

مجموعه مقالات دومین سمینار راهکارهای بهبود و اصلاح سامانه‌های آبیاری سطحی

مکان: کرج - سالن اجتماعات موسسات تحقیقاتی کرج
زمان: دوم خرداد ماه ۱۳۹۶



کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران

موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی

دفتر شبکه‌ها و روش‌های آبیاری (وزارت جهاد کشاورزی)



دفتر شبکه‌ها و
روش‌های آبیاری
معاونت صنایع و امور زیربنایی



کمیته ملی آبیاری
و زهکشی ایران



مؤسسه تحقیقات فنی
و مهندسی کشاورزی

مجموعه مقالات

دومین سمینار راهکارهای بهبود و اصلاح سامانه‌های آبیاری سطحی

۲ فروردین ماه سال ۱۳۸۷

کمیته اجرایی کارگاه

فریبرز عباسی	سعید نیری
حسین دهقانی سانج	قاسم زارعی
هومن خالدی	ناصر ولی‌زاده
حسن دانایی فخر	علی گرجی
عنایت فراهانی	علیرضا آراستی
حمیدرضا حجازی	عبدالرضا فلاح رستگار

دبیر علمی کارگاه

دکتر فریبرز عباسی

کمیته داوران

هومن خالدی	حسین دهقانی
مهرزاد احسانی	علی گرجی
عبدالرضا فلاح رستگار	سعید نیری
حسن دانایی فخر	عبدالحسین بهنام زاده
مریم نوایان	حمیدرضا حجازی
سید رحیم سجادی	ناصر ولی زاده
شهرام اشرفی	علیرضا مریدنژاد
نادر حیدری	قاسم زارعی
مهدی اکبری	فریبرز عباسی
محمداسماعیل اسدی	فرید وفايي
ابوالفضل ناصری	علیرضا آراستی
بهمن یارقلی	محمد جواد ادیمی
عبدالمجید لیاقت	علیرضا حسن اقلی
تیمور سهرابی	امین روشنی

دومین سمینار راهکارهای بهبود و اصلاح سامانه‌های آبیاری سطحی

بخش اول: مقالات شفاهی

- ۱ • روش‌های بهبود و اصلاح سامانه‌های آبیاری سطحی
فریبرز عباسی
- ۱۳ • تعیین و ارزیابی بهترین روش‌های مدیریت آبیاری سطحی و کشت برای افزایش کارایی مصرف آب (مطالعه موردی پروژه بین‌المللی چالش آب و غذای CGIAR در اراضی پایین دست حوزه آبریز کرخه)
شکراله آبسالان، نادر میدری، فریبرز عباسی، الیاس دهقان
- ۲۹ • بهبود عملکرد آبیاری جویچه‌ای با تغییر سطح مقطع جویچه
بیژن مجدزاده، تیمور سهرابی، فریبرز عباسی
- ۴۳ • برنامه‌ریزی آبیاری مزارع با استفاده از یک روش مستقیم
سعید طاهری قناد
- ۶۱ • ارزیابی روش‌های مختلف تخمین ویژگی‌های نفوذپذیری در آبیاری جویچه‌ای و نواری
حامد ابراهیمیان، بهزاد قنبریان، فریبرز عباسی
- ۷۵ • بررسی یکنواختی توزیع علفکش ارادیکان در روش سم‌آبیاری
اسحاق کشتکار، مسن محمد علیزاده، فریبرز عباسی، حمید (همیمان) مشهدی
- ۸۳ • کاربرد شبکه عصبی مصنوعی با الگوریتم تحلیل مولفه‌های اصلی در تحلیل داده‌های نفوذ از جویچه‌های آبیاری
ابوالفضل ناصری
- ۹۷ • ارزیابی عملکرد و راهکارهای بهبود سامانه‌های آبیاری سطحی شبکه آبیاری و زهکشی دشت قزوین
همیدرضا وردی‌نژاد، تیمور سهرابی، مهدی قبادی نیا، مسن اوجاقلو، حمید میرزایی، مسعود رثمانلو، بهنام آبابایی

- مقایسه و ارزیابی توزیع آب به روش هیدروفلوم با روش‌های سنتی و بارانی در شرایط زارعین
 ۱۰۹ **علی قدمی فیروزآبادی، فریبرز عباسی**
- تهیه مدلی جهت ارزیابی، طراحی، شبیه‌سازی و بهینه‌سازی عملکرد آبیاری شیاری
 ۱۲۱ **زهرا یزدی، سیداسدالله ممسنی مومند، مجید میدری**
- توسعه مدل پیشروی آب در آبیاری شیاری بر اساس شدت جریان ورودی و رطوبت اولیه خاک
 ۱۳۷ **زهرا زواره‌ای مقدم، علی‌اصغر منتظر**
- بررسی امکان استفاده از آبیاری جویچه‌ای یک در میان در زراعت غلات
 ۱۴۷ **هادی افشار، امیر اسلامی، سیدابراهیم دهقانیان**
- تأثیر پساب خانگی بر عملکرد کلزا و ویژگی‌های خاک در آبیاری سطحی
 ۱۵۹ **اردوان ذوالفقاران، سید ابوالقاسم مقایقی مقدم**
- بررسی تأثیر سه روش آبیاری سطحی بر کارایی مصرف آب و عملکرد کلزا
 ۱۶۷ **سید ابوالقاسم مقایقی مقدم، هادی افشار، سیدابراهیم دهقانیان، کرامت افوان**
- حساسیت‌سنجی روش‌های مختلف برآورد پارامترهای نفوذ در آبیاری شیاری
 ۱۷۹ **مسن مبینی فاوه، علی اصغر منتظر، سیدمحمودرضا بهبهانی**
- بهبود مدیریت آبیاری سطحی مزارع ذرت راهکاری موثر برای افزایش سطح زیر کشت
 ۱۹۵ **(مطالعه موردی اراضی پایاب سد کرخه)**
منصور معیری
- بهبود راندمان‌های آبیاری سطحی با تسطیح لیزری اراضی زراعی
 ۲۰۷ **منصور اسفندیاری بیات**

- بررسی چگونگی تغییرات هدایت هیدرولیکی اشباع خاک در نتیجه اجرای عملیات آبیاری با فاضلاب خام شرق اهواز
اصلان اگدرنژاد، سعید برومندنسب، میدرعلی کشتکولی
۲۲۱
- بخش دوم: مقالات پوستری**
- مدیریت آبیاری در دوره گل آب کردن اراضی شالیزاری
ولی‌الله کریمی
۲۳۷
- بررسی اثر پلیمر سوپرچاذب استاکوسورب بر فرآیند نفوذ آب در آبیاری شیاری
علی‌اصغر منتظر، ممحمدادی نظری‌فر
۲۴۹
- تأثیر تغییرات زمانی نفوذ در مدیریت آبیاری جویچه‌ای و راندمان کاربرد آب
محمدرضا امداد
۲۶۳
- تأثیر دبی ورودی بر روی تغییرات شکل مقطع جویچه
ابوالفضل ناصری
۲۷۵
- اثر فرصت زمان، رطوبت اولیه خاک و نوبت آبیاری بر نفوذ آب از جویچه
محمدرضا نیشابوری، ابوالفضل ناصری
۲۹۵
- برآورد پارامترهای نفوذ برای شبیه‌سازی جریان پیشروی آب در جویچه
مسن اوجاقلو، مهدی قبادی‌نیا، بیژن مجدزاده، تیمور سهرابی، فریبرز عباسی
۳۰۹
- بررسی اثر آبیاری جویچه‌ای یک در میان بر کارایی مصرف آب در گیاهان ردیفی
هادی افشار، مسنعلی شهبازی، حمید رضا مهرآبادی
۳۲۱
- ارزیابی دو مدل ریاضی SIRMOD و SRFR برای بررسی عملکرد آبیاری
پیوسته و موجی
بیژن مجدزاده، مهدی قبادی‌نیا، تیمور سهرابی، فریبرز عباسی
۳۳۵

- تأثیر روش‌های آبیاری شیار و مقادیر آب آبیاری بر عملکرد و کارایی مصرف آب ذرت علوفه‌ای
داود اکبری نودهی
۳۴۵
- طراحی سیستم‌های آبیاری جویچه‌ای، کرتی و نواری به روش‌های تجربی و هیدرولیکی توسط یک برنامه کامپیوتری
مدیث فسروی، ممددمهدی رویوران، مریم جوادی بایگی
۳۵۷
- حذف آبیاری شبانه، راهکاری جهت افزایش راندمان آبیاری سطحی
علیرضا نژادشاملو، عباسعلی قزل‌سوفلو، ایمان اشرف‌زاده
۳۷۷
- استفاده از روش‌های ایزوتوپیک و اتمی در ارزیابی بازده مصرف آب
بهنام آبابایی
۳۸۷
- روش ساده شده طراحی آبیاری جویچه‌ای
بهنام آبابایی، ومیدرضا وردی‌نژاد
۳۹۷
- مدیریت آبیاری سطحی جهت افزایش راندمان آبیاری
ایمان دالیه دزفولی، عبدالامیرمعزی
۴۱۱

دومین سمینار (راهکارهای بهبود و اصلاح سامانه‌های آبیاری سطحی

۲ فرورداد ماه ۱۳۸۷

روش‌های بهبود و اصلاح سامانه‌های آبیاری سطحی

فریبرز عباسی^۱

چکیده

ایران از نظر منابع آب نسبت به میانگین جهانی از محدودیت بیشتری برخوردار بوده بطوریکه متوسط بارندگی آن حدود یک سوم میانگین جهانی و مقدار تبخیر آن سه برابر میانگین جهانی است. به همین دلیل از نظر اقلی می‌جزو مناطق خشک و نیمه خشک دنیا محسوب می‌شود. از طرف دیگر بخش اعظم تولیدات کشاورزی کشور با اعمال آبیاری حاصل می‌گردد. لذا توجه به مدیریت آبیاری در مزرعه و از جمله روش‌های آبیاری سطحی که سهم عمده‌ای در تامین نیاز آبیاری محصولات کشاورزی دارند، ضروری است. همچنین، بررسی تجارب اصلاح و بهبود عملکرد روش‌های آبیاری سطحی در استفاده بهینه از منابع آب کشور و افزایش بهره‌وری مصرف آب در بخش کشاورزی از اهمیت خاصی برخوردار است. در این مقاله روش‌های مختلف بهبود مدیریت آبیاری در مزرعه در آبیاری سطحی از جمله کم‌آبیاری، طراحی و مدیریت مناسب (استفاده از رژیم کاهش جریان، آبیاری جویچه‌ای یک در میان، ...)، تجهیز و نوسازی اراضی، کودآبیاری و هیدروفلوم به منظور افزایش بازده آب آبیاری و کارایی مصرف آب ارایه و اثرات هر یک از این روش‌ها بر مقدار آب مصرفی، بازده و کارایی مصرف آب آبیاری نشان داده شده است.

مقدمه

به رغم اینکه در بسیاری از مناطق جهان بیش از ۹۰ درصد اراضی فاریاب با روش‌های سطحی آبیاری می‌شوند، لیکن این روش‌ها مورد کم توجهی قرار گرفته‌اند. مشکل عمده روش‌های آبیاری سطحی پایین

۱- عضو هیأت علمی مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، کرج

آدرس الکترونیکی Abbasi_Fariborz@yahoo.com

بودن بازده آب آبیاری است که بطور عمده از ضعف مدیریت آبیاری ناشی می‌شود. با توجه به هزینه زیاد سامانه‌های آبیاری تحت فشار، بهبود و اصلاح روش‌های آبیاری سطحی امری ضروری و اجتناب ناپذیر است. با اصلاح سامانه‌های آبیاری سطحی به روش‌های مختلف سخت‌افزاری و نرم‌افزاری نظیر انتخاب صحیح روش آبیاری، طراحی مناسب، بکارگیری صحیح ماشین‌های کشاورزی و غیره، افزایش بازده آب آبیاری به میزان قابل توجه امکان پذیر است. استراتژی‌های مختلفی برای افزایش عملکرد و بازده آب در سامانه‌های آبیاری سطحی وجود دارد که در ادامه به برخی از موارد مهم اشاره شده است.

بهبود مدیریت زراعی

برخی مدیریت‌های زراعی به‌ویژه در مناطق شور شامل انتخاب گیاهان مقاوم به شوری، تهیه بستر مناسب برای بذر، انتخاب روش کاشت مناسب و انتخاب روش آبیاری مناسب تأثیر به‌سزایی در مصرف بهینه آب و افزایش عملکرد محصول دارد. روش کاشت مطلوب روشی است که بتواند با کمترین تعداد تردد ماشین‌ها روی زمین و صرف کمترین میزان مصرف انرژی و زمان، بذر را به گونه‌ای در فواصل و عمق مناسب قرار دهد که بیشترین تماس را با خاک داشته و بتواند به سرعت جوانه زده و در نهایت گیاهچه پایداری ایجاد نماید. کشت با دستگاه‌های سانتریفیوژ باعث ایجاد ناهمگونی در عمق کاشت، غیریکنواختی در جوانه‌زنی بذور و سطح سبز مزرعه شده و مصرف بذر به مقدار زیادی افزایش می‌یابد. چگونگی آماده سازی بستر و نحوه قرار گرفتن بذر در خاک بر جوانه‌زنی و استقرار آن در خاک‌های شور مؤثر است. تهیه بستر به صورت تک شیاری موجب می‌شود شوری به بذر آسیب برساند، زیرا نمک‌ها در مرکز بستر تجمع می‌نمایند. شیب‌دار کردن بستر بهترین شرایط ممکن را برای جوانه‌زنی، استقرار و رشد گیاه فراهم می‌نماید، زیرا بخش عمده‌ای از نمک به همراه جبهه‌ی رطوبتی به بلندترین مکان بستر حرکت کرده و در آنجا انباشته می‌شود. به طور کلی عملیاتی که می‌توانند اثر شوری در بستر بذر در آبیاری جویچه‌ای را به حداقل برساند عبارتند از: ۱-نگهداری رطوبت زیاد در شیاری، ۲- شیب‌دار کردن بستر بذر و ۳-کاشت بذر در شیاری‌های دوگانه‌ی ۷ شکل با سطح صاف (همایی، ۱۳۸۱).

مقایسه کشت کرتی همراه با آبیاری غرقابی و کشت روی پشته همراه با آبیاری جویچه‌ای در برخی مناطق نشان می‌دهد که کشت گندم در سطح کرت همراه با آبیاری غرقابی موجب ایجاد سله، کاهش بازده آبیاری، ناکارآمدی مصرف نیتروژن و تخریب برخی ویژگی‌های خاک می‌شود. لذا برای کاهش این مشکل، کشت روی پشته همراه با آبیاری جویچه‌ای برای گندم پیشنهاد شده است (فاهونگ^۱ و همکاران، ۲۰۰۴). نتایج پژوهش‌های فاهونگ^۲ و همکاران (۲۰۰۴) نشان می‌دهد که استفاده از روش کشت روی پشته با آبیاری جویچه‌ای باعث کاهش مصرف آب آبیاری به میزان ۱۷٪، افزایش ۲۱-۳۰ درصدی در بازده آب آبیاری، بهبود ۱۰ درصدی در مصرف بذر به دلیل بهبود در امکان جای‌گذاری بذر در خاک، عدم ایجاد

1- Fahong

2- Fahong

سله در سطح خاک و همچنین کاهش شیوع بیماری‌ها می‌شود. علاوه بر این، استفاده از روش کشت روی پشته باعث کنترل بهتر علف‌های هرز و کاهش در مصرف نهاده‌ها از جمله کود، بذر، سموم شیمیایی شده و به این ترتیب کاهش هزینه‌های تولید را به دنبال دارد. هر چند کشت گندم روی پشته ممکن است دارای مشکلاتی مانند کمبود ماشین‌ها و ادوات مناسب برای مدیریت پشته‌ها و اضافه شدن زمان مورد نیاز برای عملیات، به علت نیاز به ایجاد پشته، نیز باشد (اکوینو، ۱۹۹۸).

گورتز^۱ (۲۰۰۴) با انجام بررسی‌های بلند مدت مزرعه‌ای در مکزیک نشان داد که کشت روی پشته، علاوه بر تولید عملکرد بالا و برابر با بی‌خاک‌ورزی (نسبت به روش مرسوم)، امکان کاربرد کودها و علف‌کش‌ها را در طول دوره‌ی رشد در دفعات متعدد فراهم می‌کند. ترسی و همکاران (۱۹۹۷) نشان دادند که کاربرد آبیاری جویچه‌ای تناوبی در زراعت‌های ذرت و کتان می‌تواند بدون کاهش معنی‌دار در عملکرد نسبت به تیمار آبیاری کامل جویچه‌ها، میزان مصرف آب و کودهای ازته را کاهش دهد. نتایج تحقیقات بیکر و رین (۱۹۹۷) نیز نشان از موفقیت آبیاری جویچه‌ای تناوبی برای سیستم‌های مختلف کشت در شرایط آب و هوایی متفاوت، بدون کاهش معنی‌دار در عملکرد را دارد. کاربرد این روش آبیاری در کشت نیشکر به‌ویژه در دوره‌های کم‌آبی موثر بوده‌است. دور آبیاری در بازده روش آبیاری جویچه‌ای تناوبی موثر است. به طوری که می‌توان با افزایش دور آبیاری در روش تناوبی میزان عملکرد را نسبت به آبیاری کامل با دور آبیاری کم افزایش داد (بیکر و رین، ۱۹۹۷). در یک تحقیق دیگر توسط سیلورتوت (۲۰۰۱) در آبیاری جویچه‌ای تناوبی در زراعت پنبه نشان داده شد که در یک پشته، هرچه از سمت جویچه آبیاری به سمت جویچه خشک پیش رویم، میزان شوری در شیب پشته سمت جویچه آبیاری کمتر و در مرکز پشته و شیب پشته به سمت جویچه خشک بیشتر است. اختلاف شوری در دو شیب یک پشته که یک سمت آن آبیاری شده و سمت دیگر خشک است، حدود دو برابر گزارش گردید.

بهبود مدیریت آبیاری در مزرعه

آبیاری شبانه

آبیاری شبانه در مزارع به منظور سرعت بخشیدن به آبیاری از جمله راه‌های اجتناب ناپذیر توسط کشاورزان است. آبیاری شبانه به دلایل گوناگون دارای بازده پایین‌تر از آبیاری روزانه می‌باشد. عمده‌ترین عوامل تلفات آب در آبیاری شبانه پایین آمدن کارایی فرد زارع به علت نبود نور و کاهش شدید دید فرد آبیاری است. در این حالت زارع قادر به کنترل آب در انهار انتقال دهنده آب نمی‌باشد و این امر در زمان تقسیم آب در مزرعه بسیار مشکل و خسته کننده است. با توجه به اینکه آبیاری شبانه مصادف با خواب زارع می‌باشد خواب آلودگی نیز توان کار را به شدت کاهش می‌دهد. در این راستا استفاده از لوله‌های دریچه‌دار در سطح مزرعه و تبدیل کانال‌ها و جوی‌های انتقال دهنده آب به لوله‌های دریچه‌دار در

هنگام طراحی و اجرای عملیات تسطیح اراضی علاوه بر آنکه سبب کاهش هزینه‌های عملیات تسطیح می‌گردد، سبب کم شدن تلفات زمین نیز می‌شود. همچنین با استفاده از لوله‌های دريچه‌دار بازده آبیاری شبانه به دلیل راحتی کار با آن برای کشاورز به شدت بالا می‌رود. بگونه‌ای که با باز و بسته کردن دريچه‌های مربوط به هر جویچه به راحتی آب را به آنها هدایت و از هدر دادن انرژی زارع در شب به شدت می‌کاهد. همچنین راحتی کار با این سیستم بسیار بهتر از سیفون می‌باشد و تنها با باز و بسته کردن دريچه‌ها آب در مزرعه توزیع می‌شود در صورتی که در سیفون علاوه بر اینکه آب در نهرهای انتقال آب به صورت نفوذ عمقی و تبخیر تلف می‌شود جاری کردن آب در سیفون بسیار مشکل و وقت‌گیر است. خودکار کردن سامانه آبیاری نیز از دیگر راهکارهای کاهش تلفات آب در آبیاری شبانه است.

کم آبیاری

کم آبیاری از راهکارهای بهینه سازی مصرف آب است که طی آن مقداری تنش آبی در طول فصل رشد اعمال می‌گردد. هدف اصلی در کم آبیاری افزایش کارایی مصرف آب با کاهش نیاز آبیاری گیاه و حذف آن قسمت از آب آبیاری است که تاثیر معنی‌داری در افزایش عملکرد ندارد. زمانی که سرمایه، انرژی، نیروی کار و منبع تهیه یک کالا محدود باشد یا قیمت پایه آن بالا باشد، سطح بهینه اقتصادی آن نه در نقطه حداکثر تولید بلکه مقداری پایین‌تر از آن است. آب نیز به عنوان یک نهاده مهم اقتصادی در توسعه کشاورزی و افزایش تولید ناخالص ملی از این قانون مستثنی نیست. سطح بهینه اقتصادی مصرف آب نه در حداکثر عملکرد محصولات زراعی، بلکه در مقادیری است که توجیه اقتصادی بیشتری داشته و سود بیشتری را نیز نصیب کشاورز نماید. با این رویکرد هر چند که در کم آبیاری از عملکرد در واحد سطح ممکن است کاسته شود ولی با آب صرفه جویی شده سطح بیشتری زیر کشت رفته و کارایی مصرف آب، عملکرد کل و سود خالص نیز بیشتر خواهد شد.

مدیریت آبیاری در کم آبیاری با مدیریت آبیاری کامل تفاوت زیادی دارد. در کم آبیاری مدیر مزرعه بایستی سطح بهینه کاهش آب را که به ازای آن سود و کارایی مصرف آب بیشتر حاصل می‌گردد برای هر محصول تعیین نماید. زارع ممکن است در برهه خاصی از دوره رشد محصول، از مقدار آب کاسته و در سایر مراحل رشد آبیاری کامل را اعمال نماید یا ممکن است مقدار آب کمتری را در هر تناوب به کار برده تا استفاده بهینه از آب موجود صورت گیرد. کاهش محصول در این شیوه از مدیریت آبیاری امری اجتناب ناپذیر است ولی تحقیقات زیادی که در این مورد صورت گرفته همگی دال بر این واقعیت است که میزان کاهش محصول از نظر اقتصادی خیلی زیاد نیست (یک دهه تلاش مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، ۱۳۸۵).

آبیاری جویچه‌ای یک‌درمیان

آبیاری جویچه‌ای یک‌درمیان یکی از روش‌های کم‌آبیاری است که در مناطق مختلف در داخل و خارج از کشور روی محصولات ردیفی از جمله نرت، سیب‌زمینی، چغندر قند، پنبه و حتی گندم اجراء و نتایج رضایت‌بخشی را به دنبال داشته است. نتایج اکثر پژوهش‌ها حاکی از صرفه‌جویی در مصرف آب تا حدود ۵۰ درصد و افزایش قابل توجه در کارایی مصرف آب دارد. هر چند که این رژیم آبیاری ممکن است قدری عملکرد محصول را کاهش دهد. در آبیاری یک‌درمیان جویچه‌ها، ممکن است جای جویچه‌هایی که آبیاری می‌شوند در هر آبیاری ثابت یا تغییر نماید.

اصلاح سامانه‌های سنتی آبیاری سطحی

توجه به مدیریت آبیاری در مزرعه و از جمله روش‌های آبیاری سطحی که سهم عمده‌ای در تامین نیاز آبیاری محصولات کشاورزی دارند، ضروری است. اصلاح و بهبود عملکرد روش‌های آبیاری سطحی در استفاده بهینه از منابع آب کشور و افزایش بهره‌وری مصرف آب در بخش کشاورزی از اهمیت خاصی برخوردار است. به رغم این‌که در بسیاری از مناطق جهان بیش از ۹۰ درصد اراضی فاریاب با روش‌های سطحی آبیاری می‌شوند، لیکن این روش‌ها مورد کم توجهی قرار گرفته‌اند. مشکل عمده روش‌های آبیاری سطحی پایین بودن راندمان است که از ضعف مدیریت آبیاری ناشی می‌شود. با توجه به هزینه زیاد سامانه‌های آبیاری تحت فشار، بهبود و اصلاح روش‌های سنتی آبیاری سطحی که زود بازده و کم هزینه بوده و توسط خود زارعین منطقه نیز قابل اجرا می‌باشد، امری ضروری و اجتناب ناپذیر است. با اصلاح سامانه‌های آبیاری سطحی به روش‌های مختلف نظیر تسطیح اراضی، انتخاب صحیح روش آبیاری، طراحی و مدیریت مناسب آب در مزرعه، افزایش راندمان آبیاری به میزان قابل توجه امکان پذیر است. نتایج برخی پژوهش‌های مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی در اراضی جنوب حوزه کرخه حاکی از کاهش ۴۰-۳۰ درصد مصرف آب، کاهش زمان آبیاری از چند روز به چند ساعت و کاهش ۵۰ درصدی در بذر مصرفی با انتخاب اندازه مناسب قطعات زراعی (طول و عرض کرت و نوار) و انتخاب روش کاشت مناسب است. این در حالی است که عملکرد محصول (گندم) نه تنها کاهش نیافته بلکه افزایش چشمگیری هم داشته است (آبسالان و همکاران، ۲۰۰۷، معیری و همکاران، ۲۰۰۷a,b).

استفاده از رژیم کاهش جریان

در روش‌های آبیاری سطحی با انتهای باز، معمولاً حجم زیادی از آب بخصوص در اراضی شیب دار بصورت رواناب خروجی تلف می‌شود. یکی از روش‌های مدیریتی برای کنترل و کاهش رواناب سطحی در این سامانه‌ها، رژیم کاهش جریان است. بدین ترتیب که ابتدا با شدت جریان‌های نزدیک به بیشترین دبی غیر فرسایشی آبیاری را شروع و پس از رسیدن جریان به انتهای مزرعه، دبی ورودی به حدود نصف

مقدار اولیه کاهش و تا انتهای زمان آبیاری از آن دبی استفاده خواهد شد. این روش قادر است تا حدود ۲۰ درصد از تلفات آب بصورت رواناب را کاهش و موجب صرفه جویی در مصرف آب و بهبود بازده آب آبیاری خواهد شد. رژیم کاهش جریان در همه اراضی کشاورزی و همه روش‌های آبیاری سطحی بخصوص اراضی تجهیز و نوسازی شده به سادگی و با هزینه کم قابل اجراء است.

کاربرد هیدروفلوم برای آبیاری مزارع

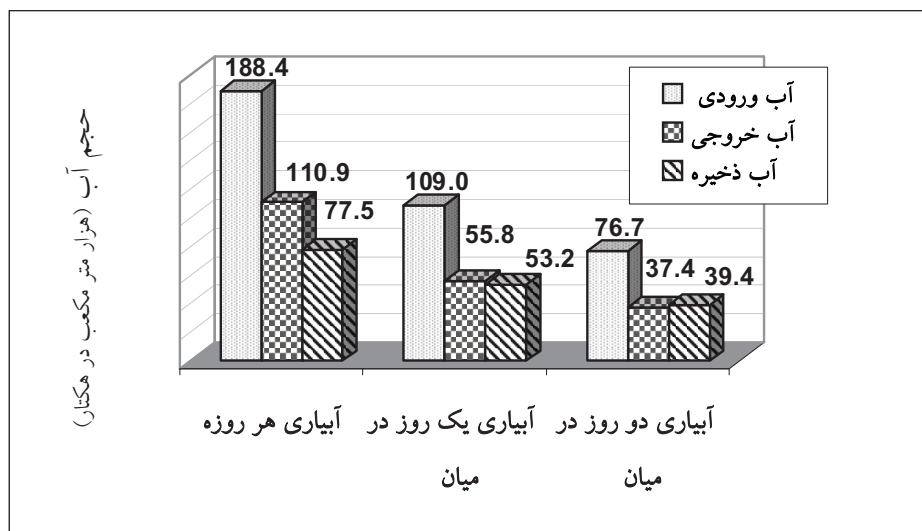
استفاده از سیستم‌های کم فشار (هیدروفلوم) برای آبیاری مزارع در مقایسه با سایر روش‌های سنتی و حتی مدرن از مزایائی همچون صرفه‌جویی در مصرف آب، کود، علف‌کش‌ها، انرژی و هزینه‌ها، جلوگیری از تلفات آب بصورت تبخیر، قابلیت انعطاف، افزایش راندمان انتقال و توزیع آب، افزایش عملکرد و سهولت کاربرد ماشین‌آلات در مزارع برخوردار است. بکارگیری سیستم‌های آبیاری کم فشار (هیدروفلوم) یکی از اقدامات موثر جهت استفاده بهینه از آب مصرفی در امر کشاورزی می‌باشد. کاربرد هیدروفلوم در مقابل مشکلات عدیده سیستم‌های آبیاری قطره‌ای و بارانی، صرفه اقتصادی و راندمان آبیاری بهتری را عاید خواهد نمود. همچنین درک چگونگی کار با لوله درجه‌دار برای کشاورزان آسان بوده و لوله‌ها ضمن قابلیت جابجایی، کاربرد راحت و آسانی دارند. همچنین حفظ انرژی بدون تاثیر در بازدهی محصول و امکان استفاده از آب با کیفیت پایین (از لحاظ فیزیکی و شیمیایی) بدون گرفتگی و آسیب رساندن به سیستم ضروری است. هر چند این روش از معایبی همچون پایین بودن عمر مفید لوله‌ها و آسیب‌پذیری آنها بوسیله حیوانات جونده و برخی پرندگان نیز رنج می‌برد.

بهبود مدیریت آبیاری برنج

توسعه یا ادامه کشت برخی از گیاهان زراعی با مصرف آب بالا بخصوص برنج در استان خوزستان، به دلیل همزمانی با دمای بسیار بالای محیط در فصل تابستان همواره سؤال برانگیز بوده است. بطوری‌که هر ساله میزان آب قابل دسترس، یکی از شاخص‌های تعیین کننده سطح زیر کشت برنج در این استان می‌باشد. اهمیت این موضوع، مخصوصاً در مناطقی از استان که برنج به صورت نشایی کشت می‌شود و زراعت آن به دلیل اقتصادی و شرایط میکروکلیمایی و توپوگرافی به عنوان تنها محصول تابستانه مطرح می‌باشد، بیشتر محسوس است.

دامنه وسیع سازگاری این گیاه به مدیریت آبیاری، توجه صاحب‌نظران را به این موضوع معطوف کرده‌است که رژیم آبیاری غرقابی دائم برای رشد برنج شرط لازم نمی‌باشد و میتوان با لحاظ نمودن شرایط آب و هوایی منطقه، خاک، رقم و مدیریت آبیاری و نیز ملاحظات اقتصادی کاهش قابل توجهی در آب مصرفی برنج بعمل آورد. بر این اساس با توجه به رقم، اقلیم و خاک، رژیمهای متفاوتی از آب آبیاری در مزارع برنج مطالعه و بررسی شده است.

زنگنه (۱۳۷۲) با مطالعه چهار رژیم آبیاری شامل: غرقاب دائم، آبیاری ۱۲ ساعته، تناوب یک و دو روز در میان بر روی رقم آمل ۳ گزارش نمود که بین تیمارها تفاوت معنی داری نیست. میثرا و همکاران (۱۹۹۱) ضمن مطالعه رژیمهای متناوب آبیاری بر روی عملکرد برنج گزارش نمودند که تفاوت معنی داری بین عملکرد دو تیمار آبیاری ۳ تا ۵ روز پس از ناپدید شدن آب در شرایط سطح ایستابی بالا و ۱ تا ۳ روز در شرایط سطح ایستابی پایین با آبیاری غرقابی دائم وجود ندارد. نتایج آزمایش‌های آبسالان و گیلانی (۱۳۸۴) نیز نشان می‌دهد که عملکرد دانه در رژیم آبیاری شاهد (هر روزه) با یک روز در میان اختلاف معنی‌داری نداشته اما با ریم آبیاری دو روز در میان تفاوت معنی دار داشت. در رژیم آبیاری یک روز در میان با وجود کاهش ۳۱/۴ درصدی در آب ذخیره شده در کرت نسبت به شاهد، میزان عملکرد دانه و ماده خشک کل به ترتیب ۲ و ۱۱/۹ درصد افزایش یافت، همچنین رژیم آبیاری دو روز در میان با کاهش ۴۹/۲ درصدی آب مصرفی نسبت به شاهد، به ترتیب ۱۰/۶ و ۱۴ درصد کاهش عملکرد دانه و ماده خشک نشان داد (جدول ۱). رژیم آبیاری یک روز در میان با متوسط تولید ۴/۸ تن در هکتار، بیشترین و رژیم آبیاری دو روز در میان، با متوسط ۴/۲ تن در هکتار کمترین عملکرد دانه را داشته است. مقدار آب ورودی، خروجی و ذخیره شده در کرت‌های آزمایشی آبسالان و گیلانی (۱۳۸۴) در شکل (۱) نشان داده شده است. به هر حال نتایج تحقیقات متعدد در زمینه مدیریت آبیاری برنج نشان می‌دهد که غرقاب دائم در آبیاری برنج نه تنها یک ضرورت نیست بلکه در مناطق خشک و نیمه خشک که حصول کارایی مصرف آب بالاتر حائز اهمیت فراوان است، به صرفه‌تر است با کاهش زمان یا مقدار آبیاری در مصرف آب صرفه‌جویی شود.



شکل ۱- مقایسه حجم آب ورودی، خروجی و ذخیره شده در کرت‌های آزمایشی (آبسالان و گیلانی، ۱۳۸۴)

جدول ۱- مقایسه حجم آب ورودی، خروجی و ذخیره در دو رژیم آبیاری یک روز و دو روز در میان نسبت به شاهد با آبیاری دائم (آبسالان و گیلانی، ۱۳۸۴)

آبیاری دو روز در میان			آبیاری یک روز در میان			
تغییرات ماده خشک	تغییرات عملکرد	کاهش آب نسبت به شاهد (%)	تغییرات ماده خشک	تغییرات عملکرد	کاهش آب نسبت به شاهد (%)	
		۵۹/۲			۴۲/۱	آب ورودی
٪۱۴	٪۱۰/۶	۶۶/۳	٪۱۱/۹	٪۲	۴۹/۷	آب خروجی
کاهش	کاهش	۴۹/۲	افزایش	افزایش	۳۱/۴	آب ذخیره

کودآبیاری در روش‌های آبیاری سطحی

استفاده بهینه از کودها و توسعه واریته‌های پر محصول از راه‌حل‌های ممکن برای افزایش عملکرد در واحد سطح و همچنین افزایش کارایی مصرف آب و کود محسوب می‌گردد. امروزه در کشاورزی نوین کاربرد توأم کودهای ازته و آب تحت عنوان کودآبیاری در روش‌های آبیاری تحت فشار عمومیت پیدا کرده است. در این روش، امکان مصرف کم، مکرر و تقسیطی عناصر غذایی در طول دوره رشد مطابق با نیاز گیاه وجود دارد. همچنین پخش یکنواخت کود در خاک و توزیع یکنواخت آن در طول دوره رشد امکان‌پذیر است. در کودآبیاری کارایی مصرف کود بالا و توصیه کودی به مراتب راحت‌تر از روش سنتی و مقدار کود مصرفی به مقدار واقعی برداشت عناصر غذایی نزدیک‌تر است. با تنظیم مقدار کود مصرفی در هر مرحله کودآبیاری و تطبیق عمق کودآبیاری بر اساس عمق توسعه ریشه، می‌توان آبشویی عناصر غذایی را کنترل و به این ترتیب با کاهش تلفات عناصر، از آلودگی منابع آب و خاک نیز جلوگیری نمود. به علت توزیع یکنواخت کود، رشد گیاه یکنواخت و رسیدن محصول در سطح مزرعه همزمان خواهد بود. این امر تاثیر مهمی در کاهش ضایعات برداشت خواهد داشت. در سیستم آب - خاک - گیاه، آب و مواد غذایی نقش همیار دارند و همراهی این دو برای رشد بهینه گیاه ضروری است. در روش سنتی کاربرد کودها به دلیل مصرف یکباره و نسبتاً زیاد کود، افزایش فشار اسمزی محلول خاک ممکن است فعالیت گیاه را تحت تاثیر قرار دهد در حالی که در کودآبیاری، به دلیل استفاده از مقادیر کمتر کود در هر مرحله، زیان ناشی از افزایش فشار اسمزی به مراتب کمتر است. علی‌رغم مزایای ذکر شده متأسفانه تا کنون مسئله کودآبیاری در روش‌های آبیاری سطحی که در بسیاری از مناطق جهان بیش از ۹۰ درصد اراضی آبی با آن روش آبیاری می‌شوند، مورد کم توجهی قرار گرفته است. در روش پخش سطحی کود، کارایی مصرف کود و آب پایین است. به کار بردن کود همراه با آب آبیاری (کودآبیاری) در روش‌های مختلف آبیاری طی دوره

رشد گیاه سریع‌ترین، موثرترین و کم هزینه‌ترین روش برای مصرف کودهای شیمیایی می‌باشد. علی‌رغم مزایای گفته شده، کودآبیاری در روش‌های آبیاری سطحی کمتر مورد توجه قرار گرفته است. برخی زارعین بطور سنتی با قرار دادن کیسه کود اوره در مسیر جریان آب از این روش استفاده می‌کنند. قرار دادن کیسه کود در کانال آبیاری موجب حل شدن سریع کود در آب و غلظت زیاد کود در زمان‌های اولیه آبیاری را به‌همراه خواهد داشت. نتیجۀ آن تلفات زیاد کود در کانال آبیاری و غیریکنواختی توزیع آن در طول مزرعه است.

