نشریه پژوهش آب در کشاورزی / ب / جلد ۳۳ / شماره ۳/ ۱۳۹۸

10.22092/jwra.2019.125969.649

اثرات آبیاری موجی بر راندمان کاربرد و بهره‌وری آب ذرت دانه‌ای در ایستگاه اسلام آباد غرب

امیرحسین ناظمی[۱] *، محمدامین پرندین ، سیدعلی‌اشرف صدرالدینی و هوشنگ قمرنیا

استاد گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز.

ahnazemi@yahoo.com

دانشجوی دکتری گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز.

amin_parandin@yahoo.com

استاد گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز.

sadraddini1338@gmail.com

استاد گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه رازی کرمانشاه.

hghamarnia@yahoo.com

چکیده:

برای بررسی تاثیر آبیاری موجی بر عملکرد ذرت‌دانه‌ای در منطقه اسلام‌آبادغرب و همچنین تعیین بهره وری آب و راندمان کاربرد آب، آزمایشی در اطراف ایستگاه تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی شهرستان اسلام آباد غرب انجام شد. طرح آماری مربوط به پژوهش، بلوک کامل تصادفی با چهار تیمار و در سه تکرار (بصورت تجزیه مرکب طی دو سال زراعی ۱۳۹۵ و ۱۳۹۶ بود. تیمارها نیز به روش آبیاری پیوسته(C)، روش آبیاری موجی با نسبت قطع و وصل جریان یک به ۱(S1-1)، روش آبیاری موجی با نسبت قطع و وصل جریان دو به ۱(S1-2) و روش آبیاری موجی با نسبت قطع و وصل جریان ۳به ۱ (S1-3) و در سه تکرار بود. برای کاشت از ذرت با رقم سینگل کراس ۷۰۴ استفاده شد. مقایسه تیمارهای مختلف با درنظر گرفتن ۸ پارامتر وزن کل بلال‌ها، طول بلال ، وزن دانه بلال‌ها، وزن هزار دانه، رطوبت و پارامترهای کیفی مقدار چربی، نشاسته و پروتئین، تجزیه واریانس (Anova) انجام شد. نتایج نشان داد در سال‌های ۱۳۹۵ و ۱۳۹۶، در مقایسه با آبیاری پیوسته (C)، آبیاری موجی S1-1 بترتیب ۱۰/۸٪ و ۱۰/۴٪ و آبیاری موجی S1-2، بترتیب ۱۰/۴٪ و ۱۰/۵٪ و آبیاری موجی S1-3، بترتیب ۱۱٪ و ۱۰/۵٪ صرفه جوئی در مصرف آب داشت. نتایج تجزیه واریانس مرکب نشان داد کلیه پارامترهای عملکرد در بین تیمارها طی سال‌های مختلف در سطح ۵٪ تفاوت معنی‌داری نداشت. همچنین نتایج نشان داد در خصوص بهره وری آب برای وزن کل و وزن دانه‌های بلال‌ها، تیمارهای آبیاری موجی نسبت به تیمار آبیاری پیوسته برتر بوده و در آبیاری موجی بهره وری آب بر اساس وزن کل بلال‌ها مقدار ۰/۶۹ کیلوگرم در مترمکعب و بر اساس وزن دانه مقدار ۰/۵۴کیلوگرم در مترمکعب بوده و بهره وری را نسبت به آبیاری‌پیوسته به ترتیب ۰/۰۷و ۰/۰۶ کیلوگرم در مترمکعب افزایش می‌دهد و این مؤید برتری آبیاری موجی نسبت به آبیاری پیوسته است. راندمان کاربرد آب نیز بطور متوسط برای آبیاری پیوسته ۳۲/۳ درصد و برای آبیاری موجی ۳۶ درصد بود که نسبت به آبیاری پیوسته حدود ۳/۷ درصد بیشتر بود. در مجموع نتایج تحقیق نشان داد آبیاری موجی با نسبت فرکانس یک به دو روش مناسب تری برای آبیاری می‌باشد.

واژه های کلیدی: عملکرد بلال، رقم سینگل کراس۷۰٤، صرفه‌جوئی، مصرف آب، ، آبیاری جویچه‌ای

---

[۱]- آدرس نویسنده مسئول:گروه مهندسی آب دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز، آذربایجان شرقی

*- دریافت: اردیبهشت ۱۳۹۸ و پذیرش: مهر ۱۳۹۸

مقدمه

ذرت یکی از غلات مهم و پرمحصول و دارای اهمیت در تغذیه می‌باشد. از نظر سطح کشت بعد از گندم و برنج سومین غله به حساب می‌آید. بنا به امار سال ۱۳۹۳ سطح کشت ذرت دانه‌ای در ایران حدود ١٦٦ هزار هکتار بوده که نزدیک به یک میلیون و دویست هزار تن عملکرد دانه داشته است (خواجه پور، ١٣٧٦). جریان موجی بعنوان مفهومی جدید در آبیاری سطحی، ابتدا در دانشگاه ایالتی یوتا توسط استرینگهام و کلر[2] (۱۹۷۹) مطرح شد. طبق تعریف بیشاب کاربرد متناوب آب آبیاری در مسیرهای جریان آب و ایجاد یک سری دوره‌های قطع و وصل[3] آب با مدت زمان ثابت و یا متغیر تعریفی از آبیاری موجی می‌باشد و مجموع دوره زمانی قطع و وصل که موج‌های هیدرولیکی[4] نامیده می‌شود، به نحوی طراحی می‌شود که آب مورد نیاز خاک را تامین نماید. (واکر و همکاران،۱۹۸۷).

مطالعات اولیه نشان داده که استفاده متناوب آب در مزرعه فرآیند نفوذ آب در خاک در مرحله پیشروی را تغییر و باعث بهبود نفوذپذیری خاک می‌شود. در بیشتر موارد مشاهده شده است که مقادیر نفوذپذیری به شکل قابل ملاحظه‌ای پس از یک دوره قطع جریان پنج تا ۱۰ دقیقه‌ای کاهش می‌یابد و در واقع قابلیت نفوذ لایه سطحی خاک کاهش یافته است. به هر حال این تاثیر به مقدار زیادی به ترکیب خاک، رطوبت اولیه، سرعت جریان سطحی و مدت دوره قطع و وصل بستگی دارد. گرچه مکانیزم واقعی این امر قابل تشخیص نیست، ولی به هر حال مطالعات نشان داده که جریان موجی می‌تواند راندمان آبیاری سطحی را تا حد قابل ملاحظه‌ای بهبود بخشیده و مطلوبیت آن را افزایش دهد. (واکر و همکاران،۱۹۸۷). جریان موجی ضمن تامین آب و پر کردن منافذ خاک، میزان مصرف آب را کاهش می‌دهد و لذا منافع بالقوه زیادی را به همراه دارد و یکی از مشکلات اصلی آبیاری سطحی که نفوذ زیاد آب در خاک و عدم یکنواختی نیمرخ رطوبتی در زیر سطح خاک است که موجب کاهش بازده می‌گردد را تا حدی تعدیل می‌نماید (سهرابی و همکاران، ۱۳۷۵).

ایزدی و همکاران(١٣٨٤) پژوهشی با هدف استفاده از مدل *SIRMOD* *برای تعیین اثر* تغییر پارامترهای موج بر روی یک خاک با بافت لوم سیلتی انجام دادند، نتایج حاکی از آن بود که در خاک لوم سیلتی حداکثر یکنواختی در نسبتهای سیکل ۲:۳ و ۳:٤ و دبی دو لیتر در ثانیه و حداکثر راندمان در دبی ۰,۵ لیتر در ثانیه و نسبت سیکل ۳:٤ رخ داد. صدرالدینی و همکاران (۱۳۸۵) با استفاده از مدل هیدرودینامیک کامل برای شبیه‌سازی آبیاری موجی و بکارگیری روش بهینه‌سازی جستجوی ممنوع یک مدل برای بهینه‌سازی آبیاری موجی تهیه کردند. براساس اطلاعات حاصل از آزمایش‌های میدانی مدل تهیه شده برای دو گزینه مختلف اجرا شد. درگزینه اول با در نظر گرفتن طول‌های معین برای جویچه، مناسب‌ترین زمان چرخه و نسبت چرخه و تعداد موج‌های لازم بدست آمد و در گزینه دوم به ازای تعداد مشخصی از موج، مناسب‌ترین طول جویچه، زمان چرخه و نسبت چرخه تعیین گردید. نتایج صورت گرفته نشانگر عملکرد موفق مدل تهیه شده در بهینه‌سازی آبیاری موجی بود. قبادی‌نیا و همکاران (١٣٨٦) اثر افزایش پله‌ای دبی جریان بر پیشروی آب در جویچه با آبیاری موجی را بررسی کرده و نتیجه گرفتند که در نوبت‌های آبیاری خاک‌آب و اول میزان کاهش آب مصرفی در آبیاری موجی با افزایش پله‌ای جریان به طور متوسط به ترتیب به میزان ۱۰ و ۱۲ درصد نسبت به آبیاری موجی با دبی ثابت در زمان، پیشروی داشت و توزیع رطوبت نیز یکنواخت‌تر شد. میرزائی و همکاران (۱۳۹۰) پژوهشی انجام دادند که هدف آن مقایسه شاخص‌های عملکرد نسبت چرخه میزان مناسب جریان ورودی در جریان موجی با روش جریان پیوسته و یافتن نسبت چرخه تناوب و جریان ورودی مناسب و همچنین، مقایسه سرعت پیشروی جبهه رطوبتی در طول جویچه در آبیاری موجی نسبت به آبیاری

