرد در شرایط تنش در مرحله گل‌دهی، همبستگی بسیار قوی با تعداد دانه در هر بلال دارد. که همه این نتایج ضرورت آبیاری به‌موقع و به‌هنگام را هم در برای کاهش مصرف آب و هم جلوگیری از آسیب به کشت بیان می‌کنند. در مورد برآورد نیاز آبی با استفاده از داده‌های هواشناسی خارج از مزرعه و تکیه بر داده‌های هواشناسی ایستگاه‌های غیرمرجع و اعمال اثرات خشکی بر پارامترهای هواشناسی نیز مطالعاتی انجام شده است، که از آن جمله هرمن و همکاران (۱۹۷٤) دریافتند که داده‌های فشار بخار و سرعت باد، که از یک ایستگاه خشک واقع در کلورادو به‌دست می‌آید، برای برنامه‌ریزی آبیاری عقربه‌ای در حال کار باید اصلاح شوند. کورون و پلتون (۱۹۷٦) دمای هوای یک مزرعه جو به مساحت ۱/٥ هکتار را ٥ درجه سانتی‌گراد سردتر از زمین‌های اطراف گزارش نمودند. آلن و همکاران (۱۹۸۳) با استفاده از داده‌های ٤ ایستگاه هواشناسی واقع در جنوب آیداهو و یک ایستگاه واقع در مرکز تحقیقات آب و خاک در کیمبرلی، به بررسی اثرات موقعیت ایستگاه بر روی مقدار نیاز آبی برآورد شده، پرداختند. دو ایستگاه از ٤ ایستگاه مورد مطالعه، در اراضی خشک و کویری و دو ایستگاه دیگر در شرایط فاریاب قرار داشتند. تبخیر- تعرق گیاه مرجع (ET_o) برآورد شده از دمای هوا و دمای نقطه شبنم اخذ شده از ایستگاه‌های خشک، میزان فرابرآورد ۱۷ درصد در فصل رشد و ۲۱ درصد در ماه حداکثر (تیر) را نشان داد. استفاده از انواع سنسور و کامپیوتر باعث شد که شرایط خاک، هوا و گیاه توسط سیگنال از سنسورها به دفتر مرکزی ارسال شده و پس از تجزیه و تحلیل اطلاعات دریافتی برنامه روزهای بعد تهیه شود. استفاده از تجهیزات نرم‌افزاری، مخابراتی، ماهواره‌ای اتوماسیون را به‌قدری گسترده ساخته که می‌توان از فاصله

دور حتی بین‌قاره‌ای، برنامه آبیاری را کنترل و پایش نمود (ملک‌زاده و ولی‌زاده، ۲۰۰۷). پیش‌بینی حجم بهینه آبیاری امری ضروری برای توسعه سیستم مدیریت توزیع و تحویل آبیاری است و مهم‌ترین بخش پیش‌بینی رژیم آبیاری این است که ساده، واقعی و نزدیک به نیاز آبی گیاه باشد (تورس و همکاران، ۲۰۱۱). استفاده از سنسورهایی با تکنولوژی دقیق، امکان توسعه آبیاری را فراهم می‌کنند سنسورها زمان و مقدار آب را برای یک آبیاری به‌هنگام تعیین می‌کنند (ولیدیس و همکاران، ۲۰۰۸). برخی نتایج کارهای پژوهشی دیگر محققان بیانگر کاهش مصرف آب و افزایش کارایی آن در صورت خودکارسازی سیستم و محاسبه نیاز آبی براساس داده‌های به‌هنگام مزرعه می‌باشد. مثلاً شاک و همکاران (۱۹۹٦) با طرح خودکارسازی آبیاری قطره‌ای بر روی محصول پیاز در ٤ سطح آبیاری با رطوبت خاک در مکش‌های ۱۰-، ۲۰-، ۳۰- و ٤۰- کیلوپاسکال که فرمان آبیاری توسط حس‌گرهای رطوبتی داخل خاک صادر می‌شد، اختلاف معنی‌داری در تولید محصول مشاهده نکردند. شاید دلیل این امر نوع سیستم آبیاری قطره‌ای بوده است که تأثیر چندانی بر رطوبت و دمای هوای مزرعه نداشته است. همچنین مورارى و گیاردینی (۲۰۰۲) اتوماسیون آبیاری را بر روی سبزیجات غیرمشابه در باغ بوتانیک پادووا در ایتالیا انجام دادند. منطقه مورد مطالعه به ٦ بخش تقسیم شدکه مدیریت آبیاری هر بخش به‌صورت جداگانه و به‌طور اتوماتیک و با استفاده از اطلاعات رطوبت خاک که توسط سنسورهایی که داده‌ها را به کمک میکروکامپیوترها مخابره می‌کردند، کنترل می‌شد. با وجود این‌که آب به مقدار مطلوب و کافی در اختیار گیاه بود رفتار متفاوتی در گیاهان مختلف مشاهده نکردند. اما تالی و همکاران (۱۹۹۸) با طرح خودکارسازی آبیاری قطره‌ای بر روی محصول پنبه نیز توانستند ٦۰ درصد مصرف آب را کاهش دهند. علیزاده و همکاران (۲۰۰۸) به‌منظور مقایسه میزان مصرف آب آبیاری و تأثیر آن بر کارایی مصرف آب در سه‌وضعیتی که در آن‌ها میزان آبیاری براساس: ۱: داده‌های به‌هنگام هواشناسی مزرعه، ۲: داده‌های به‌هنگام ایستگاه هواشناسی خارج از مزرعه و ۳: داده‌های میانگین هواشناسی منطقه محاسبه و انجام شده بود آزمایش صحرایی روی محصول ذرت علوفه‌ای در منطقه کرج انجام دادند. نتایج کار آن‌ها نشان داد که بین داده‌های هواشناسی از نظر دما، رطوبت و سرعت باد در مزرعه و نزدیک‌ترین ایستگاه هواشناسی و یا داده‌های میانگین منطقه تفاوت وجود داشته و همین امر باعث گردید که در وضعیتی که مقدار آب آبیاری براساس داده‌های هواشناسی به‌هنگام داخل مزرعه صورت گرفت، مصرف آب در هر هکتار ذرت ٦۸۳۸ مترمکعب و مقدار تولید ۷۸ تن و بنابراین کارایی مصرف آب ۱۱/٤ کیلوگرم بر مترمکعب بوده است. حال آن‌که این ارقام در شرایطی که مقدار