به دلیل تصور موجود که آبیاری سطحی از بازده و یکنواختی توزیع پایینی برخوردار است، استفاده از کودآبیاری در آبیاری سطحی محدود می‌باشد. اما نتایج برخی مطالعات در مزارع زیادی در ایالت کالیفرنیا آمریکا نشان می‌دهد که به طور کلی یکنواختی آبیاری نواری و جویچه‌ای کمتر از سامانه‌های آبیاری تحت فشار نیست (Hanson et al., 1995). یکنواختی توزیع کود در سامانه‌های آبیاری سطحی به عوامل مختلف از جمله طراحی سیستم آبیاری، زمان مناسب تزریق کود به آب آبیاری، تجهیزات بکار رفته، مدیریت آبیاری و ... بستگی دارد.

نتیجۀ پژوهش‌های انجام شده در خاک‌ها و مناطق مختلف نشان می‌دهد که زمان تزریق کود به آب آبیاری تأثیر به‌سزایی در یکنواختی توزیع کود دارد. مناسب‌ترین زمان تزریق کود به سیستم آبیاری به عوامل مختلف از جمله شیب و طول مزرعه و به‌ویژه به رژیم آبیاری وابستگی زیادی دارد. زمان مناسب تزریق کود در رژیم‌های مختلف آبیاری متفاوت است. در رژیم‌های انتها باز زمان مناسب تزریق کود از ابتدای زمان آبیاری است. چنانچه کود دیر به آب آبیاری تزریق شود، بخش زیادی از آن از طریق رواناب سطحی از انتهای مزرعه تلف می‌شود. برای کاهش تلفات کود و همین‌طور افزایش بازده آب آبیاری توصیه می‌شود پس از تکمیل پیشروی حدود ۸۰ درصد از طول مزرعه، دبی ورودی کاهش و یا حتی پس از تکمیل جبهه پیشروی دبی ورودی به مزرعه قطع شود. در صورت عدم مدیریت صحیح، تزریق کود در رژیم‌های انتها باز می‌تواند تا ۶۰ درصد کود تزریق شده را به‌صورت رواناب از انتهای مزرعه تلف نماید (عباسی و همکاران، ۱۳۸۷). بر خلاف رژیم‌های انتها باز، در رژیم‌های انتها بسته هر چه زمان شروع تزریق کود به آب آبیاری به تأخیر بیفتد، بر یکنواختی توزیع کود تأثیر مثبت دارد. مناسب‌ترین زمان تزریق کود در رژیم‌های انتها بسته، شروع تزریق کود به آب آبیاری قبل از رسیدن جبهه پیشروی به انتهای مزرعه است. در این حالت یکنواختی توزیع کود در آب آبیاری بیشترین است. تزریق کود پس از تکمیل جبهه پیشروی در رژیم‌های انتها بسته به دلیل پس زدن آب و نرسیدن کود به بخش انتهایی مزرعه موجب کاهش یکنواختی توزیع کود می‌شود. در صورت مدیریت صحیح و رعایت توصیه‌های فوق یکنواختی توزیع کود با یکنواختی توزیع آب برابری و بیشتر از ۸۰ درصد خواهد بود. در کود آبیاری فقط می‌توان کودهایی که در آب محلول هستند (نظیر کودهای ازته) را استفاده نمود. استفاده از کودهای با حلالیت کم در کودآبیاری توصیه نمی‌شود.

استفاده از پساب‌ها در آبیاری

جمع‌آوری پسابها، تصفیه و استفاده مجدد از فاضلاب‌ها در کشاورزی یکی از سودمندترین راه‌های بهره‌گیری از منابع آبی، کاهش آلودگی آبهای زیرزمینی، حفظ حیات آبزیان، کاهش مصرف کودهای شیمیایی و کنترل سطح ایستابی است. بسته به خصوصیات فاضلاب، بکارگیری آن در کشاورزی می‌تواند سودمند یا زیانبار باشد. پساب فاضلاب شهری به شرط آن که با تصفیه مناسب و روش آبیاری متناسب با کیفیت پساب همراه باشد، بواسطه دارا بودن عناصر مغذی (N.P.K) حاصلخیزی خاک را افزایش و نیاز به کودهای شیمیایی را کاهش می‌دهد.

از مهمترین شاخص‌های کیفی پساب‌ها، غلظت مواد محلول (TDS) عموماً بالاتر از حد متعارف بوده و در صورت استفاده غیر اصولی در درازمدت می‌تواند باعث تجمع املاح در خاک گردیده و بر میزان رشد گیاهان و کیفیت محصولات اثر منفی داشته باشد. فلزات سنگین به علت دارا بودن خاصیت تجمع زیستی و اثرات سوئی بر مصرف‌کنندگان، نیاز به توجه خاصی دارند. این گروه شامل کادمیوم، کروم، سرب، جیوه بوده و حد آستانه سمیت آنها برای گیاهان بسیار پائین بوده و بعضاً مشکوک به سرطانزائی می‌باشند. گیاهان به یونهای خاصی حساسیت داشته و اگر غلظت آنها از حد مجاز بیشتر شود، آسیب می‌بینند. اهم این عناصر که از غلظت بالایی در فاضلاب برخوردارند، عبارتند از بر (B)، کلراید (Cl)، سدیم (Na). کلراید با غلظت بیش از حد مجاز، باعث سوزاندن برگها شده و سمیت ناشی از سدیم و کلراید بخاطر جذب مستقیم بوسیله گیاه در آبیاری بارانی حدود ۳۰ درصد بیشتر از سایر روش‌های آبیاری می‌باشد.

نتیجه‌گیری

در این مقاله، برخی از روش‌های بهبود عملکرد روش‌های آبیاری سطحی ارایه گردید. روش‌های اصلاح و بهبود سامانه‌های آبیاری سطحی به‌طور عمده مدیریتی بوده و با هزینه کم و در مدت زمان کوتاه قابل اجراء می‌باشند. این روش‌ها در صورت اعمال با پذیرش بیشتری از سوی بهره‌برداران مواجه بوده و قادرند ۳۰-۴۰ درصد در مصرف آب صرفه‌جویی نموده و به همین میزان بازده آب آبیاری را افزایش دهند.

منابع

۱. آبسالان، ش. و ع. گیلانی، ۱۳۸۴. تغییر مدیریت آبیاری مزارع برنج خوزستان ضرورتی اجتناب ناپذیر. مجموعه مقالات کارگاه فنی آبیاری سطحی مکانیزه، ۱۳ آذر ماه ۸۴، کرج.
۲. افضل‌نیا، ص.، ع. خسروانی، س. زارعیان و ا. زارع. ۱۳۷۸. اثر روش‌های کاشت بر عملکرد گندم آبی و مقایسه‌ی اقتصادی روش‌ها. مجله تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی. شماره ۱۶. جلد ۴. ص ۲۱-۱۵.

۳. عباسی، ف. ع. م. لیاقت و ا. گنجه، ۱۳۸۷. ارزیابی یکنواختی کودآبیاری در آبیاری جویچه‌ای. مجله علوم کشاورزی ایران. پذیرفته برای چاپ.
۴. کرد زنگنه، علی. ۱۳۷۲. اثر رژیم‌های مختلف آبیاری برنج بر رقم آمل ۳. گزارش پژوهشی نهایی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان.
۵. یک دهه تلاش مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، ۱۳۸۵. مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، انتشارات دفتر خدمات و تکنولوژی آموزش (نشر آموزش کشاورزی)، ۵۴۳ صفحه.
۶. همایی، مهدی. ۱۳۸۱. واکنش گیاهان به شوری. انتشارات کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران. ۹۷ صفحه.

7. Absalan, S, E. Dehghan , F. Abbasi, N. Heydari, H. Farahani, A. Javadi, H. Siadat, and T. Oweis, 2007. Evaluation of the best management practices for improving water productivity in the saline areas of lower Karkheh River Basin (KRB). Proceedings of the International Workshop on Improving Water Productivity and Livelihood Resilience in Karkheh River Basin, 10-11 Sep., 2007, Karaj, Iran.
8. Aquino, P., 1998. The adoption of bed planting of wheat in the Yaqui Valley, Sonora, Mexico. Wheat Program Special Report. No. 17 Economic Program, CIMMYT, Mexico, pp 38.
9. Fahong, W., W. Xuqing and K. Sayre, 2004. Comparison of conventional, flood irrigated, flat planting with furrow irrigated, raised bed planting for winter wheat in China. Field Crops Research, 87 (1): 35-42.
10. Govaerts, B., K. D. Sayre and J. Deckers, 2004. Stable high yields with zero tillage and permanent bed planting. Field Crops Research, ...
11. Hanson, B., W. Bowers, B. Davidoff, D. Kasapligil, A. Carvajal, and W. Bendixen, 1995. Field performance of micro-irrigation systems. In: Micro-irrigation for a changing world: Conserving resources/preserving the environment. Proc. 5th Int. Micro-irrigation Congr., Orlando, Fla, pp. 769-774.
12. Mishra, H.S., T.R. Rathore and T.R. Pant, 1991. Effect of water regimes on soil physical properties and yield of rice in Mollisols of Tarai region. Agricultural Water Management, 20(1): 71-80.
13. Moayeri, M., H. Dehghanisani, H. Sedgi, H. Farahani, F. Abbasi, A.F. Nato, E. Pazira, 2007a. Causes of low water productivity and methods of improvement in maize fields of south Karkheh river basin. Proceedings of the International Workshop on Improving Water Productivity and Livelihood Resilience in Karkheh River Basin, 10-11 Sep., Karaj, Iran.
14. Moayeri, M., H. Dehghanisani, H. Sedgi, H. Farahani, F. Abbasi, A.F. Nato, E. Pazira, 2007b. Assessment of wheat water productivity and methods of improvement in south Karkheh river basin. International Workshop on Improving Water Productivity and Livelihood Resilience in Karkheh River Basin, 10-11 Sep., Karaj, Iran.

15. Tracy, P. W.; S. G. Hefner, 1997. More work needed on alternate furrow N fertilization. Fluid J., .
16. Bakker, D. M.; S. R. Raine, 1997. A preliminary investigation of alternate furrow irrigation for sugar cane production. Australian Soc. Sugar Cane Technologists Conference. Australia.

دومین سمینار (هاکارهای بهبود و اصلاح سامانه‌های آبیاری سطحی

۲ فرورداد ماه ۱۳۸۷

تعیین و ارزیابی بهترین روش‌های مدیریت آبیاری سطحی و کشت

برای افزایش کارایی مصرف آب

(مطالعه موردی پروژه بین‌المللی چالش آب و غذای CGIAR در

اراضی پایین دست حوزه آبریز کرخه)

شکراله آبسالان^۱، نادر حیدری^۲، فریبرز عباسی^۲، الیاس دهقان^۱

چکیده

شوری خاک و بالا بودن سطح آب زیرزمینی ناشی از مدیریت ناصحیح آبیاری و عملیات زراعی و خصوصیات طبیعی منطقه، از مشکلات اصلی در تولید محصولات کشاورزی و پایین بودن کارایی مصرف آب در اراضی پایین دست حوزه رودخانه کرخه است. طبق برآوردهای اخیر حدود ۲۲۰ هزار هکتار از این اراضی به درجات مختلف با مشکل شوری و ماندابی مبتلا هستند. با توجه به بالا بودن هزینه و زمان مورد نیاز برای انجام راه کارهای اصولی و زیربنایی (تجهیز و نوسازی اراضی و احداث شبکه‌های فرعی آبیاری و زهکشی)، ضرورت دارد که در کوتاه مدت راهکارهای استفاده بهینه از منابع آب و خاک و کنترل شوری در منطقه، مورد مطالعه و بررسی قرار گیرد.

این تحقیق در سال زراعی ۸۶-۱۳۸۵ در اراضی زارعین دشت آزادگان (سوسنگرد) که از نظر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک و نیز سطح ایستابی نماینده اراضی زراعی منطقه بوده و پس از برداشت گندم و

۱- اعضاء هیات علمی بخش تحقیقات فنی و مهندسی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان. اهواز، بلوار گلستان، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ص پ ۳۳۴۱-۶۱۳۳۵

۲- اعضاء هیات علمی (استاد یار پژوهش)، مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، سازمان تحقیقات و آموزش کشاورزی، وزارت جهاد کشاورزی، دورنگار ۰۲۶۱۲۷۰۶۲۷۷ (email: nrheydari@yahoo.com)

۳- این طرح در قالب پروژه اصلی بهبود کارایی مصرف آب در حوزه آبریز کرخه، به صورت مشترک توسط مؤسسه بین‌المللی ICARDA، مؤسسات تحقیقاتی فنی و مهندسی کشاورزی و مرکز ملی تحقیقات شوری و تحت برنامه جهانی چالش آب و غذای CGIAR (CPWF) اجرا گردید.

شخم بهاره، در تابستان آیش مانده بود، اجرا شد^۲. بافت خاک سطحی منطقه از نوع لوم رسی سیلتی، بافت خاک عمقی از نوع لوم رسی، اسیدیته خاک ۷/۸ و شوری خاک ۱۰/۵ دسی زیمنس بر متر بود. عمق آب زیرزمینی در ابتدای فصل قبل از آبیاری، ۲۳۷ سانتیمتر و در زمستان بین ۳۵ تا ۹۸ سانتی متر متغیر بود. شش روش تلفیقی مدیریت آبیاری و کاشت بذر با روش آبیاری-کشت مرسوم زارعین (شاهد) مورد بررسی و مقایسه قرار گرفت. تیمارهای آزمایش عبارت بودند از:

- آبیاری نواری تحت سه مدیریت کشت بذر با سانتریفوژ، خطی کار تاکا و جوی و پشته کار غلات همدانی
- آبیاری کرتی تحت سه مدیریت کشت بذر با سانتریفوژ، خطی کار تاکا و جوی و پشته کار غلات همدانی
- آبیاری و کشت به روش عرف زارع (تیمار شاهد)

نتایج نشان داد که طی سه آبیاری انجام شده در طول فصل زراعی تیمارهای آبیاری-مدیریت کشت منجر به ۳۶ درصد کاهش در مصرف آب گردیده و عملکرد محصول در آبیاری نواری ۱۸ درصد و در آبیاری کرتی ۲۷ درصد نسبت به شاهد بیشتر بود. کارایی مصرف آب در روشهای نواری، کرتی و شاهد به ترتیب ۱/۳۶، ۱/۰۴ و ۰/۶۱ کیلوگرم بر متر مکعب برآورد گردید. بر اساس نتایج، به دلیل برخی محدودیتهای عملی آبیاری به روش کرتی بطور عام برای کشت گندم در این منطقه توصیه می گردد. همچنین استفاده از روشهای کاشت جوی پشته‌ای همدانی و خطی کار تاکا علاوه بر ۵۰٪ صرفه‌جویی در مصرف بذر، باعث افزایش درصد سبز بذور شد.

کلمات کلیدی: حوزه کرخه، مدیریت آبیاری، روش کاشت، گندم، خاک شور

مقدمه

منطقه مورد مطالعه اراضی شور و زهدار پایین دست حوزه کرخه واقع در دشت آزادگان (شهرستان سوسنگرد) در استان خوزستان می‌باشد. کافی نبودن پتانسیل زهکشی طبیعی منطقه و عدم نصب شبکه زهکشی مصنوعی منجر به بالا آمدن سطح ایستابی و ایجاد محدودیتهای بسیار در مدیریت مزرعه در منطقه می‌گردد به نحوی که گاهی با آغاز بارندگی‌ها وضعیت ماندابی چندین روزه رخ داده و این امر سبب زیان به زارعین منطقه می‌شود.

طبق آخرین برآوردها حدود ۲۲۰ هزار هکتار از اراضی پایین دست حوزه رودخانه کرخه دارای محدودیتهایی (به طور عمده شوری و زهداری) است، لذا این اراضی علیرغم وجود منابع آب با کیفیت مطلوب (رودخانه کرخه)، سهم اندکی در تولید محصولات کشاورزی در این استان دارند. گندم اصلی‌ترین گیاهی است که در این منطقه کشت می‌شود و متوسط عملکرد آن از ۱/۵ تن در هکتار تجاوز نمی‌کند. محدودیتهای اساسی این اراضی، شور بودن خاک و بالا بودن سطح ایستابی می باشد. مدیریت سنتی و

ناصحیح کشت و زرع در این منطقه باعث ظهور و تشدید آثار منفی این محدودیت‌ها گردیده است. بدیهی است تسطیح اراضی و احداث شبکه‌های مدرن آبیاری و زهکشی اساسی‌ترین راهکار رفع این محدودیت‌هاست، اما از آنجا که اینگونه اصلاحات روندی طولانی مدت و پرهزینه دارند شناخت و ارزیابی راهکارهای بهبود کارایی مصرف آب که هم در کوتاه مدت قابل دسترس باشد و هم متضمن هزینه فراوان نیز نباشد حائز اهمیت است.

در این راستا این تحقیق با اهداف زیر به اجرا درآمد:

- ارایه روش‌های مدیریتی زراعی ساده و قابل اجرا توسط کشاورزان جهت کاهش زیان‌های ناشی از شوری خاک و افزایش کارایی مصرف آب.
- بررسی و مقایسه کارایی مصرف آب در روش کرتی - نواری سنتی (مرسوم) با روش‌های کرتی و نواری بهینه.
- بررسی اثرات روش‌های مختلف کاشت بر روی کارایی مصرف آب گندم.

سابقه تحقیق

زهکشی و آبشویی اراضی و انتخاب گونه‌های گیاهی مقاوم به شوری از اقدامات مؤثر در جلوگیری از تجمع طولانی مدت نمک در خاک محسوب می‌شوند. ضمن آنکه عملیاتی نظیر آبیاری با تواتر بیشتر، تسطیح مناسب زمین، کود دهی به موقع و روش‌های کاشت نیز می‌توانند در کوتاه مدت به کنترل و مدیریت شوری کمک نمایند. در صورتیکه منشا شوری، کیفیت آب آبیاری نباشد (نظیر شرایط موجود در منطقه جنوب حوزه کرخه)، زهکشی و بهسازی خاک و یا تغییر موقتی شیوه کاشت امری ضروری و مفید به نظر می‌رسد (حاج رسولی‌ها، ۱۳۸۲).

ماشالی (۱۹۹۵) در مرور فعالیت‌های مدیریتی برای استفاده پایدار از منابع خاک شور، این فعالیت‌ها را به چهار دسته هیدرولیکی، زهکشی، فیزیکی و بیوشیمیایی تقسیم‌بندی نموده است. وی فعالیت‌هایی مانند آبشویی، زهکشی، شخم و خاکورزی، تناوب، استفاده از ارقام مقاوم و سایر فعالیت‌های اصلاحی را در این چهار دسته آورده و آنها را در کشورهای مختلف جهان بررسی و مطالعه نموده است.

قبادیان (۱۳۴۷) و حاج رسولی‌ها^۱ (۱۹۷۰) به بررسی علل شور شدن منابع خاک استان خوزستان پرداخته‌اند. آنها این علل را شامل: سطح بالای آب زیر زمینی، تبخیر و تعرق بالا، ناکافی بودن تسهیلات زهکشی، لایه‌های خاک حاوی نمک، و حمل نمک بوسیله باد و سیلاب می‌دانند.

پذیرا (۱۳۵۳) در مطالعه‌ای به بررسی تأثیر فاصله زهکش‌ها بر روی اصلاح خاک و عملکرد گندم در استان خوزستان پرداخته و گزارش نموده است که فاصله زهکش برابر ۱۵۰ متر خصوصیات شیمیایی خاک را اصلاح نموده ولی تأثیر آن بر عملکرد دانه معنی‌دار نبوده است.

مهاجر میلانی و جواهری (۱۳۷۷) در گزارش مطالعات آبخشوی خاک‌های شور کشور اظهار نموده‌اند که برای محاسبه مقدار خالص آب آبخشوی، دانستن شوری آب آبیاری، شوری لایه بالایی خاک (۳۰ سانتیمتر بالا)، محل یا استان مورد مطالعه، و نوع گیاه الزامی است. برای مثال در یک خاک مزرعه گندم در شرایط جنوب استان خوزستان با شوری آب آبیاری برابر با ۳ dS/m و شوری اولیه خاک برابر با ۴۰ dS/m، حدود ۲۰۰۰ متر مکعب در هکتار یا به عبارتی ۲۰ سانتیمتر آب فقط برای آبخشوی عمق بالایی خاک لازم می‌باشد. نظیر این مطالعات توسط پذیرا^۱ و همکاران (۱۹۹۸) نیز انجام پذیرفته است.

تهیه بستر مناسب بذر و انتخاب روش آبیاری مناسب از جمله اقدامات دیگر مدیریتی است که می‌تواند در کنترل شوری و افزایش عملکرد محصول مؤثر باشد. روش کاشت مطلوب روشی است که بتوان با کمترین تعداد تردد ماشین آلات روی زمین و صرف کمترین میزان مصرف انرژی و زمان، بذر را به گونه‌ای در فواصل و عمق مناسب خاک قرار داد که بیشترین تماس را با خاک و کمترین تجمع نمک را در پیرامون بذر داشته باشد و بذر بتواند به سرعت جوانه زده و گیاهچه‌ای استوار تولید نماید (خواجه پور ۱۳۷۳، صارمی ۱۳۷۹، حیدری شریف آباد ۱۳۸۰، میر محمدی میبیدی و قره یاضی ۱۳۸۱، حاج رسولی‌ها ۱۳۸۲).

سلیمان نژاد (۱۳۷۷) در مقایسه بین سه روش کاشت (کاشت با سانتریفوژ و زدن کروگیت، خطی کاری و فارویی) در یک خاک شور ایستگاه تحقیقاتی شاور، روش خطی کاری را توصیه نموده است. نامبرده به دلیل حاکم بودن شرایط تبخیری شدید و تجمع املاح در فاصله بین دو کشت در لایه سطحی خاک انجام آبخشوی قبل از کاشت را ضروری می‌داند.

افضلی نیا و همکاران (۱۳۷۸) با بررسی روش‌های کاشت گندم آبی در فارس شامل: کشت با بذر کار غلات و آبیاری کرتی، کشت خطی با خطی کار غلات و ایجاد فارو به موازات خطوط کاشت برای آبیاری، کشت خطی با خطی کار غلات و ایجاد جویچه برای آبیاری، کشت پخشی (سانتریفوژ) و استفاده از دیسک برای زیر خاک بردن بذرها و ایجاد جویچه برای آبیاری، کشت پخشی و ایجاد جویچه برای آبیاری و کشت پخشی و استفاده از دیسک برای زیر خاک بردن بذرها و آبیاری کرتی گزارش دادند که بین روش‌های کشت گندم از نظر عملکرد و اجزاء عملکرد تفاوت معنی داری وجود نداشته و لذا روش کشت با خطی کار و آبیاری خطی بدون جویچه را که دارای کمترین هزینه بوده است پیشنهاد نمودند.

رادمهر (۱۳۷۳) معتقد است که کشت بذر با سانتریفوژ باعث ایجاد ناهمگونی در عمق کاشت، غیر یکنواختی در جوانه زنی بذور و سطح سبز مزرعه شده و مصرف بذر به مقدار زیادی افزایش می‌یابد. تهیه بستر بصورت تک شیاری موجب می‌شود شوری به بذر آسیب برساند، زیرا نمک در مرکز بستر انباشته می‌شود. شیب دار کردن بستر بهترین شرایط ممکن را برای جوانه زنی، استقرار و رشد گیاه فراهم می‌کند زیرا بخش عمده‌ای از نمک به همراه جبهه رطوبتی به بلندترین مکان بستر حرکت کرده و در آنجا تجمع می‌یابد.

به طور کلی عملیاتی که می‌توانند اثر شوری در بستر بذر در روش آبیاری شیاری را به حداقل برسانند عبارتند از: نگهداری رطوبت زیاد در شیاری، شیبدار کردن بستر بذر، کاشت بذر در شیاریهای دوگانه V شکل با سطح صاف (همایی و ۱۳۸۱).

فاهونگ^۱ و همکاران (۲۰۰۴) با مقایسه‌ی روش کشت کرتی همراه با آبیاری غرقابی و روش کشت روی پشته همراه با آبیاری جویچه‌ای، بیان داشتند که کشت گندم در سطح کرت همراه با آبیاری غرقابی موجب ایجاد سله، کاهش راندمان آبیاری، ناکارآمدی مصرف نیتروژن و تخریب برخی ویژگی‌های خاک می‌شود. لذا برای چیره شدن بر این مشکل، روش کشت روی پشته همراه با آبیاری جویچه‌ای ابداع شده است. آنها همچنین نتیجه گرفتند که استفاده از روش کشت روی پشته با آبیاری جویچه‌ای باعث کاهش در مقدار آب آبیاری به میزان ۱۷٪، افزایش راندمان مصرف آب به میزان ۳۰-۲۱٪، بهبود در راندمان مصرف ازت به میزان ۱۰٪ یا بیشتر، عدم ایجاد سله در سطح خاک و همچنین کاهش شیوع بیماری‌ها شد.

استفاده از روش کشت روی پشته باعث ایجاد امکان کنترل بهتر علف‌های هرز و کاهش در مقدار مصرف نهاده‌ها از جمله کود، بذر، حشره‌کش‌ها و مصرف آب شده و به این ترتیب باعث کاهش هزینه‌های تولید می‌شود، اما کشت گندم روی پشته ممکن است دارای مشکلاتی مانند کمبود ماشین‌ها و ادوات مناسب برای مدیریت پشته‌ها و اضافه شدن زمان مورد نیاز برای عملیات، به علت نیاز به ایجاد پشته، نیز باشد (آکینو^۲، ۱۹۹۸).

گوارتز^۳ (۲۰۰۴) با انجام بررسی‌های بلند مدت مزرعه‌ای در مکزیک نشان داد که کشت روی پشته‌های دائمی، علاوه بر عملکرد بالا و برابر با بی‌خاک‌ورزی (نسبت به روش مرسوم)، امکان کاربرد کودها و علف‌کش‌ها را در طول دوره رشد در دفعات متعدد فراهم می‌کند.

ترسی^۴ و همکاران (۱۹۹۷) در تحقیق خود نشان دادند که کاربرد آبیاری جویچه‌ای تناوبی در زراعت‌های ذرت و پنبه توانست بدون کاهش معنی‌دار در عملکرد نسبت به تیمار آبیاری کامل جویچه‌ها، میزان مصرف آب و کودهای ازته را کاهش دهد.

بیکر^۵ و همکاران (۱۹۹۷) نیز در تحقیقی اشاره می‌نمایند که آبیاری جویچه‌ای تناوبی برای سامانه‌های مختلف کشت و شرایط آب و هوایی متفاوت بدون کاهش معنی‌دار در عملکرد موفقیت‌آمیز است. کاربرد این روش آبیاری در کشت نیشکر در دوره‌های کم آبی مؤثر خواهد بود. این محقق به این موضوع اشاره می‌نماید که دور آبیاری در راندمان روش آبیاری جویچه‌ای تناوبی مؤثر است. به طوریکه می‌توان با افزایش دور آبیاری در روش تناوبی میزان عملکرد را نسبت به آبیاری کامل با دور آبیاری کم افزایش داد.

1- Fahong
2- Aquino
3- Govaerts
4- Tracy
5- Bakker

در تحقیق دیگر توسط سیلورتوت^۱ (۲۰۰۱) و در یک مزرعه آبیاری جویچه‌ای یک در میان در زراعت پنبه نشان داده شده است که در یک پشته، هرچه از سمت جوی آبیاری به سمت جوی خشک پیش رویم، میزان شوری در شیب پشته سمت جوی آبیاری، مرکز پشته و شیب پشته به سمت جوی خشک (همگی روی یک پشته) تغییر نموده و مقادیر آن به ترتیب ۹/۳، ۱۴/۰ و ۱۴/۰ دسی زیمنس بر متر بود. در تکرار دیگر نیز که نمونه‌گیری به همین روش انجام گرفت میزان شوری به ترتیب ۱۴/۳، ۲۶/۳ و ۲۶/۳ دسی زیمنس بر متر اندازه گیری گردید. در واقع می‌توان چنین استنباط نمود که اختلاف شوری در دو شیب یک پشته که یک طرف آن آبیاری شده و سمت دیگر خشک است، کمی از دو برابر کمتر می‌باشد.

روش تحقیق

این طرح در سال زراعی ۸۶-۱۳۸۵ در اراضی دشت آزادگان (شهرستان سوسنگرد) در مزرعه‌ای با طول شرقی ۴۸ درجه و ۱۷ دقیقه و عرض شمالی ۳۱ درجه و ۱۷ دقیقه اجرا گردید. پس از بازدیدهای محلی، مزرعه‌ای انتخاب گردید که از نظر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک و همچنین عمق و کیفیت آب زیرزمینی نماینده خوبی از اراضی زیر کشت منطقه باشد.

مزرعه مورد مطالعه دارای بافت خاک سطحی از نوع لوم رسی سیلتی، بافت خاک عمقی از نوع لوم رسی، اسیدیته خاک ۷/۸ و شوری عصاره اشباع خاک ۱۰/۵ دسی زیمنس بر متر می‌باشد. در تابستان آن آیش مانده و کشت قبلی آن گندم بود. عمق آب زیرزمینی در ابتدای فصل و قبل از آبیاری اول ۲۳۷ سانتیمتر و در زمستان دارای تغییرات ۳۵ تا ۹۸ سانتی متر بود. آب آبیاری از رودخانه کرخه و از طریق پمپاژ و هدایت به کانال‌های درجه ۱ و ۲ تامین می‌گردید. برای آبیاری به درون مزرعه از کانال‌های خاکی سنتی استفاده می‌شد. در جدول ۱ اطلاعات و مقادیر خصوصیات فیزیکی- شیمیایی (ابتدای فصل) مربوط به خاک (شامل بافت و شوری عصاره اشباع خاک) و کیفیت آب مورد استفاده و آب زیرزمینی (عمق سطح ایستابی، شوری آب زیر زمینی) ارائه گردیده است.

جدول ۱: برخی از ویژگی‌های مزرعه آزمایشی در ابتدای فصل

بافت خاک	شوری عصاره اشباع خاک (دسی زیمنس بر متر)	عمق سطح ایستابی (سانتی متر)	شوری آب زیر زمینی (دسی زیمنس بر متر)	شوری آب آبیاری (دسی زیمنس بر متر)
لوم رسی سیلتی- لوم رسی	۱۵	۲۳۷	۱۱/۳	۱/۴

تیمارهای این تحقیق عبارت بودند از:

- T₁: آبیاری نواری + کشت بذر با سانتریفوژ و دیسک سبک روی آن
 T₂: آبیاری نواری + کشت بذر به صورت خطی در سطح با خطی کار تاکا
 T₃: آبیاری نواری + کشت بذر با جوی و پشته کار غلات همدانی سه ردیفه (فاصله پشته‌ها ۵۰ سانتیمتر)
 T₄: آبیاری کرتی + کشت بذر با سانتریفوژ و دیسک سبک روی آن
 T₅: آبیاری کرتی + کشت بذر به صورت خطی در سطح با خطی کار تاکا
 T₆: آبیاری کرتی + کشت بذر با جوی و پشته کار غلات همدانی سه ردیفه (فاصله پشته‌ها ۵۰ سانتیمتر)
 T_C: آبیاری و کشت به روش عرف زارع (شاهد)

شیوه آبیاری زارعین منطقه تلفیقی از آبیاری نواری و کرتی بود. به این ترتیب که کرت‌ها به طور متوالی قرار گرفته و هر کرت آب را از کرت قبلی دریافت می‌کند. گاهی طول این کرت‌های متوالی تا ۴۰۰ متر هم می‌رسد.

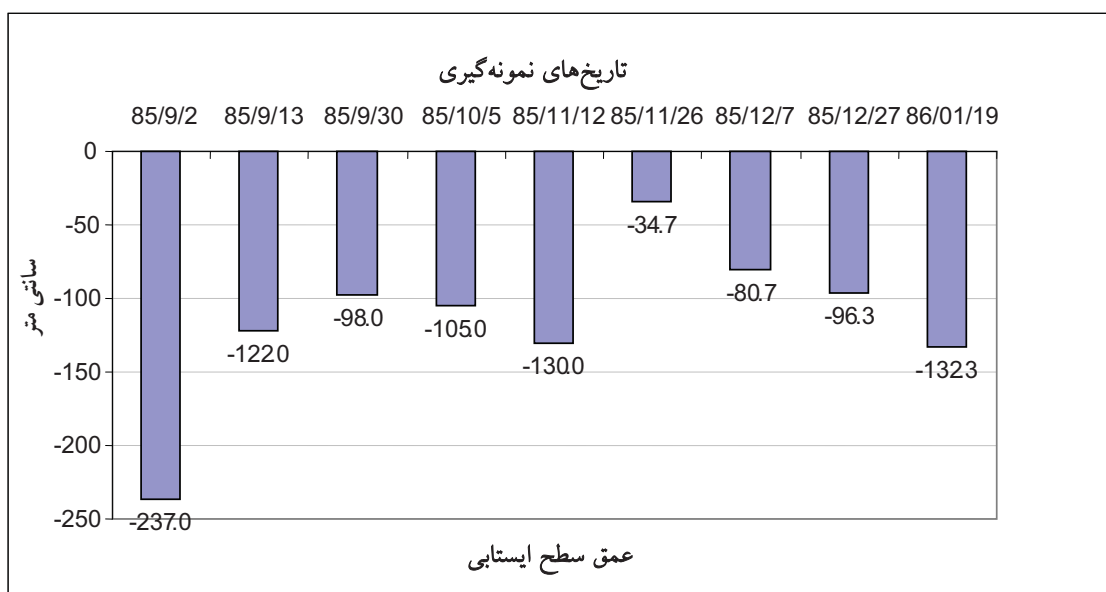
برای بهبود راندمان کاربرد آب در مزرعه و یکنواختی بهتر پخش، برای تیمارهای T₁ الی T₃ نوارهایی با طول ۱۶۰ و عرض ۱۰ متر طراحی گردید. در تیمارهای آبیاری کرتی T₄، T₅، T₆ کرت‌ها دارای عرض ۱۲ و طول ۴۰ متر بودند. زمان‌های آبیاری بر اساس پایش وضعیت رطوبتی منطقه توسعه ریشه و به وسیله نمونه‌گیری مکرر تعیین می‌شدند.

قبل از شروع اولین آبیاری از خاک مزرعه در عمق توسعه ریشه نمونه‌برداری و برای تعیین بافت، میزان شوری، اسیدیته، درصد مواد آلی و مقدار فسفر، پتاسیم، آهن، منگنز، روی و مس به آزمایشگاه فرستاده شد. وضعیت‌های کمی (عمق) و کیفی (شوری) آب زیر زمینی با حفر چاهک‌هایی به عمق ۳ متر در مزرعه در طول فصل زراعی اندازه‌گیری شدند. در جدول ۲ و شکل ۱ نتایج آزمایش‌های شیمیایی خاک قبل از آبیاری اول و میانگین عمق سطح ایستابی در سه نقطه ابتدا وسط و انتهای مزرعه طی فصل زراعی به ترتیب ارائه گردیده‌اند.

جدول ۲: نتایج آزمایش‌های شیمیایی خاک قبل از آبیاری

عمق خاک	EC ^۱	pH ^۲	مواد آلی %	فسفر (ppm) ^۳	پتاسیم (ppm)	آهن (ppm)	روی (ppm)	مس (ppm)	منگنز (ppm)
۰-۳۰	۱۱/۱	۷/۷	۰/۴	۵/۱	۱۶۶	۳/۸	۱/۳	۰/۶	۵/۲
۳۰-۶۰	۹	۷/۹	۰/۱	۲/۲	۸۸/۷	۲/۵	۰/۱	۰/۴	۱/۲
۶۰-۹۰	۱۱/۴	۷/۹	۰/۱	۱/۸	۵۹	۳/۲	۰/۱	۰/۵	۱/۵

۱: هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر) ۲: اسیدیته ۳: قسمت در میلیون



شکل ۱: میانگین عمق سطح ایستابی در سه نقطه ابتدا وسط و انتهای مزرعه طی فصل زراعی

با استفاده از فلوم‌های از نوع W.S.C که در ابتدا و انتهای مزرعه نصب شدند دبی‌های آب ورودی و خروجی و در نهایت مقدار آب مصرفی در طی هر آبیاری اندازه‌گیری گردید. بعد از آبیاری، از خاک مزرعه نمونه‌گیری برای برآورد شوری (هدایت الکتریکی) عصاره اشباع و تغییرات رطوبت در عمق توسعه ریشه بعمل آمد. تغییرات کیفی (شوری) خاک ناحیه ریشه و رطوبت خاک در دوره‌های چند روزه برای برنامه ریزی آبیاری اندازه‌گیری گردید. رقم گندم مورد کاشت برای همه تیمارها رقم چمران و میزان بذر مصرفی ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار برای کشت به روش سانتریفوژ و ۱۸۰ کیلوگرم در هکتار برای روش‌های خطی و جوی پشت‌های همدانی بود. خاک مزرعه به روش مرسوم منطقه (یعنی شخم بهاره بدون مآخار پس از برداشت گندم + دو تا سه بار دیسک در پاییز + ماله) تهیه و برای کشت آماده گردید. سایر عملیات به زراعی برای تمام تیمارها و در تمام قطعات یکسان اعمال گردید.