[2] Stringham & Keller
[3] On-time, Off-time
[4] Hydrolic surges

پیوسته بود، از نتایج شبیه‌سازی جریان ها مشخص شد که سرعت نفوذ نهایی در جریان موجی بسیار کم‌تر از جریان پیوسته بوده و سرعت پیشروی جبهه رطوبتی در تیمارهای موجی به علت کاهش شدت نفوذ بیشتر از تیمارهای پیوسته با شدت جریان یکسان بوده است. در مجموع، درمنطقه مورد مطالعه، تیمار S۲۲ (شدت جریان ۰/۵ لیتربرثانیه و نسبت دوره ۱:٤) بهترین عملکرد را داشته و تیمار S۱۳ (شدت جریان ۰/۵ لیتربرثانیه) و نسبت دوره ۲:۳) حتی از تیمارهای جریان پیوسته نیز ضعیف‌تر عمل کرده است. به‌منظور ارزیابی عملکرد ذرت رقم سینگل کراس ۷۰٤، دو روش آبیاری موجی و مرسوم یا پیوسته منطقه تحقیقی توسط قربانی کهریزسنگی و همکاران (۱۳۹۱) انجام گرفت. نتایج نشان داد که بین تیمار پیوسته و آبیاری موجی، از نظر مصرف آب تفاوت معنی دار می‌باشد. در بین تیمارهای آبیاری موجی، تیمارهایSF۲ وSF۳ از نظر کاربرد آب، کمترین مقدار را به خود اختصاص دادند. اما از نظر عملکرد تفاوت معنی‌داری بین تیمار آبیاری پیوسته CF و تیمار آبیاری موجی SF۳ وجود نداشت.

در بین تیمارهای موجی به دلیل اینکه تیمار SF۳ مقدار مصرف آب کمتر ولی نسبت به تیمارهای دیگر موجی عملکرد علوفه سیلویی بیشتر و از نظر آماری، مساوی تیمار آبیاری پیوسته داشت، توصیه شد. بررسی‌های انجام شده درمورد آبیاری موجی نشان می دهند که جریان موجی باعث افزایش سرعت پیشروی (بیشاپ و همکاران، ۱۹۸۱) یکنواختی عمق آب نفوذ کرده (کمپی و همکاران، ۱۹۸۸) افزایش بازده (واکر و اسکوگربو، ۱۹۸۷) و کاهش نفوذ پذیری (گلدیج و همکاران ، ۱۹۸۲) نسبت به جریان پیوسته می‌گردد واکر و همکاران (۱۹۸۲) به این نتیجه رسیدند که چون خاک‌های ناپایدار سریع‌تر تغییرات نفوذ پذیری سطح خاک را نشان می‌دهند، تاثیر آبیاری موجی در خاک‌های شنی نسبت به خاک‌های لوم سیلتی یا لوم رسی کمتر است. پودمور و داک (۱۹۸۲) و شلگل (۱۹۸٤) بیان داشتند که مدیریت نامناسب آبیاری موجی در مرحله بعد از پیشروی می‌تواند رواناب را افزایش دهد. از آنجایی‌که جبهه پیشروی موج سریع‌تر از جبهه پسروی است، در صورت استفاده از دوره‌های زمانی کوتاه مدت ممکن است که امواج در یکدیگر ادغام شده و سبب کاهش تأثیرات ناشی از پیشرفت موج شوند . از طرف دیگر دوره‌های زمانی طولانی مدت سبب افزایش زمان نفوذ آب در قسمت‌های خشک مزرعه شده و در نتیجه موجب افزایش نفوذ عمقی می‌گردد. دوره ای که بسیار کوتاه مدت باشد نمی‌تواند مرحله پیشروی را کامل کند و دوره ای که بسیار طولانی باشد سبب آبیاری بیش از حد مزرعه در طی مرحله پیشروی میشود . نفوذ یکی از پارامترهای مهم تأثیرگذار در آبیاری موجی است. مک کلایمونت و همکاران (۱۹۹٦) نتایج پیشروی، رواناب و نفوذ برآورد شده درمورد اندازه گیری‌های مزرعه‌ای مورد بررسی قرار دادند و به این نتیجه رسیدند که روش آبیاری موجی حجم نفوذ را کمتر از مقدار اندازه گیری شده برآورد می‌کند.

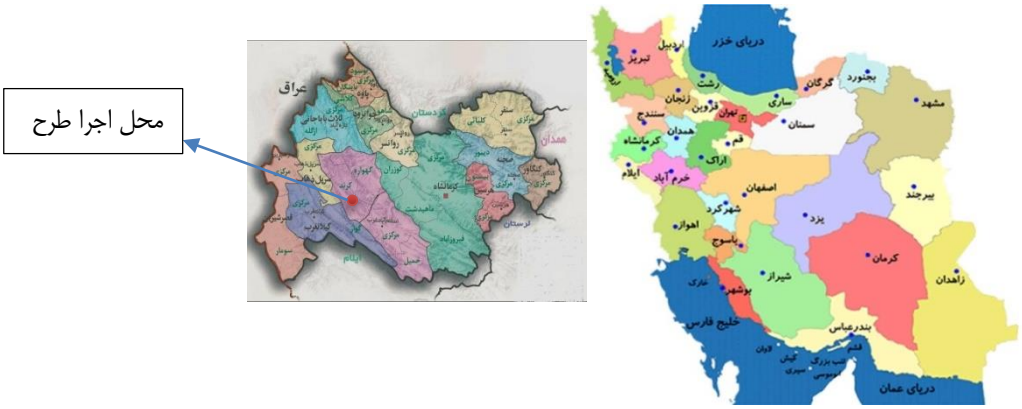
ولی پور (۲۰۱۲) در یک مطالعه، با استفاده از رژیم‌های ورودی جریان پیوسته، روش کاهش جریان، جریان موجی با دبی ثابت جریان و روش موجی با افزایش متغیر جریان، افزایش بهره وری آبیاری در آبیاری را مورد بررسی قرار داد. نتایج به دست آمده از شبیه سازی انجام شده با استفاده از نرم‌افزار SIRMOD نشان داد که روش کاهش جریان و روشهای آبیاری موجی قادر به افزایش بهره وری آبیاری به ترتیب به میزان ۱۱/٦٦و ۳۷/۲۸درصد خواهند بود.

اکثر تحقیقات انجام شده موید مطلوب بودن روش آبیاری موجی برای صرفه‌جوئی در مصرف آب می-باشد اما این تحقیقات متاسفانه اغلب در جویچه های تحقیقاتی و بدون حضور گیاه انجام شده و باتوجه به نیاز به بررسی رفتار گیاه نسبت به استراتژی مذکور در کل فصل رشد و طی آبیاری‌ها این تحقیق طراحی و اجرا شده است و باتوجه به اهمیت کشت ذرت دانه‌ای در کشور و مصارف آن در تولید روغن مایع خوراکی و تأمین خوراک دام و طیور و با توجه به چالش‌های موجود در کشور و منطقه در رابطه با محدودیت منابع آب، این تحقیق با هدف بررسی

تاثیر آبیاری موجی بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت دانه-ای در منطقه اسلام‌آباد غرب تحت آبیاری جویچه‌ای و همچنین بررسی تغییرات کارآیی مصرف آب و راندمان کاربرد آب هنگام استفاده از روش آبیاری موجی انجام شد که به نظر می‌رسد با توجه به رفرنس‌های موجود این تحقیق حداقل در منطقه کرمانشاه یک پژوهش نو باشد که خیلی به آن پرداخته نشده است.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در اطراف ایستگاه تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی شهرستان اسلام‌آباد غرب واقع در طول جغرافیائی ٤٨ درجه و ٢٨ دقیقه شرقی و عرض جغرافیائی٣٤ درجه و٧ دقیقه شمالی انجام گردید. این مزرعه دارای آب و هوای معتدل کوهستانی با مشخصات تابستانهای خشک و زمستانهای نسبتا معتدل با باران کم معین و ارتفاع از سطح دریا ۱۳۵۰ متر می‌باشد و متوسط میزان بارندگی بین ۸۰۰-٤۰۰ میلیمتر است. شکل (۱) نقشه کشور عزیزمان ایران و در کنار آن نقشه استان آورده شده است که محل تقریبی اجرای پروژه در آن مشخص شده است



شکل ۱- نقشه محل اجرای پروژه

در سال‌های ۱۳۹۵و ۱۳۹٦ ازخاک های منطقه مورد مطالعه نمونه‌برداری شد، برخی از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه مورد مطالعه به شرح جدول (۱) می‌باشد. همچنین متوسط آنالیز خصوصیات آب به شرح جدول(۲) است. نمونه‌گیری از خاک در این آزمایش از نوع نمونه دست نخورده و در عمق‌های مختلف صورت گرفته است. جهت اندازه گیری بافت خاک از روش USDA (وزارت کشاورزی آمریکا) و برای تعیین نفوذ پذیری از روش استوانه‌های مضاعف بهره گرفته شد(علیزاده، ۱۳۷۸).جهت کاشت ذرت از رقم سینگل کراس ۷۰٤ استفاده شد. .روش کاشت دستی بود. برداشت محصول نیز در نیمه اول مهرماه به صورت دستی انجام شد. به منظور حذف اثرات حاشیه‌ای برداشت از وسط خط کاشت میانی هر کرت انجام گرفت. اگر ذرت به منظور برداشت دانه کشت شود باید برداشت زمانی صورت گیرد که گیاه از نظر فیزیولوژی و زراعت کاملاً رسیده باشد تعیین زمان برداشت از نظر زراعی به نوع رقم، مقدار کود، جنس خاک، آبیاری، تراکم بوته، آب و هوا، و سایر عوامل محیطی وابسته است. از نظر فیزیولوژی دانه‌های رسیده ذرت حداکثر ماده خشک را دارا هستند و بایستی رطوبت آنها به حدود ۲۰ تا ۲٤ درصد برسد تا از نظر زراعی قابل برداشت باشد و این زمان موقعی است که پوسته براحتی از بلال جدا می‌گردد و چنانچه بلال را در دست تاب بدهند دانه ها از بلال جدا خواهند شد(خواجه پور، ۱۳۸٦).بعد از برداشت بلال‌ها و بعد از توزین آنها، دانه‌های بلال به صورت دستی از چوب آنها جدا گردیده و اندازه‌گیری‌های لازم (رطوبت و چگالی نمونه‌ها، تعداد بلال، طول بلال، وزن کل بلال، وزن چوب، تعداد ردیف دانه‌ها، تعداد دانه در ردیف و تعیین مقدار