آبیاری براساس داده‌های به‌هنگام ایستگاه هواشناسی غیرکشاورزی خارج از مزرعه که در فاصله ٤ کیلومتری مزرعه آزمایشی واقع بود صورت گرفت، به‌ترتیب ۷٦٤۰، ۷۸/۲ و ۱۰/۲ و در شرایطی که از آمار میانگین ۲۰ ساله هواشناسی برای آبیاری مزرعه استفاده گردید به‌ترتیب ۹۳۵۰، ۷۹/۹ و ۸/۵ به‌دست آمد که نشان می‌دهد در صورت اندازه‌گیری داده‌های هواشناسی در مزرعه و انجام آبیاری براساس آن‌ها کارایی مصرف آب نسبت به وضعیتی که از داده‌های میانگین هواشناسی منطقه استفاده شود ۲۷ درصد افزایش پیدا می‌کند. با توجه به بررسی منابع بالا می‌توان به اهمیت استفاده از داده‌های هواشناسی واقعی و به‌هنگام در برآورد نیاز آبی گیاه در راستای رسیدن به هدف صرفه‌جویی در مصرف آب و افزایش کارایی آن پی برد. هدف از انجام این پژوهش، مقایسه کارایی مصرف آب در دو حالت:

۱- کاربرد دستگاه اتوماتیک هواشناسی داخل مزرعه و استفاده از داده‌های به‌هنگام به‌دست آمده از آن برای برآورد نیاز آبی گیاه و ۲- شرایطی که نیاز آبی به شیوه معمول و با استفاده از داده‌های طولانی‌مدت هواشناسی برآورد می‌شد، می‌باشد. علاوه‌بر این به موضوع‌های زیر نیز پرداخته شده است.

۲- ارزیابی تأثیر استفاده از دستگاه اتوماتیک هواشناسی بر کیفیت ذرت با مقایسه خصوصیات محصول کشت شده تحت دو مدیریت اتوماتیک و غیراتوماتیک حاکم بر مزرعه.

۳- ارزیابی اختلاف بین شرایط هواشناسی حاکم بر مزرعه با شرایط نزدیک‌ترین ایستگاه هواشناسی به مزرعه و تأثیر آن بر روی نیاز آبی گیاه.

مواد و روش‌ها

به‌منظور مقایسه نتایج به‌دست آمده از مدیریت مصرف آب و احتمال افزایش کارایی مصرف آن و همچنین مقدار و کیفیت محصول در مدیریت‌های مختلف و همچنین بررسی اختلاف اطلاعات هواشناسی به‌هنگام و واقعی مزرعه با آمار طولانی‌مدت در برآورد نیاز آبی و نقش غیرمستقیم آن‌ها در تولید محصول، آزمایش به‌صورت مزرعه‌ای بر روی ذرت علوفه‌ای رقم سینگل کراس دومنظوره در شهرستان ساوه در منطقه دشت لویین صورت گرفت. منطقه مورد آزمایش نیمه‌خشک با ارتفاع ۱۲۵۰ متر از سطح دریا و در موقعیت طول جغرافیایی ۵۰ درجه و ۱۹ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۱ دقیقه شمالی واقع شده است. میانگین بارندگی سالیانه ساوه ۲۰٦ میلی‌متر می‌باشد که سال ۱۳۷٤ با میانگین ۲۸٦ میلی‌متر و سال ۱۳۷۵ با میانگین ۹۱ میلی‌متر کم‌ترین بارندگی سالیانه را دارند. بیش‌ترین رکورد بارندگی ماهانه ساوه ۳۸ میلی‌متر و در آذر ۱۳۸۹ ثبت شده است. بنابراین همه نیاز

آبی ذرت در این منطقه باید از طریق آبیاری تامین گردد. همچنین میانگین سالیانه دما نیز ۱۸/۱ درجه سانتی‌گراد می‌باشد که ماه مرداد با میانگین ۳۱/۵ درجه سانتی‌گراد و بهمن‌ماه با ۵/۷ درجه سانتی‌گراد به‌ترتیب گرم‌ترین و سردترین ماه سال می‌باشد.