قبل از برداشت محصول، از هر یک از تیمارهای آزمایشی به صورت تصادفی تعداد ۲۰ نمونه توسط کادر فلزی مشخص و کفبر شده گرفته و عملکرد محصول و دیگر اجزای نمونه‌ها تعیین و نتایج تیمارها به روش آزمون t مقایسه آماری قرار گرفتند.

نتایج و بحث

در جدول ۳ مقدار آب مصرفی در نوبت‌های مختلف آبیاری برای هر دو روش کرتی- نواری تحت مدیریت کامل کشاورز (تیمار شاهد) و تیمارهای روش‌های نواری و کرتی ارایه گردیده است.

جدول ۳: مقدار آب مصرفی در نوبت‌های مختلف آبیاری تحت مدیریت کشاورز (شاهد) و متوسط روش‌های نواری و کرتی

تیمار	عمق آب آبیاری (میلی‌متر)			جمع عمق آب آبیاری (میلی‌متر)
	نوبت اول	نوبت دوم	نوبت سوم	
شاهد (آبیاری تحت مدیریت زارع)	۱۱۹/۶	۱۰۸/۱	۹۲/۸	۳۲۰/۵
میزان آب	۸۵/۹/۸	۸۵/۱۱/۱۹	۸۵/۱۲/۱۳	
تاریخ آبیاری	۷۰/۴	۶۸/۵	۶۵/۷	۲۰۴/۶
متوسط میزان آبیاری‌های نواری و کرتی	۸۵/۹/۸	۸۵/۱۱/۱۹	۸۵/۱۲/۱۳	
تاریخ آبیاری				

با توجه به جدول ۴، با آنکه تعداد آبیاری‌ها در دو مدیریت کشاورز و پیشنهادی (تیمارها) یکسان بود، ولی در سه آبیاری انجام شده آب مصرفی در شرایط مدیریت بهینه به طور متوسط ۳۵/۶ درصد نسبت به شرایط کشاورز کاهش یافته است (جدول ۴).

مقایسه کارایی مصرف آب در مدیریت‌های مختلف آبیاری نشان می‌دهد که بیشترین کارایی مصرف آب مربوط به مدیریت آبیاری نواری تحت روش کاشت سانتریفوژ و به میزان ۱/۶ کیلو گرم به متر مکعب است. در بین روش‌های آبیاری، روش نواری با متوسط ۱/۳۶ کیلوگرم در متر مکعب دارای بیشترین

کارایی مصرف آب است در حالیکه در روش آبیاری تیمار شاهد (یعنی کرتی- نواری عرف زارع) کارایی مصرف آب ۰/۶۱ کیلوگرم در متر مکعب است (جدول ۵).

جدول ۴: درصد کاهش آب مصرفی در روش‌های بهینه نسبت به روش و مدیریت زارع (شاهد)

درصد کاهش مصرف آب تیمارهای آبیاری نسبت به روش مرسوم کشاورز (شاهد)	نوبت و تاریخ آبیاری‌ها
۴۱/۱	نوبت اول - ۷ آذر
۳۶/۶	نوبت دوم - ۱۹ بهمن
۲۹/۲	نوبت سوم - ۱۳ اسفند
۳۵/۶	میانگین

جدول ۵: میزان عملکرد، آب مصرفی و کارایی مصرف آب در تیمارهای مدیریت‌های مختلف آبیاری

عملکرد	آب مصرفی	کارایی مصرف آب	کارایی مصرف آب	روش آبیاری	روش کاشت
(کیلوگرم در هکتار)	(مترمکعب در هکتار)	(کیلو گرم در متر مکعب)	(کیلو گرم در متر مکعب)		
۱۹۵۳	۳۲۰۵	۰/۶۱	۰/۶۱	کرتی نواری- زارع (تیمار شاهد)	سانتریفوژ
۲۵۹۰	۱۶۱۸	۱/۶	۱/۶		سانتریفوژ
۲۴۳۴	۱۷۷۴	۱/۳۶	۱/۳۷	نواری	تاکا
۱۹۰۱	۱۷۲۹		۱/۱		همدانی
۲۷۳۰	۲۳۹۴		۱/۱۴		سانتریفوژ
۲۵۲۱	۲۴۱۷	۱/۰۴	۱/۰۴	کرتی	تاکا
۲۱۹۸	۲۳۴۴		۰/۹۴		همدانی

تجزیه آماری نتایج مربوط به عملکرد تیمارهای آزمایش به روش آزمون t نشان داد که از نظر عملکرد دانه بین روش مدیریتی زارع و تیمارهای مدیریتی اعمال شده اختلاف معنی‌دار وجود ندارد (جدول ۶).

جدول ۶- مقایسه روش‌های کاشت از نظر میانگین عملکرد دانه (به روش آزمون t با $\alpha=0.05$)

روش آبیاری	روش کاشت	آبیاری نواری			آبیاری کرتی		
		سانتریفوژ (۲۲۹۰)	خطی (۲۲۵۴)	جوی پشته‌کار همدانی (۱۹۹۸)	سانتریفوژ (۲۳۲۰)	خطی (۲۱۴۳)	جوی پشته‌کار همدانی (۲۱۰۰)
نواری	سانتریفوژ (۲۲۹۰)	-					
	خطی (۲۲۵۴)	ns	-				
	جوی پشته‌کار همدانی (۱۹۹۸)	ns	ns	-			
کرتی	سانتریفوژ (۲۳۲۰)	ns	ns	ns	-		
	خطی (۲۱۴۳)	ns	ns	ns	ns	-	
	جوی پشته‌کار همدانی (۲۱۰۰)	ns	ns	ns	ns	ns	-
کرتی - نواری (زراع)	سانتریفوژ (۱۹۵۳)	ns	ns	ns	ns	ns	Ns

n.s : تفاوت معنی‌دار نیست

با آنکه مقدار بذر مصرفی در روش‌های کاشت جوی پشته کار همدانی و خطی کار تاکا حدود ۴۹ درصد کمتر از روش شاهد بود ولی درصد سبز شدن بذور آن بیشتر از شاهد بود. متوسط این شاخص در این روش‌های کاشت ۷۰ درصد، در حالیکه در روش شاهد ۳۴ درصد بود (جدول ۷).
با آنکه کارایی مصرف آب در روش آبیاری نواری نسبت به روش کرتی بهتر است ولی به دلایل زیر به نظر میرسد دستیابی به ارتقاء کارایی مصرف آب پایدار در منطقه از روش کرتی بیشتر باشد.

جدول ۷: مقایسه روش آبیاری زارع (شاهد) و روش‌های پیشنهادی از نظر بذر مصرفی و شاخص‌های زراعی

روش آبیاری	روش کاشت	مقدار بذر مصرفی (kg/ha)	تعداد بوته در متر مربع	درصد سبز شدن بذر	عملکرد دانه (kg/ha)	
					تیمار آبیاری	تیمار کاشت
کرتی نواری (زارع)	سانتریفوژ	۳۵۰	۲۴۷	۳۴	۱۹۵۳	۱۹۵۳
	سانتریفوژ	۲۵۰	۳۴۱	۵۶	۲۵۹۰ ^{ns}	
نواری	خطی کار تاکا	۱۸۰	۲۶۲	۶۰	۲۳۰۸	۲۴۳۴ ^{ns}
	جوی پشته کارهمدانی	۱۸۰	۲۸۶	۶۵	۱۹۰۱ ^{ns}	
کرتی	سانتریفوژ	۲۵۰	۳۸۷	۶۳	۲۷۳۰ ^{ns}	
	خطی کار تاکا	۱۸۰	۳۳۲	۷۵	۲۴۸۳	۲۵۲۱ ^{ns}
	جوی پشته کارهمدانی	۱۸۰	۳۵۳	۸۰		

- در بسیاری از مزارع منطقه شیب معینی در یک راستا وجود ندارد و معمولاً پستی و بلندی‌های موجود در مزرعه با توجه به شیوه‌های مرسوم خاک ورزی فراوان بوده و موجب دشواری مدیریت آبیاری می‌گردد.
 - زارعین منطقه با روش کرتی آشنا ترند و تغییری که به عادت آنان نزدیکتر باشد قابلیت پذیرش بیشتری دارد.
 - مدیریت آبیاری در روش نواری نیازمند صرف هزینه کارگری بیشتری است. زیرا به دلیل عدم تسطیح فنی مزارع منطقه از ابتدا تا انتهای نوار بایستی حرکت آب تعقیب و کنترل شود. به خصوص که جویچه‌های عمیقی در کاره پشته‌ها هنگام احداث آن ایجاد می‌شود.
 - به دلیل تغییرات دبی آب و وضعیت پستی و بلندی، روش معینی برای زمان قطع جریان آب نمی‌توان توصیه نمود و احتمالاً زارعین نتوانند به یکنواختی توزیع بالایی دست یابند.
 - شوری خاک مزارع منطقه تفاوت‌های چشمگیری دارند و در زمین‌های خیلی شور ممکن است فرصت آبشویی نسبی اول فصل از دست برود و ایجاد خسارت نماید.
- بنابراین به نظر می‌رسد منطقی‌تر آنست که آبیاری کرتی به شکل عام توصیه و آبیاری نواری در صورت وجود کارشناسان آموزش دیده اجرا گردد.

توصیه‌ها

بر اساس نتایج به دست آمده، میتوان هر کدام از مدیریت‌های بهینه کاشت و آبیاری را جایگزین روش زارع نمود. اما آبیاری کرتی به دلیل پایداری بیشتر در دستیابی به کارایی مصرف آب بالاتر به طور عام توصیه می‌گردد.

استفاده از روش کشت جوی پشته‌ای با ماشین بذرکار همدانی و یا خطی‌کار تاکا به دلیل ۵۰٪ صرفه‌جویی در مصرف بذر، درصد جوانه‌زنی بیشتر و هدایت بهتر آب توصیه می‌شود.

منابع مورد استفاده

۱. افضل‌نیا، ص.، ع. خسروانی، س. زارعیان و ا. زارع. ۱۳۷۸. اثر روش‌های کاشت بر عملکرد گندم آبی و مقایسه‌ی اقتصادی روش‌ها. مجله تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی. شماره ۱۶. جلد ۴. ص ۲۱-۱۵.
۲. پذیرا، الف.، ۱۳۵۳، تأثیر فاصله زهکش‌ها بر اصلاح خاک و عملکرد گندم. نشریه فنی شماره ۳۹۷، موسسه تحقیقات خاک و آب، ایران.
۳. حاج رسولی‌ها، ش. (۱۳۸۲). کیفیت آب برای کشاورزی. چاپ اول. ترجمه. انتشارات مرکز نشر دانشگاهی. تهران.
۴. حیدری شریف آباد، ح. ۱۳۸۰. گیاه و شوری. نگارش. انتشارات مؤسسه‌ی تحقیقات جنگل‌ها و مراتع. ۱۹۹ صفحه.
۵. خواجه پور، م. ر. ۱۳۷۳. اصول و مبانی زراعت. انتشارات جهاد دانشگاهی دانشگاه صنعتی اصفهان. ۴۱۲ ص.
۶. رادمهر، م.، ۱۳۷۳. بررسی اثرات تاریخ کاشت و تراکم بذر بر عملکرد گندم. گردآوری. مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر. بخش تحقیقات غلات. ۲۴ صفحه.
۷. سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی استان خوزستان، ۱۳۷۹، بررسی میزان و نحوه شوری‌زدایی اراضی دارای قابلیت استان.
۸. سلیمان نژاد، م.، ۱۳۷۷، بررسی اثر روش‌های متداول آبیاری (کاشت) بر عملکرد گندم در خاک‌های شور خوزستان. گزارش نهایی طرح تحقیقاتی مرکز تحقیقات کشاورزی خوزستان. اهواز.
۹. صارمی، م.، ۱۳۷۹، بررسی اثرات گیاه کالارگراس بر اصلاح و بهسازی خاک‌های شور و قلیا، سازمان تحقیقات و آموزش کشاورزی.
۱۰. قبادیان، ع.، ۱۳۴۷، علل شور شدن زمین‌های خوزستان و روش‌های کنترل آن، دانشگاه جندی شاپور اهواز، ایران.

۱۱. موسسه تحقیقات خاک و آب، ۱۳۵۱، بررسی تأثیر یک دوره تناوب اصلاحی بر تغییر پذیری خصوصیات خاک و عملکرد گندم.
۱۲. مهاجر میلانی، پ. و پ. جواهری، ۱۳۷۷، آب مورد نیاز شستشوی خاک‌های شور ایران، نشر آموزش کشاورزی، کرج، ایران.
۱۳. میرمحمدی میبدی، ع. م. و قره‌یاضی، ب. ۱۳۸۱. جنبه‌های فیزیولوژیک و به‌نژادی تنش شوری گیاهان. مرکز نشر دانشگاه صنعتی اصفهان. ۲۷۴ صفحه.
۱۴. همایی، مهدی. ۱۳۸۱. واکنش گیاهان به شوری. نگارش. انتشارات کمیته‌ی ملی آبیاری و زهکشی ایران. ۹۷ صفحه.

15. Aquino P., 1998. The Adoption of Bed Planting of Wheat in the Yaqui Valley, Sonora, Mexico. Wheat Program Spatial Report. No. 17A. Economic Program.. CIMMYT. Mexico. PP 38.
16. Ayers, R.S.; D.W. Westcot. 1985. Water Quality for Agriculture. FAO Irrigation and Drainage paper. no. 29, rev.: 1
17. Bakker, D.M.; S.R. Raine. 1997. A preliminary investigation of alternate furrow irrigation for sugar cane production. Australian Society of Sugar Cane Technologists Conference. Australia.
18. Blaine, R. Hanson, and Sidney, W. Kite. 1984. Irrigation scheduling under saline high water tables. Soil and Water Div. of ASAE. 1430-1434
19. Fahong, W., W. Xuqing and K. Sayre. 2004. Comparison of conventional, flood irrigated, flat planting with furrow irrigated, raised bed planting for winter wheat in China. Field Crops Research. 87 (1): 35-42.
20. Govaerts, B., K. D. Sayre and J. Deckers. 2004. Stable high yields with zero tillage and permanent bed planting Field Crops Research. Article in Press, Corrected Proof.
21. Hoffman, G.J. and van Genuchten M.T. 1983, Soil properties and efficient water use: water management for salinity control. In: limitations to Efficient water use: in Crop Production. H> M. Taylor et al (eds.) American society of Agronomy, Madison, Wisconsin, PP. 73-85.
22. Hajrasuliha, S. 1970, Irrigation and drainage practices in Haft-Tappeh cane sugar project, In. 8th, Near East, South Asia Regional Irrigation Practices Seminar, Kabul, Afganistan. Sponsored by United States Agency for International Development. Utah: Utah State University Printing Service, 117-143.
23. Karayel, D. and Özmerzi, A. 2002. Effect of tillage methods on sowing uniformity of maize. Canadian Biosystems Engineering. 44: 2.23-2.26.
24. Mashali, A.M. 1995, Integrated soil management for sustainable use of salt-affected soils and network activity, Proceeding of the international workshop on Integrated Soil Management For Sustainable use of salt-affected Soils. Manila, The Philippines, p. 55-75.

25. Pazira, E. and K. Sadeghzadeh, 1998, Soil the salinization and land reclamation in Iran, A case study, Khuzestan province.
26. Silvertooth, J.C. 2001. Saline and sodic soils identification and Cotton management. <http://www.ag.arizona.edu/pubs/crops/az1199.pdf>
27. Tracy, P.W.; S.G.Hefner. 1997. More work needed on alternate furrow N fertilization. Fluid Journal. Late spring.

دومین سمینار (هاکارهای بهبود و اصلاح سامانه‌های آبیاری سطحی

۲ فرورداد ماه ۱۳۸۷

بهبود عملکرد آبیاری جویچه‌ای با تغییر سطح مقطع جویچه

بیژن مجدزاده^۱، تیمور سهرابی^۲، فریبرز عباسی^۳

چکیده

در روش‌های آبیاری سطحی، آبیاری جویچه‌ای مرسومتر و با توسعه کشاورزی مکانیزه سازگارتر است. همچنین نسبت به آبیاری کرتی و نواری حجم کمتری از آب، در واحد عرض مزرعه حرکت می‌کند اما اغلب بازده به اندازه آنها نیست. بهبود بازده با مسدود کردن جویچه احتمال سوختگی محصولات را در انتها ایجاد می‌کند و روش‌های کنترل دبی ورودی نیز نیازمند مهارت ویژه و ابزار جدید برای اجرا می‌باشد. از طرفی تنها پوشیده شدن تمام سطح مزرعه از آب با حداکثر سرعتی که ممکن باشد، مطلوب نیست. بلکه باید به حجم آب مصرفی و چگونگی توزیع آن در مزرعه توجه داشت. هدف این تحقیق ارائه روشی مؤثر برای بالا بردن بهره‌وری مصرف آب است؛ که نیاز به تغییر عمده‌ای در فرهنگ آبیاری کشاورزان ندارد. عموماً در یک دبی ثابت ورودی به جویچه‌ای با سطح مقطع باریک و V -شکل، سرعت پیشروی و رواناب بیشتر از جویچه‌ای با سطح مقطع پهن و U -شکل می‌باشد. در این مطالعه روشی برای تغییر آسان سطح مقطع جویچه در طول مورد نظر ارائه شد و جویچه‌های با سطح مقطع ثابت و متغییر به صورت پهن و باریک شدگی در انتهای جویچه، در خاک سیلتی لومی به طول ۱۲۰ متر در مزرعه دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران ایجاد شدند. پهن شدن انتهای جویچه سبب افزایش ۷٪ زمان پیشروی و کاهش ۳۰٪ رواناب و ۹٪ توزیع یکنواختی نسبت به شاهد گردید. با باریک شدن انتهای جویچه‌ها نتایج عکس بدست آمد. در این نوع خاک باریک شدن انتهای جویچه از پهن شدن انتهای نتایج بهتری را بدست آورد. این تغییرات در آبیاری دوم کمتر بود.

کلمات کلیدی: آبیاری جویچه‌ای، سطح مقطع جریان، توزیع یکنواختی، نسبت رواناب.

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد رشته آبیاری زهکشی،

۲- استاد گروه آبیاری و آبادانی دانشکده کشاورزی، دانشگاه تهران،

۳- عضو هیأت علمی مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی (کرج).

مقدمه

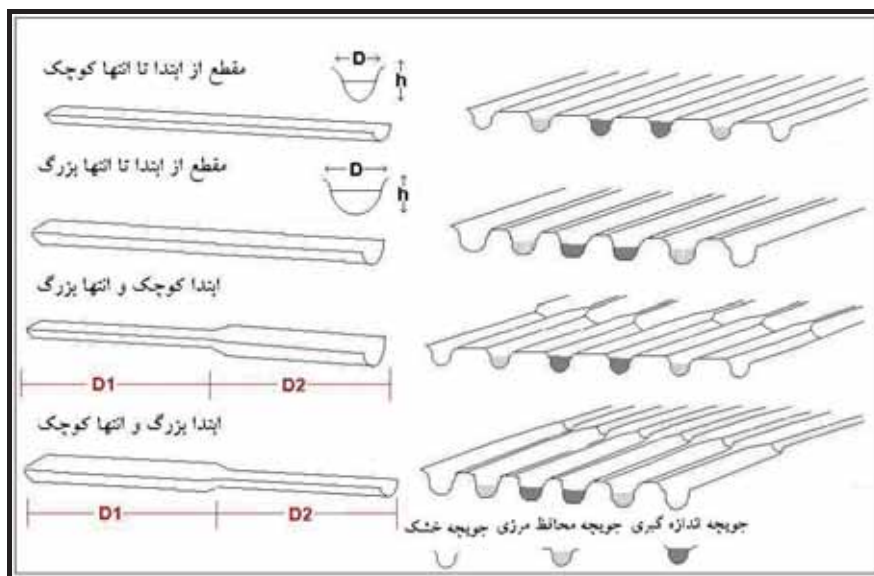
با افزایش جمعیت و کمی منابع آب جهت تولید بیشتر محصولات کشاورزی، بازده بهتر مصرف آب بیشتر مورد توجه محققین می‌باشد. آبیاری سطحی قدیمی‌ترین و متداول‌ترین روش آبیاری زمین‌های کشاورزی در سراسر دنیا و کشورمان است. سازگارترین نوع آن با توسعه کشاورزی مکانیزه آبیاری جویچه‌ای می‌باشد که به جای غرقاب کردن تمام سطح مزرعه به سادگی آب را در کانال‌های کوچکی به نام جویچه جریان می‌دهد. این کار سبب کاهش چشمگیر مصرف آب در واحد عرض مشابه با آبیاری کرتی و نواری می‌شود. هدف طراحی شبکه آبیاری سطحی تشخیص یا برآورد مقادیر اولیه (مشخصات نفوذ، ضریب زبری، شیب، فاصله بین جویچه‌ها، سطح مقطع جریان ...) برای تعیین و مدیریت متغیرها (دبی جریان، طول جویچه و زمان قطع) می‌باشد. بنابراین طراحی آبیاری سطحی با دیدگاه رسیدن به حداکثر بازده اقتصادی و حداقل هزینه سرمایه‌گذاری با بهینه کردن مقادیر اولیه و متغیرها می‌باشد. از طرفی فنون اخیر (آبیاری موجی، کابلی، کاهش دبی ...) برای بالا بردن بازده نیازمند مهارت و وسایل دقیق برای اجرا می‌باشد.

معمولاً مشخصات نفوذ، سطح مقطع جریان و ضریب زبری را در طول فصل کشت و در تمام سطح مزرعه ثابت در نظر می‌گیرند اما این عوامل ایجاد کننده تغییرات در مرحله پیشروی و به تبع آن سبب اختلاف عمق آب نفوذ کرده در طول جویچه‌های مختلف در یک مزرعه می‌شود [۰ و ۳]. بدلیل رابطه بسیار قوی فرصت نفوذ با حجم آب نفوذ یافته، می‌توان تغییرات نفوذ جمعی در جویچه را به تنهایی با فرصت نفوذ توضیح داد. اما با فرض محیط خیس شده ثابت عمق نفوذ کمتری را در ابتدای مزرعه و مقدار بیشتری را در انتهای مزرعه نسبت به مقادیر اندازه‌گیری شده برآورد می‌شود [۲]. همچنین تغییر در مشخصات خاک سبب انحراف در نمودار سرعت پیشروی می‌گردد [۸]. تمام تغییرات نفوذ را می‌توان با تغییرات محیط خیس شده بیان کرد [۹]. تروت که تاثیر دبی ورودی بر ضریب زبری را بررسی می‌کرد، نتیجه گرفت که شکل و اندازه جویچه بر حجم آب نفوذ یافته مؤثر و می‌تواند آن را افزایش دهد. زیرا مساحتی که بین آب و خاک در تماس است را کنترل می‌کنند [۱۲]. تغییرات تصادفی شکل هندسی جویچه سومین عامل مؤثر بر میانگین عمق نفوذ و یکنواختی توزیع می‌باشد که این مطلب نتیجه تاثیر مشترک دبی، نفوذ و شکل هندسی می‌باشند [۱۰]. هولدن و همکاران که در مزارع نیشکر تحقیق می‌کردند بیان نمودند که مقطع "V" شکل باریک بازده کاربرد آبیاری بهتری نسبت به مقطع "U" شکل پهن دارد. آنها نشان دادند که مقطع "V" شکل باریک فرصت نفوذ عمومی را محدود می‌کند. چون آب در این جویچه‌ها سریعتر از مقطع "U" شکل به انتها می‌رسد [۴]. هولزایفل و همکاران در بررسی شکل هندسی جویچه بیان می‌کنند که جویچه‌ای که محیط خیس شده بزرگتر دارد؛ ظرفیت بیشتر برای نفوذ آب را نیز دارا می‌باشد. همچنین زمان پیشروی در جویچه باریک کمتر از زمان پیشروی در جویچه پهن است [۵]. باکر و همکاران نیز در ارزیابی مزارع آبیاری جویچه‌ای در خاکی رسی به تغییر مقطع جویچه از "U" شکل پهن به "V" شکل عمیق برخوردند که سبب پیشروی سریعتر و نفوذ کندتر نسبت به جویچه‌ای با مقطع ثابت "U" شکل پهن می‌گردد [۰].

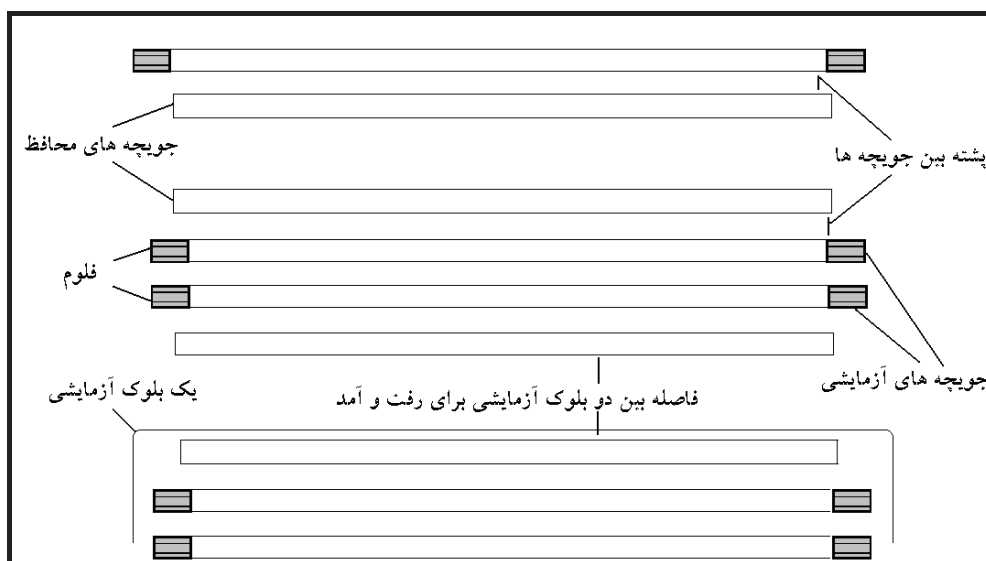
در طراحی آبیاری سطحی مقادیر اولیه؛ شیب، ضریب زبری، سطح مقطع و مشخصات خاک عموماً ثابت در نظر گرفته می‌شوند. تا کنون تحقیقاتی برای بهبود ضریب زبری و در نظر گرفتن تأثیر تغییرات شیب و مشخصات خاک انجام شده است. اما صرفاً چون همیشه ایجاد جویچه‌ها توسط یک شیارکن انجام می‌شود؛ سطح مقطع ثابت و یا در برخی مدل‌های شبیه‌سازی با توجه به زمان از شروع آبیاری و مکان از ابتدای جویچه متغیر فرض می‌شود. در این تحقیق با ایجاد مقطعی در ابتدای جویچه و مقطع دیگر در انتها تأثیر تغییرات سطح مقطع جویچه در روند آبیاری (نفوذ، حجم رواناب، سرعت پیشروی، بازده کاربرد آب ...) با ثابت نگه داشتن سایر عوامل موثر بررسی می‌شود. هدف این تحقیق ارائه روشی مؤثر برای بالا بردن بهره‌وری مصرف آب با تغییر در شکل هندسی جویچه است، به نحوی که نیازمند تغییر عمده‌ای در فرهنگ آبیاری کشاورزان نباشد.

مواد و روش‌ها

در تابستان ۱۳۸۵ در مزرعه دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران که در طول جغرافیایی $35^{\circ}48'16''$ و عرض جغرافیایی $50^{\circ}57'14''$ واقع شده است، بعد از انجام شخم‌زنی و دو نوبت دیسک عمیق برای تولید خاکی یکنواخت جویچه‌های به طول ۱۲۰ متر در خاک سیلتی لومی (با میانگین ۳۱/۰۵٪ شن، ۴۷/۶۴٪ لوم و ۲۱/۳۱٪ رس) ایجاد گردید؛ تغییر سطح مقطع جویچه‌ها به نحوه بود که عرض پشته‌ها و نه فاصله بین جویچه‌ها تغییر می‌کرد. اندازه‌گیری‌ها در دو جویچه کنار هم انجام شد. برای ایجاد شرایط نزدیکتر به آبیاری مزرعه و نفوذ دو بعدی متقارن، دو جویچه محافظ در دو طرف جویچه‌های اندازه‌گیری ایجاد شده بودند که طول، دبی، زمان قطع و سطح مقطع مشابه داشتند، ولی داده‌برداری در آنها انجام نمی‌شد. تمامی جویچه‌های شاهد و تیمار توسط یک شیارکن و با تغییر طول محور مرکزی اتصال به تراکتور که زاویه تماس بیل‌های شیار بازکن را با زمین تغییر می‌دهد ایجاد شدند. با کم شدن زاویه تماس بیل با زمین سطح بیشتری از بیل در خاک درگیر شده که می‌تواند حجم بیشتری از خاک را جابجا کند و سبب پهن‌تر شدن شکل هندسی جویچه شود. این چهار جویچه به صورت بلوکی واحد همزمان آبیاری می‌شدند. شکل ۱- این تغییر سطح مقطع را بهتر نشان می‌دهد. نحوه گرفتن بلوک‌های آزمایشی در شکل ۲- نشان داده شده است.



شکل ۱- نمونه جویچه‌های ایجاد شده در مزرعه



شکل ۲- نحوه ایجاد جویچه‌های آزمایشی، محافظ و فاصله بین بلوک‌های آزمایشی

تیمارهای مختلف برای یافتن بهترین طول تغییر سطح مقطع ایجاد شد. تغییرات سطح مقطع برای نصف و $\frac{1}{4}$ طول جویچه انجام شد. جدول (۱) بلوک‌های شاهد و آزمایشی را نشان می‌دهد.

جدول ۱- ترتیب جویچه‌های آزمایشی

تیمارها	نام گذاری	شیب (m/m)	آبیاری اول (m^3)		آبیاری دوم (m^3)	
			ورودی	خروجی	ورودی	خروجی
از ابتدا تا انتها باریک	NARROW	۰/۰۰۸۵	۵/۶۵۵	۱/۸۳۰	۴/۲۳۶	۲/۱۸۲
۳۰ متر اول باریک ۹۰ متر دوم پهن	30N90W	۰/۰۰۹۲	۵/۵۲۶	۱/۱۶۴	۴/۲۱۸	۱/۹۸۵
۶۰ متر اول باریک ۶۰ متر دوم پهن	60N60W	۰/۰۰۹۱	۵/۲۲۰	۱/۵۵۰	۴/۳۲۷	۲/۲۴۹
از ابتدا تا انتها پهن	WIDE	۰/۰۰۹۴	۷/۰۷۴	۱/۳۸۸	۵/۶۶۲	۲/۱۶۵
۳۰ متر اول پهن ۹۰ متر دوم باریک	30W90N	۰/۰۰۹۵	۷/۱۷۹	۲/۹۸۷	۵/۵۰۳	۲/۷۰۱
۶۰ متر اول پهن ۶۰ متر دوم باریک	60W60N	۰/۰۰۹۵	۷/۱۸۷	۲/۶۹۹	۵/۶۶۱	۲/۶۹۴

همچنین در تمام موارد آزمایش دو نوبت آبیاری انجام شد تا تاثیر تغییرات سطح مقطع در آبیاری دوم که عموماً سطح مقطع تثبیت شده‌تری می‌باشند، دیده شود. در حین و بعد از آبیاری پارامترهای قابل اندازه‌گیری آبیاری اندازه گرفته شده که شامل موارد زیر بود:

- ۱- اندازه‌گیری زمان پیشروی و پسروی در هر پنج متر طول جویچه
- ۲- اندازه‌گیری دبی ورودی و خروجی
- ۳- اندازه‌گیری شکل هندسی جویچه قبل و بعد از هر نوبت آبیاری در هر ده متر طول جویچه و یک متر قبل و بعد از محل تغییر سطح مقطع و اندازه‌گیری سطح عرض فوقانی و عمق جریان در مدت آبیاری

برخی از عوامل موثر در روند آبیاری مانند شیب و بافت خاک غیر قابل تغییر یا بسیار پر هزینه برای تغییر بودند که صرفاً به اندازه‌گیری آنها بسنده شد. شیب را برای هر ده متر طول جویچه (بوسیله دوربین نقشه‌برداری) محاسبه شد. بافت خاک مزرعه با نمونه‌برداری در نقاط و اعماق مختلف زمین یکنواخت فرض گردید. با استفاده از مخازن کنترل‌کننده سطح آب نوسانات ایجاد شده از دبی توسط پمپی که آب را از کانال بالا دست مزرعه برداشت می‌کرد کنترل می‌شد و در ضمن هر گونه تغییرات دبی ورودی در ابتدای جویچه‌ها با دو فلوم قرائت می‌گردید. در ابتدا و انتهای جویچه‌ها فلوم‌های تیپ II از نوع WSC که برای اندازه‌گیری دبی بین $0.3 - 2/6 L/S$ ساخته شده‌اند، نصب شد.

دبی ورودی از مهمترین عوامل طراحی آبیاری جویچه‌ای است. هر چه مقدار دبی ورودی بیشتر باشد، مرحله پیشروی زودتر تمام خواهد شد. جداول و روابطی برای یافتن حداکثر دبی غیر فرسایشی وجود دارد. اما توصیه می‌شود که با یافتن تخمینی از دبی ورودی، آنرا به همراه چند دبی نزدیک به آن انتخاب و در مزرعه آزمایش تا بهترین دبی با توجه به شرایط انتخاب گردد [15]. هولزافل و همکاران نیز در تحقیقی که دو مقطع بزرگ و کوچک جویچه را برای یافتن پارامترهای نفوذ بررسی می‌کردند با شیب

طولی ۰/۰۰۵۴ برای جویچه پهن ۱/۴ و برای جویچه باریک ۱/۰۷ L/S را انتخاب کردند [5]. مشابه روش آنها برای مزرعه مورد آزمایش در شیب عمومی ۰/۰۰۹۳ دبی ۱/۳ L/S برای جویچه‌های ابتدا پهن ۱ L/S برای جویچه‌های ابتدا باریک مناسب تشخیص داده شد.

شکل هندسی جویچه‌ها هر ده متر از طول و یک متر قبل و بعد از تغییر سطح مقطع با نیمرخ‌سنج جویچه‌ای قرائت شد و با روش نوزنقه‌ای واکر - اسکوگربو (۱۹۸۷) که در اکثر مدل‌ها آبیاری جویچه‌ای مورد استفاده می‌باشد [13، 14 و 16]، پارامترهای هیدرولیکی مورد نیاز محاسبه گردید. سه تعریف سطح مقطع عبارتند از:

$$A_o = \sigma_1 y^{\sigma_2} \quad (۱)$$

که در آن y = عمق جویچه (m)، A_o = مساحت سطح مقطع جریان (m²)، σ_1 و σ_2 = عوامل هندسی

$$A_o^2 R^{3/4} = \rho_1 A_o^{\rho_2} \quad (۲)$$

که در آن R = شعاع هیدرولیکی (m)، ρ_1 و ρ_2 = عوامل هیدرولیکی

$$WP = \gamma_1 y^{\gamma_2} \quad (۳)$$

که در آن WP = محیط خیس شده (m) می‌باشند؛ γ_1 و γ_2 ضرایب تجربی می‌باشند [13 و 15]. شبیه‌سازی جریان هیدرولیکی بر اساس قانون بقای جرم و موازنه حجم انجام شد که معادله نفوذ را از داده‌های مرحله پیشروی بدست می‌آورند. پارامترهای معادله کوستیاکف - لویس که مرسومترین و ساده‌ترین معادله مورد استفاده در آبیاری جویچه‌ای می‌باشد، با دو روش یک نقطه‌ای [11] و دو نقطه‌ای [5 و 15] محاسبه گردید. در نهایت آبیاری‌های انجام شده به سه روش زیر ارزیابی شدند.

الف - توزیع یکنواختی: متوسط عمق آب نفوذ در چارک پایین تقسیم بر متوسط عمق آب نفوذ کرده در طول مزرعه می‌باشد. گاهی کمترین عمق نفوذ را بر عمق متوسط نفوذ تقسیم می‌کنند که به آن توزیع یکنواختی واقعی می‌گویند. اندازه‌گیری ضریب یکنواختی با نمونه‌برداری از خاک برای تعیین افزایش رطوبت و استفاده از ضریب کریستینانسن در آبیاری جویچه‌ای کاری دشوار است و محدود به آزمایشات خاص می‌باشد. معمولاً با بدست آوردن رابطه نفوذ برای جویچه عمق نفوذ را برای هر نقطه در طول محاسبه می‌کنند. از این داده‌ها می‌توان ضریب یکنواختی را محاسبه کرد.