رطوبت موجود) صورت پذیرفت. روش آبیاری در این آزمایش روش جویچه‌ای و طول جویچه‌ها ۱۵۰ متر و فاصله آنها ۷۵ سانتی‌متر بود آبگیری در مزارع از طریق یک آبگیر سه اینچی انجام شد. نوسانات دبی در خطوط انتقال بر اثر تغییرات فشار ایجاد شده می‌باشد. جهت اندازه‌گیری حجم آب ورودی به سیستم، کنتور حجمی قرارداده شد. جهت تعیین زمان آبیاری از روش بیلان آبی استفاده شد (علیزاده، ۱۳۸۵). در این روش مقدار مشخصی آب به مزرعه داده شد و نوبت بعدی آبیاری زمانی بود که مجموع نیازآبی محاسبه شده طی روزهای سپری شده نزدیک آب آبیاری قبل شود به عبارت دیگر آبیاری بعدی زمانی بود که مقدار آب مصرف نشده از آبیاری قبل جوابگوی نیاز آبیاری آن روز را ندهد.

جدول۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک منطقه مورد مطالعه

سال	تاریخ نمونه‌گیری	عمق cm	هدایت الکتریکی دسی زیمنس برمتر	PH	نفوذپذیری سانتیمتربرساعت	درصد حجمی رطوبت ظرفیت مزرعه ای درصدحجمی	درصد حجمی رطوبت نقطه پژمردگی دائم درصدحجمی	جرم مخصوص ظاهری (گرم بر سانتیمترمکعب)	%Sand	%Silt	%Clay	نوع بافت
۱۳۹۵	۹۵/۰۲/۲۴	۰-۳۰	۰/۶	۷/۶۵		۳۷	۱۹	۱/۲۸	۱۹/۴	۳۸/۱	۴۲/۵	Clay loam
		۳۰-۶۰	۰/۶	۷/۶۲	۱	۳۶/۵	۱۹					
		۶۰-۹۰	۰/۵	۷/۷۵		۳۶	۱۸/۵					
۱۳۹۶	۹۶/۰۲/۲۴	۰-۳۰	۰/۶۵	۷/۶		۳۶/۵	۱۸/۵	۱/۲۶	۱۹/۷	۴۰/۵	۳۹/۸	Clay loam
		۳۰-۶۰	۰/۶۵	۷/۶۵	۰/۹	۳۶	۱۸					
		۶۰-۹۰	۰/۶	۷/۷		۳۶	۱۸					

جدول۲- خصوصیات آب منطقه مورد مطالعه

سال	تاریخ نمونه گیری	آنیونها (میلی اکی والانت برلیتر)		کاتیونها (میلی اکی والانت برلیتر)		هدایت الکتریکی (دسی زیمنس برمتر)	PH	TDS (میلی اکی والانت برلیتر)
۱۳۹۵	۹۵/۰۲/۲۴	۲/۱	$Co3^{--}$	۶/۳	Ca^{++}	۶۱۰	۷/۶	۳۹۰
		۳/۱	$Hco3^{-}$	۳/۱	Mg^{++}			
		۲/۵	Cl^{-}	۱/۱۵	Na^{+}			
		۲/۹	$So2^{--}$	۰/۰۵	K^{+}			
۱۳۹۶	۹۶/۰۲/۱۵	۲/۰۵	$Co3^{--}$	۶/۱	Ca^{++}	۶۰۰	۷/۴	۳۸۵
		۳/۰۵	$Hco3^{-}$	۳/۱۵	Mg^{++}			
		۲/۵	Cl^{-}	۱/۱۵	Na^{+}			
		۲/۸۵	$So2^{--}$	۰/۰۵	K^{+}			

جهت محاسبه نیازآبی گیاه از طریق آمار بدست آمده توسط تشتک تبخیر کلاس A و با استفاده از رابطه (۱) عمل خواهد شد :

$$ETc = Kc \times Kp \times Epan \qquad (۱)$$

که در آن:

ETc نیاز آبی خالص گیاه ذرت بر حسب میلی‌متر در روز، Kc ضریب گیاهی ذرت، (که براساس نتایج محاسبات مربوط به داده‌های لایسیمتری بدست آمده)، Kp ضریب تشتک تبخیر کلاس A، Epan میزان تبخیر از تشتک کلاس A بر حسب میلی‌متر درروز (که محل آن در ایستگاه هواشناسی کشاورزی درمجاورت مرکز تحقیقات می‌باشد) است (خواجه پور، ۱۳۸٦)

با توجه به اینکه بعد از پایان مرحله پیشروی آبیاری بصورت پیوسته انجام می‌شود، مدت زمان مربوط به ذخیره، تخلیه و پسروی بر اساس پارامترهای جریان پیوسته محاسبه شد و زمان قطع جریان نیز بعد از تکمیل دوره ذخیره بر اساس محاسبات انجام شد (واکر،۱۹۸۲). در طراحی سیستم آبیاری جویچه‌ای برای اینکه مقدار کافی آب، بدون آنکه تلفات زیادی دربرداشته باشد، از جویچه به داخل خاک نفوذ کند، زمان قطع آبیاری طبق رابطه (۲) محاسبه شد (واکر،۱۹۸۲).

$$Tco = Tt + Tn - Tr \qquad (۲)$$

که در آن:

Tco زمان قطع (دقیقه) ، Tt زمان پیشروی (دقیقه) ، Tn زمان لازم برای نفوذ مقدار خالص آب مورد نیاز (دقیقه) و Tr زمان عقب نشینی (دقیقه) است. اما در جویچه‌هایی که انتهای آن باز باشد و جویچه‌های شیبدار که شیب کافی داشته باشد ، می‌توان زمان عقب نشینی را صفر فرض کرد. در این طرح نیز چون شیب زمین ۰/۰۰۳ یعنی ۰/۳ درصد و انتهای جویچه‌ها نیز باز بود، زمان عقب نشینی صفر فرض شد، لذا (واکر،۱۹۸۲) :

$$Tco = Tt + Tn \qquad (۳)$$

از طرفی مقدار Tn از طریق رابطه نفوذ کوستیاکف–لوئیس محاسبه می شود (واکر،۱۹۸۲):

$$I_n = k(t_n)^a + f_0 t_n \qquad (٤)$$

که در آن:

I_n مقدار خالص آب مورد نیاز جهت نفوذ یا مقدار نیاز آبی (میلی متر)، t فرصت زمان نفوذ و k ، a و f_0 ضرایب معادله نفوذ می‌باشد پیدا کردن مقادیر ضرایب معادله نفوذ با روش‌های مختلف انجام می‌شود که یکی از این روش‌ها روش دو نقطه‌ای الیوت و واکر است (واکر، ۱۹۸۲). اساس این روش بر پایه معادله پیوستگی و شکل نمایی فاز پیشروی می‌باشد. در این روش از دونقطه میانی و انتهایی فاز پیشروی برای تخمین پارامترهای معادله نفوذ کوستیاکف‌لوئیس استفاده می‌شود. (واکر،۱۹۸۲). طرح آماری مربوط به پژوهش، طرح بلوک کامل تصادفی (بصورت تجزیه ساده برای هر سال و تجزیه مرکب دوساله بود و تیمارها نیز روش آبیاری پیوسته (C)، روش آبیاری موجی با دبی ثابت و نسبت زمان قطع و وصل یک به یک تا زمان تکمیل پیشروی (S1-1)، روش آبیاری موجی با دبی ثابت و نسبت زمان قطع و وصل دو به یک تا زمان تکمیل پیشروی (S1-2)، روش آبیاری موجی با دبی ثابت و نسبت زمان قطع و وصل سه به یک تا زمان تکمیل پیشروی (S1-3) و در سه تکرار می‌باشد. نسبت تناوب و مدت زمان قطع و وصل جریان در تیمارهای مختلف در جدول(۳) ارائه شده است.