برای انجام این آزمایش مزرعه‌ای انتخاب شد که با سیستم عقربه‌ای[1] به طول بال ۳۱۵ متر با طول دنباله ۱٦ متر و دارای ٦ دهانه آبیاری به طول‌های ۵۲/۵ متر که مساحتی برابر با ۳٤/٤ هکتار را تحت پوشش قرار می‌داد، آبیاری می‌شد. سه‌چهارم از مساحت دایره‌ای شکل تحت پوشش سنترپیوت زیر کشت ذرت رفته که از این محدوده قطاع انتهایی آن به مساحت ۵۰۰۰ مترمربع به شیوه اتوماتیک و با استفاده از داده‌های به‌هنگام هواشناسی و بقیه آن با استفاده از داده‌های طولانی‌مدت هواشناسی و با اعمال نظر زارع آبیاری شد. در قطاع آزمایشی از طریق دستگاه اتوماتیک هواشناسی نصب شده در فاصله ۲ متری، مقابل آن و با استفاده از سنسورهای موجود در دستگاه پارامترهای هواشناسی شامل دماهای حداکثر و حداقل، سرعت باد، تابش آفتاب و بارش اندازه‌گیری و به سیستم آبیاری منتقل گردید. در این سیستم براساس معادله پنمن مونتیت تبخیر- تعرق در فاصله بین دو آبیاری به‌صورت خودکار محاسبه و به‌همان میزان آبیاری انجام می‌گرفت. بافت خاک مزرعه از نوع شنی رسی سیلتی بوده و درصد اجزا آن در جدول ۱ آورده شده است.

جدول ۱- مشخصات بافت خاک در مزرعه آزمایشی.

عمق نمونه (سانتی‌متر)	درصد رس	درصد سیلت	درصد شن	نوع بافت
۰-۲۰	۲۷	۱۸	۵۵	شنی رسی سیلتی
۲۰-٤۰	۲۷	۲۲	۵۱	شنی رسی سیلتی
٤۰-٦۰	۲۵	۱٦	۵۹	شنی رسی سیلتی

آب مورد استفاده در آزمایش از چاه‌های واقع در جوار مزرعه تحقیقاتی تأمین شده و دارای کیفیت مطلوب بود و محدودیتی برای استفاده در این پژوهش نداشته است. نمونه آبی از چاه برداشت و مورد آزمایش قرار گرفت که نتایج آن در جدول ۲ آورده شده است.

1- Center Pivot

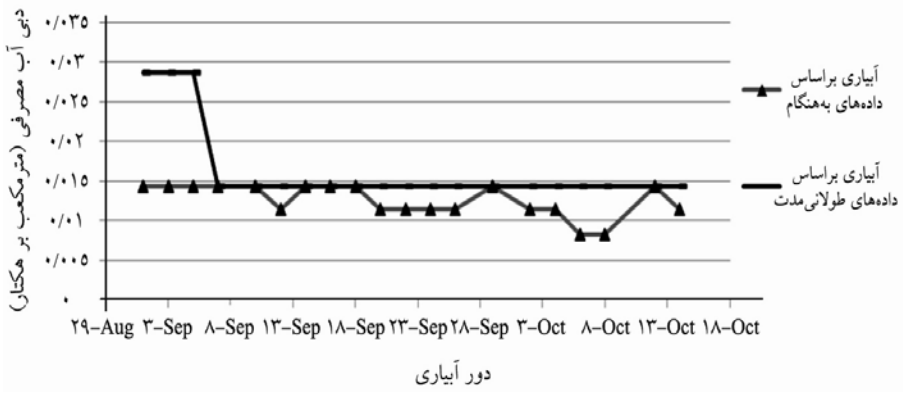
جدول ۲- خصوصیات شیمیایی آب آبیاری.

مشخصات	pH	EC (دسی‌زیمنس بر متر)	آنیون‌ها (میلی‌اکی‌والان بر لیتر)				کاتیون‌ها (میلی‌اکی‌والان بر لیتر)			
			CO_3	HCO_3^{-2}	Cl^-	SO_4^{-2}	Mg^{+2}	Ca^{+2}	Na^+	K^+
نمونه آب	۷/۹	۰/۳	۰/۳	۳/۷	۲	۹/۸	۳/۱	۲/۹	۹/۸	–