ب - نسبت نفوذ: نسبت حجم آب ذخیره شده در منطقه توسعه ریشه به مقدار آب ورودی به مزرعه می‌باشد [13]. بدلیل انجام آزمایش در شرایط بدون کشت محاسبه بازده کاربرد بدلیل نداشت عمق مورد نیاز آبیاری مقدور نبود، بنابراین از رابطه - ۴ نسبت نفوذ محاسبه گردید.

$$Ea = \frac{V_{inf}}{V_{in}} 100 \quad (4)$$

پ- نسبت رواناب: نسبت حجم رواناب تولید شده به حجم آب ورودی می‌باشد. این نسبت از رابطه ۵ - محاسبه می‌شود [13].

$$R_{tw} = \frac{V_{out}}{V_{in}} 100 \quad (5)$$

نتایج و بحث

مشخصات شکل هندسی جویچه

برای محاسبه پارامترهای سطح مقطع جریان ابعاد شکل هندسی مورد نیاز است که از داده‌های قرائت شده شکل هندسی بعد از آبیاری و عمق جریان در حین آبیاری استفاده شد. میانگین اعداد آن برای هر بخش در جدول ۲ آورده شده است. که در آن علامت (\pm) میانگین خطا می‌باشد. با توجه به اعداد این جدول تغییر ابعاد سطح مقطع جریان در هر بخش مشخص می‌شود. تغییرات ابعاد در آبیاری دوم به مراتب کمتر از آبیاری اول بود. عوامل هیدرولیکی و هندسی و ضرایب تجربی با استفاده از نرم افزار NRSC-SURFACE محاسبه گردید [7]. جهت اختصار اعداد مربوط به آبیاری دوم در جدول (۲) آورده نشده است.

پیشروی

در این تحقیق، تلاش شد که تاثیر این عوامل به غیر از تغییرات سطح مقطع به حداقل رسانده شود. مدت زمان پیشروی در جدول (۳) آورده شده است. در آبیاری اول با افزایش طول پهن‌شدگی در انتهای جویچه برای ۹۰ و ۶۰ متر به ترتیب ۱۹/۸۵٪ و ۷/۲۰٪ افزایش زمان پیشروی نسبت به جویچه‌ای که مقطع ثابت باریک دارد؛ مشاهده گردید. برعکس این مطلب با افزایش طول باریک‌شدگی در انتهای جویچه زمان پیشروی کاهش یافت. برای ۹۰ و ۶۰ متر طول باریک‌شدگی در انتهای جویچه به ترتیب ۱۶/۲۰٪ و ۴/۵۵٪ کاهش در زمان پیشروی مشاهده گردید. این روند در آبیاری دوم نیز که بعد از هفت روز برای هر جویچه تکرار شد، مشاهده گردید. ولی میزان تغییرات آن کمتر و مقدار میانگین زمان پیشروی در حدود نصف زمان میانگین پیشروی در آبیاری اول گردید.

$$1- \text{Absolute distribution uniformity} = \frac{1}{n} \sum |x - \bar{x}|$$

جدول ۲- مشخصات شکل هندسی و پارامترهای لازم برای محاسبات شبیه‌سازی

تیماژها	آبیاری اول												آبیاری دوم	
	عمق جویان	عرض سطح	عرض میانه	عرض کف	ρ_1	ρ_2	σ_1	σ_2	γ_1	γ_2	سطح مقطع	سطح مقطع		
NARROW	$0.7 \pm 3/44$	$7.2 \pm 16/42$	$7.9 \pm 17/32$	$1.89 \pm 5/07$	0.935	$7/852$	0.515	$1/383$	$1/149$	0.500	$48/153 \pm 16/104$	$36/420 \pm 10/173$		
	بخش اول	$0.35 \pm 3/3$	$1.37 \pm 15/25$	$7/03 \pm 11/37$	$2.37 \pm 7/62$	0.949	$7/816$	0.299	$1/282$	$1/098$	0.505	$39/748 \pm 4/180$	$26/322 \pm 7/900$	
30N90	دوم	$0.63 \pm 3/48$	$1/6 \pm 17$	$1/68 \pm 13/57$	$1/55 \pm 9/1$	0.855	$7/875$	0.314	$1/220$	0.965	$50/501 \pm 14/424$	$34/972 \pm 8/987$		
	بخش اول	$0.92 \pm 3/48$	$7/04 \pm 17$	$7/42 \pm 13/57$	$3.3 \pm 9/1$	0.947	$7/814$	0.467	$1/366$	$1/352$	$50/397 \pm 17/530$	$35/455 \pm 7/306$		
60N60W	بخش دوم	$0.5 \pm 3/75$	$1/97 \pm 2/64$	$3/04 \pm 16/46$	$2/84 \pm 10/67$	0.852	$7/886$	0.403	$1/272$	$1/135$	$59/322 \pm 15/937$	$37/896 \pm 3/952$		
	بخش اول	$0.99 \pm 3/26$	$2/85 \pm 27/61$	$3/42 \pm 17/4$	$4/52 \pm 11/96$	0.870	$7/910$	0.418	$1/252$	$1/063$	$59/420 \pm 19/178$	$35/373 \pm 9/850$		
WIDE	بخش اول	$3/37 \pm 7/45$	$3 \pm 20/25$	$7/87 \pm 16$	$3.9 \pm 12/81$	0.856	$7/806$	0.364	$1/192$	$1/131$	$48/775 \pm 11/433$	$34/006 \pm 7/797$		
	بخش دوم	$0.4 \pm 3/05$	$7/17 \pm 16/25$	$7/85 \pm 12$	$3.2 \pm 7/4$	0.803	$7/820$	0.299	$1/322$	$1/810$	$41/933 \pm 7/198$	$35/962 \pm 8/884$		
30W90N	بخش اول	$0.55 \pm 3/01$	$7/85 \pm 20/57$	$7/88 \pm 15/35$	$3.21 \pm 8/6$	0.934	$7/902$	0.297	$1/329$	0.998	$53/954 \pm 13/879$	$35/366 \pm 9/293$		
	بخش دوم	$0.63 \pm 3/32$	$7/51 \pm 15/85$	$7/07 \pm 11/32$	$1/64 \pm 5/76$	$1/081$	$7/917$	0.292	$1/326$	0.919	$47/500 \pm 6/552$	$36/958 \pm 8/618$		

سطح مقطع با بعد (cm^2) و سایر اعداد به سانتیمتر می‌باشند.

جدول ۳- مشخصات نفوذ محاسبه شده برای آبیاری اول و ارزیابی جوینچه‌های آزمایشی

تیمارها	آبیاری اول					آبیاری دوم								
	دو نقطه‌ای			یک نقطه‌ای		ارزیابی		ارزیابی						
پیشروی (دقیقه)	A	k	σ_z	a	K	σ_z	میانگین نفوذ (m)	DU (%)	DU _a (%)	پیشروی (دقیقه)	میانگین نفوذ (m)	DU (%)	DU _a (%)	
NARROW	۲۸/۴	۰/۳۱۱	۰/۰۰۴۹۵	۰/۷۹۳	۰/۲۲۲	۰/۰۰۲۰۲	۰/۸۴۱	۰/۰۱۹۵	۹۷/۰۴	۹۵/۹۲	۱۴/۲	۰/۰۱۰۸	۹۸/۹۶	۹۸/۷۳
30N90W	۳۴/۱	۰/۴۲۰	۰/۰۰۴۱۴	۰/۸۵۹	۰/۳۱۸	۰/۰۰۰۶۸	۰/۸۰۴	۰/۰۲۶۳	۹۴/۳۳	۹۱/۶۷	۱۵/۱	۰/۰۱۹۳	۹۸/۰۵	۹۵/۹۴
60N60W	۳۰/۵	۰/۷۷۰	۰/۰۰۱۱۸	۰/۷۰۵	۰/۳۹۷	۰/۰۰۱۹۸	۰/۷۷۸	۰/۰۵۴۴	۹۰/۶۰	۸۶/۱۵	۱۴/۶	۰/۰۱۰۸	۹۸/۹۹	۹۷/۶۸
WIDE	۳۰	۰/۴۴۷	۰/۰۰۴۹۰	۰/۷۶۰	۰/۳۱۲	۰/۰۰۲۲۲	۰/۸۱۳	۰/۰۳۳۷	۹۵/۱۷	۹۲/۳۰	۱۳/۳	۰/۰۱۵۱	۹۹/۱۸	۹۸/۱۳
30W90N	۲۵/۱	۰/۳۸۳	۰/۰۰۵۰۰	۰/۷۷۵	۰/۲۸۷	۰/۰۰۲۴۳	۰/۸۱۸	۰/۰۲۷۳	۹۷/۰۲	۹۵/۳۱	۱۲/۸	۰/۰۱۴۳	۹۹/۰۱	۹۸/۴۸
60W60N	۲۸/۶	۰/۳۹۴	۰/۰۰۵۲۴	۰/۷۶۸	۰/۲۹۷	۰/۰۰۲۱۹	۰/۸۱۲	۰/۰۲۹۷	۹۶/۱۶	۹۳/۷۴	۱۲/۴	۰/۰۱۵۹	۹۹/۷۴	۹۸/۴۱

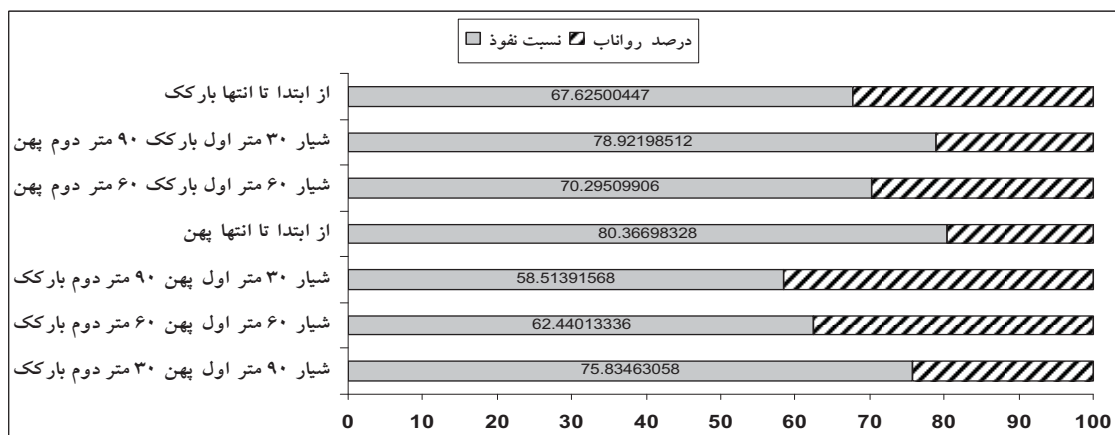
واحد - $k : m^2/min^0/m$

نفوذ

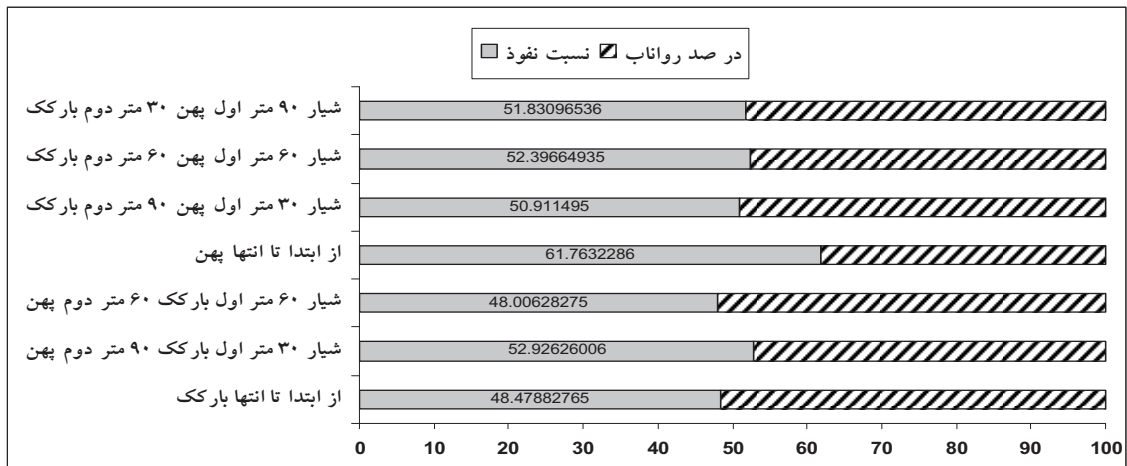
مقادیر ضرایب a ، k ($m^3/m \min^a$) و σ_z رابطه کوستیاکف از داده‌های پیشروی برای هر جویچه بوسیله روش‌های یک نقطه‌ای و دو نقطه‌ای محاسبه گردید. نتایج این محاسبات برای آبیاری اول در جدول (۳) آورده شده است. اعداد جدول (۳) نشان می‌دهد که تغییر مقطع جریان در هر دو روش پهن شدگی سبب تغییرات زیادی در مقدار a در اثر باریک شدگی در انتهای جویچه دیده می‌شود. همچنین مقدار این تغییرات در آبیاری دوم کمتر از آبیاری اول است. تغییرات در مقدار ضریب k بیشتر می‌باشد. پهن شدن انتهای جویچه سبب کاهش و باریک شدگی سبب افزایش مقدار k می‌شود. مقدار فاکتور شکل ذخیره زیر سطحی σ_z در اثر تغییر سطح مقطع تغییر مشخصی نکرد و روش یک نقطه این مقدار را در تمام موارد بزرگتر از روش دو نقطه‌ای محاسبه می‌کند.

ارزیابی

دبی ورودی و خروجی هر جویچه توسط فلوم با زمان اندازه‌گیری شد، با انتگرال گرفتن از این گرافها با توجه به زمان می‌توان احجام آبهای ورودی و خروجی را محاسبه نمود. مقادیر محاسبه شده به صورت میانگینی از دو آزمایش در جدول ۱ آورده شده است. همچنین از روابط ۵ و ۶ نسبت نفوذ و رواناب محاسبه شد که در شکل‌های (۳) و (۴) نشان داده شده است.



شکل ۳- نسبت آب نفوذ کرده و رواناب در آبیاری اول میانگین دو جویچه آزمایشی



شکل ۴- نسبت آب نفوذ کرده و رواناب در آبیاری دوم میانگین دو جویچه آزمایشی

با استفاده از پارامترهای معادلات نفوذ بدست آمده از روش دو نقطه‌ای واکر - الیوت (۱۹۸۲) و محاسبه فرصت نفوذ برای هر ده متر طول جویچه از گرافهای پیشروی و پسروی عمق نفوذ محاسبه شد از این دو عمق آب نفوذ کرده در نقطه محاسبه شد و از آنها توزیع یکنواختی برای کل طول جویچه محاسبه گردید که مقادیر آن در جدول (۳) آورده شده است. ارقام جدول نشان می‌دهد که با پهن شدن انتهای جویچه توزیع یکنواختی کاهش می‌یابد و در باریک شدگی انتهای جویچه، نتیجه بر عکس می‌باشد. در آبیاری دوم تغییر چندانی در توزیع یکنواختی مشاهده نمی‌شود. همچنین بالا بودن مقدار توزیع یکنواختی محاسبه شده بدلیل کوتاه بودن طول جویچه‌های آزمایشی (۱۲۰ متر) می‌باشد.

نتیجه‌گیری

در این تحقیق تاثیر تغییر سطح مقطع در طول جویچه بر روند آبیاری بررسی گردید. این تغییر به دو صورت پهن شدگی و باریک شدگی انتهای جویچه در طول‌های مختلف ایجاد شد. در خاک آزمایش (سیلتی لومی) بهترین گزینه جویچه‌ای می‌باشد که از ابتدا تا انتها پهن باشد. تغییرات در اثر دو عامل شیب و بافت خاک در مزرعه کنترل نشده بود که این دو عامل بر نتایج بدست آمده موثر بودند. بالا بودن توزیع یکنواختی مربوط به کوتاه بودن طول جویچه‌ها می‌باشد.

باریک شدن انتهای جویچه سبب کاهش زمان پیشروی (۵٪) و به تبع آن یکنواخت تر شدن فرصت نفوذ در طول جویچه گردید. سطح مقطع جریان کاهش (۱۱٪) پیدا نمود. این مقادیر در آبیاری دوم کاهش یافت. در آبیاری اول جویچه‌های با انتهای باریک حجم بیشتری (۲۸٪) آب ورودی را تخلیه نمودند. مقدار ضریب a معادله کوستیاکف در اثر باریک شدگی انتهایی جویچه کاهش یافت، اما باریک شدگی سبب افزایش مقدار

ضریب k گردید. مقدار فاکتور شکل ذخیره زیر سطحی σ_z در اثر تغییر سطح مقطع تغییر مشخصی پیدا نکرد. باریک شدن انتهای جویچه سبب افزایش توزیع یکنواختی شد. پهن شدن انتهای جویچه سبب افزایش زمان پیشروی (۷٪) و کاهش یکنواختی فرصت نفوذ گردید. سطح مقطع جریان افزایش (۱۷٪) داشت. این تغییرات در آبیاری دوم کمتر بود. در آبیاری اول، جویچه‌های با انتهای پهن به نسبت طول پهن شدگی حجم کمتری (۳۰٪) از آب ورودی را تخلیه کردند. این مسئله سبب افزایش نسبت نفوذ شد. سبب تغییرات نامنظم در مقدار ضریب a معادله کوستیاکوف شد اما مقدار ضریب k کاهش پیدا کرد. مقدار فاکتور شکل ذخیره زیر سطحی σ_z در اثر تغییر سطح مقطع تغییر نکرد. پهن شدگی انتهای جویچه سبب کاهش توزیع یکنواختی گردید. پیشنهاد می‌شود که تاثیر تغییر سطح مقطع جریان در اثر تغییرات شکل هندسی جویچه در خاک‌های با بافت‌ها و در شیب‌ها و طول‌های متفاوت و بلندتر بررسی گردد.

منابع

1. Bakker, D.M., Sherrard, J., and Plunkett, G. (2006). "Application efficiencies and furrow infiltration functions of irrigations in sugar cane in the Ord River Irrigation Area of North Western Australia and the scope for improvement." *Agri. Water Manag.* 83, 162–172.
2. Bautista, E., and Wallender, W. W. (1993). "Numerical calculation of infiltration in furrow irrigation simulation models." *J. Irrig. Drain. Eng.*, 119, 286-294.
3. Childs, J. L., and Wallendr, W. W. (1993). "Spatial and seasonal variation of furrow infiltration." *J. Irrig. Drain. Eng.*, 119(1), 74-90.
4. Holden, J., Hussey, B., McDougall, A., Mallon, K., and Shannon, E. (1999). "Water check - improving irrigation efficiencies in the Queensland sugar industry." *Proc. Aust. Soc. Sugar Cane Technol.* 20, 110–115.
5. Holzapfel, E.A., Jara, J., Zuniga, I. M., Marino, A., Paredes, J., and Billib, M. (2004). "Infiltration parameters for furrow irrigation." *Agri. Water Manag.* 68, 19-32.
6. Mailhol, J.C., Ruelle, P., and Popova, Z. (2006). "Simulation of furrow irrigation practices (SOFIP): A field-scale modeling of water management and crop yield for furrow irrigation." *Irig. Sci.*, 24(1), 37-48.
7. Nrcs surface irrigation simulation, evaluation and design software user manual (2004). *NRCS National Engineering Handbook Part 623 irrigation.*
8. Renault, D. and Wallender, W.W. (1994). "Furrow advance solution for stochastic infiltration properties." *J. Irrig. Drain. Eng.*, 120(3), 617-633.
9. Scaloppi, E. J., Merkley, G. P., and Willardson, L. S. (1995). "Intake parameters from advance and wetting phases of surface irrigation." *J. Irrig. Drain. Eng.*, 121(1), 57-70.
10. Schwankl, L. J., Raghuwanshi, N. S., and Wallender, W. W. (2000). "Furrow irrigation performance under spatially varying conditions." *J. Irrig. Drain. Eng.*, 126(6), 355-361

11. Shepard, J. S., Wallender, W. W., and Hopmans, J. W., (1993). "One-point method for estimating furrows infiltration." Trans. ASAE, 36, 395–404
12. Trout, T. J. (1992). "Furrow flow velocity effect on hydraulic roughness." J. Irrig. Drain. Eng., 118, 981–987.
13. Walker, W. R. (1989). "Guideline for designing and evaluatin surface irrigation systems." FAO.
Corporate doucument repository, <http://www.fao.org/docrep/T0231E/t0231e00.HTM>
14. Walker, W. R. (2003). "SIRMOD III Surface Irrigation Simulation Evaluation and Design; Guide and Technical Documentation." Utah State University.
15. Walker, W. R., and Skogerboe, G. V. (1987). "Surface Irrigation: "Theory and Practice"." Prentice-Hall Inc., Englewood Cliffs, New Jeresy. 386 pp.
16. WINSRFR 1.0 User Manual-DRAFT 2006 U.S. Department of Agriculture, Agricultural Research Service, Arid-Land Agricultural Research Center, 21881 N. Cardon Lane, Maricopa, AZ 85239. <http://www.uswcl.ars.ag.gov/>

دومین سمینار (هاکارهای بهبود و اصلاح سامانه‌های آبیاری سطحی

۲ فرورداد ماه ۱۳۸۷

برنامه‌ریزی آبیاری مزارع با استفاده از یک روش مستقیم

سعید طاهری قناد^۱

۱- چکیده:

تعیین زمان مناسب آبیاری یکی از تصمیم‌گیری‌های مهمی است که برنامه‌ریزان واحدهای زراعی با آن روبرو هستند آبیاری در روش‌های متداول، زمانی انجام می‌گردد که آب سهل‌الوصول توسط گیاه مصرف شده باشد در روش بیلان آبی نیز توازن آب در خاک به گونه‌ای برقرار می‌گردد که رطوبت خاک از حداقل مجاز تجاوز ننماید در این روش‌ها معیار سنجش تنش آبی، موجودیت آب در خاک می‌باشد؛ «در صورتی که در روش‌های مستقیم وضعیت رطوبتی اندام‌های گیاهی مستقیماً مورد سنجش قرار می‌گیرد» به همین دلیل استفاده از پتانسیل آب برگ و یا دمای پوشش سبز گیاه به عنوان شاخص‌هایی از تنش آبی از اهمیت زیادی برخوردار بوده به طوری که مورد توجه بسیاری از محققین قرار گرفته‌اند در این پژوهش جهت برنامه‌ریزی آبیاری و بررسی میزان تنش آبی از دمای پوشش گیاه استفاده گردید؛ یک مدل چند متغیره بر اساس پارامترهای جوی نظیر سرعت باد، رطوبت هوا، تشعشع خورشید، دمای هوا و دمای سطح گیاه تعریف گردید که با استفاده از آن می‌توان زمان آبیاری را بر اساس اندازه‌گیری‌های مستقیم در مزارع به گونه‌ای تنظیم نماید که تنش وارده به گیاه از حداکثر مجاز تجاوز نکند ضمناً این مدل به عنوان یک روش عملی با لحاظ نمودن اهمیت کم آبیاری در مناطق خشک و نیمه خشک و با رعایت معنی‌دار کاهش عملکرد محصول قابل استفاده می‌باشد.

کلمات کلیدی: برنامه‌ریزی آبیاری، زمان آبیاری، روش‌های مستقیم، تنش آبی گیاه

۱- کارشناس ارشد آبیاری و زهکشی - عضو هیات علمی دانشگاه آزاد واحد دزفول

۲- مقدمه:

تعیین زمان مناسب آبیاری یکی از تصمیم‌گیری مهمی است که مدیران مزرعه با آن روبرو هستند. در روش بیلان آبی، معمولاً موقعی آبیاری انجام می‌شود که مقدار قابل قبولی از آب قابل استفاده خاک (آب سهل‌الوصول) بوسیله گیاه مصرف شده باشد. تعیین مقدار آب سهل‌الوصول به عوامل مختلفی نظیر نوع گیاه، خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک و شرایط آب و هوایی محیط بستگی داشته و تعیین دقیق آن نقش مهمی در عملکرد بهینه گیاه دارد. در روش‌های معمولی آبیاری موجودیت آب در خاک بعنوان معیار سنجش تنش آبی در اندام‌های گیاهی مورد استفاده قرار می‌گیرد ولی وضعیت آب درون این اندام‌ها مستقیماً ارزیابی نمی‌گردند. در روش‌های نوین، به منظور کاهش تنش آبی گیاه سعی بر آن است که بجای آب خاک، وضعیت رطوبتی اندام‌های هوایی گیاه مستقیماً مورد سنجش قرار گیرد. به همین دلیل طی دو دهه اخیر، استفاده از پتانسیل آب در برگ و نیز دمای پوشش سبز گیاه به عنوان شاخص‌هایی از تنش آبی و زمان آبیاری مورد توجه محققین قرار گرفته است.

تعدادی از پژوهشگران معتقدند که در مقایسه با روش‌های سنتی، استفاده از این شاخص‌ها می‌تواند شدت تنش را بهتر ارزیابی نموده و زمان آبیاری را به طور دقیق‌تری تعیین نماید. گرچه پتانسیل آب در برگ شاخص خوبی جهت تعیین وضعیت رطوبتی گیاه می‌باشد، تعداد زیاد اندازه‌گیری‌های مورد نیاز مزرعه‌ای و زمان بر بودن، استفاده از آن را با مشکل روبرو می‌نماید. تعیین وضعیت آب گیاه بر حسب درصد وزن تازه بافت نیز بر اثر فتوسنتز، تنش آبی و جابجا شدن مواد، باعث تغییرات قابل سنجش در مقدار اجسام حل‌نشده برگ شده و همچنین باعث تغییرات روزانه وزن خشک برگ می‌گردند علاوه بر آن تعیین مقدار نسبی آب نیز که براساس اندازه‌گیری وزن آماس گیاه انجام می‌گیرد نیز به زمان زیادی برای تعادل نیاز است (Robert ۱۹۸۳) این گونه اندازه‌گیری‌های نقطه‌ای در مطالعات مربوط به برنامه‌ریزی آبیاری در مزارع کوچک نتایج مفیدی را در پی داشته، اما استفاده از این روش‌ها در واحدهای بزرگ زراعی مستلزم صرف هزینه و نیروی انسانی خیلی زیادی بوده و سرانجام نیز با خطاهای خیلی زیاد همراه می‌باشد؛ بنابراین اندازه‌گیری درجه حرارت برگ گیاه به عنوان یک اندازه‌گیری مستقیم از گیاه برای بررسی و مشاهده پاسخ گیاه به رژیم آب خاک در محیط زیست به عنوان یک پارامتر مناسب‌تر در طول زمان شناخته شده است. [۱ و ۲ و ۳]

Jackson در سال ۱۹۸۲ تاریخچه‌ای از کوشش‌های به عمل آمده برای اندازه‌گیری درجه حرارت برگ و سایه‌انداز گیاه را به منظور بررسی وضعیت تنش آبی گیاهان، مرور کرده است. همزمان با اندازه‌گیری دمای برگ گیاه، شاخص‌های مختلفی نیز جهت رسیدن به این موضوع ارائه شده است اولین اندازه‌گیری‌های درجه حرارت برگ گیاهان تحت وضعیت‌های زراعی توسط Miller&Saunders (۱۹۲۳) انجام شد. دانشمندان از سال ۱۹۶۰ به بعد همزمان با ساخت دماسنج مادون قرمز، درجه حرارت برگ را از طریق سنجش از راه دور (RS) مورد بررسی قرار دادند (Tanner&Fochs ۱۹۶۶). و مشاهده کردند

که درجه حرارت برگ به صورت خطی با کاهش آماس برگ‌ها افزایش می‌یابد. ارتباط و همبستگی بین دمای گیاه، تنش آبی و نهایتاً زمان آبیاری بر این فرض گزارش گردید که در شرایط آماس کامل گیاه، تعرق در شرایط پتانسیل و دمای برگ کمتر از دمای محیط می‌باشد و برعکس هنگامی که گیاه دچار تنش آبی می‌شود، روزنه‌ها بسته شده و تعرق کمتری صورت می‌پذیرد و به دنبال آن درجه حرارت پوشش سبز گیاه افزایش پیدا می‌کند؛ [۸ و ۹]

توانایی استفاده از دمای گیاه جهت بررسی عواملی نظیر مدیریت آبیاری، تنش آبی گیاه و میزان تعرق، مورد تایید بسیاری از محققین از جمله سپاسخواه و همکاران (۱۹۸۷)، Qiu (۱۹۹۶ و ۲۰۰۱)، الفرج و همکاران (۲۰۰۱) و برومند نسب و همکاران (۱۳۸۵ و ۱۳۸۳) قرار گرفته است. جهت استفاده مناسب از دمای گیاه یک سری شاخص و مدل ارائه شد که مهمترین آنها شاخص تنش آبی گیاه $CWSI^1$ است که نخستین بار توسط Idso (۱۹۸۱) و Jackson (۱۹۸۱) معرفی شد. سپاسخواه و همکاران (۱۹۸۷) توانایی شاخص تنش گیاه را جهت تعیین میزان تنش آبی و برنامه‌ریزی آبیاری چغندرقد در منطقه باجگاه مورد سنجش قرار گرفت. نتایج بدست آمده نشان دهنده وابستگی بسیار زیاد این شاخص با وضعیت آب در گیاه بود. علاوه بر آن شاخص $CWSI$ با تبخیر و تعرق چغندر و عملکرد آن همبستگی بسیار زیادی نشان داد.

گیسر و همکاران (۱۹۸۲)، سپاسخواه و همکاران (۱۹۸۷) و برومند نسب و همکاران (۱۳۸۳) با استفاده از روش رگرسیون چند متغیره مدلی جهت پیش بینی زمان آبیاری استخراج نمودند که در آن اختلاف درجه حرارت پوشش سبز گیاه و هوا به عنوان متغیر وابسته و فاکتورهای تشعشع خالص، رطوبت نسبی و درصد رطوبت قابل وصول خاک به عنوان متغیرهای مستقل ارائه شدند. آنها در آزمایش دیگری کارآئی این رابطه را جهت پیش‌بینی زمان آبیاری مورد ارزیابی قرار دادند و نتیجه گرفتند که این روش علاوه بر نتیجه مثبت در مقایسه با سایر روش‌های معمول، باعث بالا رفتن کارآئی مصرف آب خواهد شد.

سپاسخواه و کاشفی پور (۱۹۹۴) ارتباط بین پتانسیل آب برگ و شاخص تنش آبی گیاه را با مقدار عملکرد لیمو شیرین تحت شرایط آبیاری قطره ای مورد بررسی قرار دادند و با استفاده رگرسیون چند متغیره ارتباط بین پتانسیل آب برگ به عنوان متغیر وابسته و اختلاف درجه حرارت پوشش سبز گیاه، کمبود فشار بخار هوا، پتانسیل آب خاک به عنوان متغیر مستقل مورد بررسی قرار دادند و نشان دادند که این مدل توانایی استفاده جهت برنامه‌ریزی آبیاری را دارد. [۱۰ و ۱۱]

دماسنج مادون قرمز (IRT^2):

دماسنج مادون قرمز معمولاً به صورت دستی (تفنگی) و یا ادوات نصب شده بر روی هواپیما یا ماهواره استفاده می‌شود این دستگاه در واقع تشعشع مادون قرمز منتشر شده بوسیله یک جسم را که در خارج از

1- Crop water stress index

2- Infrared thermometer

دامنه مشاهداتی چشم انسان است، اندازه‌گیری می‌کند. اشعه مادون قرمز در واقع اشعه الکترو مغناطیسی است که دارای طول موج ۰/۷۵ میکرون الی ۱۰۰۰ میکرون می‌باشد در حالی که اشعه دامنه مشاهداتی چشم انسان بین ۰/۰۱ الی ۱ میکرون است اگر دو جسم دارای درجه حرارت های متفاوتی باشند تشعشع خالص مادون قرمز از جسم گرمتر به جسم سردتر جریان می‌یابد، به طوری کلی اندازه‌گیری‌های دماسنج مادون قرمز براساس قانون استفان بولتزمن می‌باشد. رابطه استفان بولتزمن به قرار زیر است:

$$W = rT_s^4 \quad (1)$$

در این رابطه W تشعشع ساطع شده بوسیله سطح بر حسب وات بر متر مربع (Wm^{-2})، r ثابت استفان بولتزمن ($5/674 \times 10^{-8} Wm^{-2}k^{-4}$)، T_s دمای سطح بر حسب کلونین (K). زمانی که جسمی در دید دماسنج مادون قرمز قرار می‌گیرد پس از ورود تشعشع مادون قرمز ساطع شده از جسم، در کانون لنز دستگاه جمع‌آوری می‌شوند به دنبال آن تشعشع جمع‌آوری شده به یک سیگنال الکتریکی و براساس رابطه استفان بولتزمن به درجه حرارت جسم تبدیل می‌شود و این سیگنال الکتریکی به سیگنال دیجیتالی تبدیل می‌شود که روی خروجی دستگاه نمایش داده می‌شود. [۲۰]

شاخص تنش آبی به روش Idso:

ایدسو بر اساس تحقیقات مزرعه ای و تجزیه و تحلیل اطلاعات حاصل از آنها، موفق به تعیین این شاخص گردید برای درک بهتر شاخص تنش آبی گیاه (C.W.S.I) از دیدگاه تجربی، ابتدا خط مبنای پائینی و خط مبنای بالائی تعریف می‌گردد تا براساس این دو خط مبنای، شاخص تنش آبی گیاه قابل تعریف باشد. Idso در آزمایشات خود متوجه گردید چنانچه برای گیاهان که از نظر تأمین آب محدودیتی ندارند اختلاف درجه حرارت پوشش سبز گیاه با هوای مجاور ($T_c - T_a$) و کمبود فشار بخار هوا (VPD) در فاصله زمانی دو یا سه ساعت بعد از طلوع آفتاب الی دو یا سه ساعت بعد از ظهر به طور همزمان اندازه‌گیری کردند، داده‌های بدست آمده بیانگر وجود یک رابطه خطی بین این دو پارامتر می‌باشد. که اصطلاحاً خط مبنای پائینی و یا خط بی تنش (lower base line) نامگذاری گردید. [۶]

Idso (۱۹۸۲) در پژوهش‌های بعدی خود معادله خط بی تنش را برای ۳۹ گونه مختلف گیاهی که شامل درختان، بوته‌ها و گیاهان آبی نیز می‌گردید تعیین نمود. فرمول ریاضی این خط به قرار زیر می‌باشد.

$$(T_c - T_a)_{l,l} = a - b.(VPD) \quad (2)$$

$$VPD = 10 \times \exp \left[\frac{16.78T - 116.9}{T + 237.3} \right] \left(1 - \frac{RH}{100} \right) \quad (3)$$

که در آن $(T_c - T_a)_{l.l.}$ اختلاف درجه حرارت پوشش سبز گیاه و هوا بر حسب درجه سانتیگراد، VPD کمبود فشار بخار هوا بر حسب میلی بار که از رابطه (۲) محاسبه می گردد؛ a و b ضرائب رابطه خطی می باشند. RH نیز رطوبت نسبی است که به ازای ترمومترهای تر و خشک و از جداول مربوطه محاسبه می گردد و T دمای هوا بر حسب درجه سانتیگراد که از ترمومتر خشک قرائت می گردد. [۶]

خط مبنای پائینی یک خصوصیت ویژه برای هر گیاه بوده و معرف شرایطی است که در آن شرایط گیاه از نظر تأمین آب از ناحیه ریشه با هیچ محدودیتی روبرو نبوده و میزان تبخیرپذیری هوا نیز در محدوده ماکزیم مقدار خود می باشد. بنابراین شدت تعرق گیاه در این حالت برابر با شدت تعرق پتانسیل می باشد. خط مبنای بالائی و یا خط تنش کامل (upper base line) معرف حداکثر مقداری است که می توان برای اختلاف درجه حرارت پوشش سبز گیاه و هوای مجاور انتظار داشت یا به طوری که وقتی $(T_c - T_a)$ به این حد افزایش یافت عمل تعرق به طور کامل متوقف خواهد شد. این خط مبنا مستقل از کمبود فشار بخار آب (VPD) می باشد بدین معنی که وقتی $(T_c - T_a)$ به حد بالائی ممکن خود افزایش پیدا نمود عمل تعرق بدون توجه و وابستگی به مقدار VPD قطع می گردد بنابراین در شکل (۱) این خط به طور موازی با محور VPD رسم می شود. شکل ریاضی معادله خط مبنای بالائی به صورت زیر می باشد:

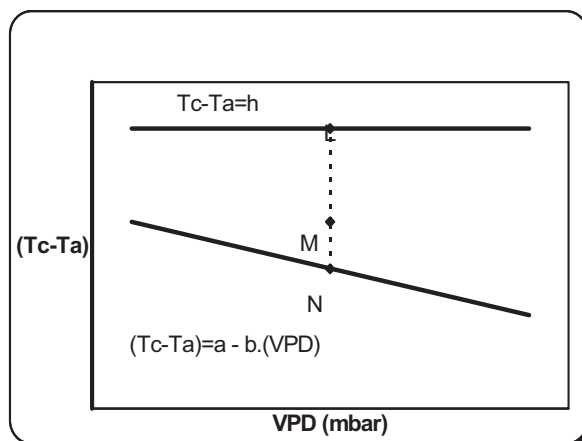
$$(T_c - T_a)_{u.l.} = h \quad (۴)$$

در این رابطه h مقدار ثابت بر حسب درجه سانتیگراد می باشد. [۶]

در تحقیقات Jackson (۱۹۸۱) بر روی گندم مقدار h برابر ۵ درجه سانتیگراد در نظر گرفته شد عبدالجبار (۱۹۸۵) مقدار h را برای یونجه برابر ۴ درجه سانتیگراد بدست آورد. در تحقیقاتی که توسط سپاسخواه و همکاران در سالهای (۱۹۸۷)، (۱۹۹۴) و (۱۹۹۶) صورت گرفت مقدار h به ترتیب برای گیاهان چغندر قند، لیمو شیرین و لوبیا برابر با ۶، ۵ و ۵ درجه سانتیگراد در تیمارهایی که تحت تنش کامل قرار گرفته بدست آمد. در تحقیق حاضر حداکثر مقدار h در خرداد ماه برای ذرت بهاره برابر ۴/۵ درجه سانتیگراد محاسبه گردید. از نظر تئوری در شرایطی که هوا از بخار آب اشباع باشد در آن صورت $(T_c - T_a)$ متناظر با کمبود فشار بخار هوا و گیاه، بیانگر وضعیتی است که تعرق از سطح گیاه متوقف شده لذا خط مبنای بالایی از رابطه زیر قابل محاسبه می باشد: [۱۰ و ۱۱]

$$(T_c - T_a)_{l.l.} = a + b |e_a^* - e_c^*| \quad (۵)$$

که در این رابطه e_a^* فشار بخار فوق اشباع هوا و e_c^* فشار بخار اشباع پوشش سبز گیاه در دمای T_c می باشد.