جدول۳- نسبت تناوب و مدت زمان قطع و وصل جریان در روش‌های مختلف آبیاری مورد آزمایش (Ts: زمان تناوب)

	روش آبیاری	نسبت وصل جریان به قطع جریان	مدت زمان وصل جریان (دقیقه)	مدت زمان قطع جریان (دقیقه)	زمان تناوب جریان (دقیقه)	نسبت تناوب
تیمار C	جریان پیوسته	۱ به صفر	۶	۰	۶	۱:۱
تیمار S1-1	جریان موجی	۱ به ۱	۶	۶	۱۲	۱:۲
تیمار S1-2	جریان موجی	۱ به ۲	۶	۱۲	۱۸	۱:۳
تیمار S1-3	جریان موجی	۱ به ۳	۶	۱۸	۲۴	۱:۴

بعد از برداشت و نمونه گیری محصول و بعد از اندازه‌گیری پارامترهای عملکرد، محاسبات مربوط به آن در هر تیمار به کل مزرعه تعمیم داده شد و برای مشخص شدن رطوبت بذرها در هنگام برداشت، نمونه‌های هر تیمار به آزمایشگاه منتقل شد و پس از اندازه‌گیری رطوبت، و کم کردن ١٤ درصد آن که مبنای محاسبه عملکرد محصول ذرت می‌باشد، رطوبت موجود در محصول و عملکرد واقعی محصول بدست آمد. تفسیر این داده‌ها و مقایسه عملکرد محصول تحت تیمارهای گفته شده توسط تجزیه واریانس ساده برای هرسال و تجزیه واریانس مرکب دوساله داده‌ها انجام شد. جهت انجام مقایسه تیمارهای مختلف با در نظر گرفتن هشت پارامتر وزن کل بلال‌ها، طول بلال، وزن دانه بلال‌ها، وزن هزار دانه، رطوبت و پارامترهای کیفی مقدار چربی، نشاسته و پروتئین، تجزیه واریانس (Anova) انجام شد و مقایسه عملکرد کمی محصول تحت تیمارهای مختلف توسط آزمون LSD انجام شد. برای اخذ نتایج آزمون‌های آماری از نرم‌افزار SAS استفاده شد. راندمان کاربرد آب سیستم آبیاری را می‌توان به صورت زیر محاسبه نمود

$$Ea = \frac{Z_{req} \cdot L}{Q_0 t_{co}} * 100 \qquad (٥)$$

در این رابطه Ea راندمان کاربرد، Z_{req} عمق آب لازم در شیارها بر حسب مترمکعب درمتر، L طول جویچه برحسب متر، Q_0 دبی ورودی جریان برحسب مترمکعب بردقیقه و T_{co} زمان قطع جریان برحسب دقیقه است. باتوجه به حجم آب داده شده درهر هکتار برای کل دوره رشد گیاه، بهره وری آب در هر تیمار به دست آمد

$$WP = \frac{Yield}{V_{total}} \qquad (٦)$$

در این رابطه:

WP بهره وری آب برحسب کیلوگرم در مترمکعب آب، Yield عملکرد محصول بر حسب کیلوگرم و V_{total} مجموع باران موثر در دوره رشد گیاه و حجم کل آب داده شده در هر هکتار برای کل دوره رشد گیاه برحسب مترمکعب می‌باشد.

نتایج و بحث

تاریخ و حجم آب آبیاری برای تیمارهای مختلف در فصول زراعی ١٣٩٥ و ١٣٩٦ در جدول(٤) ارائه شده است. نتایج نشان داد که در سال‌های ١٣٩٥ و ١٣٩٦ مقادیر آب آبیاری بترتیب ١١٠٠ و ١١٤٠ میلیمتر در طول فصل زراعی بود. این تفاوت ناشی از بارندگی‌های فصل بهار در سال ١٣٩٥ و شرایط آب و هوائی بود. در تیمار آبیاری پیوسته مقادیر نیاز آبیاری برای سال‌های ١٣٩٥ و ١٣٩٦ بترتیب ١٧١١٢ و ١٧٢٦١ مترمکعب در هکتار است. همچنین در تیمار آبیاری موجی S1-1، مقادیر آب آبیاری برای سال‌های ١٣٩٥ و ١٣٩٦ بترتیب ١٥٢٥٩ و ١٥٤٦٣ مترمکعب در هکتار است که نسبت به آبیاری پیوسته بترتیب ٨٩/٢٪ و ٨٩/٦٪ می‌باشد. در تیمار آبیاری موجی S1-2، مقادیر آب آبیاری برای سال‌های ١٣٩٥ و ١٣٩٦ بترتیب ١٥٣٣٣ و ١٥٤٥٧ مترمکعب در هکتار است که نسبت به آبیاری پیوسته بترتیب ٨٩/٦٪ و ٨٩/٥٪ می‌باشد. در تیمار آبیاری موجی S1-3، مقادیر آب آبیاری برای سال‌های ١٣٩٥ و ١٣٩٦ بترتیب ١٥٢٢٦ و ١٥٤٥٤ مترمکعب در هکتار است که نسبت به آبیاری پیوسته بترتیب ٨٩٪ و ٨٩/٥٪ می‌باشد. مقادیر بیشتر آب استفاده شده در هر تیمار بعلت تلفات آب بعلت نفوذ عمقی در مرحله پیشروی است. مشاهده شد که بیشترین صرفه جوئی در مصرف آب به نسبت آبیاری پیوسته در تیمار S1-2 بود. نتایج مقایسه تیمارهای مختلف با تجزیه واریانس (Anova) برای پارامترهای موردنظر در جدول (٤) آورده شده است نتایج تجزیه واریانس نشان داد در سال ١٣٩٥ تنها پارامتر رطوبت در سطح ٥٪ در بین تیمارهای مختلف معنی دار است و در سال ١٣٩٦ تنها پارامتر چربی در سطح ١٪ در بین تیمارهای مختلف معنی‌دار است همچنین نتایج تجزیه واریانس مرکب نشان داد کلیه پارامترهای عملکرد در بین تیمارها طی سال‌های مختلف تفاوت معنی دار نبود، که نشان دهنده عدم تاثیر روش‌های مختلف آبیاری بر عملکرد ذرت است و به عبارت دیگر برای گیاه مهم تامین مقدار آب مورد نیاز

اســـت نـه چگونگی تامین آن و لذا روش آبیاری اثری بر عملکرد ذرت نداشـته اسـت. براسـاس نتایج حاصـله از آزمون LSD برای پـارامترهـای مختلف عملکرد کـه در جدول (۵) ارائه شده است، می‌توان به این نتیجه رسید که صـــفات طول بلال‌ها، وزن دانه بلال ها، وزن هزار دانه و درصـــد چربی در بین تیمـارهـا تفاوت معنی‌داری وجود نداشـــته و برای صـــفت وزن کل بلال‌ها برای ســـال‌های مختلف برتری معنی داری بین تیمـارهای آبیاری موجی و تیمار آبیاری پیوسـته وجود داشـت. به طوری که در سـال ۱۳۹۵ تیمار S1-3 و در سـال ۱۳۹٦ تیمار S1-2 و در کل نیز تیمـار S1-3 برتر بود. درصـــد پروتئین تیمـار S1-2 نسـبت به سـایر تیمارها برتری داشت البته در میان صفات مورد بررسـی مقدار درصـد نشاسته و مقدار رطوبت تیمار آبیاری پیوسـته در مجموع نسـبت به سـایر تیمارها برتری داشـت. نتایج آزمون ها نشـان از آن داشـت که روش‌های مختلف آبیـاری تـاثیر زیادی بر عملکرد محصـــول ذرت دانه‌ای نداشـته اسـت و بیشـتر بر روی میزان آب مصرفی متاثر بوده و این بدان معناست که با انجام آبیاری به روش موجی نه تنها مصـرف آب کاهش می‌یابد بلکه این کاهش میزان مصرف اثر منفی بر روی عملکرد محصول نیز ندارد. نتایج حاصـــل از عملکرد ذرت در رطوبت ١٤ درصـــد و عملکرد واقعی محصـــول و همچنین با توجه به حجم آب داده شده در هر هکتار برای کل دوره رشد گیاه بهره وری آب در هر تیمار به دسـت آمده و در جدول (٦) ارائه شده اسـت. مودار مقایسه مقدار آب آبیاری با بهره وری آب بر اسـاس وزن کل بلالها طی سال های مختلف در شکل (۲) نشـان داده شـد که افزایش بهره وری آب نسبت به کاهش مقدار آب آبیاری را نشان داد.

جدول ۳- تاریخ و مقدار آب آبیاری در هر آبیاری برای تیمارهای مختلف برحسب مترمکعب در هکتار