زراعت مورد آزمایش (ذرت علوفه‌ای رقم سینگل کراس ۷۰٤) از ارقام دیررس ذرت می‌باشد. کشت ذرت در منطقه معمولاً در اواخر تیر و اوایل مردادماه صورت گرفته و به‌طور معمول طول دوره رشد گیاه ۱۰۰ روز می‌باشد. در این آزمایش کشت در ٤ مردادماه انجام و پس از ۹۰ روز محصول برداشت گردید. به تمام مزرعه به‌طور یکسان کود داده شد. یک دوره در هنگام شخم قبل از کشت و دوره دیگر در ۲۰ سانتی‌متری ذرت و آخرین دوره در هنگام گل‌دهی ذرت انجام گرفت. اولین آبیاری بلافاصله بعد از کاشت انجام شد. در ماه اول کشت در قطاع تحت آزمایش اتوماسیون و قطاع شاهد آبیاری به‌طور یکسان صورت گرفت. دلیل این امر تاخیر در نصب دستگاه اتوماتیک هواشناسی در مزرعه و مشکلاتی در برداشت داده بود. دور آبیاری در طول دوره رشد در هر دو قطاع ثابت و برابر ۳ روز و ۱۲ ساعت در نظر گرفته شد. در قطاع آزمایشی که به‌صورت اتوماتیک آبیاری می‌شد سرعت سنترپیوت متناسب با اعداد ارایه شده از دستگاه هواشناسی و با توجه به کاتالوگ سنترپیوت تنظیم شد. در قطاع شاهد آبیاری با اعمال نظر زارع و با استفاده از آمار طولانی‌مدت هواشناسی صورت گرفت. به این صورت که در ۳ دهه اول کشت با سرعت ۱۰ درصد و از اول دهه چهارم تا زمان برداشت با سرعت ۲۰ درصد آبیاری انجام شد. در این آزمایش در هر دو قسمت از زمین نمونه و آزمایشی، ۳ پلات هر کدام به مساحت ۱ مترمربع در نظر گرفته شد و از هر پلات ۲ بوته ذرت به‌عنوان نمونه برداشت شد. پلات‌ها به‌طور کاملاً تصادفی در هر مزرعه انتخاب و صفات عملکرد شامل تعداد برگ در بوته، تعداد میان‌گره، قطر بلال، ارتفاع بوته، طول تاج، قطر ساقه، ارتفاع بدون تاج و تعداد دانه آن‌ها با متر و کولیس اندازه‌گیری گردید. برای به‌دست آمدن مقدار ماده خشک، بوته‌ها به‌مدت ۲٤ ساعت در آون ۸۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند. در ادامه به کمک نرم‌افزار SAS محاسبه‌های آماری و تجزیه و تحلیل‌های لازم انجام شده است.

نتایج و بحث

روند آبیاری‌ها در دوره رشد در هر دو قطاع آبیاری شده براساس داده‌های به‌هنگام و طولانی‌مدت به‌صورت نمودار در شکل ۱ آورده شده است.



شکل ۱- روند آبیاری در دوره رشد.

نتایج به‌دست آمده از مقدار عملکرد ذرت علوفه‌ای و کارایی مصرف آب در هر دو تیمار آبیاری اتوماتیک و غیراتوماتیک در جدول ۳ قابل مشاهده است.

جدول ۳- مقایسه مقدار مصرف آب، مقدار محصول و کارایی مصرف آب در دو تیمار آبیاری.

تیمار آبیاری	مقدارآب مصرفی (مترمکعب بر هکتار)	مقدارمحصول‌تولیدی (تن بر هکتار)	کارایی مصرف‌آب (کیلوگرم بر مترمکعب)
آبیاری براساس داده به‌هنگام هواشناسی	۵۳۸۳	۳۸/۵۸	۷/۱۶
آبیاری براساس داده طولانی‌مدت هواشناسی	٦۳۱۰/۲	۳۰/۲	٤/۷۸

همان‌طورکه در این جدول قابل مشاهده است در قطاعی که در آن آبیاری براساس داده‌های به‌هنگام اندازه‌گیری شده در مزرعه انجام می‌شد، میزان آب مصرفی ۵۳۸۳ مترمکعب در هکتار، مقدار تولید ۳۸/۵۸ تن در هکتار و کارایی مصرف آب ۷/۱٦ کیلوگرم بر مترمکعب و در حالت استفاده از داده‌های بلندمدت هواشناسی، این مقادیر به‌ترتیب ٦۳۱۰/۲، ۳۰/۲ و ٤/۷۸ به‌دست آمد. نتایج بیانگر صرفه‌جویی در میزان آب مصرفی با استفاده از سیستم‌های خودکار آبیاری است که در آن‌ها مقدار آب آبیاری براساس داده‌های به‌هنگام هواشناسی اندازه‌گیری شده در همان مزرعه صورت می‌پذیرد، چرا که دقیقاً براساس نیاز گیاه آبیاری انجام شد و از تلفات معمول آب در مزارع که بیش‌تر به‌دلیل تفکر زارعان مبنی بر آب بیش‌تر مساوی با محصول بهتر صورت می‌گیرد جلوگیری به‌عمل آمد. چنان‌که با استفاده از این دستگاه علاوه‌بر کاهش ۱۷/۲ درصدی در مصرف آب، می‌توان کارایی مصرف آب نیز تا ٤۹/٦ درصد افزایش

یافت. با توجه به نتایج به‌دست آمده از انجام پژوهش می‌توان استنباط کرد آب اضافه‌ای که در مزرعه شاهد به زمین وارد شده جزو تلفات آبیاری بوده و نه تنها باعث بهتر شدن عملکرد گیاهی نشده، بلکه به‌میزان جزیی گیاه از بیش آبیاری صدمه‌دیده است. نتایج به‌دست آمده از عملکرد پلات‌ها در هر دو قسمت از مزرعه از نظر مقدار تولید و سایر مشخصات محصول از جمله ارتفاع بوته، قطر ساقه، قطر بلال و... نیز در جدول‌های ٤ و ٥ ارایه شده است. این نتایج نشان می‌دهد که با توجه به تأمین نیاز آبی واقعی و به‌هنگام گیاه در مزرعه، توسط دستگاه‌های خودکار هواشناسی، علاوه‌بر خودکارسازی سیستم‌های آبیاری و صرفه‌جویی در مصرف آب، کیفیت و مقدار محصول نیز افزایش می‌یابد.