شکل (۱) موقعیت خط مبنای بالایی و پایینی به روش Idso

بر اساس تعریف، شاخص تنش آبی گیاه (CWSI) در مقدار معینی از کمبود فشار بخار آب، عبارت است از نسبت بین تفاوت $(T_c - T_a)$ اندازه‌گیری شده از خط مبنای پایینی به کل تفاوت ممکن به ازاء همان مقدار VPD، در شکل (۱) این مقدار برابر با نسبت MN به LN می‌باشد، مطابق این تعریف، تغییرات شاخص تنش آبی گیاه بین صفر الی یک می‌باشد.

$$CWSI = \frac{MN}{LN} = \frac{(T_c - T_a)_m - (T_c - T_a)_{l.l.}}{(T_c - T_a)_{u.l.} - (T_c - T_a)_{l.l.}} \quad (۶)$$

در این رابطه $(T_c - T_a)_m$ اختلاف درجه حرارت پوشش سبز گیاه و هوا بر حسب درجه سانتیگراد می‌باشد. [۶]

شاخص تنش آبی گیاه به روش Jackson

Jackson برای منظور کردن عوامل محیطی بیشتر یک روش تئوریک مبتنی بر معادله کلی بیلان انرژی ارائه نموده است. معادله کلی بیلان انرژی در سطح پوشش سبز گیاهان به صورت زیر نوشته می‌شود:

$$R_n = G + H + \lambda E + M \quad (۷)$$

که در این رابطه R_n شدت جریان تشعشع خالص، G شدت گرمای خاک، H شدت جریان گرمای محسوس بین سطح و هوا، λE شدت جریان گرمای نهان تبخیر و M شدت جریان ذخیره گرمایی و همه این

پارامترها بر حسب کالری بر سانتیمتر مربع در دقیقه ($\text{cal.cm}^{-2} \cdot \text{min}^{-1}$) لازم به ذکر است که شدت جریان ذخیره گرمائی، صرف فتوسنتز شده و به صورت تنفس خارج می‌شود. معمولاً بیش از ۲ یا ۳ درصد نمی‌باشد و در محاسبات منظور نمی‌شود. [۷]

شدت جریان گرمای خاک (Soil Heat flux):

جریان گرمای خاک (G) در واقع سرعت انتقال گرما به خاک می‌باشد، مقدار آن بستگی به خواص ترمودینامیکی خاک با مقدار رطوبت خاک، توزیع دمای پروفیل خاک و درصد پوشش گیاهی دارد محاسبه جریان گرمای خاک براساس قانون اول انتقال گرما انجام می‌شود، به طور کلی G تنها ده درصد تشعشع خالص است در این شرایط $R_n - G = 0.9 R_n$ می‌باشد. [۷]

شدت جریان گرمای محسوس (Sensible Heat flux):

جریان گرمای محسوس، انتقال انرژی در سطح گرمتر به محیط اطرافشان (هوا) و یا برعکس انتقال گرما و انرژی از هوا به اجسام خنک تر سطح زمین می‌باشد، انتقال انرژی و گرمای محسوس غالباً بوسیله فرآیندهای انتقال آرام یا فرآیندهای انتقال آشفته (باد) منتقل می‌شود، نحوه محاسبه جریان گرمای محسوس همانند قانون اهم در مدارهای الکتریکی می‌باشد. مطابق این قانون جریان گرمای محسوس به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$H = 600 \rho C_p \left(\frac{T_c - T_a}{r_a} \right) \quad (8)$$

در این رابطه اختلاف درجه حرارت پوشش سبز گیاه و هوا بر حسب (C^0)، نیروی محرکه جریان گرمای محسوس می‌باشد و ρ چگالی هوا بر حسب (gr.cm^{-3}) و C_p ظرفیت گرمائی هوا که برابر ۰/۲۴ و r_a مقاومت هوا بر حسب ثانیه برمتر (S.m^{-1}) می‌باشد. [۷]

شدت جریان گرمای نهان تبخیر:

جریان گرمای نهان تبخیر در معادله بیلان انرژی از نظر مدیریت آبیاری، اهمیت زیادی برخوردار است محاسبه جریان گرمای نهان نیز براساس قانون اهم انجام می‌شود که شیب فشار بخار بین برگ گیاه و هوا به عنوان نیروی محرکه و مقاومت‌ها پوشش سبز گیاه و هوا نیز به عنوان مقاومت‌های موجود مطرح هستند نحوه محاسبه آن براساس تحقیقات پنمن (penman) (۱۹۴۸) و مانتیث (Monteith) (۱۹۶۲) و Jackson (۱۹۸۱) پایه‌ریزی شد. [۷]

$$\lambda E = 6000 \rho C_p \left[\frac{(e_c - e_a)}{\gamma(r_c + r_a)} \right] \quad (9)$$

که در آن e_c فشار بخار اشباع در T_c و بر حسب میلی بار (mb) و e_a فشار بخار اشباع هوا در T_a و بر حسب (mb) و γ ثابت سایکرومتریک بر حسب $(\text{mb} \cdot \text{C}^{-1})$ و r_c و r_a به ترتیب مقاومت پوشش سبز گیاه و مقاومت هوا در برابر انتقال بخار آب می‌باشند بر حسب (S.m) و λE گرمای نه‌ای تبخیر بر حسب $(\text{kJ} \cdot \text{kg}^{-1})$.

خط مبنای پایینی به روش Jackson:

ارتباط خطی بین اختلاف درجه حرارت پوشش سبز گیاه و هوا ($T_c - T_a$) و کمبود فشار بخار از تلفیق روابط (۷)، (۸) و (۹) بدست می‌آید و این رابطه به عنوان خط مبنای پایینی به صورت زیر می‌باشد:

$$(T_c - T_a)_{L.L} = \frac{r_a(R_n - G)}{6000 \rho C_p} \times \frac{\gamma(1 + \frac{r_{cp}}{r_a})}{\Delta + \gamma(1 + \frac{r_{cp}}{r_a})} - \frac{VPD}{\Delta + \gamma(1 + \frac{r_{cp}}{r_a})} \quad \Delta = \frac{e_c^* - e_a^*}{T_c - T_a} \quad (10)$$

کلیه پارامترهای موجود در رابطه (۱۰) قبلاً معرفی شده‌اند. علاوه بر آنها r_{cp} مقاومت گیاه در حالت تعرق پتانسیل و Δ شیب کمبود فشار بخار اشباع - دما بر حسب $(\text{mb} \cdot \text{C}^{-1})$ و VPD کمبود فشار بخار آب هوا بر حسب (mb) می‌باشند.

تعیین خط مبنای بالایی به روش Jackson:

برای تعیین خط مبنای بالایی فرض می‌کنیم که مقدار مقاومت گیاه (r_c) به سمت بی نهایت میل می‌کند بنابراین معادله (۱۰) در شرایطی که $(r_c \rightarrow \infty)$ به صورت زیر ساده می‌شود:

$$(T_c - T_a)_{u.l} = \frac{r_a(R_n - G)}{6000 \rho C_p} = \frac{0.9(r_a \cdot R_n)}{6000 \rho \cdot c_p} \quad (11)$$

این رابطه نشان می‌دهد که خط مبنای بالایی به طور مستقیم وابسته به مقاومت آنرویدینامیکی هوا و شدت تشعشع خالص می‌باشد. Jackson از نسبت شدت تعرق واقعی به شدت تعرق پتانسیل و یا کمبود تعرق نسبی جهت بیان شاخص تنش آبی گیاه استفاده کرد. [۷]

$$CWSI = 1 - \frac{E_a}{E_p} = \frac{\gamma \left(1 + \frac{r_c}{r_a} \right) - \gamma \left(1 + \frac{r_{cp}}{r_a} \right)}{\Delta + \gamma \left(1 + \frac{r_c}{r_a} \right)} \quad (12)$$

نسبت $\frac{r_c}{r_a}$ و مقاومت گیاه در حالت تعرق پتانسیل (r_{cp}) از روابط زیر محاسبه می گردد:

$$\frac{r_c}{r_a} = -1 + \frac{VPD + \Delta(T_c - T_a)_m}{\gamma[(T_c - T_a)_{u.l} - (T_c - T_a)_m]} \quad (13)$$

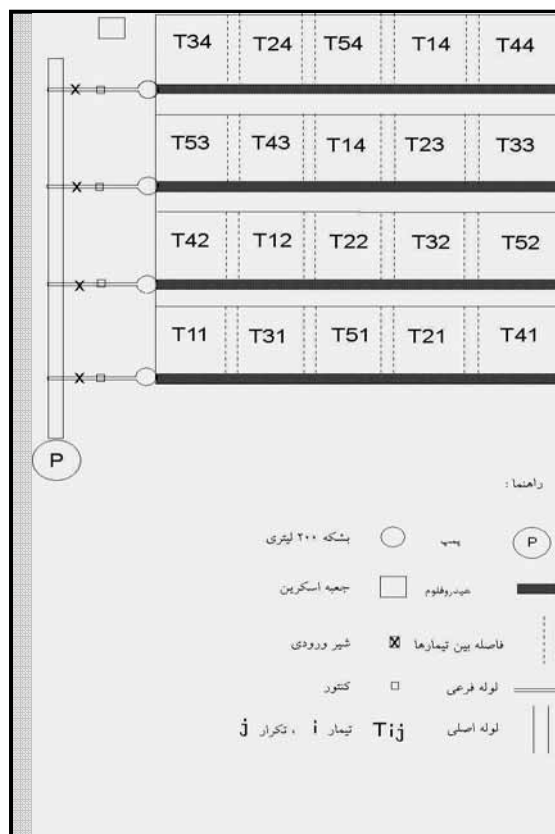
$$r_{cp} = - \frac{6000 \rho \cdot C_p \cdot a}{R_n \cdot b \left(\bar{\Delta} + \frac{1}{b} \right)} \left[\frac{\bar{\Delta} + \frac{1}{b}}{\gamma} + 1 \right] \quad (14)$$

۳- مواد و روش‌ها:

آزمایش در مزرعه تحقیقاتی صفی آباد دزفول بر روی نرت بهاره انجام شد ابعاد مزرعه آزمایشی ۵۰×۵۰ متر مربع و روش آبیاری جویچه‌ای، با استفاده از لوله و کنتور و هیدروفلوم در بهمن ماه سال زراعی ۱۳۸۰ انجام گرفت جهت بررسی اثرات مختلف دور آبیاری، رژیم آبیاری متفاوت و بر مبنای تبخیر جمعی از تشت تبخیر شامل (T1) ۵۰، (T2) ۷۰، (T3) ۹۰، (T4) ۱۱۰ و (T5) ۱۳۰ میلیمتر منظور گردید هر تیمار شامل یازده جویچه به طول ۱۰ متر که به صورت انتها بسته آبیاری می‌شد. جهت تحلیل آماری طرح مورد نظر به صورت طرح بلوک های کامل تصادفی و در چهار تکرار انجام گردید. شکل (۲) جانمایی طرح را نشان می دهد. جهت اندازه‌گیری درجه حرارت پوشش سبز گیاه با استفاده از دماسنج مادون قرمز تفنگی مدل K.M.823 انجام گرفت و جهت تعیین کمبود فشار بخار از سایکرومتر که شامل دو دماسنج تر و خشک است و در یک جعبه اسکرین قرار گرفته بود استفاده گردید؛ به منظور تعیین خط مبنای پایینی، اندازه‌گیری پارامترهای مورد نیاز در تیمار ۲۰۱ در حد فاصل ۸ صبح الی ۱۳ بعد از ظهر و به فاصله زمانی ۱ ساعت در روزهای مختلف از اردیبهشت و خرداد ماه انجام شد.

علاوه بر آن در روزهای قبل از انجام آبیاری، دو پارامتر اختلاف درجه حرارت گیاه و هوا و همچنین کمبود فشار بخارها برای ۵ تیمار آبیاری در فاصله زمانی ۱۳ الی ۱۴ بعد از ظهر جهت تعیین شاخص تنش آبی اندازه گیری شد علاوه بر پارامترهای مذکور در روزهای قبل از آبیاری، آمار میزان تشعشع رسیده با طول موج کوتاه و سرعت باد در ارتفاع ۱۰ متری از ایستگاه هواشناسی مرکز تحقیقات دریافت گردید.

لازم به ذکر است که رطوبت خاک به منظور محاسبه کمبود رطوبتی خاک و حجم آب آبیاری نمونه برداری خاک (در محدوده توسعه ریشه تا عمق ۶۰ سانتی متر) و در روزهای قبل از آبیاری اندازه گیری می شد و پس از آن حداکثر کمبود رطوبتی روزانه خاک جهت انجام آبیاری در روز بعد محاسبه می گردید.



شکل ۲- جانمایی طرح

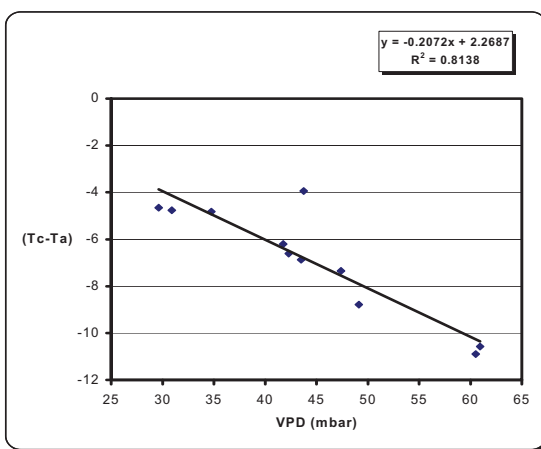
۴- نتایج و بحث:

معادلات خط مبنای پایینی با استفاده از اندازه‌گیری‌های انجام شده در روزهای بعد از انجام آبیاری و مطابق شکل‌های شماره (۳ و ۴) محاسبه شد این معادلات بر اساس رگرسیون بین کمبود فشار بخار و اختلاف درجه حرارت گیاه و هوا در ماههای اردیبهشت و خرداد به صورت جداگانه به ترتیب به صورت زیر ارائه می‌شود:

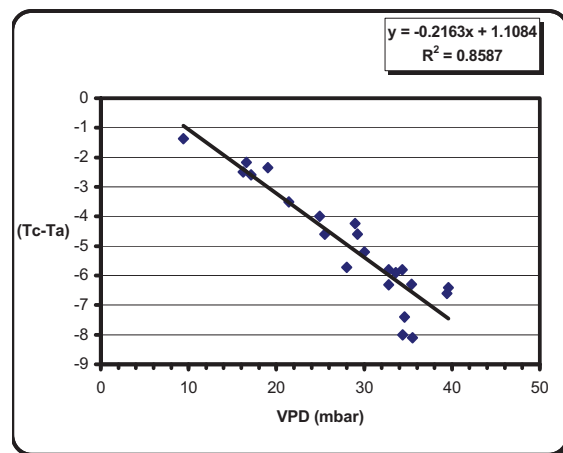
$$(T_c - T_a)_{L,L} = 1.1 - 0.216.VPD \quad r=0.95 \quad n=22 \quad (15)$$

$$(T_c - T_a)_{L,L} = 2.28 - 0.207.VPD \quad r=0.9 \quad n=15 \quad (16)$$

بر اساس اندازه‌گیری به عمل آمده، مقدار تغییرات کمبود فشار بخار هوا در منطقه از ۱۰ میلی بار تا حدود ۷۰ میلی بار متغیر می‌باشد و ارتباط خطی بین این دو فاکتور بیانگر آن بود که با افزایش کمبود فشار بخار هوا (که همزمان با افزایش دمای هوا صورت می‌گیرد)، اختلاف درجه حرارت پوشش سبز گیاه و هوا کاهش پیدا می‌کند به عبارت دیگر همزمان با کاهش کمبود فشار بخار و افزایش تبخیر و تعرق روزانه، تبادل حرارتی بیشتری انجام شده که نهایتاً اندام های گیاه خنک نگه داشته می‌شوند. مکانیسم فوق به صورت روزانه در کلیه گیاهان انجام می‌شود؛ ضمناً موقعیت خط مبنای بالایی نیز با استفاده از روش پیشنهادی ایدسو و بر اساس ضرائب معادلات خط مبنای پایینی به ترتیب ۴/۵ و ۲/۴ درجه سانتی گراد در ماههای اردیبهشت و خرداد محاسبه شد.



شکل (۴) خط مبنای پایینی در خرداد ماه



شکل (۳) خط مبنای پایینی در اردیبهشت ماه

شاخص تنش آبی گیاه به روش Idso (۱۹۸۱):

اندازه‌گیری پارامترهای اختلاف درجه حرارت پوشش سبز گیاه و هوا ($T_c - T_a$) و کمبود فشار هوا (VPD) برای ۲۳ روز مختلف در تیمارهای مختلف انجام شد. با استفاده از این اطلاعات با در اختیار داشتن معادلات خط مبنای پایینی و بالایی در دو ماه اردیبهشت و خرداد، شاخص تنش آبی گیاه در دو ماه اردیبهشت و خرداد محاسبه گردید که در جدول (۱) گنجانده شده است. مقدار این شاخص بیانگر میزان تنش وارده به تیمارهای مختلف می‌باشد. مقدار متوسط کمبود فشار بخار ماهیانه باتوجه به اندازه‌گیری‌های ترمومترهای تر و خشک در روز قبل از آبیاری، در ماه اردیبهشت ۳۰ میلی بار و در ماه خرداد ۵۰ میلی بار محاسبه شد. مطابق نتایج ارائه شده در جدول (۱) کمترین مقدار شاخص تنش آبی گیاه در تیمار ۵۰ میلی متر برابر ۰/۱ و بیشترین آن در تیمار ۱۳۰ میلی متر برابر ۰/۵۴ محاسبه شد.

جدول (۱)- شاخص تنش آبی گیاه به روش Idso در دو ماه اردیبهشت و خرداد

$T_c - T_a = 1.1 - 0.216.VPD$					اردیبهشت
۱۳۰	۱۱۰	۹۰	۷۰	۵۰	تیمار (mm)
۱-	-۱/۵	-۱/۸۲	-۳/۸۵	-۴/۹	$(T_c - T_a)_m$
۳۰	۳۰	۳۰	۳۰	۳۰	VPD
۲	۲	۲	۲	۲	$(T_c - T_a)_{u.l}$
-۵/۳۸	-۵/۳۸	-۵/۳۸	-۵/۳۸	-۵/۳۸	$(T_c - T_a)_{l.l}$
۰/۵۹	۰/۵۱۹	۰/۴۸	۰/۲۰۷	۰/۰۶۵	$CWSI_1$
$T_c - T_a = 2.28 - 0.2074.VPD$					خرداد
۱۳۰	۱۱۰	۹۰	۷۰	۵۰	تیمار (mm)
-۲	-۳	-۴/۲	-۵/۵	-۶/۳	$(T_c - T_a)_m$
۵۰	۵۰	۵۰	۵۰	۵۰	VPD
۴/۵	۴/۵	۴/۵	۴/۵	۴/۵	$(T_c - T_a)_{u.l}$
-۸/۱	-۸/۱	-۸/۱	-۸/۱	-۸/۱	$(T_c - T_a)_{l.l}$
۰/۴۸۴	۰/۴	۰/۳۱	۰/۲۰۶	۰/۱۴	$CWSI_2$
۰/۵۴	۰/۴۶	۰/۴	۰/۲۱	۰/۱	\overline{CWSI}_i

برنامه‌ریزی آبیاری با استفاده از شاخص تنش آبی گیاه:

مطابق نتایج بدست آمده تیمار ۲ با توجه به بالا بودن مقادیر عملکرد محصول و کارایی مصرف آب، اساس برنامه‌ریزی آبیاری قرار گرفت از طرفی شاخص تنش آبی گیاه به روش Idso و از جدول (۱) برای این تیمار، ۰/۲۱ محاسبه گردید. که با توجه به آن و رابطه (۱۷)، روابط (۱۸) و (۱۹) جهت برنامه‌ریزی آبیاری ارائه می‌گردد. برنامه‌ریزی آبیاری بر اساس این روابط نهایتاً به گونه‌ای تنظیم خواهد شد که حداکثر تنش وارده از ۲۱ درصد تجاوز ننماید.

$$C.W.S.i = \frac{(T_c - T_a)_m - \{a - b(VPD)_m\}}{(T_c - T_a)_{u.l} - \{a - b(VPD)_m\}} \quad (17)$$

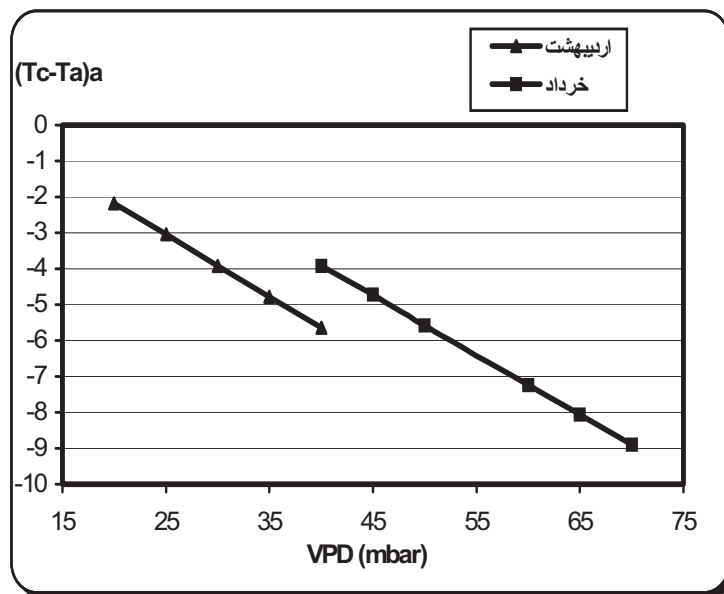
هر کدام از اجزا این رابطه قبلاً بیان گردید رابطه فوق با توجه به مقدار شاخص آبی گیاه در تیمار (T2) ۷۰ میلی‌متر و معادله خط مبنای پائینی در دو ماه اردیبهشت و خرداد به صورت زیر ارائه می‌شود.

$$(T_c - T_a)_a = 1.28 - 0.173.VPD \quad 20 \leq VPD \leq 40 \text{ mbar} \quad (18)$$

$$(T_c - T_a)_a = 2.724 - 0.166.VPD \quad 40 \leq VPD \leq 70 \text{ mbar} \quad (19)$$

معادله (۱۸) در ماه اردیبهشت با دامنه تغییرات کمبود فشاربخار آب ۲۰ الی ۴۰ میلی بار و معادله (۱۹) در ماه خرداد با دامنه تغییرات کمبود فشاربخار آب ۴۰ الی ۷۰ میلی بار استفاده می‌شود. جهت برنامه‌ریزی آبیاری با استفاده از شاخص تنش آبی ایدسو، رابطه خطی بین کمبود فشار بخار آب و اختلاف مجاز درجه حرارت پوشش سبز گیاه و هوا $(T_c - T_a)_a$ در این دو ماه و با توجه به معادلات (۱۸) و (۱۹) در شکل (۵) ارائه شده است.

برای تشخیص زمان فرا رسیدن آبیاری مقادیر درصد رطوبت نسبی و یا کمبود فشار بخار آب هوا را در ساعت ۱۳ الی ۱۴ اندازه‌گیری نموده و سپس $(T_c - T_a)_a$ مجاز به کمک شکل (۵) تعیین می‌شود. از مقایسه $(T_c - T_a)_m$ اندازه‌گیری شده با $(T_c - T_a)_a$ مجاز می‌توان زمان فرا رسیدن آبیاری را تشخیص داد به طوری که اگر مقادیر اندازه‌گیری شده کوچکتر از مقادیر محاسبه شده باشد، مفهوم آن این است که زمان آبیاری فرا نرسیده است. بلعکس در شرایطی که مقادیر اندازه‌گیری بزرگتر از مقادیر محاسبه شده باشد، بدین معنی است که زمان آبیاری گذشته است. لازم به ذکر است که $(T_c - T_a)_m$ اندازه‌گیری شده می‌بایست در شرایط حداکثر تنش روزانه بین ساعت ۱۳ الی ۱۴ انجام گردد.



شکل (۵) برنامه‌ریزی آبیاری با استفاده از شاخص تنش آبی به روش Idso

برنامه‌ریزی آبیاری با استفاده از یک مدل چند متغیره:

براساس ارتباط بین پارامترهای اختلاف درجه حرارت پوشش سبزی‌گیاه و هوای مجاور $(T_c - T_a)$ ، رطوبت نسبی (RH)، تشعشع خالص (R_n) و نسبت تخلیه رطوبتی خاک (MD) و سرعت باد در ارتفاع ۱۰ متری از سطح زمین در تیمارهای پنج گانه آبیاری یک مدل ارائه گردید که این مدل با استفاده از روش رگرسیون چند متغیره بین پارامترهای مذکور مورد بررسی قرار گرفت. لازم به ذکر است که نسبت تخلیه رطوبتی از رابطه زیر محاسبه شد.

$$MD = \frac{Fc - \theta}{Fc - PWP} \quad (20)$$

در این رابطه FC و PWP به ترتیب ظرفیت زراعی و نقطه پژمردگی گیاه و θ متوسط رطوبت وزنی در محدوده ۶۰ سانتی متری از پروفیل خاک می‌باشد. در مدل مورد بحث $(T_c - T_a)$ به عنوان متغیر وابسته و چهار فاکتور دیگر به عنوان متغیر مستقل دخالت دارند. هدف کلی از استخراج این مدل آن است که با اندازه‌گیری پارامترهای مذکور، زمان آبیاری را طوری تنظیم نمود که از ایجاد تنش آبی بالاتر از حد مجاز جلوگیری گردد. اطلاعات متغیرهای مستقل و وابسته با توجه به اندازه‌گیری‌های به عمل آمده در زمان حداکثر تنش روزانه (ساعت ۱۲ الی ۱۴) و در روزهای قبل از آبیاری ماه‌های اردیبهشت و خرداد از پنج تیمار مختلف آبیاری به تعداد ۲۳ سری منظور گردید. رگرسیون خطی چند متغیره (multiple linear regression) جهت بررسی ارتباط بین متغیرهای مذکور بوسیله نرم افزار SPSS انجام شد که نتایج حاصل از اجرای نرم افزار به صورت معادله رگرسیون با ضریب همبستگی ۰/۸۴ به صورت زیر ارائه شده است.

(21)

$$(T_c - T_a) = -15 + 3.8860 R_n + 0.1430 RH + 7.3290 MD - 0.1840 V \quad n=23 \text{ و } r = 0.84$$

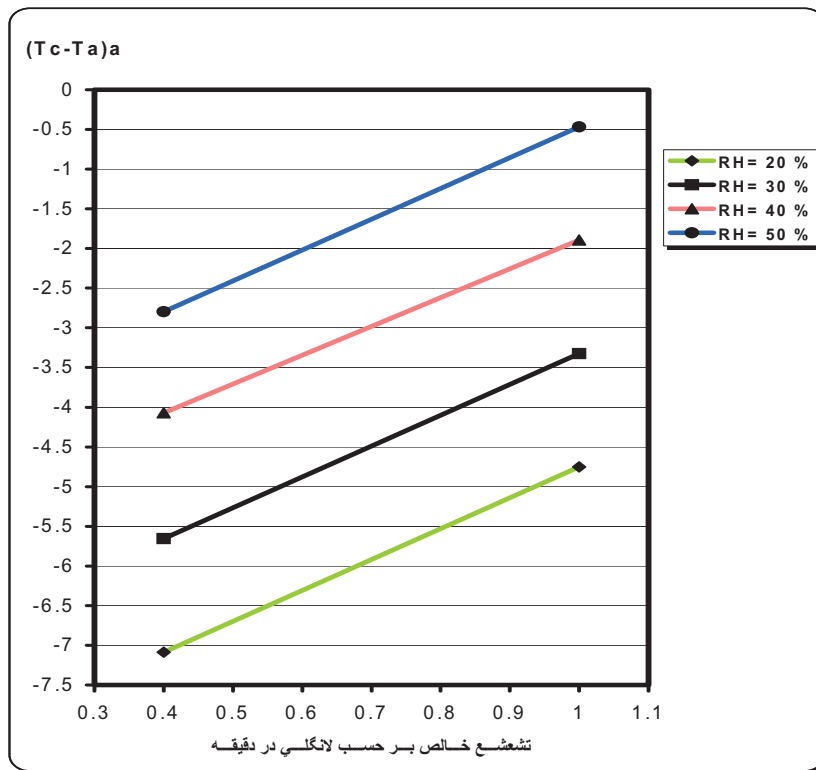
که در این رابطه $(T_c - T_a)$ اختلاف درجه حرارت پوشش سبزی‌گیاه و هوا بر حسب درجه سانتی‌گراد، R_n تشعشع خالص خورشیدی بر حسب لانگی در دقیقه $(cal.cm^{-2}.min^{-1})$ و RH رطوبت نسبی بر حسب درصد، MD نسبت تخلیه رطوبتی خاک به صورت اعشاری و V سرعت باد در ارتفاع ۱۰ متری، بر حسب متر بر ثانیه $m.s^{-1}$ می‌باشند.

جهت ساده تر شدن استفاده از رابطه فوق و براساس آنالیز حساسیت انجام شده نهایتاً حداکثر سرعت باد از معادله حذف و متوسط آن در طول این ماه‌ها (۵ متر بر ثانیه) منظور شد. ضمناً متوسط نسبت تخلیه

رطوبتی خاک در تیماری که بالاترین کارایی مصرف آب را داشته (T_2) و با متوسط ۶۰ درصد در طول دوره رشد منظور گردید بنابراین رابطه (۲۱) به صورت رابطه زیر خلاصه گردید:

$$(T_c - T_a)_a = -11.5 + 3.886.R_n + 0.143.RH \quad (22)$$

چون این رابطه بر اساس حداکثر مقدار مجاز تخلیه رطوبتی خاک (MAD) انجام می‌شود بنابراین $(T_c - T_a)_a$ حد آستانه تنش مجاز می‌باشد. بنابراین برنامه‌ریزی آبیاری با استفاده از رابطه فوق به گونه‌ای انجام می‌شود که تنش وارده به گیاهان از حداکثر تنش مجاز $(T_c - T_a)_a$ تجاوز نکند.



شکل (۶) برنامه‌ریزی آبیاری با استفاده از مدل چند متغیره خطی

شکل (۶) ارتباط بین پارامترهای $(T_c - T_a)_a$, RH , R_n با استفاده از معادله (۲۲) نشان می‌دهد. در این شکل دامنه تغییرات RH , R_n با توجه به شرایط منطقه ساعت (۱۲ الی ۱۴)، و با استفاده از اطلاعات جمع‌آوری شده انتخاب گردیده است. برای تشخیص زمان فرا رسیدن آبیاری می‌بایست مقادیر RH , R_n و $(T_c - T_a)_a$ را در ساعت ۱۳ الی ۱۴ (حداکثر تنش روزانه) اندازه‌گیری نمود. سپس با در اختیار داشتن دو پارامتر RH , R_n می‌توان مقدار $(T_c - T_a)_a$ مجاز را بوسیله شکل (۶) تعیین نمود.

مقایسه $(T_c - T_a)$ اندازه‌گیری شده در شرایط مزرعه با $(T_c - T_a)_a$ مجاز، شاخص خوبی جهت فرا رسیدن زمان آبیاری خواهد بود به طوری که اگر مقدار اندازه‌گیری شده کوچکتر از مقدار $(T_c - T_a)_a$ مجاز باشد مفهوم آن این است که زمان آبیاری فرا نرسیده است. و بالعکس اگر مقدار اندازه‌گیری شده بزرگتر از مقدار $(T_c - T_a)_a$ مجاز باشد بدین معنی است که زمان آبیاری گذشته است و تنش وارد شده از حداکثر مجاز تجاوز کرده است. گیسر و همکاران (۱۹۸۲)، سپاسخواه و همکاران (۱۹۸۷) و سپاسخواه و کاشفی پور (۱۹۹۴) با ارائه مدل‌های مشابهی برای پنبه، چغندر قند و لیمو شیرین و انجام آزمایشات لازم نتیجه‌گیری نمودند که با استفاده از این روش جهت تعیین زمان آبیاری ضمن آن که میزان محصول را به طور معنی‌دار کاهش نمی‌دهد؛ باعث بهبود در کار آبی مصرف آب خواهند شد. سادگی استفاده از این مدل‌ها که تنها توسط اندازه‌گیری پاره‌ای اطلاعات جوی و $(T_c - T_a)$ انجام می‌شود از محاسن آن مهم ذکر شد. [۱۱ و ۱۰]

قدردانی:

بدین وسیله از مرکز تحقیقات صافی آباد دزفول به خاطر تامین نیروها و امکانات اجرایی طرح، تقدیر و تشکر بعمل می‌آید.

۵-مراجع:

۱. طاهری قناد، س. برومند نسب، س (۱۳۸۱). «استفاده از درجه حرارت پوشش سبز گیاه جهت برنامه ریزی آبیاری ذرت بهاره در شرایط شمال خوزستان». پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه شهید چمران اهواز.
۲. برومند نسب، س؛ طاهری قناد، س. و معیری، م. ۱۳۸۳. «استفاده از درجه حرارت پوشش سبز گیاه برای برنامه ریزی آبیاری ذرت بهاره در شرایط شمال خوزستان». مجله علمی کشاورزی، دانشکده کشاورزی اهواز، ۲۷: ۴۷-۵۶
۳. علیزاده، ا. ۱۳۸۰. رابطه آب و خاک و گیاه. انتشارات آستان قدس رضوی، دانشگاه امام رضا. ۳۵۵ص

4. Alderfasi A.A., Nielsen D.C., 2001. Use of Crop water stress index for monitoring water status and scheduling irrigation in water , Agricultural water management. 47:69-75.
5. Al faraj A., Meyer G.E., Horst G.L., 2001 , A Crop water stress index fall fescue irrigation decision - making a traditional method , computer and Electronics in Agriculture. 31:107-124.
6. Idso S.B., Jackson R.D., pinter p.j., Reginato R.J., Hatfield J.L., 1981, Normalizing the stress -degree day parameter for environment variability , Agric. Meteorol., 24:45-55.

7. Jackson S.H., 1991, Relationships between normalized leaf water potential and crop water stress index values for acala cotton , Agric. Water Manag., 20:109-118.
8. Qiu, G.Y., Miamoto, K., Sase, S., Okushima, 2000, Detection of crop transpiration and water stress by temperature-related approach under field and greenhouse condition, corresponding author: (alaguoyu@nkk.affrc.go.jp), fax+81-298-38-7609).
9. Qiu.y, Momli Yano, 1996 ,Estimation of plant transpiration by imitation leaf temperature theoretical consideration and field verification , Tran. Japanese Soc. Of irrig. Drainage and Reclamation ENG. 183:47-56.
10. Sepaskhah A.R., Kashefipour S.M., 1994 , Relationships between leaf water potential, CWSI, yield fruit quality of sweet line unde drip irrigation, Agric. Water manage, 25:13-22.
11. Sepaskhah A.R., Nazemossadat, S.M.J., Kamgar-Haghighi, A.A., 1987 Water stress of sugarbeet as related to leaf water content , Iran Agric. Res., 6:29-43.