نوبت آبیاری	سال ۱۳۹۵						سال ۱۳۹۶					
	زمان آبیاری	نیازآبیاری (میلیمتر)	حجم آب آبیاری برای هرکدام از تیمارها (مترمکعب در هکتار)				زمان آبیاری	نیازآبیاری (میلیمتر)	حجم آب آبیاری برای هرکدام از تیمارها (مترمکعب در هکتار)			
			تیمارC	تیمار S1-1	تیمار S1-2	تیمار S1-3			تیمارC	تیمار S1-1	تیمار S1-2	تیمار S1-3
آبیاری اول	۱۳۹۵/۰۲/۲۴	۴۰	۶۹۱	۶۵۷	۶۶۶	۶۷۵	۱۳۹۶/۰۲/۱۶	۴۰	۶۹۱	۶۴۹	۶۵۳	۶۴۸
آبیاری دوم	۱۳۹۵/۰۳/۰۷	۵۰	۸۱۴	۷۷۵	۷۶۱	۷۶۰	۱۳۹۶/۰۲/۳۱	۴۰	۶۸۲	۶۴۴	۶۴۶	۶۴۲
آبیاری سوم	۱۳۹۵/۰۳/۲۲	۶۰	۹۵۷	۹۰۳	۸۶۹	۸۵۶	۱۳۹۶/۰۳/۱۳	۴۰	۶۸۷	۶۳۲	۶۲۹	۶۳۰
آبیاری چهارم	۱۳۹۵/۰۴/۰۳	۷۰	۱۰۹۳	۹۹۰	۱۰۱۹	۹۸۲	۱۳۹۶/۰۳/۲۲	۶۰	۹۵۵	۸۵۶	۸۵۲	۸۴۵
آبیاری پنجم	۱۳۹۵/۰۴/۱۲	۸۰	۱۲۲۷	۱۱۲۵	۱۱۲۹	۱۱۱۹	۱۳۹۶/۰۴/۰۱	۶۰	۹۵۵	۸۴۶	۸۴۴	۸۶۳
آبیاری ششم	۱۳۹۵/۰۴/۲۱	۹۰	۱۳۸۵	۱۲۶۵	۱۲۸۱	۱۲۵۹	۱۳۹۶/۰۴/۰۹	۸۰	۱۲۵۱	۱۰۷۶	۱۰۷۸	۱۰۷۷
آبیاری هفتم	۱۳۹۵/۰۴/۳۰	۹۰	۱۳۹۱	۱۲۰۸	۱۲۲۸	۱۱۸۲	۱۳۹۶/۰۴/۱۸	۸۰	۱۱۶۸	۱۰۶۷	۱۰۸۰	۱۰۷۶
آبیاری هشتم	۱۳۹۵/۰۵/۰۷	۹۰	۱۳۷۵	۱۲۳۶	۱۲۱۷	۱۲۰۴	۱۳۹۶/۰۴/۲۶	۸۰	۱۱۷۶	۱۰۵۴	۱۰۶۹	۱۰۶۳
آبیاری نهم	۱۳۹۵/۰۵/۱۵	۹۰	۱۳۷۶	۱۱۹۴	۱۲۰۲	۱۲۱۵	۱۳۹۶/۰۵/۰۳	۸۰	۱۱۹۰	۱۰۷۱	۱۰۵۳	۱۰۵۴
آبیاری دهم	۱۳۹۵/۰۵/۲۲	۹۰	۱۳۵۵	۱۱۹۰	۱۱۷۳	۱۱۸۹	۱۳۹۶/۰۵/۱۰	۱۰۰	۱۴۴۹	۱۳۲۲	۱۲۹۵	۱۲۸۳
آبیاری یازدهم	۱۳۹۵/۰۵/۲۹	۹۰	۱۳۵۰	۱۱۵۳	۱۲۰۵	۱۱۹۲	۱۳۹۶/۰۵/۱۸	۱۰۰	۱۴۵۷	۱۲۸۶	۱۳۰۲	۱۲۹۴
آبیاری دوازدهم	۱۳۹۵/۰۶/۰۷	۸۰	۱۲۱۸	۱۰۶۰	۱۰۶۵	۱۰۸۹	۱۳۹۶/۰۵/۲۵	۱۰۰	۱۴۲۶	۱۲۶۰	۱۲۶۵	۱۲۷۴
آبیاری سیزدهم	۱۳۹۵/۰۶/۱۵	۷۰	۱۱۰۳	۹۴۹	۹۵۴	۹۳۷	۱۳۹۶/۰۶/۰۲	۸۰	۱۱۷۰	۱۰۳۴	۱۰۳۳	۱۰۳۷
آبیاری چهاردهم	۱۳۹۵/۰۶/۲۶	۶۰	۹۵۲	۸۳۵	۸۳۶	۸۴۱	۱۳۹۶/۰۶/۱۰	۸۰	۱۱۷۰	۱۰۳۷	۱۰۲۸	۱۰۳۳
آبیاری پانزدهم	۱۳۹۵/۰۷/۰۳	۵۰	۸۲۵	۷۲۰	۷۲۸	۷۲۶	۱۳۹۶/۰۶/۲۰	۶۰	۹۱۷	۸۱۶	۸۱۴	۸۱۸
آبیاری شانزدهم	–	–					۱۳۹۶/۰۶/۲۷	۶۰	۹۱۷	۸۱۲	۸۱۷	۸۱۹
جمع کل		۱۱۰۰	۱۷۱۱۲	۱۵۲۵۹	۱۵۳۳۳	۱۵۲۲۶		۱۱۴۰	۱۷۲۶۱	۱۵۴۶۳	۱۵۴۵۷	۱۵۴۵۴

جدول۴- خلاصه نتایج تجزیه واریانس داده‌ها برای پارامترهای کمی عملکرد محصول ذرت دانه‌ای برای سال‌های مختلف

سال	منابع	درجه آزادی	فاکتور	وزن کل بلال‌ها	طول بلال‌ها	وزن دانه بلال‌ها	وزن هزار دانه	رطوبت	پروتئین	جربی	نشاسته
۱۳۹۵	تکرار	۲	SS	۵۷۶۳۸۱	۰/۵	۳۱۵۸۹	۲۳۲	۰/۴۹	۰/۰۴	۰/۰۴	۰/۳۳
			F	۴۵/۶**	۵/۳**	۲۷/۳**	۶/۶*	۲۱/۳**	۱/۸	۰/۲۴	۲/۸
	تیمار	۳	SS	۳۳۱۶۳	۰/۱	۷۹۵۸	۳۲/۱	۰/۲۶	۰/۰۲	۰/۷۷	۰/۴۵
			F	۱/۸	۰/۴	۰/۵	۰/۶	۷/۵*	۰/۶	۳/۵	۲/۵
	خطا	۶	SS	۳۷۹۱۵	۰/۸	۳۶۰۵۰۸	۳۷۰	۰/۸	۰/۱۱	۱/۲۴	۱/۱۳
۱۳۹۶	تکرار	۲	SS	۳۲۱۴۰۳	۰/۱	۶۵۶۳۷۷	۸۰	۰/۱۱	۰/۰۶	۰/۲۱	۰/۲۱
			F	۵/۳**	۰/۹	۹۰**	۱/۱	۱/۳	۲/۴	۱/۰۲	۱/۶۳
	تیمار	۳	SS	۳۶۲۶	۰/۲	۲۳۰۱۶	۶۸/۶	۰/۱	۰/۰۹	۱/۷۸	۰/۱
			F	۰/۶	۱/۲	۲/۱	۰/۶	۰/۸	۲/۳	۵/۷*	۰/۴۷
	خطا	۶	SS	۶۹۲۰۳۵	۰/۵	۷۰۱۳۳۱	۳۷۲	۰/۵	۰/۲۳	۲/۶۱	۰/۶۸
تجزیه مرکب	سال	۱	SS	۱۲۱۸	۰/۷	۷۳۵۹۳	۰/۵	۰/۶۷	۰/۰۱	۰/۰۳	۰/۰۲
			F	۰/۲	۳/۹	۱۵/۵**	۰/۰۲	۰/۲۵	۰/۹	۰/۳	۰/۳۳
	تکرار درسال	۴	SS	۱۲۱۹۱۸۷	۰/۵	۹۷۳۹۶۶	۳۱۲/۳	۰/۶	۰/۱	۰/۲۵	۰/۵۳
			F	۴۸**	۳/۲	۵۱/۴**	۲/۹	۵/۵**	۲/۱	۰/۷	۲/۱۸
	تیمار	۳	SS	۳۲۵۶۴	۰/۱	۱۲۸۶۱	۶۴/۷	۰/۳	۰/۰۵	۲/۱۴	۰/۴۴
			F	۱/۷	۰/۷	۰/۹	۰/۸	۳/۳	۱/۶	۳/۱	۲/۴۲
	تیمار در سال	۳	SS	۱۱۴۷۵	۰/۱	۱۸۱۱۳	۳۶	۰/۱	۰/۰۵	۰/۴۱	۰/۰۹
			F	۰/۶	۰/۹	۱/۳	۰/۴۴	۱/۱	۱/۵	۱/۵	۰/۵۲
	خطا	۱۲	SS	۷۶۲۶۷	۱/۴	۴۹۳۶۶۷	۷۴۲	۱/۳	۰/۳۵	۳/۹	۱/۸۳

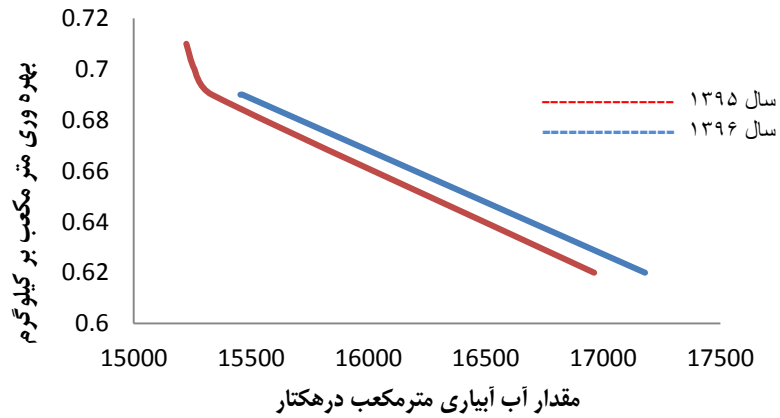
*= معنی دار در سطح ۵٪ و **= معنی دار در سطح ۱٪

جدول۵- نتایج مربوط به آزمون مقایسه میانگین تیمارها برای صفات عملکرد به روش LSD برای روشهای مختلف آبیاری در سطح ۵٪

		۱۳۹۵				۱۳۹۶				Combine			
صفت	تیمار	C	S1-1	S1-2	S1-3	C	S1-1	S1-2	S1-3	C	S1-1	S1-2	S1-3
وزن کل بلالها	مقدار	۱۱۰۱۲	۱۱۰۹۷	۱۱۰۰۷	۱۱۱۲۸	۱۰۹۹۶	۱۱۰۵۴	۱۱۰۶۵	۱۱۰۷۲	۱۱۰۰۴	۱۱۰۷۶	۱۱۰۳۶	۱۱۱۰۰
	LSD	B	AB	B	A	A	A	A	B	B	AB	AB	A
طول بلالها	مقدار	۱۸/۷	۱۸/۸	۱۸/۹	۱۸/۸	۱۸/۶	۱۸/۸	۱۸/۷	۱۸/۵	۱۸/۷	۱۸/۸	۱۸/۸	۱۸/۷
	LSD	A	A	A	A	AB	A	AB	B	A	A	A	A
وزن دانه بلالها	مقدار	۸۵۷۲	۸۶۱۱	۸۵۸۷	۸۶۴۱	۸۴۵۱	۸۴۸۴	۸۵۶۵	۸۴۵۸	۸۵۱۲	۸۵۴۷	۸۵۷۶	۸۵۵۴
	LSD	A	A	A	A	B	B	A	B	A	A	A	A
وزن هزار دانه	مقدار	۳۸۲/۳	۳۸۴/۶	۳۸۵/۸	۳۸۶/۶	۳۸۴/۸	۳۸۰/۶	۳۸۷	۳۸۵/۷	۳۸۳/۵	۳۸۲/۶	۳۸۶/۴	۳۸۶/۲
	LSD	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
درصد پروتئین	مقدار	۸	۷/۸	۸	۷/۶	۷/۸	۷/۸	۸	۷/۷	۷/۹	۷/۸	۸	۷/۷
	LSD	A	B	A	C	A	A	A	A	A	AB	A	B
درصد چربی	مقدار	۴/۲	۴/۳	¾	۴/۲	۴/۲	۴/۲	۴/۳	۴۱/	۴/۲	۴/۲	۴/۳	۴/۲
	LSD	A	A	A	A	AB	BC	A	C	A	A	A	A
درصد نشاسته	مقدار	۶۹/۱	۶۸/۸	۶۸/۷	۶۹/۳	۶۹/۵	۶۸/۶	۶۸/۶	۶۹	۶۹/۳	۶۸/۷	۶۸/۶	۶۹/۲
	LSD	A	B	B	A	A	C	C	B	A	B	B	A
درصد رطوبت	مقدار	۱۷/۷	۱۷/۷	۱۷/۵	۱۷/۳	۱۷/۷	۱۷/۷	۱۷/۵	۱۷/۵	۱۷/۷	۱۷/۷	۱۷/۵	۱۷/۴
	LSD	A	A	AB	B	A	A	A	A	A	A	A	B