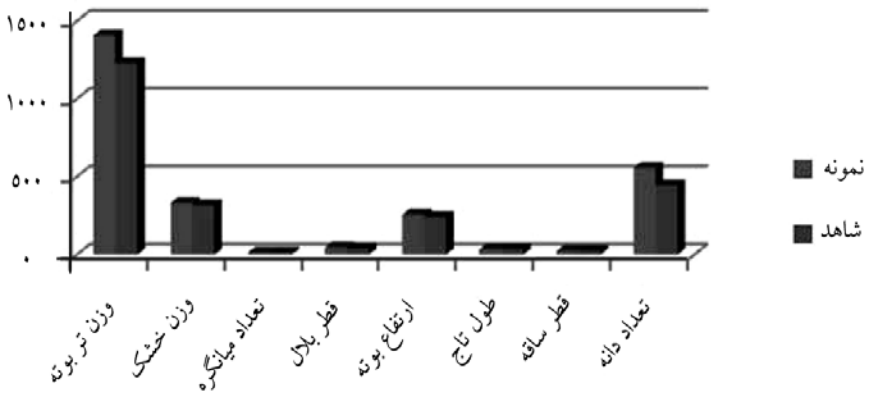
جدول ٤- مشخصات محصول در مزرعه نمونه.

	مزرعه نمونه		
	کرت ۱	کرت ۲	کرت ۳
تعداد برگ در بوته	١٤	١٤	١٤
تعداد میان‌گره	١٣	١٤/٥	١٣/٥
قطر بلال (میلی‌متر)	٤٧/٥	٤٧/٥	٤٤
ارتفاع بوته (سانتی‌متر)	٢٥٦/٥	٢٦٣	٢٥١
طول تاج (سانتی‌متر)	٣٦/٥	٣٢/٥	٣٧
قطر ساقه (میلی‌متر)	٢٦	٢٢	٢٥
ارتفاع بدون تاج	٢٢٠	٢٣٠/٥	٢١٤
تعداد دانه	٦٤٣	٥٦٨/٥	٤٦٣/٥

جدول ٥- مشخصات محصول در مزرعه شاهد.

	مزرعه شاهد		
	کرت ۱	کرت ۲	کرت ۳
تعداد برگ در بوته	١٣	١٤	١٣
تعداد میان‌گره	١٣	١٣/٥	١٥
قطر بلال (میلی‌متر)	٤١	٤٣	٣٧
ارتفاع بوته (سانتی‌متر)	٢٢٣	٢٥٠	٢٥٣
طول تاج (سانتی‌متر)	٣٩/٥	٣١/٥	٤٥/٥
قطر ساقه (میلی‌متر)	٢٣/٥	٢١/٥	٢٨
ارتفاع بدون تاج	١٨٣/٥	٢١٨/٥	٢١٨/٥
تعداد دانه	٤٧٨/٥	٤٨٠	٤٣٠/٥

نتایج به‌دست آمده از میانگین‌گیری خصوصیات مختلف محصول در ۲ مزرعـه شـاهد و نمونـه در شکل ۲ قابل مشاهده است.



شکل ۲- نمودار خصوصیات محصول ذرت در دو مزرعه مورد تحقیق.

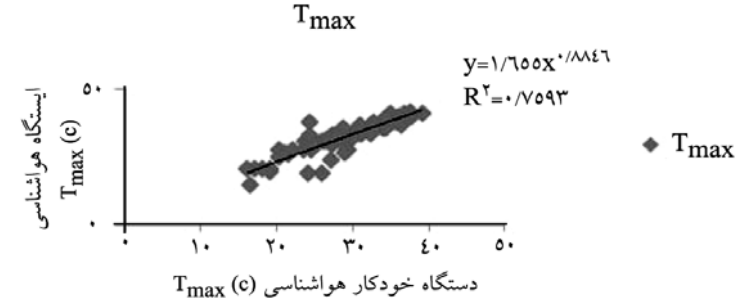
نتایج به‌دست آمده از تجزیه واریانس در جدول ٦ ارایه شده است. این نتایج نشان می‌دهد که به‌جز در صفات قطر بلال و تعداد دانه بلال و در سطح احتمال ۵ درصد، بین دیگر صفات اندازه‌گیری شده گیاه اختلاف معنی‌داری مشاهده نمی‌شود و این بیانگر آن است که با مدیریت آبیاری دقیق در مزرعه و برآورد نیاز آبی واقعی گیاه، علاوه‌بر صرفه‌جویی در مصرف آب، نه تنها تغییر معنی‌داری در بیش‌تر خصوصیات محصول ایجاد نشده بلکه در مواردی بهبود کیفیت نیز مشاهده شده است.

جدول ٦- نتایج تجزیه واریانس.