دومین سمینار (اهکارهای بهبود و اصلاح سامانه‌های آبیاری سطحی

۲ فرورد ماه ۱۳۸۷

ارزیابی روش‌های مختلف تخمین ویژگی‌های نفوذپذیری

در آبیاری جویچه‌ای و نواری

حامد ابراهیمیان^۱، بهزاد قنبریان^۲، فریبرز عباسی^۳

چکیده

نفوذ، مهمترین‌ترین و مشکل‌ترین پارامتر برای ارزیابی در سامانه‌های آبیاری سطحی است. اهمیت دانستن معادله نفوذ جهت تشریح هیدرولیک آبیاری سطحی، همراه با مشکلات تخمین قابل اطمینان پارامترهای آن، موجب صرف وقت و هزینه زیادی برای طراحی یک سامانه آبیاری می‌شود. از آنجایی که ویژگی‌های نفوذ تابعی از زمان و مکان بوده در نتیجه تعداد نسبتاً زیادی اندازه‌گیری‌های مزرعه‌ای نیاز است تا بیانی از متوسط شرایط مزرعه باشد. روش‌هایی نظیر استوانه مضاعف شرایط دینامیکی مزرعه را در نظر نگرفته و برای تخمین بهتر پارامترهای نفوذ در آبیاری جویچه‌ای و نواری، روش‌های مختلفی مانند دو نقطه‌ای الیوت و واکر، پیشروی بنامی و افن، یک نقطه‌ای شپارد و همکاران و روش یک نقطه‌ای والیانتراس و همکاران ارائه شده‌اند. بنابراین هدف از این مطالعه، ارزیابی روش‌های مذکور و روش دو نقطه‌ای جدیدی که بر مبنای تئوری شپارد و همکاران در این تحقیق توسعه داده شد، می‌باشد. در این راستا از ۵ سری داده صحرائی با شرایط مختلف مزرعه‌ای از جمله طول، شیب و دبی ورودی استفاده گردید. همچنین با استفاده از مدل هیدرودینامیک کامل و با تخمین پارامترهای معادله نفوذ به پنج روش مذکور، فاز پیشروی و پسروی آبیاری شبیه‌سازی شدند تا دقت پارامترهای معادله نفوذ تخمین زده شده مورد بررسی قرار گیرد. نتایج نشان داد که در برآورد میزان آب نفوذیافته در آبیاری جویچه‌ای و نواری به ترتیب روش پیشنهادی این مقاله و روش والیانتراس و همکاران دارای کمترین مقدار خطای نسبی می‌باشند. در پیش‌بینی فاز پیشروی در آبیاری جویچه‌ای و نواری به ترتیب روش پیشروی بنامی و افن و روش شپارد

۱- دانشجوی دکتری آبیاری و زهکشی، گروه مهندسی آبیاری و آبادانی، دانشگاه تهران

۲- دانشجوی دکتری آبیاری و زهکشی، گروه مهندسی آبیاری و آبادانی، دانشگاه تهران

۳- عضو هیأت علمی موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، کرج

و همکاران و در پیش‌بینی فاز پسروری در آبیاری جویچه‌ای و نواری به ترتیب روش شپارد و همکاران و والیانتراس و همکاران دارای بیشترین دقت بودند.

واژه‌های کلیدی: تخمین پارامترهای نفوذ، آبیاری جویچه‌ای، آبیاری نواری

۱- مقدمه

از آنجائیکه سرعت نفوذ آب در خاک، تعیین کننده زمان تداوم آبیاری برای ذخیره نمودن مقدار مشخصی آب در داخل خاک بوده از اهمیت زیادی برخوردار می‌باشد. در حقیقت نفوذ آب در خاک یکی از حساسترین پارامترهای هیدرولیکی موثر بر آبیاری سطحی و یکی از مشکل‌ترین پارامترهایی است که باید برآورد شود. اهمیت دانستن معادله نفوذ جهت تشریح هیدرولیک آبیاری سطحی، همراه با مشکلات تخمین قابل اطمینان این پارامتر، به معنی صرف وقت و هزینه زیاد قبل از مرحله طراحی یک سامانه آبیاری می‌باشد.

روش‌های متعددی برای اندازه‌گیری نفوذ وجود داشته و بسته به نوع آبیاری متفاوت است. در آبیاری جویچه‌ای سطح خاک که در معرض نفوذ قرار داشته سهموی بوده و نفوذ به صورت افقی و عمودی در اطراف جویچه صورت می‌گیرد. در واقع هر کدام از روش‌های اندازه‌گیری سرعت نفوذ که استفاده می‌شوند باید شرایط آبیاری را شبیه‌سازی کند (سهرابی و پایدار، ۱۳۸۴). از جمله این روش‌ها می‌توان به روش حوضچه‌ای، روش جویچه مسدود، روش ورودی و خروجی، روش نفوذ سنج گردشی جویچه، روش دو نقطه‌ای (الیوت و واکر، ۱۹۸۲)، روش یک نقطه‌ای شپارد و همکاران (۱۹۹۳)، روش یک نقطه‌ای والیانتراس و همکاران (۲۰۰۱)، روش پیشروی (بنامی و اُفن، ۱۹۸۴) و روش بهینه‌سازی چند سطحی (واکر، ۲۰۰۵) اشاره نمود.

بنهام و همکاران (۲۰۰۰) عملکرد دو معادله نفوذ کوستیاکف و کوستیاکف- لوئیس را برای سه حالت مختلف در سامانه آبیاری موجی مورد ارزیابی قرار دادند. در حالت اول از معادله کوستیاکف و در حالت‌های دوم و سوم از معادله کوستیاکف- لوئیس استفاده شد با این تفاوت که در حالت دوم مقدار سرعت نفوذ پایه بر اساس هیدروگراف دبی ورودی و خروجی در کل زمان آبیاری تعیین گردید ولی در حالت سوم با استفاده از داده‌های پیشروی اولین موج مقدار آن تخمین زده شد. در هر سه حالت مدل CRTM که توسط بلایر و اسمردون (۱۹۸۷) برای سامانه آبیاری موجی ارایه شده بود اجرا شد و مقدار نفوذ برای هر سه حالت مشخص گردید. نتایج نشان داد که معادله کوستیاکف- لوئیس از دقت بالاتری نسبت به معادله کوستیاکف برخوردار بوده و همچنین در حالت دوم مقدار خطای کمتری نسبت به حالت سوم وجود داشته است.

رسول زاده و سپاسخواه (۲۰۰۳) اظهار نمودند که تغییرات مکانی سرعت نفوذ، مدیریت آبیاری جویچه‌ای را پیچیده‌تر می‌کند. زیرا که خصوصیات نفوذ آب به داخل خاک ممکن است در مقادیر متفاوت سرعت جریان آب بداخل جویچه، شکل هندسی مقطع، حجم جریان ورودی تغییر نماید. بنابراین ارایه یک معادله عمومی برای نفوذ بسیار مشکل می‌باشد. برای یافتن یک معادله عمومی نفوذ، هشت معادله مختلف نفوذ برای شش سری نمونه خاک استفاده شد. با آنالیز ابعادی، بهترین معادله برای فاکتور مقیاس (scaling factor) بدست آمد که تابعی از محیط خیس شده و حجم ورودی آب به داخل خاک بود. بعلاوه فاکتور دیگری ارایه شد که عرض جویچه را به عنوان یک پارامتر ساده و قابل استفاده در بر دارد. بنابراین با استفاده از این فاکتور، مقایسه معادله‌های نفوذ متفاوتی ارایه شد. ارزیابی معادله‌های نفوذ مقیاس شده (scaled) نشان داد که این معادلات برای سایر جویچه‌ها با بافت و شرایط هیدرولیکی متفاوت قابل استفاده می‌باشند و مقدار نفوذ را با دقت بسیار مناسبی تخمین می‌زنند. بنابراین عمومیت داشتن معادلات نفوذ مقیاس شده که در این تحقیق بدست آمده‌اند می‌تواند در محدوده بزرگی از شرایط خاک و مشخصه‌های هیدرولیکی جویچه استفاده شود. نتایج نشان داد که معادله‌های مقایسه‌ای برای تخمین نفوذ آب در آبیاری موجی نیز دارای دقت بالایی می‌باشند. همچنین معادلات نفوذ مقیاس شده که در این تحقیق ارایه شد، در خاک‌های سنگین رسی ترک‌دار که جریان نفوذ اولیه بیشتر از طریق ترک‌های سطحی وارد خاک می‌شود قابل استفاده نمی‌باشند.

هولزافل و همکاران (۲۰۰۴) به ارزیابی ۴ روش مختلف برای تعیین ثابت‌های معادله کوستیاکف برای دو اندازه مختلف جویچه (جویچه باریک به عرض ۴۰ سانتی‌متر و جویچه عریض به عرض ۶۰ سانتی‌متر) پرداختند. روش‌های مختلف برای تعیین ویژگی‌های نفوذ در این مطالعه شامل روش دو نقطه‌ای الیوت و واکر (۱۹۸۲)، روش نفوذسنج جویچه (روش ورودی و خروجی)، روش یک نقطه‌ای شپارد و همکاران (۱۹۹۳) و روش پیشروی بنامی و افن (۱۹۸۴) بوده است. نتایج نشان داد که مقدار توان معادله کوستیاکف به نوع روش تعیین ویژگی‌های نفوذ و اندازه جویچه بستگی ندارد. منحنی نفوذ تجمعی برای جویچه‌های باریک در هر ۴ روش تقریباً مشابه بوده است و مستقل از نوع روش به کار رفته بود. در حالیکه منحنی نفوذ تجمعی برای جویچه‌های عریض بستگی به نوع روش داشته است. با استفاده از ثابت‌های معادله کوستیاکف بدست آمده در هر ۴ روش و با بکارگیری مدل موج کینماتیکی، فاز پیشروی در جویچه‌ها تخمین زده شد. نتایج نشان داد که برای جویچه‌های عریض، روش دو نقطه‌ای الیوت و واکر (۱۹۸۲) و برای جویچه‌های باریک روش پیشروی بهترین عملکرد را داشته است. بدترین نتایج برای پیش‌بینی فاز پیشروی با استفاده از ثابت‌های نفوذ بدست آمده از روش یک نقطه‌ای شپارد و همکاران (۱۹۹۳) حاصل شده است.

هدف اصلی از این تحقیق ارزیابی روش‌های مختلف ارایه شده در منابع برای تخمین پارامترهای نفوذ و میزان آب نفوذ یافته به داخل خاک و همچنین بررسی دقت این روش‌ها در پیش‌بینی فاز پیشروی و

پسروی در آبیاری جویچه‌ای و نواری می‌باشد. در این مقاله، روش یک نقطه‌ای شپارد و همکاران (۱۹۹۳) اصلاح و روش پیشنهادی جدیدی معرفی و با سایر روش‌های موجود مقایسه گردیده است.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- تئوری

۲-۱-۱ روش دو نقطه‌ای الیوت و واکر (۱۹۸۲)

اساس این روش بر پایه معادله پیوستگی و شکل نمایی فاز پیشروی بوده و برای آبیاری جویچه‌ای توسعه یافت و سپس برای طراحی سامانه‌های آبیاری کرتی و نواری نیز مورد استفاده قرار گرفت. در این روش از دو نقطه میانی و انتهایی فاز پیشروی برای تخمین پارامترهای معادله نفوذ کوستیاکف-لوئیس استفاده می‌شود. معادله نفوذ کوستیاکف-لوئیس به شکل زیر می‌باشد:

$$I = kt^a + f_0t \quad (1)$$

که I مقدار نفوذ تجمعی، t زمان و k ، a و f_0 ضرایب معادله نفوذ می‌باشند. با در نظر گرفتن رابطه توانی زیر و لگاریتم‌گیری از طرفین رابطه و با استفاده از دو نقطه از منحنی پیشروی، ضرایب ثابت p و r قابل محاسبه می‌باشند.

$$x = pt^r \quad (2)$$

و نهایتاً پارامترهای معادله کوستیاکف-لوئیس از روابط زیر محاسبه می‌شوند:

$$a = \frac{\log \left[\frac{Q_1 t_1}{x_1} - \bar{A}_1 - \frac{f_0 t_1}{1+r} \right] - \log \left[\frac{Q_2 t_2}{x_2} - \bar{A}_2 - \frac{f_0 t_2}{1+r} \right]}{\log(t_1/t_2)} \quad (3)$$

$$k = \frac{\left[\frac{Q_1 t_1}{x_1} - \bar{A}_1 - \frac{f_0 t_1}{1+r} \right]}{\sigma_2 t_1 a} \quad (4)$$

که در آن \bar{A} متوسط سطح مقطع جریان، t زمان پیشروی، Q دبی ورودی به جویچه و x طول پیشروی می‌باشد. اندیس‌های ۱ و ۲ در معادلات بالا به ترتیب مربوط به پیشروی تا نصف و تمام طول جویچه می‌باشد. σ_z فاکتور شکل زیرسطحی بوده و از رابطه زیر بدست می‌آید:

$$\sigma_z = \frac{a+r(1-a)+1}{(1+a)(1+r)} \quad (5)$$

۲-۱-۲) روش پیشروی پنامی و اُفن (۱۹۸۴)

روش پیشروی توسط پنامی و اُفن (۱۹۸۴) برای تخمین ثابت‌های معادله کوستیاکف ارایه شد. این روش بر مبنای پیشروی جبهه آب در طول جویچه استوار می‌باشد. در این روش، خصوصیات نفوذ و سطح مقطع در طول جویچه یکنواخت فرض می‌شود. حُسن روش مذکور این است که فرآیند نفوذ را ممکن است به طور دقیق بیان کند ولی از معایب این روش، نیاز به داده‌برداری زیاد بوده چون باید چندین اندازه‌گیری در گام‌های زمانی مختلف برای ثبت پیشروی آب در طول جویچه انجام داد. معادله نفوذ کوستیاکوف به شکل زیر می‌باشد:

$$I = kt^a \quad (6)$$

در این روش از رابطه توانی به شکل زیر برای برازش به داده‌های مربوط به فاز پیشروی استفاده می‌شود:

$$t = wx^z \quad (7)$$

که در آن، w و z ضرایب ثابت می‌باشند.

با برازش داده‌های دبی ورودی جریان، زمان پیشروی در فاصله x و متوسط سطح مقطع جریان به رابطه زیر، ضرایب m و u قابل محاسبه می‌باشند:

$$Qt - \bar{A}x = mx^u \quad (8)$$

نهایتاً پارامترهای معادله کوستیاکف (a, k) از روابط زیر بدست می‌آیند:

$$u = z(a+1) + 1 \quad (9)$$

$$m = \frac{kW^{a+1}}{(a+1)[z(a+1)+1]} \quad (10)$$

۲-۱-۳ روش یک نقطه‌ای شپارد و همکاران (۱۹۹۳)

این روش مشابه روش دو نقطه‌ای الیوت و واکر (۱۹۸۲) بوده با این تفاوت که مقدار نمای معادله پیشروی (r) ثابت و برابر ۰/۵ فرض شده است. در این روش اندازه‌گیری پیشروی آب در طول جویچه فقط در یک نقطه و آن هم در انتهای جویچه صورت می‌گیرد. روش مذکور متوسط نفوذ در طول جویچه را با استفاده از داده‌های زمان پیشروی در انتهای جویچه، دبی ورودی، سطح مقطع جریان و معادله فیلیپ محاسبه می‌نماید. عیب اصلی این روش آنست که مقدار r به ندرت برابر ۰/۵ می‌باشد. معادله نفوذ فیلیپ به شکل زیر می‌باشد:

$$I = St^{0.5} + At \quad (11)$$

که در آن، A و S ضرایب ثابت معادله فیلیپ بوده و در این روش از روابط زیر محاسبه می‌شوند:

$$A = \frac{3\bar{A}_2}{t_2} \quad (12)$$

$$S = \frac{Q_2 t_2 - 3\bar{A}_2 x_2}{\frac{\pi}{4} t_2^{0.5} x_2} \quad (13)$$

۲-۱-۴ روش یک نقطه‌ای والیانتراس و همکاران (۲۰۰۱)

این روش براساس بیلان حجمی آب استوار بوده و فقط از نقطه انتهایی فاز پیشروی به منظور تخمین پارامترهای معادله نفوذ SCS استفاده می‌نماید. حُسن این روش آنست که مانند روش یک نقطه‌ای شپارد و همکاران (۱۹۹۳) معادله پیشروی را محدود به فرم $x = pt^{0.5}$ نمی‌کند و همان فرم واقعی آن ($x = pt^r$) را در نظر می‌گیرد. به همین خاطر این روش قدری دقیق‌تر از روش شپارد و همکاران (۱۹۹۳) می‌باشد (والیانتراس و همکاران، ۲۰۰۱).

معادله نفوذ SCS عبارتست از (USDA, 1983):

$$I = (kt^a + c) \frac{P}{W} \quad (14)$$

که در آن، k و a ضرایب ثابت، c برابر با ۷ میلیمتر، W عرض جویچه یا نوار و P محیط خیس شده می باشد که از رابطه تجربی زیر که توسط SCS ارایه شده است، محاسبه می شود:

$$P = 0.265 \left[\frac{60Q_0 n}{10001\sqrt{S_0}} \right]^{0.425} + 0.227 \quad (15)$$

در رابطه فوق n ضریب مانینگ، S_0 شیب کف مزرعه و Q_0 دبی ورودی (m^3/min) است. والیانتراس و همکاران (۲۰۰۱) رابطه زیر را برای تخمین پارامتر k به صورت تابعی از a با استفاده از روش حداقل مربعات ارایه و ادعا نمودند که خطای آن کمتر از ۵ درصد می باشد:

$$k(a) = \frac{14088a^{45} + 0.148(-\ln a)^{-1.652}}{1000} \quad (16)$$

در روش پیشنهادی والیانتراس و همکاران (۲۰۰۱) برای تخمین پارامترهای k و a از معادلات زیر استفاده می شود:

$$\begin{cases} Q_0 t_2 - \sigma_y A_0 x_2 - c P x_2 = \sigma_z k P t_2^a x_2 \\ Q_0 t_1 - \sigma_y A_0 x_1 - c P x_1 = \sigma_z k P t_1^a x_1 \end{cases} \quad (17)$$

از معادله (۱۷) خواهیم داشت:

$$\frac{x_1}{x_2} = \frac{Q_0 t_1}{\left[(1/2)^a (Q_0 t_2 - \sigma_y A_0 x_2 - c P x_2) + \sigma_y A_0 x_2 - c P x_2 \right]} \quad (18)$$

و براساس معادله پیشروی داریم:

$$r = \frac{\log(x_1/x_2)}{\log(t_1/t_2)} = \frac{\log\left((0.5Q_0 t_2) / \left[0.5^a (Q_0 t_2 - \sigma_y A_0 x_2 - c P x_2) + \sigma_y A_0 x_2 + c P x_2 \right] \right)}{\log(1/2)} \quad (19)$$

با توجه به معادلات ۱۷، ۱۸ و ۱۹ و با سعی خطا می توان پارامترهای k و a را بدست آورد.

۲-۱-۵ روش دو نقطه‌ای اصلاح شده شپارد

در این مقاله، روش یک نقطه‌ای شپارد و همکاران (۱۹۹۳) اصلاح و روش دو نقطه‌ای جدیدی برای تخمین پارامترهای نفوذ ارایه شده است. در این روش همانند روش یک نقطه‌ای شپارد و همکاران (۱۹۹۳) از معادله فیلیپ و بیلان حجمی آب به منظور پیش‌بینی میزان نفوذ به داخل خاک در طول جویچه استفاده می‌شود با این تفاوت که به جای فرض $r=0.5$ مقدار آن همانند فرض الیوت و واکر (۱۹۸۲) با استفاده از دو نقطه میانی و انتهایی داده‌های فاز پیشروی تعیین می‌گردد.

A و S پارامترهای معادله فیلیپ بوده و در این روش از روابط زیر بدست می‌آیند.

$$A = \frac{[(Q_2 t_2 - A_2 x_2) x_1^{1+1/2r} - (Q_1 t_1 - A_1 x_1) x_2^{1+1/2r}](1+r)p^{1/r}}{x_2^{1+1/r} x_1^{1+1/2r} - x_2^{1+1/2r} x_1^{1+1/r}} \quad (20)$$

$$S = \frac{2\Gamma(r+3/2)[Q_2 t_2 - \bar{A} x_2 - (A x_2^{1+1/r} / (1+r)p^{1/r})]}{\sqrt{\pi}\Gamma(r+1)x_2(x_2/p)^{1/2r}} \quad (21)$$

۲-۲ آزمون روش‌های مختلف تخمین پارامترهای نفوذ

در این مقاله، از ۵ سری داده‌های آبیاری جویچه‌ای و نواری شامل اطلاعات فاز پیشروی و پسروی و هیدروگراف جریان ورودی و خروجی به منظور بررسی دقت روش‌های مختلف برآورد پارامترهای نفوذ در آبیاری نواری و جویچه‌ای استفاده گردید. مشخصات هندسی و هیدرولیکی داده‌های صحرائی برای آبیاری جویچه‌ای و نواری در جداول ۱ و ۲ ارایه شده‌اند.

جدول ۱- مشخصات هندسی و هیدرولیکی داده‌های صحرائی مورد مطالعه برای آبیاری جویچه‌ای

داده‌ها		پارامترها		
سری ۲	سری ۱	واحد	علامت	نام
۲/۹	۱/۵۹	lit/s	q _o	دبی ورودی
۰/۰۰۲۵	۰/۰۰۷۲	m/m	S ₀	شیب جویچه
۰/۰۴	۰/۰۴	-	n	ضریب مانینگ
۳۵۰	۱۶۰	m	L	طول جویچه
۱۷۰	۱۵۰	min	T _{co}	زمان قطع جریان
۱/۵	۰/۷۵	m	W	عرض جویچه

جدول ۲- مشخصات هندسی و هیدرولیکی داده‌های صحرایی مورد مطالعه برای آبیاری نواری

داده‌ها			پارامترها		
سری ۳	سری ۲	سری ۱	واحد	علامت	نام
۱/۳۷	۱/۶۶	۱/۱۱	lit/s/m	q _o	دبی ورودی
۰/۰۰۸۲	۰/۰۰۸۲	۰/۰۰۸۲	m/m	S ₀	شیب نوار
۰/۰۴	۰/۰۴	۰/۰۴	-	n	ضریب مانینگ
۱۷۰	۱۸۰	۱۸۰	m	L	طول نوار
۲۶۰	۲۷۰	۳۲۰	min	T _{co}	زمان قطع جریان
۸	۸	۸	m	W	عرض نوار

۳- نتایج و بحث

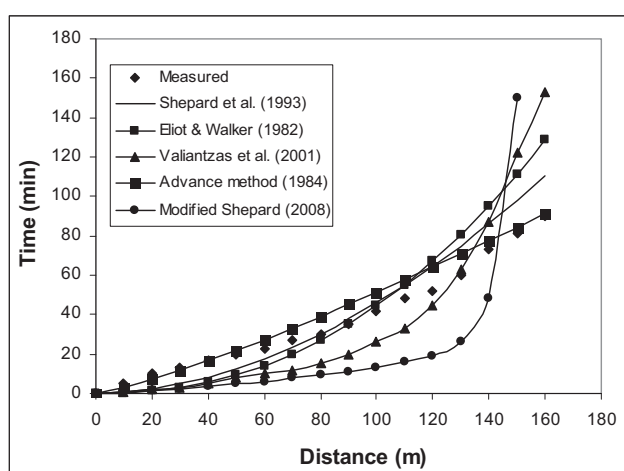
به منظور ارزیابی روش‌های مختلف تخمین پارامترهای نفوذ، حجم آب نفوذ یافته در طول جویچه یا نوار با استفاده از روشهای مذکور برآورد و با حجم آب نفوذ یافته که با استفاده از هیدروگراف جریان ورودی- خروجی محاسبه شد، مقایسه گردید. همچنین با استفاده از مدل هیدرودینامیک بسته نرم‌افزار NRCS_SURFACE و با استفاده از پارامترهای تخمینی معادله نفوذ به پنج روش ارائه شده در این مقاله، فاز پیشروی و پسروی برای داده‌های مورد استفاده شبیه‌سازی شدند تا دقت روش‌های مختلف تخمین پارامترهای معادله نفوذ مورد بررسی قرار گیرد. نتایج بدست آمده از بررسی حجم آب نفوذیافته در طول جویچه یا نوار برای داده‌های مختلف در جدول ۳ ارائه شده‌اند.

جدول ۳- میزان خطای نسبی (%) در برآورد حجم آب نفوذ یافته در طول جویچه یا نوار به پنج روش مختلف

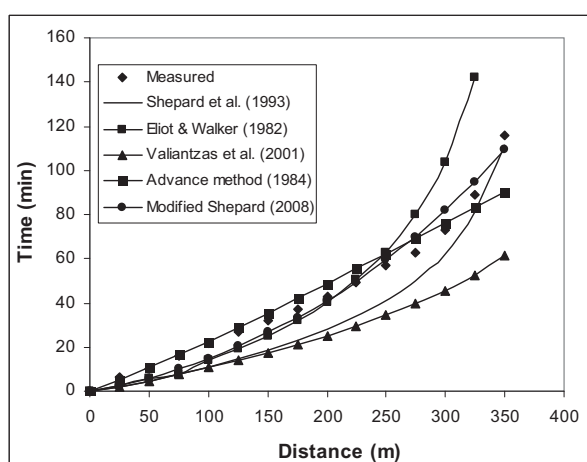
آبیاری نواری			آبیاری جویچه‌ای			نام روش	
خطای نسبی (%)			خطای نسبی (%)				
میانگین	سری ۳	سری ۲	سری ۱	میانگین	سری ۲	سری ۱	
۳/۶	-۱/۲	-۱/۶	۷/۲	۱۷/۲	-۶/۹	۲۷/۴	روش پیشنهادی
۲۱/۱	-۱۰/۹	-۲۷/۷	۲۴/۶	۳۵/۷	-۵۹/۰	-۱۲/۴	پیشروی بنامی و افن (۱۹۸۴)
۲/۰	-۰/۶	۱/۳	۴/۲	۲۷/۳	-۲۰/۱	۳۴/۵	والیانتراس و همکاران (۲۰۰۱)
۲/۵	-۱/۱	۰/۰	۶/۴	۲۰/۲	۲/۲	۳۸/۱	شپارد و همکاران (۱۹۹۳)
۱۲/۱	۷/۰	۶/۳	۲۲/۹	۳۴/۰	۱۹/۴	۴۸/۵	الیوت و واکر (۱۹۸۲)

این نتایج نشان می‌دهند که در آبیاری جویچه‌ای روش ارایه شده در این مقاله با متوسط خطای نسبی (RE) ۱۷/۲٪ از دقت بالاتری نسبت به سایر روش‌ها برخوردار بوده در حالیکه در آبیاری نواری بیشترین دقت در تخمین حجم آب نفوذیافته به خاک مربوط به روش والیانترزاس و همکاران (۲۰۰۱) با متوسط خطای نسبی ۲٪ می‌باشد.

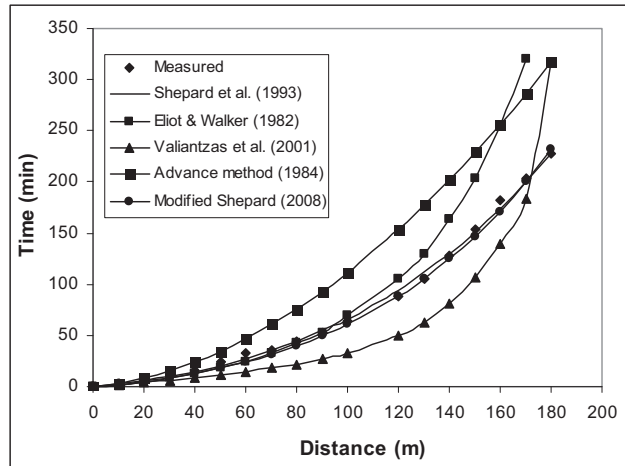
به منظور بررسی دقت پارامترهای معادله نفوذ در پیش‌بینی فاز پیشروی و پسروی از مدل هیدرودینامیک بسته نرم‌افزاری NRCS-SURFACE استفاده شد. نتایج بدست آمده از پیش‌بینی فاز پیشروی برای ۵ سری داده‌های آبیاری جویچه‌ای و نواری در شکل ۱ تا ۵ ارایه شده‌اند. همچنین میزان خطای استاندارد (SE) در پیش‌بینی فاز پیشروی و پسروی در جداول ۴ و ۵ آورده شده‌اند.



شکل ۱- مقایسه فاز پیشروی اندازه‌گیری و پیش‌بینی شده با استفاده از مدل هیدرودینامیک به پنج روش مختلف برای آبیاری جویچه‌ای سری اول

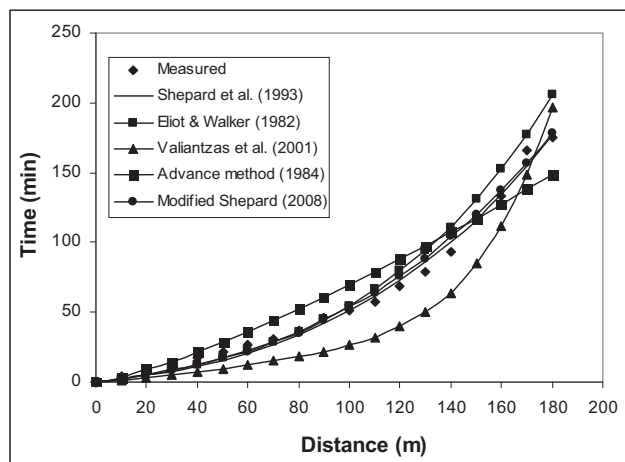


شکل ۲- مقایسه فاز پیشروی اندازه‌گیری و پیش‌بینی شده با استفاده از مدل هیدرودینامیک به پنج روش مختلف برای آبیاری جویچه‌ای سری دوم



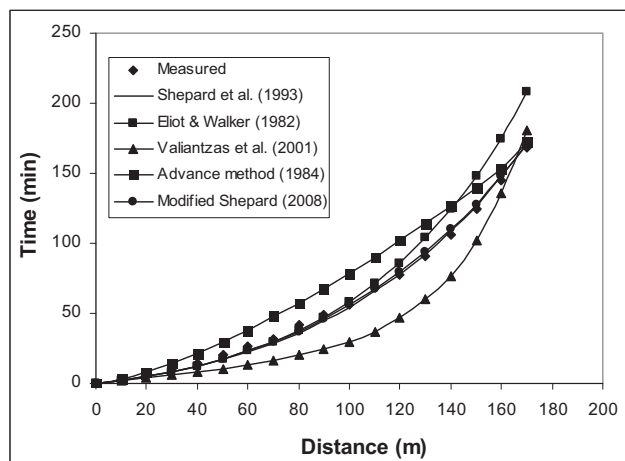
شکل ۳- مقایسه فاز پیشروی اندازه‌گیری و پیش‌بینی شده با استفاده از مدل هیدرودینامیک به پنج روش مختلف

برای آبیاری نواری سری اول



شکل ۴- مقایسه فاز پیشروی اندازه‌گیری و پیش‌بینی شده با استفاده از مدل هیدرودینامیک به پنج روش مختلف

برای آبیاری نواری سری دوم



شکل ۵- مقایسه فاز پیشروی اندازه‌گیری و پیش‌بینی شده با استفاده از مدل هیدرودینامیک به پنج روش مختلف

برای آبیاری نواری سری سوم

جدول ۴- میزان خطای استاندارد (%) در پیش‌بینی فاز پیشروی در آبیاری جویچه‌ای و نواری به پنج روش مختلف با استفاده از مدل هیدرودینامیک

روش آبیاری	داده‌ها	روش پیشنهادی	پیشروی بنامی و افن (۱۹۸۴)	والیانتراس و همکاران (۲۰۰۱)	شپارد و همکاران (۱۹۹۳)	الیوت و واکر (۱۹۸۲)
جویچه‌ای	سری ۱	۱۳۵/۲	۱۵/۹	۵۹/۷	۲۴/۷	۳۸/۴
	سری ۲	۱۲/۸	۱۷/۹	۹۳/۴	۳۴/۰	۴۲/۳
	میانگین	۷۴/۰	۱۶/۹	۷۶/۵	۲۹/۳	۴۰/۴
نواری	سری ۱	۶/۷	۴۳/۷	۵۶/۶	۵/۰	۴۳/۷
	سری ۲	۸/۹	۲۲/۴	۴۵/۳	۸/۳	۱۷/۵
	سری ۳	۴/۷	۲۱/۳	۴۵/۰	۵/۱	۲۲/۴
	میانگین	۶/۸	۲۹/۱	۴۹/۰	۶/۱	۲۷/۹

جدول ۵- میزان خطای استاندارد (%) در پیش‌بینی فاز پسروی در آبیاری جویچه‌ای و نواری به پنج روش مختلف با استفاده از مدل هیدرودینامیک

روش آبیاری	داده‌ها	روش پیشنهادی	پیشروی بنامی و افن (۱۹۸۴)	والیانتراس و همکاران (۲۰۰۱)	شپارد و همکاران (۱۹۹۳)	الیوت و واکر (۱۹۸۲)
جویچه‌ای	سری ۱	۳/۳	۲/۳	۱/۶	۱/۰	۲/۵
	سری ۲	۳/۳	۲/۳	۱/۵	۱/۶	۲/۰
	میانگین	۳/۳	۲/۳	۱/۶	۱/۳	۲/۳
نواری	سری ۱	۲/۱	۲/۶	۱/۷	۲/۷	۷/۲
	سری ۲	۱/۹	۵/۱	۱/۲	۱/۸	۱/۹
	سری ۳	۳/۱	۴/۷	۲/۳	۲/۹	۲/۳
	میانگین	۲/۴	۴/۱	۱/۸	۲/۵	۳/۸

همانطور که در جدول ۴ ملاحظه می‌شود برای آبیاری جویچه‌ای روش پیشروی با متوسط خطای استاندارد ۱۶/۹٪ از دقت بالاتری نسبت به سایر روش‌ها برخوردار بوده در حالیکه در آبیاری نواری روش شپارد و همکاران (۱۹۹۳) و روش پیشنهادی این مقاله با متوسط خطای استاندارد ۶/۱٪ و ۶/۸٪ با اختلاف قابل توجهی نسبت به سایر روش‌ها، فاز پیشروی را با دقت بالاتری پیش‌بینی می‌نمایند. از آنجائیکه روش پیشروی بنامی و افن (۱۹۸۴) برای آبیاری جویچه‌ای ارایه شده و در این روش هم نیاز به داده برداری زیاد در ایستگاه‌های مختلف در طول جویچه می‌باشد، این روش قادر است تا فاز پیشروی را

در آبیاری جویچه‌ای نسبت به سایر روش‌ها با دقت بالاتری پیش‌بینی نماید. این در حالیست که بیشترین خطای استاندارد در پیش‌بینی فاز پسروری در آبیاری نواری مربوط به همین روش بوده و برابر با ۴/۱٪ بدست آورده شد.

همانگونه که ملاحظه می‌شود میزان خطای استاندارد در پیش‌بینی فاز پسروری (جدول ۵) به مقدار قابل توجهی کمتر از میزان خطای استاندارد در پیش‌بینی فاز پیش‌رویی (جدول ۴) بوده که حاکی از حساسیت فاز پیش‌رویی به پارامترهای معادله نفوذ می‌باشد. این در حالی است که متوسط خطای استاندارد در پیش‌بینی فاز پسروری در تمامی روش‌ها کمتر از ۵٪ می‌باشد. واکر (۲۰۰۵) نیز با آنالیز حساسیت نشان داد که پارامترهای نفوذ و ضریب مانینگ به ترتیب بیشترین تاثیر را بر منحنی پیش‌رویی و منحنی پسروری داشتند.

۴- نتیجه‌گیری

در ارزیابی روش‌های مختلف تخمین ویژگی‌های نفوذپذیری خاک در آبیاری سطحی، نتایج بدست آمده نشان داد که در برآورد میزان آب نفوذیافته به خاک در آبیاری جویچه‌ای و نواری به ترتیب روش پیشنهادی در این مقاله و روش والیانتراس و همکاران (۲۰۰۱) دارای کمترین خطای نسبی می‌باشند. در پیش‌بینی فاز پیش‌رویی با استفاده از مدل هیدرودینامیک و پارامترهای معادله نفوذ تخمین زده شده به روش‌های مختلف در آبیاری جویچه‌ای و نواری به ترتیب روش پیش‌رویی بنامی و افن (۱۹۸۴) و روش شپارد و همکاران (۱۹۹۳) دارای دقت بیشتری بوده در حالیکه فاز پسروری تخمین زده شده به پارامترهای معادله نفوذ چندان حساس نبوده و روش‌های مختلف متوسط خطای استاندارد کمتر از ۵٪ را داشتند.