جدول ۶- میانگین رطوبت و عملکرد محصول و بهره وری ذرت‌دانه‌ای بطور متوسط

سال	مقدار آبیاری	میانگین درصد رطوبت دانه بلالها	اختلاف با رطوبت ۱۴٪	وزن کل بلالها (کیلوگرم درهکتار)	وزن کل بلالها با کسر رطوبت(کیلو گرم درهکتار)	وزن دانه بلالها (کیلوگرم درهکتار)	وزن دانه با کسر رطوبت(کیلو گرم درهکتار)	کل حجم آب داده شده (مترمکعب در هکتار)	بهره وری آب براساس وزن کل بلالها (مترمکعب‌آب/ کیلوگرم)	بهره وری آب براساس وزن دانه بلالها (مترمکعب-آب/ کیلوگرم)
۱۳۹۵	آبیاری پیوسته	۱۷/۷	۳/۷	۱۱۰۱۲	۱۰۶۰۰	۸۵۷۲	۸۲۵۲	۱۶۹۶۲/۷	۰/۶۲	۰/۴۹
	آبیاری موجی S1-1	۱۷/۷	۳/۷	۱۱۰۹۷	۱۰۶۸۳	۸۶۱۱	۸۲۸۹	۱۵۲۵۹/۲	۰/۷	۰/۵۴
	آبیاری موجی S1-2	۱۷/۵	۳/۵	۱۱۰۰۷	۱۰۶۲۱	۸۵۸۷	۸۲۸۶	۱۵۳۳۳/۴	۰/۶۹	۰/۵۴
	آبیاری موجی S1-3	۱۷/۳	۳/۳	۱۱۱۲۸	۱۰۷۶۴	۸۶۴۱	۸۳۵۸	۱۵۲۲۴/۶	۰/۷۱	۰/۵۵
۱۳۹۶	آبیاری پیوسته	۱۷/۷	۳/۷	۱۰۹۹۶	۱۰۵۸۵	۸۴۵۱	۸۱۳۵	۱۷۱۷۹/۵	۰/۶۲	۰/۴۷
	آبیاری موجی S1-1	۱۷/۷	۳/۷	۱۱۰۵۴	۱۰۶۴۹	۸۴۸۴	۸۱۷۳	۱۵۴۶۲/۹	۰/۶۹	۰/۵۳
	آبیاری موجی S1-2	۱۷/۵	۳/۵	۱۱۰۶۵	۱۰۶۷۳	۸۵۶۵	۸۲۸۶	۱۵۴۵۶/۵	۰/۶۹	۰/۵۳
	آبیاری موجی S1-3	۱۷/۵	۳/۵	۱۱۰۷۲	۱۰۶۸۱	۸۴۶۸	۸۱۶۹	۱۵۴۵۴/۳	۰/۶۹	۰/۵۳
تجزیه مرکب	آبیاری پیوسته	۱۷/۷	۳/۷	۱۱۰۰۵	۱۰۵۹۳	۸۵۱۲	۸۱۹۴	۱۷۰۷۱/۱	۰/۶۲	۰/۴۸
	آبیاری موجی S1-1	۱۷/۷	۳/۷	۱۱۰۷۶	۱۰۶۶۶	۸۵۴۷	۸۲۳۱	۱۵۳۶۱/۱	۰/۶۹	۰/۵۳
	آبیاری موجی S1-2	۱۷/۵	۳/۵	۱۱۰۳۶	۱۰۶۴۷	۸۵۷۶	۸۲۷۴	۱۵۳۹۵	۰/۶۹	۰/۵۴
	آبیاری موجی S1-3	۱۷/۴	۳/۴	۱۱۱۰۰	۱۰۷۲۳	۸۵۵۴	۸۲۶۴	۱۵۳۳۹/۴	۰/۷	۰/۵۴



شکل ۲- نمودار مقایسه مقدار آب آبیاری با بهره وری آب بر اساس وزن کل بلال‌ها

جدول ۷- مقادیر مجموع مربعات تجزیه واریانس داده ها برای پارامترهای بهره وری آب سالهای مختلف

سال		۱۳۹۵			۱۳۹۶			Combine			
منابع		تکرار	تیمار	خطا	تکرار	تیمار	خطا	سال	تکرار سال	تیمار	تیمارسال	خطا
درجه آزادی		۲	۳	۶	۲	۳	۶	۱	۴	۳	۳	۱۲
بهره وری آب براساس وزن کل بلال‌ها (مترمکعب‌آب/ Kg)	SS	۰/۰۰۱۹	۰/۰۱۳	۰/۰۰۰۲	۰/۰۰۲۲	۰/۰۱۲۳	۰/۰۰۰۲	۰/۰۰۰۵	۰/۰۰۴	۰/۰۲۵۱	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۳
	F	۳۴**	۱۵۷**		۳۷**	۱۳۶**		۱۹**	۳۶**	۲۹۱**	۱/۷۱	
بهره وری آب براساس وزن دانه بلال‌ها (مترمکعب‌آب/ Kg)	SS	۰/۰۰۱	۰/۰۰۷۶	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۲۴	۰/۰۰۷۴	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۲	۰/۰۰۳	۰/۰۷۲	۰/۰۰۱	۰/۰۰۳۲
	F	۲۲**	۱۰۹**		۵۱**	۱۰۶**		۴۷**	۳۶**	۲۱۳**	۲/۳۲	

نتایج تجزیه واریانس داده های مربوط به بهره وری آب برای وزن دانه های بلال‌ها و همچنین برای وزن کل بلال‌ها که در جدول (۷) آمده است نشان دهنده این است که در هر دو مورد در سطح ۱٪ بین تیمارها تفاوت معنی‌دار وجود دارد.

نتایج آزمون LSD که خلاصه آن در جدول (۸) ارائه شده است نیز نشان داده در خصوص بهره‌وری آب برای وزن کل و وزن دانه‌های بلال‌ها، تیمارهای آبیاری موجی نسبت به تیمار آبیاری پیوسته برتر بوده و در آبیاری موجی بهره وری آب بر اساس وزن کل دانه مقدار ۰/۶۹ کیلوگرم در مترمکعب و بر اساس وزن دانه مقدار ۰/۵٤کیلوگرم در مترمکعب بوده و بهره‌وری را نسبت به آبیاری پیوسته به‌ترتیب ۰/۰۷و ۰/۰٦افزایش داد. استنتایج تجزیه مرکب داده‌ها که در جدول (۷) ارائه شده نشان داد که اثر سال روی بهره وری آب معنی دار بوده است که این امر در سایر صفات عملکرد که در جدول (۵) ارائه شده است، مشهود نبود. به نظر می‌رسد علت این تفاوت احتمالا به تفاوت در وضعیت آب و هوایی و وضعیت خاک بین دوسال باز می‌گردد که روی مقدار نیازآبی تأثیر بیشتری داشته ولی تأثیر آن بر عملکرد نهایی محصول کمتر بوده است. با توجه به آمار ارائه شده توسط وزارت جهاد کشاورزی، برای تولید هر کیلوگرم ذرت مقدار ۷٦۰ لیترآب موردنیاز است و به عبارت دیگر کارائی‌مصرف آب برای ذرت دانه‌ای ۰/۷٦ کیلوگرم در مترمکعب بود. نتایج تحقیق نشان داد برای تولید یک کیلوگرم دانه ذرت در منطقه بین ٤۹۰ تا ٦۹۰ لیتر آب مورد نیاز می‌باشد.

باتوجه به نتایج بدست آمده از کل آبیاری‌های صورت گرفته در دوره رشد گیاه طی دو سال زراعی ۹۵ و ۹٦، مقادیر راندمان کاربرد محاسبه شده برای هرکدام از تیمارها با میانگین گرفتن از اعداد بدست آمده برای سه تکرار در جدول (۹) ارائه شده است.