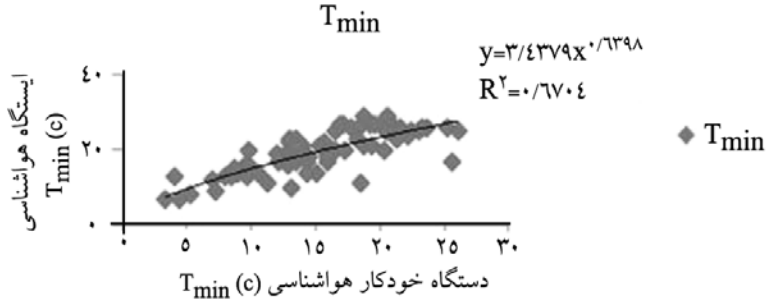
		میانگین مربعات						
منابع تغییرت	درجه آزادی	وزن تر	وزن خشک	تعداد میان‌گره	قطر بلال	ارتفاع بوته	طول تاج	قطر ساقه	تعداد دانه
تکرار	۲	۲٤۹۷۰٤۱	۲۵۳۹/۲	۰/۸۷	۱۲/۵٤	۱۵۰/۲۹۱	۱۸/۳۷	۱۱/۵٤	۱۰۵۰۷/٦
تیمار	۱	٤۷۵۲٦	۳۸۸/۳۳	۰/۰٤۱	۵٤*	۳۳۰/۰٤۱	۰/۰٤۲	۰	۱۹۰٤۰/٦*
اشتباه	۲	۵۸۷۸۰/۱۲	۳۸۳۵/۲	۰/۷۹۱	۰/۸۷	۱۵۸/۷۹۱	٤/۰٤۲	۳/۸۷	۱۰۰۹/۰٤۲
CV		۱۸/۳۷	۱۹/۰۷	٦/٤۷۰	۲/۱۵	۵/۰۵۲۲	۵/۷۰۳	۸/۰۸۹	٦/۳۲۷

*معنی‌دار بودن صفت را نشان می‌دهد.

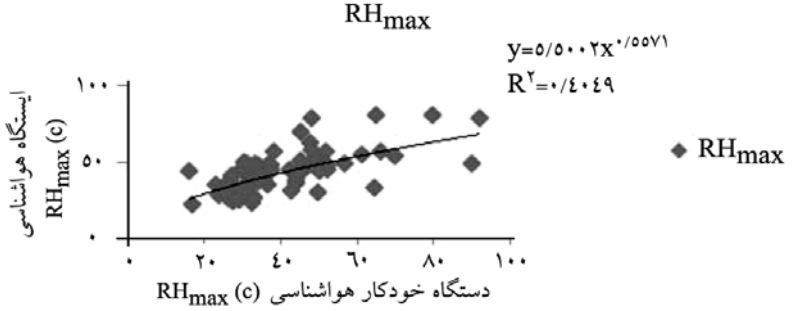
همچنین به‌منظور نشان دادن اختلاف بین داده‌های هواشناسی دستگاه اتوماتیک واقع در مزرعه و ایستگاه هواشناسی ساوه واقع در ۳۵ کیلومتری مزرعه که نزدیک‌ترین ایستگاه به مزرعه بود و همچنین تأثیر این اختلاف بر روی میزان تبخیر و تعرق پتانسیل مقایسه آماری انجام شد که نتیجه آنالیز آماری به همراه اشکال آن در جدول ۷ و شکل‌های ۳ تا ۷ ارایه شده است.



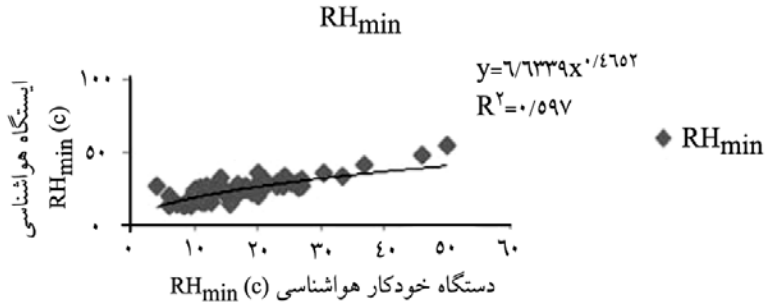
شکل ۳- اختلاف بین درجه حرارت حداکثر دستگاه خودکار داخل مزرعه و ایستگاه هواشناسی.



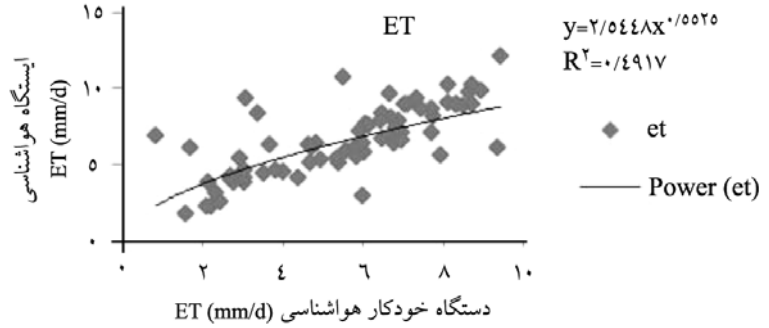
شکل ٤- اختلاف بین درجه حرارت حداقل دستگاه خودکار داخل مزرعه و ایستگاه هواشناسی.



شکل ٥- اختلاف بین رطوبت نسبی حداکثر دستگاه خودکار داخل مزرعه و ایستگاه هواشناسی.



شکل ٦- اختلاف بین رطوبت نسبی حداقل دستگاه خودکار داخل مزرعه و ایستگاه هواشناسی.



شکل ٧- اختلاف بین تبخیر و تعرق دستگاه خودکار داخل مزرعه و ایستگاه هواشناسی.

نتایج تحلیل آماری انجام شده روی داده‌های هواشناسی دستگاه اتوماتیک واقع در مزرعه و ایستگاه هواشناسی ساوه که در جدول ٧ نشان داده شده است.

جدول ٧- تحلیل آماری داده‌های هواشناسی دستگاه اتوماتیک و ایستگاه هواشناسی.