منابع

۱. سهرابی، ت. و پایدار، ز. ۱۳۸۴. طراحی سیستم‌های آبیاری. انتشارات دانشگاه تهران.
2. Benami, A., and A. Ofen, 1984. Irrigation Engineering: Sprinkler, Trickle, Surface Irrigation. Principles, Design and Agricultural Practices. Irrigation Engineering Scientific Publication, IIIC Bet Dagan, Israel.
3. Benham, B. L., D. L. Reddel and T. H. Marek. 2000. Performance of three infiltration model under surge irrigation. Irrig. Sci., 20: 37-43.
4. Blair, A., and E. T. Smerdon, 1985. Effect of wetted perimeters on infiltration in furrow. In: Proceeding of the 1985 ASCE Irrigation and Drainage Specialty Conference on Development and Management Aspects of Irrigation and Drainage Systems, pp. 162-169.
5. Elliot, R.L. and W. R. Walker, 1982. Field evaluation of furrow infiltration and advance functions, Trans. ASAE, 25: 396-400.

6. Holzapfel, E.A., J. Jara, C. Zuñiga, M.A. Mariño, J. Paredes, and M. Billib . 2004. Infiltration parameters for furrow irrigation. *Agricultural Water Management*, 68: 19-32.
7. Rasoulzadeh, A. and A. R. Sepaskhah. 2003. Scaled infiltration equations for furrow irrigation. *Biosystems Engineering*, 86 (3): 375-383.
8. Shepard, J. S., W. W. Wallender and, J. W. Hopmans. 1993. One method for estimating furrow infiltration. *Trans. ASAE*, 36 (2): 395-404.
9. Valiantzas, J.D., S. Aggelides and, A. Salsalou. 2001. Furrow infiltration estimation from time to a single advance point. *Agricultural Water Management*, 52: 17-32.
10. Walker, W. R. 2005. Multilevel calibration of furrow infiltration and roughness. *J. Irrig.Drain. Eng.*, 131 (2): 129-136.
11. United States Department of Agriculture, Soil Conservation Service, National Engineering Handbook, 1983.

دومین سمینار (راهکارهای بهبود و اصلاح سامانه‌های آبیاری سطحی)

۲ فرورد ماه ۱۳۸۷

بررسی یکنواختی توزیع علف‌کش ارادیکان در روش سم آبیاری

اسحاق کشتکار^۱، حسن محمد علیزاده^۲، فریبرز عباسی^۳،

حمید رحیمیان مشهدی^۴

چکیده

کاربرد علف‌کش‌ها همراه با آبیاری (سم آبیاری) در برخی از مناطق کشور در مزارع ذرت و گوجه فرنگی سالهاست که انجام می‌شود. از علل محدودیت سم آبیاری در آبیاری ثقلی توزیع غیریکنواخت علف‌کش‌هاست. به منظور تعیین بهترین زمان تزریق علف‌کش ارادیکان از نظر یکنواختی توزیع در آبیاری جویچه‌ای آزمایشی بصورت اسپلایت پلات در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران (کرج) انجام گرفت. فاکتور اصلی در پنج سطح شامل تزریق ارادیکان در سه زمان (نیمه اول زمان آبیاری (I)، نیمه دوم زمان آبیاری (II) و کل زمان آبیاری (III)) در آبیاری جویچه‌ای به همراه شاهد روش معمول مصرف ارادیکان (سم پاشی (S)) و شاهد بدون علف‌کش (C) بودند. فاکتور فرعی در چهار سطح شامل نمونه برداری از آب آبیاری از ابتدا، وسط، انتها و خروجی جویچه بود. اختلاف بین تیمارها از نظر میزان علف‌کش در دسترس، با استفاده از زیست سنجی در پتری بوسیله خیار تعیین گردید. با وجود کاربرد دز یکسان ارادیکان در هر یک از کرت‌ها، میزان علف‌کش موجود در نمونه‌های آب برداشته شده از تیمار S کمتر از تیمارهای سم آبیاری بود. اگر چه از نظر آماری اختلاف معنی داری بین هیچ یک از فاکتورهای فرعی دیده نشد اما نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که طول ساقه چه خیار در ابتدای کرت I کمتر بوده است. اختلافی از نظر میزان ارادیکان در طول جویچه‌ها

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد رشته شناسایی و مبارزه با علف‌های هرز و اعضاء هیئت علمی دانشگاه تهران.

۲- دانشجوی کارشناسی ارشد رشته شناسایی و مبارزه با علف‌های هرز و اعضاء هیئت علمی دانشگاه تهران.

۳- دانشجوی کارشناسی ارشد رشته شناسایی و مبارزه با علف‌های هرز و اعضاء هیئت علمی دانشگاه تهران.

۴- عضو هیئت علمی موسسه تحقیقات فنی مهندسی کشاورزی-کرج.

(ابتدا، وسط، انتها و خروجی) در تیمارهای II و III مشاهده نشد. لذا تیمارهای II و III نسبت به تیمار I، بیشترین یکنواختی توزیع ارادیکان را در جویچه‌هایی به طول ۵۰ متر در یک خاک لوم رسی داشتند.

کلمات کلیدی: سم‌آبیاری (Herbigation)، ارادیکان، خیار، زمان آبیاری، زیست سنجی.

مقدمه

به کاربرد مواد شیمیایی کشاورزی (کود، آفت‌کش‌ها ...) از طریق سیستم‌های آبیاری شیم‌آبیاری^۱ گویند. بسته به نوع ماده شیمیایی مورد استفاده، شیم‌آبیاری به سم‌آبیاری^۲، کودآبیاری^۳ و ... دسته‌بندی می‌شود (گودمن، ۲۰۰۴). کنترل علف‌های هرز از طریق کاربرد علف‌کش‌ها همراه با سامانه‌های آبیاری (سم آبیاری یا هریگیشن^۴) کارآیی تولید محصولات زراعی را از طریق کاهش هزینه‌های کاربرد، نیروی کار و سوخت افزایش می‌دهد (اگ و دولر، ۱۹۸۸؛ جانسون و همکاران، ۱۹۸۶). این روش در دهه ۱۹۶۰ میلادی گسترش یافت (اگ، ۱۹۸۶) و سالهاست که در کشورهای پیشرفته استفاده می‌شود. امروزه نیز سم آبیاری در مناطقی از آمریکا که به کاشت سیب زمینی اختصاص دارد روشی مرسوم و متداول است (ابریلین^۵ و همکاران، ۲۰۰۰). علف‌کش‌هایی می‌توانند از طریق سم‌آبیاری به کار روند که برای این منظور برچسب‌گذاری و به ثبت رسیده باشند (گودمن، ۲۰۰۴).

ارادیکان یکی از علف‌کش‌های قابل استفاده در سامانه‌های آبیاری (جانسون و همکاران، ۱۹۸۶)، در واقع نام تجاری علف‌کش EPTC (اس-اتیل‌دی‌پروپیل تیوکاربامات^۶) است، که به همراه ایمن‌کننده دی کلرواستامید با این نام شناخته می‌شود. این علف‌کش از گروه تیوکاربامات‌ها^۷ بوده و به صورت پیش کاشت آمیخته با خاک در ذرت، برای کنترل بسیاری از باریک برگ‌ها، تعداد کمی از پهن‌برگ‌های یک ساله و اویارسلام زرد و ارغوانی مصرف می‌شود (غدیری، ۱۳۸۱؛ موسوی، ۱۳۸۰). علی‌رغم برخی مزایا همچون، پایداری کم در خاک (نیمه عمر ۷ روز)، ریسک مقاومت اندک و طیف نسبتاً وسیع کنترل علف‌های هرز، ارادیکان دارای معایبی همچون تجزیه نوری و فراریت است (غدیری ۱۳۸۱؛ راشد محصل و همکاران ۱۳۷۳). به همین دلیل (فراریت و تجزیه نوری) این علف‌کش باید بلافاصله پس از مصرف با خاک مخلوط شود. این مسئله برای کشاورزان در ایران معمولاً مشکل است (موسوی، ۱۳۸۰). چون در زمان کاشت ذرت، عرضه و تقاضا برای ماشین‌آلات یکسان نبوده و گاهاً دیده می‌شود که عملیات اختلاط ارادیکان با خاک تا

1-Chemigation

۲- کاربرد علف‌کش‌ها همراه با آب آبیاری

۳- کاربرد کودهای شیمیایی همراه با آب آبیاری

4- Herbigation

5- Eberlean *et al.*

6- Goodman

7- S-ethyl dipropylthiocarbamate

8- Thiocarbamat

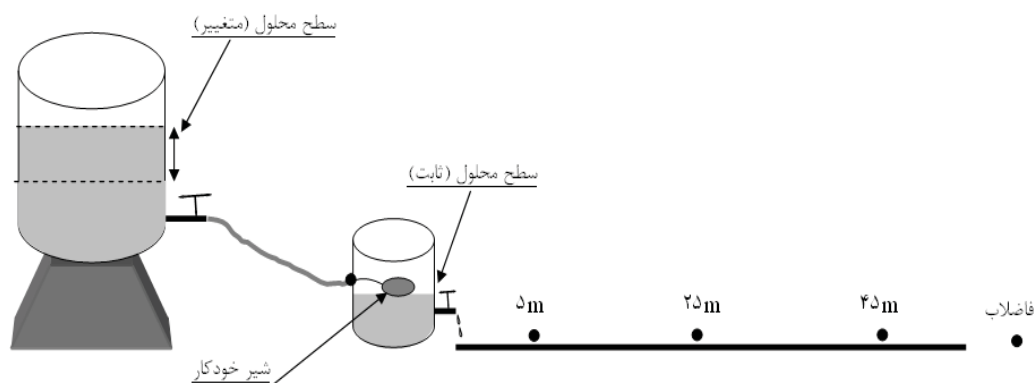
ساعت‌ها و حتی چند روز پس از مصرف امکان پذیر نیست. این موضوع سبب کاهش راندمان ارادیکان می‌شود. یکی از راهکارهای حل این مشکل کاربرد علف کش همراه با آب آبیاری (سم آبیاری) است. عدم محدودیت زمان کاربرد، عدم فشردگی خاک (کاهش تردد ماشین‌آلات)، صرفه جویی در هزینه‌ها، کاهش آسیب مکانیکی به گیاهان زراعی و سازگاری با کشاورزی پایدار و ... از فواید سم آبیاری است (گودمن، ۲۰۰۴؛ آگ و دولر، ۱۹۸۸؛ جانسون و همکاران، ۱۹۸۶). البته معایبی همچون آلودگی آب‌های زیر زمینی، حجم زیاد آب مصرفی، نیاز به مدیریت دقیق تر (بویژه در سیستم‌های آبیاری بارانی مثل سنتریپوت) و گاهی نیز نیاز به مصرف مقدار بیشتری از علف کش‌ها برای این روش ذکر شده است (عباسی و علیزاده ۱۳۸۴؛ آرنز، ۱۹۹۴؛ آگ و دولر، ۱۹۸۸). همچنین کنترل نامطلوب علف‌های هرز روی پشته‌ها نیز برای این روش عنوان شده است (آگ و دولر، ۱۹۸۸). از دیگر علل محدودیت سم آبیاری در آبیاری ثقلی توزیع غیریکنواخت علف‌کش‌هاست (آگ، ۱۹۸۶). یکنواختی توزیع و پخش علف‌کش‌هایی که در سیستم‌های آبیاری بکار می‌روند، از الگوی توزیع آب آبیاری تبعیت می‌کند (آگ و دولر، ۱۹۸۸). توزیع غیر یکنواخت علف‌کش‌ها از یک طرف می‌تواند سبب خسارت به گیاهان زراعی و از طرفی منجر به کنترل نامطلوب علف‌های هرز شود. هدف از این تحقیق بررسی میزان یکنواختی توزیع علف‌کش ارادیکان در آبیاری جویچه‌ای ذرت در زمانهای مختلف تزریق در مقایسه با روش معمول مصرف به عنوان شاهد (S) و مقایسه تلفات علف‌کش در این دو روش است.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در تابستان سال ۱۳۸۵ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده علوم زراعی و دامی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران واقع در دولت آباد کرج انجام گرفت. خاک محل آزمایش لومی رسی (شن ۲۸/۴٪، سیلت ۳۸٪، رس ۳۳/۶٪) و شیب زمین حدود دو در هزار بود. آزمایش بصورت اسپلیت پلات در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار انجام شد. فاکتور اصلی در پنج سطح، عبارت بودند از تزریق ارادیکان در آب آبیاری در سه زمان (سطح) شامل: تزریق سم در نیمه اول زمان آبیاری (I)، تزریق سم در نیمه دوم زمان آبیاری (II)، تزریق سم در کل مدت زمان آبیاری (III) و دو سطح بعدی شامل دو شاهد روش معمول مصرف ارادیکان (S) و شاهد بدون علف‌کش (C) بودند. فاکتور فرعی در چهار سطح شامل: نمونه برداری از آب آبیاری در چهار نقطه در طول جویچه (نقطه ۱: اول جویچه (۵ متر از ابتدای جویچه)، نقطه ۲: وسط جویچه (۲۵ متر از ابتدای جویچه)، نقطه ۳: انتهای جویچه (۴۵ متر از ابتدای جویچه) و نقطه ۴ رواناب جویچه (خارج از محدوده ۵۰ متر)) بود. هر یک از کرت‌ها در واقع جویچه‌هایی به طول ۵۰ متر و عرض ۵۰ cm، با فواصل تقریبی ۱ متر از یکدیگر بودند. حجم آب و مدت زمان آبیاری بوسیله یک کنتور با دبی ۰/۷ l/s تعیین گردید. حجم آب مصرفی برای هر جویچه (کرت) حدود 2200 ± 50 لیتر و مدت زمان آبیاری 4 ± 60 دقیقه با دبی ۰/۶۲ l/s بود. بر اساس گزارش آگ و دولر (۱۹۸۸) برای آبیاری ثقلی در

سم آبیاری ۸ تا ۱۰ cm آب در هکتار لازم است که در این آزمایش حدود ۸/۹ cm آب مصرف شد. سپس مقدار ۲۰ cc (۸ لیتر در هکتار) از ماده تجاری علف‌کش ارادیکان بوسیله بشکه‌های ویژه‌ای (بشکه‌های دبی ثابت یا سیفون بار ثابت) که از قبل برای این منظور طراحی شده بودند (شکل ۱) در ابتدای جویچه‌ها تزریق گردید. تعداد کل تیمارها (نقاط نمونه برداری‌ها) ۲۰ عدد و نمونه برداری از آب، هر ده دقیقه یک بار از هر چهار نقطه برداشته شد (در هر نقطه جمعاً ۳۰۰ سی سی محلول سمی). نمونه‌ها سریعاً به سردخانه با دمای ۶ درجه سانتیگراد منتقل و تا زمان انجام آزمایش زیست‌سنجی در این دما نگهداری شدند.

برای تعیین باقی مانده علف‌کش‌ها در خاک و آب از دو روش زیست‌سنجی و تجزیه شیمیایی می‌توان استفاده کرد (هاگر و داو، ۲۰۰۴). اما تعیین باقی مانده علف‌کش‌ها از طریق تجزیه شیمیایی بدلیل گرانی، پیچیده بودن و نیاز به تجهیزات ویژه مشکل است. لذا به منظور ارزیابی میزان علف‌کش موجود در هر نمونه از روش زیست‌سنجی بوسیله گیاه خیار (*Cucumis sativus*)، که گیاه حساس^۱ به ارادیکان می‌باشد استفاده گردید (بی‌نام، ۲۰۰۷). در هر پتری دیش تعداد ۵ عدد بذر خیار، رقم تجاری P&S قرار داده شد. سپس به هر کدام از پتری دیش‌ها ۶ سی سی از محلول سمی مربوط به هر نقطه نمونه برداری اضافه گردید. پتری دیش‌ها به مدت ۸ روز در ژرمیناتور با سیکل دمایی ۲۴ و ۱۸ درجه سانتیگراد و ۱۴ ساعت نور و ۱۰ ساعت تاریکی قرار داده شدند. صفات اندازه‌گیری شده شامل طول ساقچه‌چه و طول ریشه‌چه بود. از نرم افزارهای SAS، Excel و Harvard graphics برای تجزیه داده‌ها و رسم نمودارها استفاده شد.

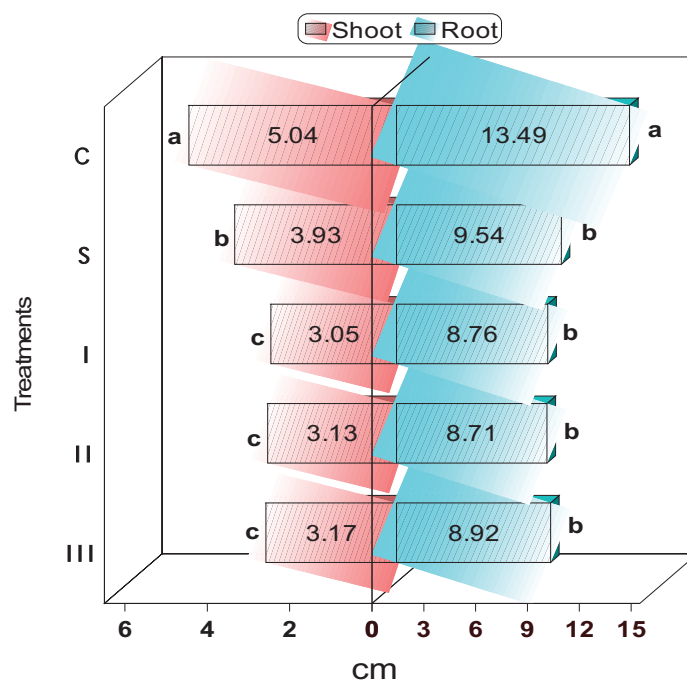


شکل ۱. نمایش شماتیک تزریق علف‌کش در آب آبیاری بوسیله بشکه‌هایی با دبی خروجی یکسان (سیفون بار ثابت)

بحث و نتیجه‌گیری

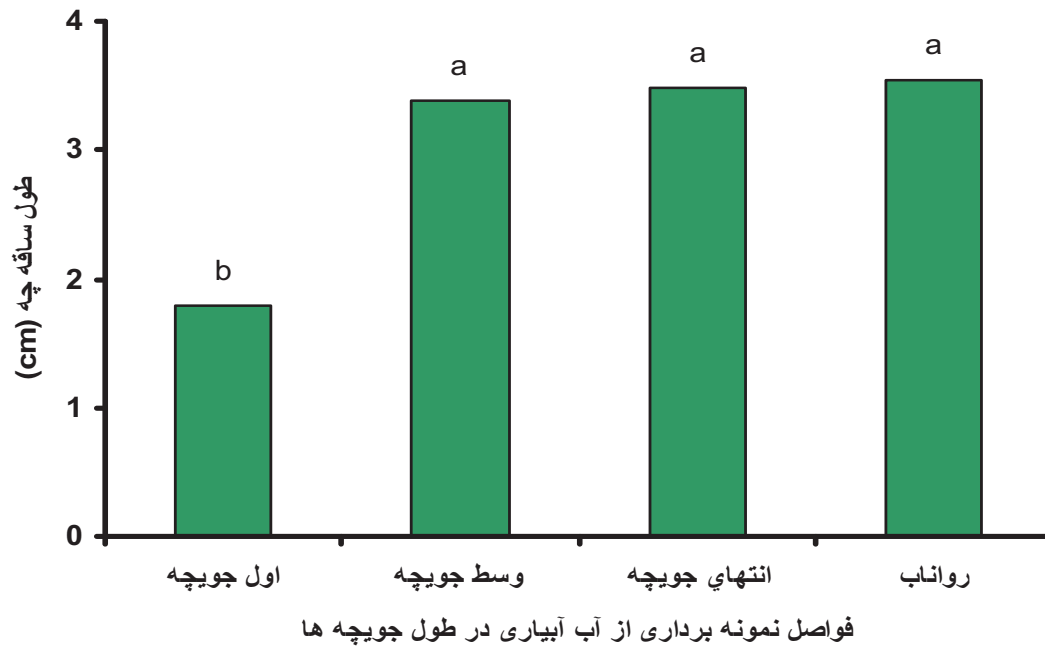
نتایج تجزیه واریانس نشان داد که بین پنج تیمار اصلی (C, S, I, II و III) از نظر تأثیر بر طول ساقچه‌چه و ریشه‌چه خیار تفاوت معنی‌داری در سطح یک درصد وجود دارد. بیشترین طول ساقچه‌چه و ریشه‌چه خیار

مربوط به تیمار شاهد C بود (شکل ۲). رشد ساقه چه خیار نسبت به ریشه چه بیشتر تحت تاثیر قرار گرفت، این موضوع موید این مطلب است که علفکش‌های خانواده تیوکاربامات با جلوگیری از طول شدن سلول از رشد ساقه جلوگیری می‌کنند (راشد محصل و همکاران، ۱۳۷۳). اگرچه طول ریشه چه خیار در تیمار S بیشتر از تیمارهای سم‌آبیاری بود اما بین هیچ یک از این تیمارها اختلاف معنی داری مشاهده نشد. طول ساقه چه در تیمار S از هر سه تیمار سم‌آبیاری بیشتر بود، لذا می‌توان گفت که غلظت این علفکش در آب آبیاری در روش معمول مصرف کمتر از تیمارهای سم‌آبیاری است. این موضوع احتمالاً به این دلیل بوده است که در روش S، علفکش با خاک مخلوط شده و به عمق رفته است. لذا امکان اختلاط آن با آب آبیاری کمتر شده و به این دلیل غلظت علفکش در نمونه‌های آب برداشت شده کمتر بوده و نهایتاً این تیمار رشد ساقه چه خیار را به اندازه تیمارهای سم‌آبیاری کاهش نداده است. این در حالی است که دزهای بکاررفته برای همه تیمارهای مذکور یکسان بوده است. این موضوع نشان می‌دهد که تلفات علفکش در سم‌آبیاری نسبت به روش S بیشتر است و تاییدی است بر نتایج برخی محققین که کارایی مطلوب علفکش‌ها از طریق سم‌آبیاری را منوط به کاربرد دزهای بالاتر می‌دانند. به عنوان مثال میزان علفکش تریفلورالین در روش معمول از ۱/۱۲ کیلوگرم ماده موثره در هکتار به ۲/۲۴ کیلوگرم ماده موثره افزایش می‌یابد (آرنز، ۱۹۹۴).



شکل ۲. تاثیر تیمارهای C، S، I، II و III بر کاهش رشد ریشه چه و ساقه چه خیار (شاهد بدون علفکش: C، شاهد مصرف معمول ارادیکان (سم پاشی): S، تزریق سم در نیمه اول زمان آبیاری: I، تزریق سم در نیمه اول زمان آبیاری: II، تزریق سم در تمام مدت زمان آبیاری: III)

اگر چه از نظر آماری اختلاف معنی داری بین هیچ یک از سطوح فاکتور فرعی دیده نشد، اما نتایج مقایسه میانگین‌ها بر اساس آزمون دانکن در سطح پنج درصد اختلاف معنی داری را از نظر میزان علف‌کش پخش شده در طول جویچه‌ها نشان داد. از آنجا که عامل فرعی در این آزمایش اهمیت ویژه‌ای داشت، برای تشخیص دقیق تاثیر این عامل، هر یک از فاکتورهای اصلی (جویچه) بصورت یک آزمایش جداگانه در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی مورد تجزیه واریانس قرار گرفت. نتایج تجزیه واریانس بر اساس طرح بلوک‌های کامل تصادفی نیز اختلافی را بین نقاط نمونه برداری در هیچ یک از کرت‌های اصلی نشان نداد. اما نتایج مقایسه میانگین‌ها برحسب آزمون چند دامنه‌ای دانکن اختلاف معنی داری را از نظر طول ساقه چه خیار در نقاط مختلف نمونه برداری از آب آبیاری در طول جویچه در تیمار I نشان داد. طول ساقه چه خیار در پتری‌های حاوی نمونه آب از نقطه پنج متر (ابتدای جویچه) در تیمار I کمتر از دیگر نقاط نمونه برداری بود. بطوری که در ابتدای جویچه حداقل رشد و در انتها و رواناب جویچه رشد بیشتری مشاهده شد، که این دلیلی بر توزیع غیر یکنواخت و نامناسب علف‌کش ارادیکان در طول جویچه‌ها است (شکل ۳). این موضوع در تحقیقات عباسی و همکاران (۲۰۰۳) نیز در مورد کودآبیاری به اثبات رسیده است. اختلافی از نظر میزان پخش علف‌کش (طول رشد ساقه‌چه و ریشه‌چه خیار) در طول جویچه‌ها (اول، وسط، انتها و رواناب جویچه) در تیمارهای II و III مشاهده نشد. بنابراین بر اساس نتایج بدست آمده می‌توان چنین گفت که بیشترین یکنواختی توزیع علف‌کش ارادیکان در روش سم‌آبیاری، در جویچه‌هایی به طول ۵۰ متر در یک خاک لوم رسی مربوط به تیمارهای II و III می‌باشد. همچنین به دلیل غلظت بیشتر علف‌کش در تیمارهای سم‌آبیاری نسبت به S، می‌توان گفت که تلافات علف‌کش‌ها در روش سم‌آبیاری بیشتر از روش معمول مصرف بوده و احتمالاً این موضع می‌تواند یکی از دلایل میزان مصرف علف‌کش‌ها در مقادیر بالاتر از دز توصیه شده در روش سم‌آبیاری باشد. همچنین انحراف معیار برای میانگین داده‌ها در بین چهار نقطه (اول، وسط، انتها و فاضلاب جویچه) در تیمارهای I، II و III به ترتیب ۸۴٪، ۲۴٪ و ۳۷٪ بود که نشان می‌دهد تیمار II با داشتن حداقل انحراف معیار (۲۴٪) نسبت به میانگین بهتر از دو تیمار دیگر بوده است.



شکل ۳. میزان طول رشد ساقه چه خیار در چهار نقطه نمونه برداری از آب در طول جویچه در تیمار تزریق سم در نیمه اول زمان آبیاری (I)

منابع

۱. راشد محصل، م. ح.، ح. رحیمیان مشهدی، م. بنایان. ۱۳۷۳. علف‌های هرز و کنترل آنها. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. ۵۷۵.
۲. عباسی، ر. ح. م. علیزاده. ح. ۱۳۸۴. تعیین دز مناسب علف‌کش‌های تریفلورالین و اتال‌فلورالین در روش کاربرد سم‌آب جهت کنترل علف‌های هرز سویا. مجموعه مقالات اولین همایش علوم علف‌های هرز ایران. تهران، موسسه تحقیقات آفات و بیماریهای گیاهی. بهمن ۱۳۸۴. ص ۴۲۵-۴۲۹
۳. غدیری، ح. ۱۳۸۱. دانش علف‌های هرز (مبانی و روش‌ها). (ترجمه). انتشارات دانشگاه شیراز. ۷۰۰ صفحه.
۴. موسوی، م. ۱۳۸۰. مدیریت تلفیقی علف‌های هرز اصول و روشها. نشر ميعاد. ۴۶۸ صفحه
5. Abbasi F., J. Simunek, M. Th. van Genuchten, J. Feyen, F. J. Adamsen, D. J. Hunsaker; T. S. Strelkoff and P. Shouse. 2003. Overland water and solute transport: Model development and field-data analysis. J.Irrig. Drain. Eng., 129: 2(71).
6. Ahrens, W. H. 1994. Herbicide Handbook. Seventh Edition. Published by Weed Science Society of America. pp. 621
7. Anonymous. 2007. Soil bioassay. http://www.wsu.edu/pmc_nrcs/technotest/plant materials/cropBio 1.doc

8. Eberlean, CH. V., B. A. King, and M. J. Guttieri. 2000. Evaluating an Automated Irrigation Control System for Site- Specific Herbigation. *Weed Tech.* 14: 182-187
9. Goodman N. 2004. Private Pesticide Applicator Training Manual. University of Minnesota Extension Service. 18.2 Edition. pp 197.
10. Hager, A. G. and N. Dawn. 2004. Illinois Agricultural Pest Management Handbook. pp 348.
11. Johnson, A. M., J. R. Young, E. D. Threadgill, C. C. Dowler, and D. R. Sumner. 1986. Chemigation for crop protection managment. *Plant Disease.* 70: 998-1005.
12. Ogg A.G. Jr., C. C. Dowler. 1988. Applying Herbicides through Irrigation Systems. pp. 145-164. in: McWhorter, C.G. and M. R. Gebhardt. *Methods of Applying Herbicides.* WSSA Monograph 4.
13. Ogg Jr, A. G. 1986. Applying herbicides in irrigation water-a review. *Crop Protection,* 5:53-65

دومین سمینار (راهکارهای بهبود و اصلاح سامانه‌های آبیاری سطحی

۲ فرورداد ماه ۱۳۸۷

کاربرد شبکه عصبی مصنوعی با الگوریتم تحلیل مولفه‌های اصلی در تحلیل داده‌های نفوذ از جویچه‌های آبیاری

ابوالفضل ناصری^۱

چکیده

با توجه به اهمیت فرآیند نفوذ در طراحی و مدیریت آبیاری سطحی و نیز توانمندی فن شبکه‌های عصبی مصنوعی در تحلیل محاسباتی برخی از فرایندها، این پژوهش با هدف کاربرد شبکه عصبی مصنوعی برای تحلیل داده‌های نفوذ از جویچه‌های آبیاری صورت گرفته است. آزمایش‌های نفوذ پذیری با روش جویچه مسدود انجام شده است. در استفاده از فن شبکه عصبی مصنوعی، مجموعه ورودی‌ها شامل فرصت نفوذ، رطوبت اولیه خاک، عمق و سطح مقطع جریان، پیرامون ترشده و چگالی ظاهری مرطوب خاک بود که پس از نگاشت داده‌ها و با انتخاب لایه‌های پنهان مناسب و با الگوریتم‌های پرسپترون چند لایه‌ای و تحلیل مولفه اصلی برای فرآیند آموزش، مقادیر خروجی مناسب برآورد شد. ارزیابی آموزش و عملکرد شبکه عصبی و مقایسه آن با داده‌های اندازه‌گیری شده نشان می‌دهد که شبکه عصبی مصنوعی فن بسیار مناسبی برای تحلیل نفوذ از جویچه‌های آبیاری بوده و شیوه‌های آموزش پرسپترون چند لایه‌ای و تحلیل مولفه اصلی با یک لایه میانی به عنوان بهترین شیوه برای تحلیل نفوذ از جویچه پیشنهاد می‌شوند. ضریب همبستگی مقادیر برآورد شده و اندازه‌گیری شده برای داده‌های آزمونی برابر ۰/۹۸ به دست آمد.

کلمات کلیدی: شبکه عصبی مصنوعی، نفوذ آب، پرسپترون چند لایه‌ای، تحلیل مولفه اصلی، جویچه آبیاری.

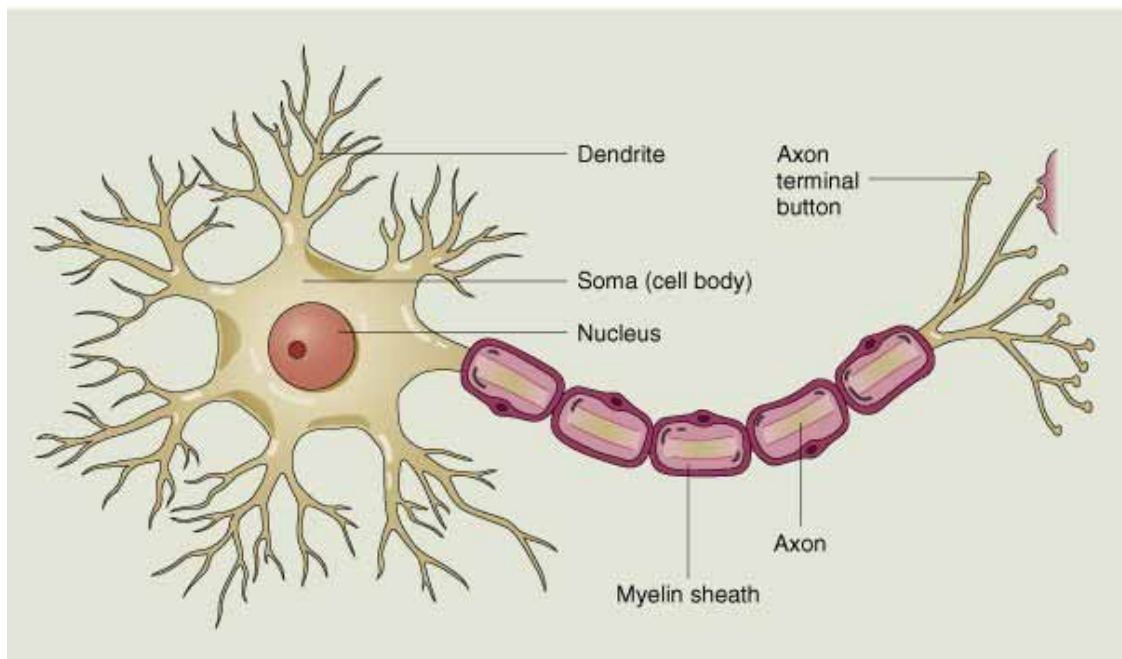
مقدمه

به طور کلی ساختارهای نرم‌افزاری را می‌توان به دودسته تسلسلی و موازی تقسیم‌بندی نمود. کامپیوترهای موجود ساختار تسلسلی و مغز انسان با ساختار موازی عمل می‌کند. عملکرد این دو

۱- استادیار پژوهش مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی آذربایجان شرقی

نشانی: تبریز صندوق پستی شخصی ۵۱۳۸۵-۱۳۶۳ پست الکترونیک: ab-nasseri@azaran.org.ir همراه: ۰۹۱۴۳۱۰۸۴۷۱

پردازشگر از نقطه نظرهای انجام اعمال منطقی، تبعیت از برنامه منظم، سرعت انجام عملیات و نوع ساختار قابل مقایسه است. متخصصین هوش محاسباتی سعی نموده اند که ساختار موازی سیستم مغز انسان را الگوسازی نمایند که داده‌ها در آن، به صورت موازی جای گرفته و پردازش گردد. واحد اساسی مغز انسان را نرون تشکیل می‌دهد، و نرون‌ها به سه دسته حسی، ارتباطی و محرک تقسیم می‌گردند. هر نرون از سه قسمت بدنه، دندریت و آکسون تشکیل شده یافته است. فلسفه اصلی محاسبات شبکه عصبی مدل کردن خصوصیات کلی مغز ونحوه عملکرد آن است.



شکل (۱)- نرون بیولوژیک

هر نرون ساده مصنوعی مدل شده از نرون بیولوژیک، به این صورت عمل می‌کند که مجموع ورودی‌های موزون را محاسبه نموده و حاصل را با سطح آستانه خود مقایسه می‌کند و در صورتی که مجموع حاصل از حد آستانه بزرگتر شود، نرون فعال و در غیراین صورت نرون غیر فعال می‌شود. از سوی دیگر یکی از فرضیات مدل سازی از نرون بیولوژیک این است که هر کدام از نرون‌ها در زمان فعالیت خود یک تابع تحریک به ورودی‌ها اعمال می‌کنند. این تابع می‌تواند از نوع خطی یا غیر خطی انتخاب شود. هر شبکه عصبی از لایه‌های ورودی، میانی یا پنهان و خروجی تشکیل شده و براساس تعداد و نحوه قرارگیری این لایه شبکه‌ها به انواع مختلف تقسیم می‌گردند. به طور کلی از مهمترین خصوصیات شبکه‌ها خاصیت یادگیری آن است به طوری که قادرند از گذشته و تجربه آموزش ببینند. آموزش شبکه‌ها به دو صورت تحت نظارت و بدون نظارت انجام می‌شود. از روش‌های آموزش می‌توان به روش ویدرو-هاف،

پرسپترون چند لایه‌ای، و... را نام برد [۱ و ۲]. پرسپترون چند لایه‌ای از لایه‌های منظم و مختلفی تشکیل یافته و شامل لایه ورودی، لایه پنهان و لایه خروجی است. واحدهای لایه ورودی مقادیر ورودی را به لایه بعدی توزیع نموده و از نظر محاسبه مسئولیتی ندارند. نحوه عمل پرسپترون چند لایه‌ای به این صورت است که الگویی به شبکه ارائه شده و خروجی آن محاسبه می‌شود. با مقایسه خروجی واقعی و خروجی مطلوب، ضرایب وزن شبکه تغییر یافته و اصلاح می‌شود تا زمانی که خروجی درست‌تری حاصل گردد [۱ و ۲]. الگوی دیگر تحلیل مولفه‌های اصلی است که یک روش کاهش داده است که داده‌های ورودی را به چند مولفه اصلی کاهش می‌دهد. شبکه‌های تحلیل مولفه‌های اصلی ترکیبی از آموزش تحت نظارت و بدون نظارت است. رابطه یا فرمول مشخصی برای انتخاب تعداد مناسب مولفه‌های اصلی وجود ندارد.