جدول۸ - نتایج مربوط به آزمون مقایسه میانگین تیمارها برای صفات بهره وری به روش LSD برای روشهای مختلف آبیاری در سطح ۵٪

صفت	تیمار	۱۳۹۵		۱۳۹۶		Combine	
		مقدار	LSD	مقدار	LSD	مقدار	LSD
بهره‌وری آب براساس وزن کل بر اساس کیلوگرم در متر مکعب	آبیاری پیوسته	۰/۶۲	C	۰/۶۲	B	۰/۶۲	B
	آبیاری موجی S1-1	۰/۷	AB	۰/۷	A	۰/۶۹	A
	آبیاری موجی S1-2	۰/۶۹	B	۰/۶۹	A	۰/۶۹	A
	آبیاری موجی S1-3	۰/۷۱	A	۰/۷۱	A	۰/۶۹	A
بهره‌وری آب براساس وزن دانه بر اساس کیلوگرم در متر مکعب	آبیاری پیوسته	۰/۴۹	C	۰/۴۷	B	۰/۴۸	B
	آبیاری موجی S1-1	۰/۵۴	AB	۰/۵۳	A	۰/۵۴	A
	آبیاری موجی S1-2	۰/۵۴	B	۰/۵۳	A	۰/۵۴	A
	آبیاری موجی S1-3	۰/۵۵	A	۰/۵۳	A	۰/۵۴	A

جدول ۹- راندمان کاربرد آب در تیمارهای مختلف در هر آبیاری و بطور متوسط (درصد)

تاریخ آبیاری	۱۳۹۵				تاریخ آبیاری	۱۳۹۶			
	جریان پیوسته	جریان موجی ۱ به ۱	جریان موجی ۲ به ۱	جریان موجی ۳ به ۱		جریان پیوسته	جریان موجی ۱ به ۱	جریان موجی ۲ به ۱	جریان موجی ۳ به ۱
۹۵/۰۲/۲۴	۲۸/۹	۳۰/۵	۳۰	۲۹/۷	۹۶/۰۲/۱۶	۲۹	۳۰/۸	۳۰/۶	۳۰/۹
۹۵/۰۳/۰۷	۳۰/۷	۳۲/۳	۳۲/۸	۳۲/۹	۹۶/۰۲/۳۱	۲۹/۳	۳۱	۳۰/۹	۳۱/۲
۹۵/۰۳/۲۲	۳۱/۴	۳۳/۲	۳۴/۵	۳۵/۱	۹۶/۰۳/۱۳	۲۹/۱	۳۱/۶	۳۱/۸	۳۱/۸
۹۵/۰۴/۰۳	۳۲/۰	۳۵/۴	۳۴/۴	۳۵/۶	۹۶/۰۳/۲۲	۳۱/۴	۳۵	۳۵/۲	۳۵/۵
۹۵/۰۴/۱۲	۳۲/۶	۳۵/۶	۳۵/۴	۳۵/۸	۹۶/۰۴/۰۱	۳۱/۴	۳۵/۴	۳۵/۶	۳۴/۸
۹۵/۴/۲۱	۳۲/۵	۳۵/۶	۳۵/۱	۳۵/۸	۹۶/۰۴/۰۹	۳۲	۳۷/۲	۳۷/۱	۳۷/۱
۹۵/۰۴/۳۰	۳۲/۴	۳۷/۲	۳۶/۷	۳۸/۱	۹۶/۴/۱۸	۳۴/۲	۳۷/۵	۳۷	۳۷/۲
۹۵/۰۵/۰۷	۳۲/۷	۳۶/۴	۳۷	۳۷/۴	۹۶/۰۴/۲۶	۳۴	۳۸	۳۷/۴	۳۷/۶
۹۵/۰۵/۱۵	۳۲/۷	۳۷/۷	۳۷/۵	۳۷/۱	۹۶/۰۵/۰۳	۳۳/۶	۳۷/۳	۳۸	۳۸
۹۵/۰۵/۲۲	۳۳/۲	۳۷/۸	۳۸/۴	۳۷/۹	۹۶/۰۵/۱۰	۳۴/۵	۳۷/۸	۳۸/۶	۳۹
۹۵/۰۵/۲۹	۳۳/۳	۳۹	۳۷/۳	۳۷/۷	۹۶/۰۵/۱۸	۳۴/۳	۳۸/۹	۳۸/۴	۳۸/۶
۹۵/۰۶/۰۷	۳۲/۸	۳۷/۷	۳۷/۶	۳۶/۷	۹۶/۰۵/۲۵	۳۵/۱	۳۹/۷	۳۹/۵	۳۹/۳
۹۵/۰۶/۱۵	۳۱/۷	۳۶/۹	۳۶/۷	۳۷/۴	۹۶/۰۶/۰۲	۳۴/۲	۳۸/۷	۳۸/۷	۳۸/۶
۹۵/۰۶/۲۶	۳۱/۵	۳۵/۹	۳۵/۹	۳۵/۷	۹۶/۰۶/۱۰	۳۴/۲	۳۸/۶	۳۸/۹	۳۸/۷
۹۵/۰۷/۰۳	۳۰/۳	۳۴/۷	۳۴/۳	۳۴/۵	۹۶/۰۶/۲۰	۳۲/۷	۳۶/۸	۳۶/۹	۳۶/۷
					۹۶/۰۶/۲۷	۳۲/۷	۳۶/۹	۳۶/۷	۳۶/۶
متوسط	۳۱/۹	۳۵/۷	۳۵/۶	۳۵/۸	متوسط	۳۲/۶	۳۶/۳	۳۶/۳	۳۶/۳

نتیجه‌گیری

یک سوم جمعیت جهان از مشکل کمبود آب رنج می‌برند و این روند درکشورهایی مانند چین، هند و آمریکا و حتی کشور ما ایران رو به افزایش است و جهان در حال حاضر در حال تجربه بحران آب می‌باشد. به گزارش شبکه خبری آب ایران، درسال ۲۰۲۵، به علت بحران کمبود آب، از هرسه انسان، یک نفر با مشکل کمبود آب مواجه خواهد شد. (میرئی،۱۳۸۲). متوسط تبخیر در کشور در حدود ۲۱۰۰ میلی‌متر در سال است که در مقایسه با متوسط جهانی (۷۰۰ میلی متر) تقریباً سه برابر است و ایران با دارا بودن بیش از یک درصد جمعیت جهان تنها ۰/۳٦ درصد منابع آب شیرین و تجدید شونده را در اختیار دارد (میرئی،۱۳۸۲). بنابراین باید در مدیریت آبیاری به دنبال روش‌هایی باشیم که کارائی مصرف آب را بهبود بخشد. در این میان یکی از روش‌هایی که کارایی مصرف آب را بالا برده و در نهایت از لحاظ اقتصادی جهت مدیریت بهینه آب قابل قبول است روش آبیاری موجی است که این استراتژی در شرایط اقلیمی و آب و هوایی مختلف می‌تواند متفاوت باشد. با توجه به بحران آب در کشور به‌ویژه در مناطق خشک، آبیاری موجی برای ذرت در سطح شبکه به منظور دستیابی بـه بهره‌وری آب بیشتر در شرایط محدودیت آب یـک اسـتراتژی مدیریت آب مناسب می‌باشد. در حقیقت بررسی‌های متعدد نشان داده که دوره‌ای کردن کاربرد آب در آبیاری سطحی، سبب می شود تا فاز پیشروی با آب کمتری نسبت به آب مورد نیاز در جریان پیوسته تکمیل شود، بنابراین یکنواختی و راندمان کاربرد آب افزایش می-یابد. این پدیده که اثر موج نامیده می‌شود، منتج از کاهش نفوذ پذیری، بهبود مقطع هیدرولیکی برای بخش مرطوب شده قبلی فارو و یا ترکیبی از هردو مورد می‌باشد (کولیج و همکاران، ۱۹۸۲). مقایسه پارامترهای مختلف عملکرد کمی محصول نشان داد آبیاری موجی با نسبت قطع و وصل جریان دو به یک نتایج بهتری نسبت به سایر تیمارها ارائه می‌دهد که همین انتظار هم وجود داشت، زیرا در روش آبیاری موجی تغییری در مقدار آب آبیاری داده نشده و فقط با قطع و وصل جریان زمان آب داده شد. و این بدان

معناست که دوبرابر کردن مدت زمان قطع جریان در حد فاصل بین موج‌ها باعث افزایش کارائی مصرف آب شده اما افزایش این مدت زمان به سه برابر نتایج مطلوب تری بدست در این زمینه ندارد و با توجه به اینکه افزایش مدت قطع جریان منجر به تطویل آبیاری می‌شود خیلی مطلوب به نظر نمی‌آید. اما این روش آبیاری همان آب مورد نیاز را با مقدار کمتری آب داده شده به زمین تامین می‌نماید و در واقع مقادیر تلفات نفوذ عمقی و رواناب را کاهش می‌دهد که این امر منجر به صرفه جوئی در مصرف آب، افزایش بهره وری آب و راندمان کاربرد آب می‌شود. مقادیر افزایش راندمان کاربرد آب در تیمارهای موجی نسبت به آبیاری پیوسته در جدول (۱۰) ارائه شده است که نشان می دهد آبیاری موجی با نسبت قطع و وصل جریان سه به یک بیشترین افزایش راندمان کاربرد آب را دارد.