شاخص آماری	RE (درصد)	MBE	RMSE
درجه حرارت حداکثر	١٢/٨	٢/٩	٤/٢
درجه حرارت حداقل	٢٥/٨	٣/٦	٥/٢
رطوبت نسبی حداکثر	٢١/٣	٢/٦	١١/٣
رطوبت نسبی حداقل	٢٩/٣	٦	٧/٧
تبخیر و تعرق	٢٤/٢	٠/٩٢	١/٧

با توجه به شکل‌های ۳ تا ۷ و داده‌های جدول ۷ می‌توان نتیجه گرفت که در بیش‌تر موارد ایستگاه هواشناسی مقادیر بالاتری را نسبت به دستگاه داخل مزرعه نشان می‌داد، که علت آن اختلاف بین شرایط اقلیمی مزرعه و ایستگاه هواشناسی است. مثبت بودن میانگین خطای پایه (MBE) نیز تأییدکننده همین مطلب است. همچنین بیش‌ترین اختلاف مربوط به رطوبت نسبی حداقل و کم‌ترین آن مربوط به درجه حرارت حداکثر است. در مورد رطوبت نسبی حداقل به‌جز یک مورد که آن هم رطوبت مزرعه برتری عددی ناچیزی به مقدار ۰/۵۲ نسبت به رطوبت ایستگاه داشت، در همه موارد داده‌های ایستگاه ساوه مقادیر جوی بالاتری را نشان می‌داد که شاید ناشی از اختلاف ارتفاع و موقعیت جغرافیایی محل ایستگاه هواشناسی ساوه باشد. در مورد رطوبت نسبی حداکثر تعادل بیش‌تری بین داده‌های ایستگاه هواشناسی و مزرعه برقرار بود و در مواردی دستگاه داخل مزرعه مقادیر بیش‌تری را نشان می‌داد که این امر تأثیر معکوس در محاسبه مقدار تبخیر و تعرق و موجب کاهش عددی آن می‌گردد. ایستگاه هواشناسی درجه حرارت حداکثر، حداقل و تبخیر و تعرق را در بیش‌تر موارد بیش‌تر از داده‌های مزرعه نشان داد. ایستگاه هواشناسی ساوه بدون داده‌های سرعت باد متوسط روزانه بود و بنابراین از داده‌های سرعت باد دستگاه داخل مزرعه در محاسبه تبخیر و تعرق ایستگاه استفاده شد. در نهایت نتایج و شکل‌ها بیانگر فرابرآورد تبخیر و تعرق و در نهایت فرابرآورد نیاز آبی با استفاده از داده‌های ایستگاه هواشناسی خارج از مزرعه (ساوه) است که علت آن اختلاف شرایط حاکم بر مزرعه با شرایط نزدیک‌ترین ایستگاه هواشناسی در ساوه می‌باشد که در نهایت منجر به افزایش عددی نیاز آبی و افزایش مصرف آب می‌گردد.

نتیجه‌گیری

با توجه به محاسبه‌ها و مقایسه‌های آماری انجام شده در قسمت‌های قبل می‌توان گفت که اجرای اتوماسیون در مزرعه ذرت و استفاده از داده‌های هواشناسی روزانه و به‌هنگام برای آبیاری و برطرف کردن نیاز آبی گیاه موجب افزایش عملکرد و کارایی مصرف آب و کاهش مصرف بیهوده آب می‌گردد. به‌طوری‌که در این پژوهش ۱۷/۲ درصد کاهش مصرف آب و ٤۹/٦ درصد افزایش کارایی مصرف آب را موجب شده است. با استناد به این نتایج و با توجه به این‌که استفاده از داده‌های هواشناسی به‌هنگام مزرعه، تغییر معنی‌داری در بیش‌تر خصوصیات محصول در مزرعه نمونه ایجاد ننموده و در مواردی افزایش در کیفیت را نیز سبب شده، می‌توان نتیجه گرفت که آب اضافی که در مزرعه شاهد به زمین وارد شده، جزو تلفات آبیاری بوده و نه تنها باعث افزایش عملکرد گیاهی نشده است بلکه به‌میزان جزیی گیاه از بیش آبیاری صدمه دیده است.