جدول ۱۰- مقدار افزایش راندمان کاربرد آب در تیمارهای موجی نسبت به آبیاری پیوسته

سال	آبیاری موجی با نسبت قطع و وصل جریان یک به یک	آبیاری موجی با نسبت قطع و وصل جریان دو به یک	آبیاری موجی با نسبت قطع و وصل جریان سه به یک
۱۳۹۵	۱۰/۸	۱۰/۴	۱۱
۱۳۹۶	۱۰/۴	۱۰/۵	۱۱/۱

آبیاری موجی بهره وری آب را نیز نسبت به آبیاری پیوسته حدود ۰/۰۸ کیلوگرم بر مترمکعب افزایش داد. واکر و همکاران (۱۹۸۷) نشان دادند که جریان موجی می‌تواند راندمان آبیاری سطحی را تا حد قابل ملاحظه‌ای بهبود بخشیده و مطلوبیت آن را افزایش دهد. سهرابی و همکاران (۱۳۷۵) اظهار داشتند که جریان موجی مشکلات اصلی آبیاری سطحی که نفوذ زیاد آب درخاک که موجب کاهش بازده می‌گردد را تا حدی تعدیل می‌نماید. میرزائی و همکاران (۱۳۹۰) نتیجه گرفتند که سرعت نفوذ نهایی در جریان موجی بسیار کم‌تر از جریان پیوسته بوده و سرعت پیشروی جبهه رطوبتی در تیمارهای موجی به علت کاهش شدت نفوذ بیشتر از تیمارهای پیوسته با شدت جریان یکسان بوده است. البته پودمور و داک (۱۹۸۲) و شلگل (۱۹۸٤) بیان داشتند که مدیریت نامناسب آبیاری موجی در مرحله بعد از پیشروی می‌تواند رواناب را افزایش دهد. ولی پور (۲۰۱۲) افزایش بهره وری آبیاری در روشهای آبیاری موجی را ۳۷/۲۸ درصد تخمین زد. لذا با توجه به پارامترهای موجود میتوان نتیجه گرفت که در شرایطی که محدودیت آب وجود داشته باشد روش آبیاری موجی روش مناسب برای افزایش کارائی مصرف آب و راندمان کاربرد آب بوده و دوره سیکل مناسب جریان در مجموع نسبت قطع و وصل دو به یک می‌باشد.

فهرست منابع

۱. ایزدی م م، کوچک‌زاده م و سامانی م، ۱۳۸٤ . بررسی اثر تغییر پارامترهای موج بر روی یکنواختی و راندمان آبیاری موجی . علوم خاک و آب ۱۹(۲): ۲۷۱-۲۷۹.

۲. بای بوردی م، ۱۳۷۲. روابط آب و خاک. انتشارات دانشگاه تهران. ٦۹۲ صفحه.

۳. بهبهانی س م و بابازاده ح، ۱۳۸۳. ارزیابی مزرعه ای مدل آبیاری سطحی (SIRMOD) مطالعه موردی در آبیاری شیاری). علوم کشاورزی و منابع طبیعی. سال دوازدهم. شماره دوم. خرداد و تیر. صفحات ۱۱تا ۲۵.

٤. خواجه پور، م، ۱۳۸٦. اصول و مبانی زراعت، دانشگاه صنعتی اصفهان. ٤۲۷ صفحه.

۵. سهرابی ت ن، حیدری ع و توکلی س، ۱۳۷۵. آبیاری موجی. انتشارات کمیته ملی آبیاری وزهکشی. چاپ اول.

٦. صدرالدینی سع‌ا. منعم. مج و ناظمی اح، ۱۳۸۵. بهینه‌سازی آبیاری موجی با روش جستجوی ممنوع. علوم کشاورزی ایران، جلد ۳۷ ، شماره ۱: ۱۱۷– ۱۲۹.

۷. علیزاده ا، ۱۳۷۸. اصول طراحی سیستم های آبیاری (چاپ سوم) – انتشارات آستان قدس رضوی.

۸. علیزاده ا، ۱۳۸۵. طراحی سیستم های آبیاری. طراحی سیستم های آبیاری سطحی. انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد. جلد اول.

۹. قبادی‌نیا م، سهرابی ت و میراب‌زاده م، ۱۳۸٦. بررسی اثر افزایش پله‌ای دبی جریان بر روی پیشروی آب در جویچه در آبیاری موجی. پژوهش کشاورزی همدان. ۷(۲): ۷۹–۸۹.

۱۰. قربانی کهریزسنگی ع، نظری س و زرگانی م، ۱۳۹۱. مقایسه میزان مصرف آب ذرت سیلوئی دردو روش آبیاری شیاری معمولی مرسوم و شیاری موجی درمنطقه اقلید. *اولین کنفرانس ملی راهکارهای دستیابی به توسعه پایدار*، تهران، وزارت کشور، ۱۱۱: ۱٤–۱۸.

۱۱. میرزایی ع، صدرالدینی سع‌ا و ناظمی اح، ۱۳۹۰. شبیه سازی آبیاری موجی و مقایسه آن با جریان پیوسته. مهندسی منابع آب. تابستان سال ٤: ۷۵– ۸۵.

۱۲. میرئی م و فرشی ع، ۱۳۸۲. چگونگی مصرف و بهره وری آب در بخش کشاورزی، مجموعه مقالات یازدهمین همایش کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران:۲۰۳–۲۱۳.

۱۳. ولی زاده م و مقدم م، ۱۳۸۳. طرح های آزمایشی درکشاورزی ،چاپ هشتم، دوره سوم، انتشارات پریور.

۱٤. یکانی‌مطلق ی، صدرالدینی سع‌ا، ناظمی اح و کارامد ثانی ر، ۱۳۸۹. آنالیز حساسیت آبیاری موجی با مدل هیدرو دینامیک کامل. *دومین کنفرانس سراسری مدیریت جامع منابع آب*، کرمان، دانشگاه شهید باهنر کرمان، انجمن مهندسی آبیاری و آب.

15. Bishop A, Walker A, Allen WR and Poole GJ, 1981. Furrow advance rates under surge flow systems. J Irrig and Drain Engin 107(3): 257–265

16. Coolidge, P. S., W. R. Walker, and A. A. Bishop. 1982. Advance rate and runoff surge flow furrow irrigation. J. Irrig. Drain. Division .ASCE, 108 (IR1): 35-42.

17. Elliott, R.L. and Walker, W.R. 1982. "Field evaluation of furrow infiltration advance functions." Trans ASAE 25, 396 – 400

18. Kuo, S. 1996. Phosphorus. In Methods of Soil Analysis. Part 3, Chemical Methods; Sparks, Madison, Wisconsin, 869–919.

19. Kemper, W.D., Trout, T.J., Humphcrys, A.S., and Bullock, M.S., 1988, "Mechanisms by which surge irrigation reduces furrow infiltration rates in a silty loam soil", Trans. ASAE, v 31, n 3, pp 821-829.

20. McClymont, D.J., S.R. Rain,and R. J. Smith. 1996. The prediction offurrow irrigation nperformance using the surface irrigation model (SIRMOD). Irrigation Australia. Annual Conference of Irrigation Association ofAustralian,Adelide.

21. Samani, Z. A., Walker, W. R., Jeppson, R. W. and Willrdson, L. S. 1985 "Numerical solution for unsteady two dimensional infiltration in irrigation furrows".Trans ASAE., 28(4), 1186-1190.

22. Stringham G. E. and Keller J. 1979. Surge flow for automatic irrigation. Proc Irrig Drain Div Specialty Conf, CE, Albuquerque, New Mex. pp. 132-142.

23. Valipour, M., 2012. Comparison of Surface Irrigation Simulation Models: Full Hydrodynamic, Zero Inertia, Kinematic Wave. Journal of Agricultural Science. 4 (12): 68-74.

24. Walker, W. R. and Skogerboe, G.V. 1982. "Surface irrigation, Theory and practice." Prentice-Hall New Jersey of Drain. And Reclam. 3(1): 14-18.

25. Walker, W.R, and Skogerboe, G.V., 1987, "Chapter 9 - Surge flow surface irrigation". In: Surface Irrigation: Tneory and Practice, Prentice-I lall, Inc., Englewood Cliffs, New Jersey.
26. Walker, W. R., & Humpherys, A. S. 1984. Kinematic-Wave Furrow Irrigation Model. Journal of rrigation and Drainage Engineering, 109(4), 377-392.

Effects of Surge Irrigation on Water Use Efficiency and Water Productivity of Maize in Islamabad-Gharb Area

A.H. Nazemi [1] *, M.A. Parandin , A. A. Sadraddini. and H. Ghamarnia

Professor, Water Engineering Department, Tabriz University, Iran.
ahnazemi@yahoo.com
PhD student, Water Engineering Department, Tabriz University, Iran.
.amin_parandin@yahoo.com
Professor, Water Engineering Department, Tabriz University, Iran.
sadraddini1338@gmail.com
Professor, Water Engineering Department, Razi University, Iran.
hghamarnia@yahoo.com

Abstract

Some experiments were performed around the Agricultural and Natural Resources Research Station of Islamabad-Gharb in order to determine The effect of surge irrigation on yield of water productivity(WP) and water use efficiency of maize in that area. The statistical design of the research was randomized complete block with 4 treatments in 3 replication, as a composite analysis in two years (2015 and 2016). The treatments were continuous irrigation method (c), surge irrigation method with 1 to 1 on and off flow ratio (S1-1), surge irrigation method with 1 to 2 on and off flow ratio (S1-2), surge irrigation method with 1 to 3 on and off flow ratio (S1-3). Corn variety SC704 was used for planting. The results showed that in 2015 and 2016, savings in the consumption of water compared to continuous irrigation was respectively, 10.8% and 10.4% in S1-1 treatment. 10.4% and 10.5% in S1-2 and (S1-3) treatment, respectively 11% and 10.5%. Combined analysis of variance (ANOVA) showed that performance parameters had no significant difference between treatments during different years. The results indicated that the water productivity values for total yield and grain yield were higher in surge irrigation treatment than in the continuous irrigation. WP based on total corn ear weight was 0.69 kg/m^3 and based on grain weight, it was 0.54 kg/m^3. These values represent 0.07 and 0.06 kg/m^3 higher WP compared to continuous irrigation. The average water use efficiency was 32.3% for continuous irrigation and it was 36% for surge irrigation which was 3.7% more than continuous irrigation. Generally, the results showed that surge irrigation with a cycle ratio of 1 to 2 was more suitable for irrigation.

Keywords Yield of ear, Corn variety SC704, Water consumption saving, Furrow irrigation

[1] - Corresponding author: Professor, Water Engineering Department, Tabriz University IRAN
*- Received: May 2019, and Accepted: October 2019