منابع

1.Alizade, A., Dehghanisanij, H., and Mossavi, M. 2008. The Effect of Using On Farm Real Time Climatic Data for Calculating Irrigation Need on Water Use Effeciency of Corn. Iran. J. Irrig. and Drain. 2: 4. 308-318.
2.Allen, R.G., Brockway, C.E., and Wright, J.L. 1983. Weather station sitting and consumptive use estimates. J. Water Resour. Plng. and Manage. ASCE, 109: 2. 134-147.
3.Allen, R.R., and Musik, J.T. 1993. Planting date, water management, and maturity length relations for irrigated grain sorghum. Trans. ASAE, 36: 4. 1123-1129.
4.Al-Kaisi, M.M., and Xinhua, Y. 2003. Effects of nitrogen rate, irrigation rate and plant population on corn yield and water use efficiency. Agron. J. 95: 1475-1482.
5.Akbari, M., and Dehghanisanij, H. 2007. Effect of Automation in improving and developing of drip Irrigation. The first workshop on Automation of Pressurized Irrigation systems. (In Persian)
6.Campose, H., Cooper, M., Habben, J.E., and Schussler, J.R. 2004. Improving drought tolerance in maize: A view from Industry. Field Crops Research, 89: 1-16.
7.Camp, C.R., Karlen, D.R., and Lambert, J.R. 2006. Irrigation scheduling and row configuration for corn in the southeastem coastal plain. Trans. ASCE, 28: 1159-1165.
8.Cox, W.J., and Julliff, G.D. 1988. Growth and yield of sunflower and soybean under soil deficits. Agron. J. 78: 226-230.
9.Evans, L.T. 1993. Crop Evolution, Adaptation and Yield. Cambridge University Press, 500p.
10.Ghanatian, H., Zarei, Gh., and Gorji, A. 2007. Automation of Pressurized Irrigation systems. The first workshop on Automation of Pressurized Irrigation systems. (In Persian)
11.Heermann, D.F., Shall, H.H., and Mickelson, R.H. 1974. Center pivot design capacities in eastern Colorado. J. Irrig. Drain. Div. 100: 2. 127-141.
12.Howell, T.A., Tock, J.A., Schneider, A.D., and Evett, S.R. 1998. Evapotranspiration, yield and water use efficiency of corn hybrids differing in maturity. Agron. J. 90: 3-9.
13.Jose, C., lnma, F., Phillippe, D., and Faci, M. 2000. Simulation of maize yield under water stress with the EPIC phase and CROPWAT Modeles. Agron, J. 92: 669-679.
14.Korven, H.C., and Pelton, W.L. 1967. Advection in Southwest Saskatchewan. Can. J. Agric. Engine. 9: 124. 88-90.
15.Malekzadeh, S., and Valizadeh, N. 2007. methods and equipment of pressurized irrigation systems. The first workshop on Automation of Pressurized Irrigation systems. (In Persian)
16.Mirshahi, B. 1999. Modifying Effects of Temperature on Evapotranspiration Estimates in khorasan synoptic station. M.Sc. Thesis. Ferdowsi University of Mashhad.

17.Morari, F., and Giardini, L. 2002. Irrigation Automation whit heterogeneous vegetation, the case of padova botanical garden. Agricultural Water Management, 55: 183-201.
18.Otegul, M.E., Anderson, F.H., and Suero, E.E. 1995. Growth, water use and kernel aboration of maize subjected to drought at silking. Field Crop Res. 40: 87-94.
19.Pinheiro, C., Passarinhoa, J.A., and Ricardo, C.P. 2004. Effect of drought and rewatering on the metabolism of Lupinus albus organs. J. Plant Physiol. 161: 1203-1210.
20.Poehlman, J.M. 1959. Breeding Field Crops. Henry Holt and Company, Inc. New York, 427p.
21.Shock, C.C., Feibert, B.G., and Sanders, L.D. 1996. Automation of subsurface drip irrigation foronion production. Malheur experiment station.
22.Sprague, G.F., and Dudley, J.W. 1988. Corn and Corn Improvement, 3rd edition. Agronomy Monograph no. 18. WI, U.S.A. 986p.
23.Taley, S.M., Patode, R.S., and Mankar, A.N. 1998. Automation in drip irrigation system for cotton growing on large scale, a case study.
24.Torrres, A., Walker, W., Mckee, M. 2011. Forecasting daily potential evapotranspiration using machine learning and limited climatic data. Agricultural Water Management, 98: 2011. 553-562.
25.Vellidis, G., Tucker, M., Perry, C., Kevin, C., and Bednarz, C. 2008. A real-time wireless smart sensor array for scheduling irrigation. computers and electronics in agriculture. 61: 44-50.

Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

J. of Water and Soil Conservation, Vol. 20(2), 2013
http://jwsc.gau.ac.ir

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

E. Khazaei[1], *M. Zakerinia[2], H. Dehghani Sanij[3], A. Hezarjeribi[2] and M. Hesam[2]

[1]M.Sc. Student, Dept. of Water Engineering, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, [2]Assistant Prof., Dept. of Water Engineering, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, [3]Research Assistant Prof., Agriculture Technology and Engineering Research Institute, Karaj

Received: 05/27/2012; Accepted: 10/10/2012

Abstract

Non-Optimal use of irrigation water, limited water resources and growing need for more food require the application of modern management techniques to save water and increase water use efficiency. This is possible only with accurate estimation of crop water requirement and timely irrigation. In this study, the differences between water use efficiency, value and yield specifications in two irrigation treatments was compared. Irrigation treatments were: irrigation based on evapotranspiration calculated by real time climatic data of the field and irrigation based upon evapotranspiration calculated by mean meteorological data of the non-reference station (Saveh city). The results showed that in the control, field 5383 m^3/h water were used and the yield was 38.58 Ton/ha. Therefore, water application efficiency was 7.16 kg/m^3. In the other field, these amounts were 6310.2 m^3/h, 30.2 ton/ha and 4.78 kg/m^3 respectively. The results of the variance showed a significant difference between the diameter of the corn and number of grains, at 5%. There were also no significant difference between the other yield properties in the field. Therefore with automated irrigation management in the field and estimation of the actual water plant requirement, in additional to reducing water use and increasing water use efficiency, not only there were no significant change in yield properties but also in some cases there was increase in quality.

Keywords: Online meteorological station, Center pivot irrigation, Irrigation water use efficiency

* Corresponding Author; Email: a_zakerinia@yahoo.com