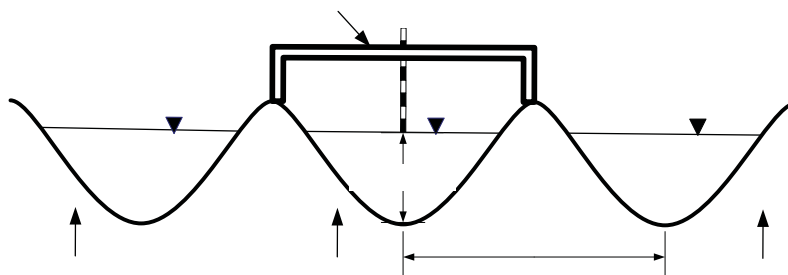
در چند سال اخیر فن شبکه‌های عصبی مصنوعی برای جوابیابی بسیاری از معادلات پیچیده کاربرد یافته است. از جمله می‌توان به برآورد مشخصه‌های آب خاک توسط خصوصیات فیزیکی- شیمیایی خاک که توسط محمدی [۳] انجام شده اشاره نمود. همچنین عابدینی و پولادی [۴] برای برآورد مکانی بارش روزانه از این فن استفاده نموده است. استفاده از این فن به قدری در زمینه مطالعات تغییرات زمانی- مکانی مشخصه‌های خاک و زمین شناسی و نیز در زمینه هیدرولوژی، آبیاری، فیزیک خاک، زهکشی و مطالعات شوری گسترش یافته که در اینجا فقط به ذکر دو مثال اکتفا شد.

مشخصه‌های نفوذ آب به خاک در طرح و ارزیابی آبیاری جویچه‌ای نقش اساسی دارد. نفوذ قادر است زمان‌های پیشروی و پسروی جریان، حجم رواناب، حجم آب نفوذ یافته و یکنواختی توزیع آب در طول یک نوبت آبیاری را تحت تاثیر قرار دهد. از سوی دیگر، مشخص شده که راندمان کاربرد آب به تغییرات پارامترهای معادله نفوذ بسیار حساسیت دارد. با توجه به پیچیده بودن فرآیند نفوذ، الگوبندی تعیینی آن مشکل بوده و برای کمی نمودن تغییرات نفوذ جمعیتی معمولاً از روابط تجربی که تابعی از فرصت زمان نفوذ است استفاده می‌شود [۵]. ضرائب روابط تجربی مفهوم فیزیکی نداشته و برازش آنها معمولاً با تحلیل رگرسیون یا روش دو نقطه‌ای صورت می‌گیرد. از معادلات تجربی پرکاربرد در آبیاری جویچه‌ای می‌توان معادلات کوستیاکف و کوستیاکف - لوئیس را نام برد [۵]. عیب معادله کوستیاکف در این است که رطوبت اولیه و میزان تراکم خاک را نمی‌توان در این معادله دخالت داد و به نظر برخی از محققین تعدیل معادله کوستیاکف - لوئیس با یک متغیر مکانی مانند پیرامون تر شده، ضرورت دارد. هدف از مطالعه حاضر امکان سنجی کاربرد شبکه عصبی مصنوعی برای تحلیل داده‌های نفوذ از جویچه‌های آبیاری است.

مواد و روش‌ها

آزمایش‌ها در ایستگاه تحقیقات کشاورزی کرج با موقعیت $۱۷^{\circ} ۴۶'$ طول شرقی و $۳۸^{\circ} ۵'$ عرض شمالی و با ارتفاع از سطح دریای برابر با ۱۳۶۰ متر در دو جویچه سه‌تایی به فاصله ۱۰ متر از هم مطابق شکل (۲) انجام شد. جویچه وسطی به عنوان جویچه اصلی و دو جویچه کناری به عنوان جویچه‌های محافظ انتخاب

شدند. خاک مزرعه لوم شنی بود. مدت انجام هر آزمایش نفوذپذیری در جویچه اول و دوم به ترتیب برابر ۱۵۷ و ۲۶۴ دقیقه بود. علاوه بر انجام آزمایش نفوذپذیری به روش جویچه‌های مسدود، مقادیر رطوبت اولیه و چگالی ظاهری مرطوب خاک، سطح مقطع و عمق جریان، پیرامون تر شده اندازه‌گیری و ثبت شدند. نتایج آزمایش‌ها در شکل (۳) ارائه شده است.



شکل (۲)- آرایش جویچه‌های کناری و اصلی و نحوه اندازه‌گیری عمق جریان در جویچه

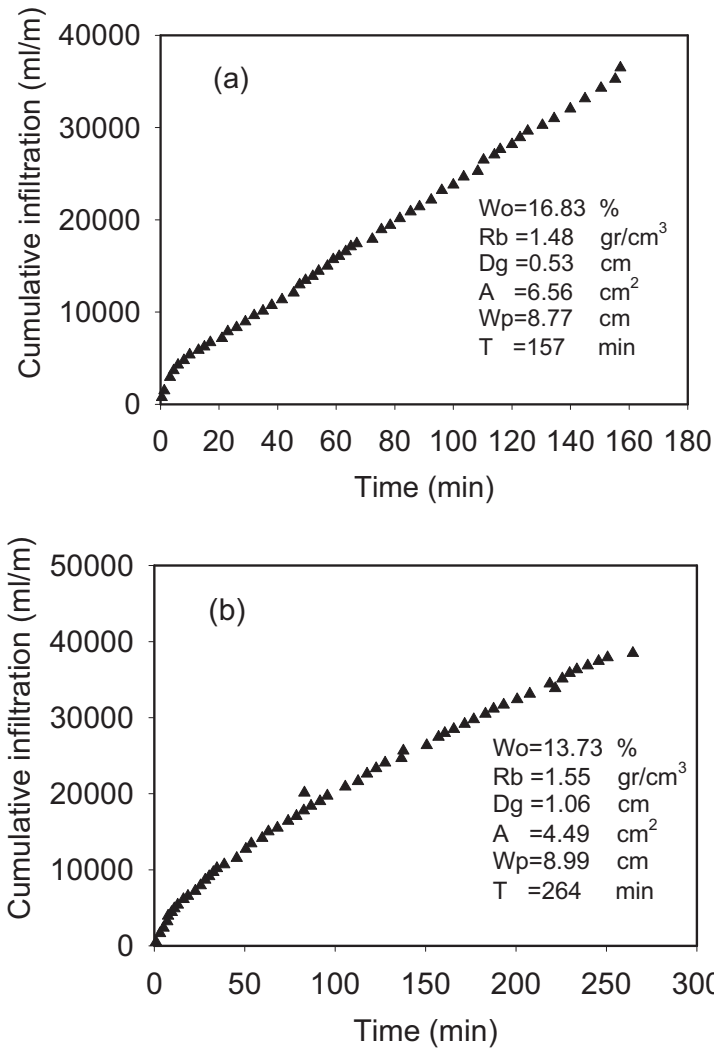
برای تحلیل داده‌های نفوذ تجمعی از جویچه آبیاری از فن شبکه عصبی با الگوریتم‌های پرسپترون چند لایه ای و تحلیل مولفه اصلی استفاده شده است.

نتایج و بحث

نتایج اندازه‌گیری نفوذ در دو نقطه از مزرعه در شکل (۲) نشان داده شده است. به ازای یک زمان مشخص نفوذ تجمعی در آزمایش اول بیشتر از آزمایش دوم است. علت آن احتمالاً به عمق و سطح مقطع جریان در جویچه بر می‌گردد. فرصت نفوذ در آزمایش دوم بیشتر از آزمایش اول بود. سایر عوامل مربوط به جریان و جویچه در شکل (۳) ارائه شده است. برای کاربرد شبکه عصبی مصنوعی در تحلیل نفوذ از جویچه آبیاری شش سری ورودی و شامل فرصت نفوذ، رطوبت اولیه و چگالی مرطوب خاک، عمق جریان، سطح مقطع و پیرامون تر شده و یک سری خروجی (نفوذ تجمعی) هر کدام به تعداد ۱۱۰ به صورت شکل (۴) در نظر گرفته شدند. پس از تهیه فن شبکه عصبی داده‌های اندازه‌گیری شده درصد داده‌های لازم برای آموزش، اعتبارسنجی و آزمونی به ترتیب برابر ۶۰ و ۲۰ و ۲۰ درصد در نظر گرفته شدند. در مراحل نخست برای آموزش داده‌ها اندازه‌گیری شده از روش پرسپترون چند لایه‌ای استفاده شد.

Flow de

Buffer furrow Monitored furrow



شکل (۳) - نفوذ تجمعی و عامل‌های اندازه‌گیری شده در جویچه آبیاری

تعداد لایه‌های میانی یک و تعداد عناصر از ۱ تا ۳ در نظر گرفته شد. از تابع آکسون خطی به عنوان تابع تحریک با قاعده ممانتوم و با گام ۰/۹۹ و ضریب ۰/۸ استفاده شد. حداکثر تعداد اپوک برابر ۱۰۰۰ بود. نتایج انتخاب از بین بهترین جواب‌های حاصل از کاربرد شبکه عصبی در جدول (۱) خلاصه شده است. همانطوری که از جدول (۱) ملاحظه می‌شود از بین مدل‌های مختلف با آموزش پرسپترون چند لایه‌ای ردیف آخر با یک لایه میانی و یک عنصر و با گام و ضریب ممانتوم برابر با ۰/۹۹ و ۰/۸ برای خروج ۰/۱ و ۰/۷ و با ضریب همبستگی ۰/۹۷۵ به عنوان بهترین روش انتخاب می‌شود.

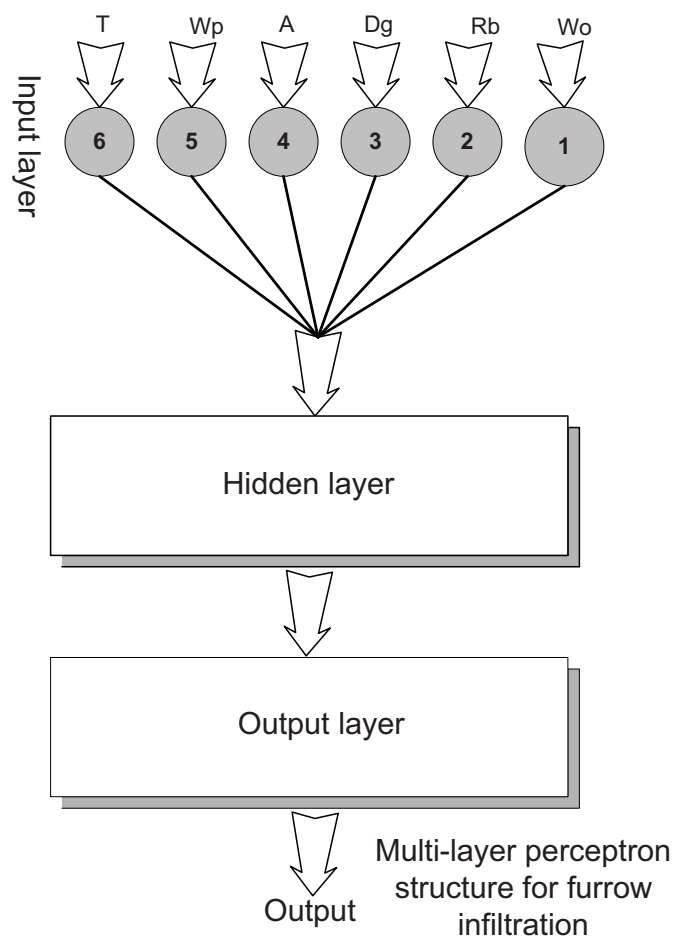
نفوذ تجمعی برآورد شده با کاربرد شبکه عصبی با الگوریتم آموزش پرسپترون چند لایه با مشخصات یاد شده در شکل (۵) ارائه شده است. ضریب همبستگی به ترتیب برابر ۰/۹۷۷ و ۰/۹۸۵ و ۰/۹۷۰ برای

داده‌های آموزشی، آزمونی و اعتبارسنجی به دست آمد. شکل‌های مقایسه‌ای ارائه شده حاکی از کارایی استفاده از شبکه عصبی مصنوعی در تحلیل نفوذ از جویچه‌های آبیاری دارد.

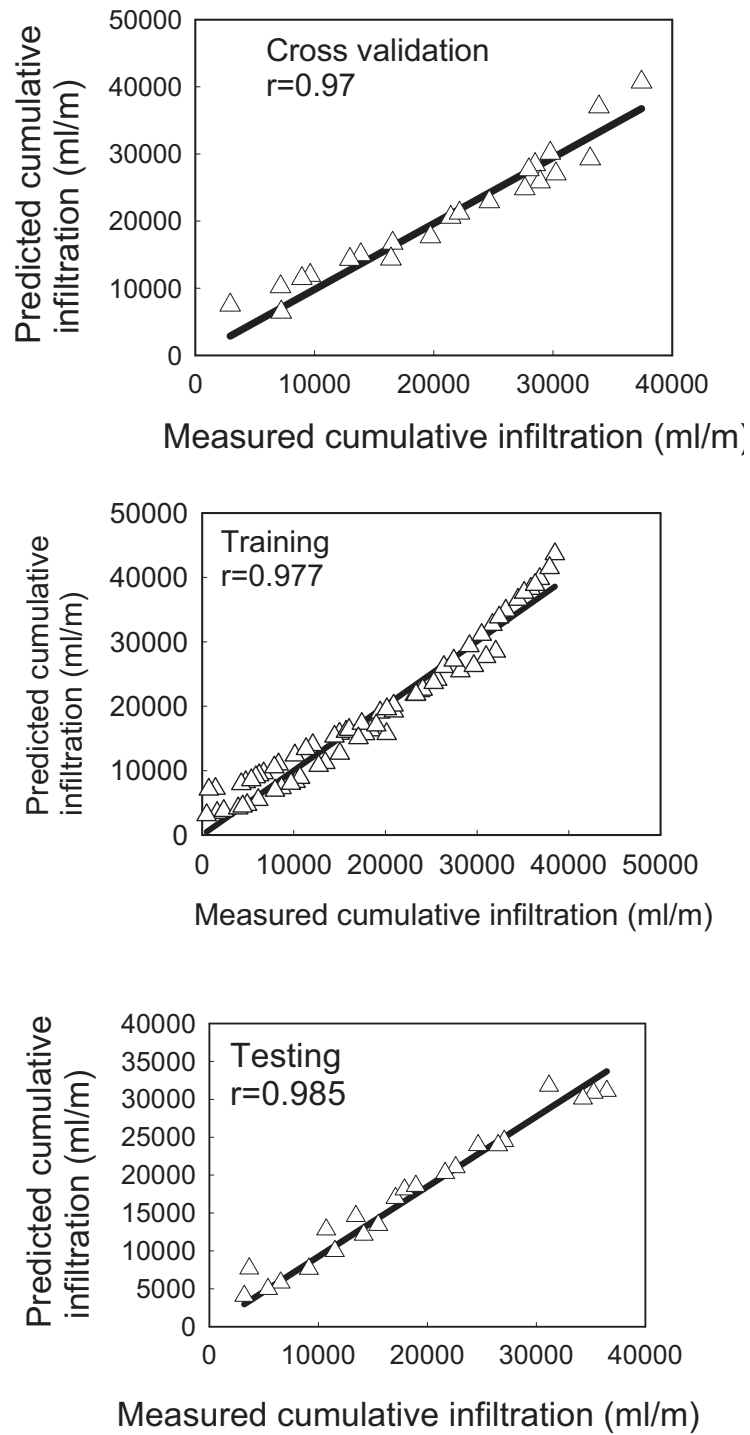
جدول (۱) - مشخصات مدل‌های انتخاب شده برای تحلیل نفوذ

ردیف	تعداد لایه میانی	تعداد عناصر	اندازه گام	ضریب ممانتوم	ضریب همبستگی
۱	۱	۳	۰/۹۹	۰/۸۰	۰/۸۹۰
۲	۱	۳	۰/۹۹	۰/۸۰	۰/۹۵۰
۳	۱	۳	۰/۹۹	۰/۸۰	۰/۸۵۰
۴	۱	۲	۰/۹۹	۰/۸۰	۰/۸۸۰
۵	۱	۱	۰/۹۹	۰/۸۰	۰/۹۷۰
			برای خروج ۰/۱۰	برای خروج ۰/۷۰	
۶	۱	۱	۰/۹۹	۰/۸۰	۰/۹۷۵

نوع آموزش، پرسپترون چند لایه و تابع تحریک، آکسون خط و تعداد ورودها برابر ۶ بود.



شکل (۴) - ساختار مدل شبکه عصبی مصنوعی نفوذ تجمعی از جویچه آبیاری



شکل (۵) - مقادیر نفوذ تجمعی اندازه‌گیری شده و برآورد شده با الگوریتم پرسپترون چند لایه‌ای برای داده‌های آموزشی، آزمونی و اعتبارسنجی.

ارزیابی عملکرد و میزان حساسیت خروجی شبکه به ورودی‌ها

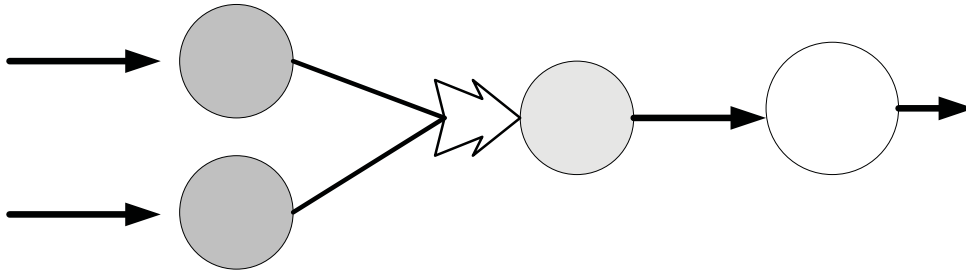
ارزیابی عملکرد شبکه با شاخص‌ها مختلف انجام می‌شود. از جمله این شاخص‌ها ضریب همبستگی و میانگین مربعات خطای ایجاد شده بین خروجی واقعی و دلخواه است. در شکل (۹) شاخص اخیر در آموزش با الگوریتم پرسپترون چند لایه‌ای برای دو تقسیم‌بندی داده‌ها یعنی مرحله آموزشی و اعتبارسنجی ارائه شده است. در شیوه آموزش پرسپترون چند لایه‌ای مقدار نهائی و حداقل میانگین مربعات خطا برای داده‌های آموزشی یکسان بوده و برابر $0/0059$ بود. میزان حساسیت خروجی شبکه عصبی به تغییرات ورودی‌های آن در شکل (۹) ارائه شده است. مهمترین ورودی موثر در مقدار خروجی فرصت نفوذ است و تاثیر فرصت نفوذ در مقدار نفوذ تجمعی در تحقیقات پیشین نیز ثابت شده و تاثیر قابل ملاحظه آن قابل انتظار بود. در شیوه آموزش پرسپترون چند لایه‌ای تاثیر پیرامون تر شده و سطح مقطع جریان تقریباً یکسان بود. همچنین می‌توان گفت تاثیر رطوبت اولیه و عمق آبیاری به یک اندازه بوده و چگالی ظاهری مرطوب خاک بر روی نفوذ تجمعی تاثیر بسیار کمی داشته است. با در نظر گرفتن نتایج تحلیل حساسیت با آموزش پرسپترون چند لایه‌ای، برای حذف ورودی‌های نامربوط و در نتیجه برای کاهش هزینه اندازه‌گیری و جمع‌آوری داده‌ها و نیز برای بهبود یا ارتقاء احتمالی عملکرد شبکه از الگوریتم تحلیل مولفه‌های اصلی استفاده شد. برای آموزش داده‌های اندازه‌گیری شده با تحلیل مولفه‌های اصلی، تعداد لایه‌های میانی یک و تعداد عناصر از ۱ تا ۳ در نظر گرفته شد. عمدتاً از تابع آکسون خطی به عنوان تابع تحریک با قاعده ممانتوم و با گام $0/99$ و ضریب $0/8$ استفاده شد. حداکثر تعداد اپوک برابر ۱۱۰۰ که ۱۰۰۰ اپوک برای الگوریتم تحت نظارت و ۱۰۰ اپوک برای الگوریتم بدون نظارت بود. نتایج انتخاب‌ها از بین بهترین جواب‌های حاصل از کاربرد شبکه عصبی با تحلیل مولفه‌های اصلی در جدول (۲) خلاصه شده است.

جدول (۲) - مشخصات الگوریتم تحلیل مولفه‌های اصلی انتخاب شده برای تحلیل نفوذ

ردیف	تعداد لایه میانی	تعداد عناصر	تعداد مولفه اصلی	ضریب همبستگی
۱	۱	۳	۶	۰/۹۷۸
۲	۱	۳	۵	۰/۹۵۰
۳	۱	۳	۴	۰/۹۴۰
۴	۱	۳	۳	۰/۹۰۰
۵	۱	۱	۳	۰/۹۷۷
۶	۱	۱	۲	۰/۹۷۰
۷	۱	۱	۱	۰/۹۱۰

نوع آموزش، تحلیل مولفه‌های اصلی، تابع تحریک آکسون خطی و برای ردیف ۷ آکسون سیگموئید بود.

از جدول (۲) ملاحظه می‌شود که از بین مدل‌های مختلف ردیف ماقبل آخر با یک لایه میانی و یک عنصر و با دو مولفه اصلی شامل فرصت نفوذ و سطح مقطع جریان (شکل (۶)) و با ضریب همبستگی ۰/۹۷۰ به عنوان بهترین انتخاب معرفی می‌شود. معیار انتخاب، بالا بودن ضریب همبستگی و ساده بودن ساختار و کم بودن تعداد ورودها بوده است. نفوذ تجمعی برآورد شده با کاربرد شبکه عصبی با الگوریتم تحلیل مولفه‌های اصلی با مشخصات انتخاب شده در شکل (۷) ارائه شده است. ضریب همبستگی حاصل به ترتیب برابر ۰/۹۷۳ و ۰/۹۸۲ و ۰/۹۷۵ برای داده‌ها آموزشی، آزمونی و اعتبارسنجی است. شکل‌های مقایسه‌ای ارائه شده حاکی از کارآئی استفاده از الگوریتم تحلیل مولفه‌های اصلی در برآورد نفوذ از جویچه‌های آبیاری است.



شکل (۶) - ساختار تحلیل مولفه‌های اصلی برای نفوذ تجمعی از جویچه آبیاری

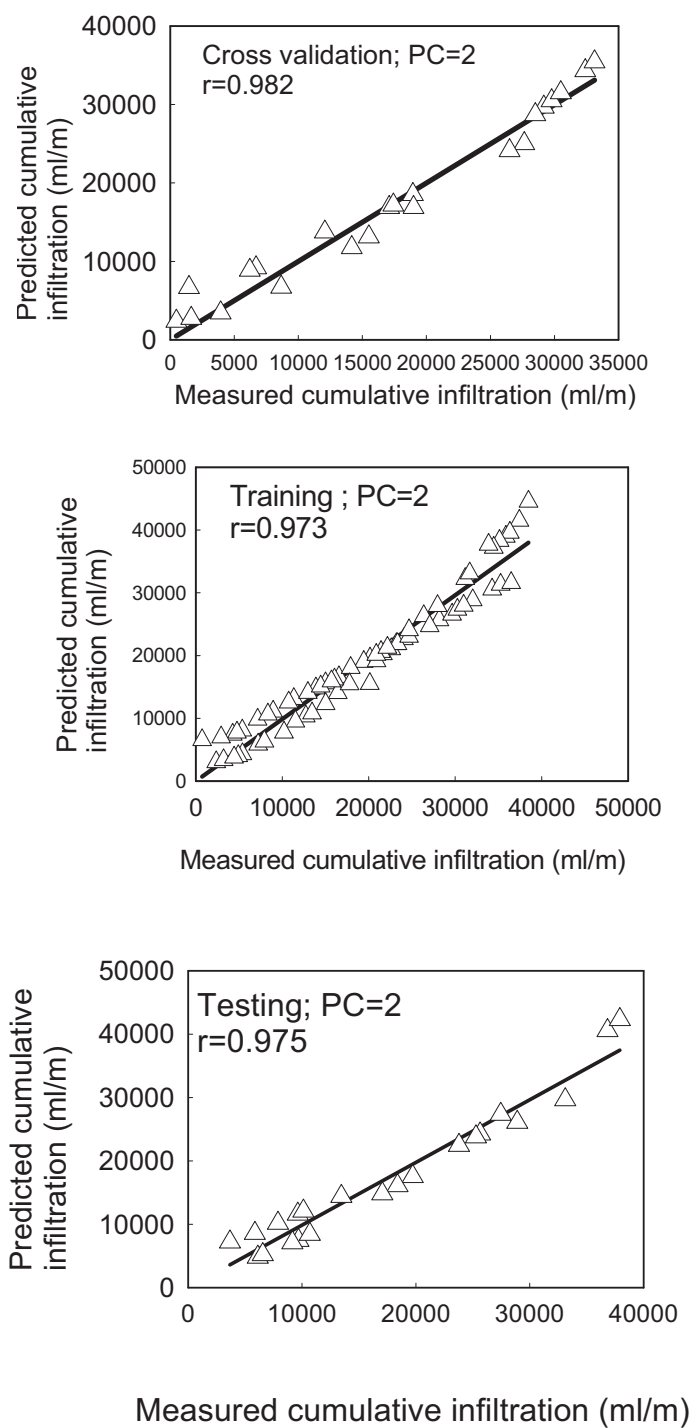
A

4

T

6

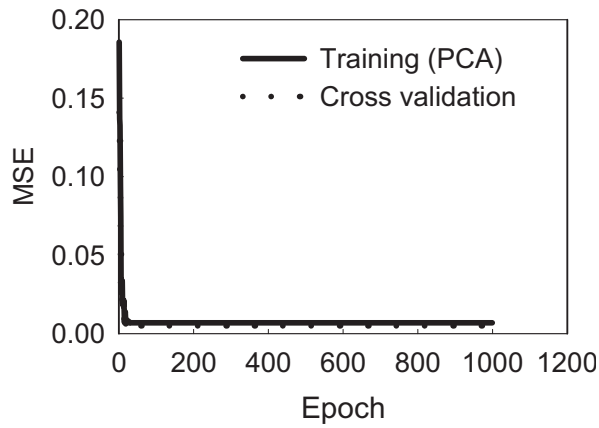
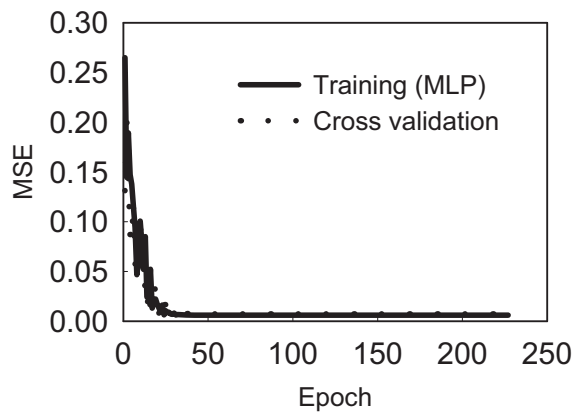
Hidd



شکل (۷) - مقادیر نفوذ تجمعی اندازه‌گیری شده و برآورد شده با الگوریتم تحلیل مولفه‌های اصلی برای داده‌های آموزشی، آزمونی و اعتبارسنجی.

جدول (۳) - حداقل و مقدار نهائی میانگین مربعات خطا در تحلیل مولفه‌های اصلی با دو مولفه فرصت نفوذ و سطح مقطع جریان

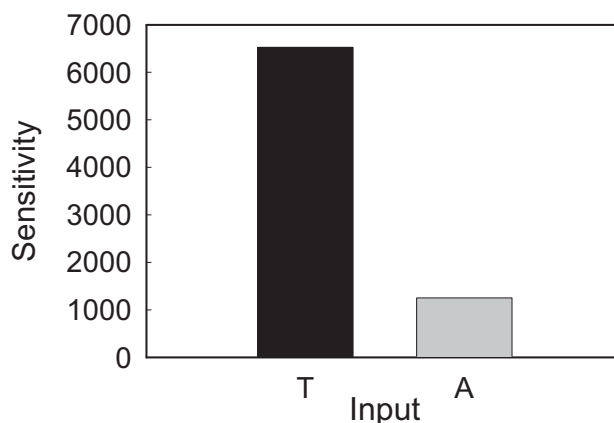
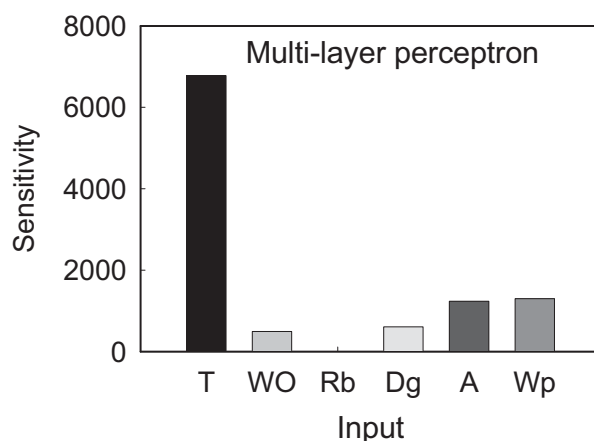
اعتبارسنجی	آموزشی	
۳۴	۳۲۲	اپوک
۰/۰۰۴۷	۰/۰۰۶۹	حداقل میانگین مربعات خطا
۰/۰۰۵۰	۰/۰۰۶۹	میانگین مربعات خطای نهائی



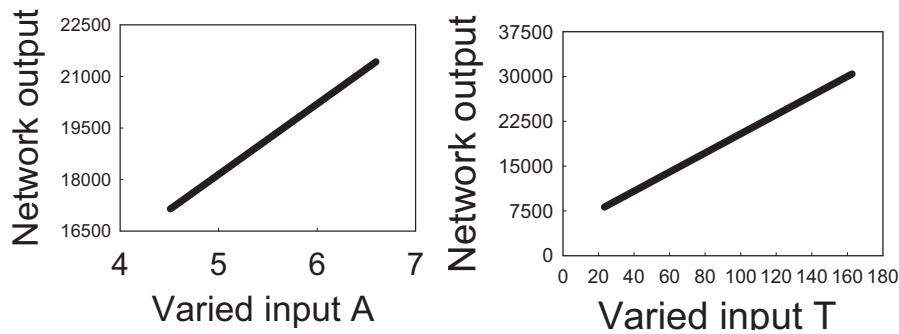
شکل (۸) - میانگین مربعات خطا ایجادشده بین خروجی واقعی و دلخواه به ازای اپوک‌های مختلف در الگوریتم‌های پرسپترون چند لایه‌ای و تحلیل مولفه‌های اصلی

ارزیابی عملکرد و میزان حساسیت خروجی شبکه با الگوریتم تحلیل مولفه‌های اصلی

میانگین مربعات خطا ایجادشده بین خروجی واقعی و دلخواه در الگوریتم تحلیل مولفه‌ها اصلی با دو مولفه فرصت نفوذ و سطح مقطع جریان برای داده‌های آموزش و اعتبارسنجی در جدول (۳) و شکل (۸) ارائه شده است. مقدار نهائی و حداقل میانگین مربعات خطا برای داده‌های آموزش یکسان بوده و برابر $0/0069$ و برای داده‌های اعتبارسنجی این دو مقدار به ترتیب برابر $0/0050$ و $0/0047$ بود (شکل (۸)). میزان حساسیت خروجی الگوریتم تحلیل مولفه‌ها اصلی به تغییرات ورودها آن در شکل (۹) و به میانگین تغییرات ورودها در شکل (۹) ارائه شده است. در این نوع الگوریتم نیز مهمترین ورودی موثر در مقدار خروجی فرصت نفوذ است. می‌توان گفت در غیاب سایر عوامل که اندازه گیری شده بود، حساسیت خروجی به میانگین تغییرات فرصت نفوذ بیش از پنج برابر حساسیت به سطح مقطع جریان بوده است. متناسب با تغییرات فرصت نفوذ از $23/35$ تا $162/66$ دقیقه، تغییرات نفوذ تجمعی از $8/14$ تا $30/42$ لیتر بر متر بود. تغییرات سطح مقطع جریان از $4/5$ تا $6/5$ سانتی متر مربع و متناسب با آن تغییرات نفوذ تجمعی از $17/14$ تا $21/42$ لیتر بر متر بود.



شکل (۹) - میزان حساسیت خروجی شبکه به میانگین تغییرات ورودهای آن در الگوریتم‌های مختلف آموزشی



شکل (۱۰) - خروجی شبکه به ازای تغییرات ورودها آن با کاربرد الگوریتم‌های پرسپترون چند لایه‌ای و تحلیل مولفه‌های اصلی

نتیجه‌گیری

کاربرد شبکه عصبی مصنوعی نشان داد استفاده از این فن برای تحلیل داده‌های نفوذ از جویچه‌های آبیاری به صورت رضایت بخشی مناسب است. از بین گزینه‌های مختلف در الگوریتم پرسپترون چند لایه‌ای، استفاده از یک لایه میانی و یک عنصر و با گام و ضریب ممانتوم برابر با $0/99$ و $0/8$ برای لایه میانی و $0/1$ و $0/7$ برای خروجی به عنوان گزینه بهتر انتخاب گردید. با در نظر گرفتن نتایج تحلیل حساسیت با آموزش پرسپترون چند لایه‌ای، برای حذف ورودهای نامربوط و در نتیجه برای کاهش هزینه اندازه‌گیری و جمع‌آوری داده‌ها و نیز برای بهبود یا ارتقاء احتمال عملکرد شبکه از الگوریتم تحلیل مولفه‌ها اصلی استفاده شد. استفاده از یک لایه میانی و یک عنصر و با دو مولفه اصلی شامل فرصت نفوذ و سطح مقطع جریان به دلیل بالا بودن ضریب همبستگی و ساده بودن ساختار و کم بودن تعداد ورودها به عنوان بهترین گزینه انتخاب و معرفی گردد.

منابع

۱. عابدینی، م.ج. و پولاد، ا. ۱۳۸۲. مقایسه عملکرد شبکه عصبی مصنوعی با سایر روش‌ها در برآورد مکانی بارندگی روزانه. ششمین کنفرانس بین الملل مهندسی عمران. ۱۵-۱۷ اردیبهشت ۱۳۸۲. دانشگاه صنعتی اصفهان.
۲. منهای، م. ب. ۱۳۷۷. مبانی شبکه‌ها عصبی مصنوعی. چاپ اول. مرکز نشر پروفیسور حسابی. تهران.
۳. ناصری، ا. ۱۳۸۵. کاربرد شبکه‌های عصبی مصنوعی در بررسی و تفسیر وضعیت مخزنی میدان نفتی با روش‌های ژئوفزیک و چاه پیمایی. دانشگاه صنعتی سهند. تبریز.

۴. ناصری، ا. ۱۳۸۶ کاربرد شبکه عصبی مصنوعی در تحلیل داده‌های نفوذ از جویچه‌های آبیاری. نهمین سمینار آبیاری و کاهش تبخیر. دانشگاه شهید باهنر کرمان. کرمان

5. Mohammadi, J. 2002. Testing an artificial neural network for predicting soil water retention characteristics from soil physical and chemical properties. 17th WCSS, 14-21 Aug. 2002. Thailand. 210:1-5.
6. Walker, W. R., 1989. Guidelines for designing and evaluating surface irrigation systems. Irrigation and Drainage paper No. 45, FAO, Rome, Italy, 137pp.

دومین سمینار راهکارهای بهبود و اصلاح سامانه‌های آبیاری سطحی

۲ فرورداد ماه ۱۳۸۷

ارزیابی عملکرد و راهکارهای بهبود سامانه های آبیاری سطحی شبکه آبیاری

و زهکشی دشت قزوین

وحیدرضا وردی نژاد^۱، تیمور سهرابی^۲، مهدی قبادی نیا^۳،

حسن اوجاقلو^۴، مجید میرزایی^۵، مسعود رشمالو^۶، بهنام آبابایی^۷

۱- مقدمه

تقاضای فزاینده مصرف آب در جهان از یکسو و محدودیت منابع آب تجدیدشونده از سوی دیگر ضروری می‌نماید تا سیاست‌گذاران جهانی تعدیل عرضه و تقاضای آب را دقیقاً مورد بررسی قرار داده و قبل از بروز مشکلات جدی به آن بیندیشند. بدیهی است در این میان کشت آبی، که به نظر سازمان جهانی فائو مهم‌ترین و مطمئن‌ترین منبع تأمین غذا در دنیا می‌باشد، از سهم بالایی برخوردار باشد. با توجه به محدودیت منابع آب در اغلب نقاط کشور ضرورت استفاده بهینه از آب در طرحهای توسعه منابع آب، امری محدود و بهره‌برداری از راهکارهای علمی و عملی در این خصوص از جمله ارزیابی مداوم از عملکرد سیستم‌های آبیاری و زهکشی مورد توصیه و تأکید است. در این راستا راندمان آبیاری مهمترین شاخص در سنجش مصرف آب کشاورزی می‌باشد، به نحوی که می‌توان در اتخاذ هر تصمیمی در جهت بهبود مدیریت مصرف از جمله ارزیابی عملکرد شبکه‌های آبیاری از این شاخص استفاده نمود. بنابراین با بررسی و اندازه گیری راندمان آبیاری در مزارع و باغات تحت اراضی این شبکه، نقائص و ضعف‌های عملکرد شبکه را شناسایی و می‌توان با کسب این اطلاعات اقدام به اصلاح روشها و مدیریت آبیاری و در نتیجه بهره برداری بهینه از آب آن نمود و ضمناً نگاه جامع‌تری نیز برای اجرای طرح‌های مشابه آینده در اختیار برنامه‌ریزان و طراحان قرار داد. تلفات آبیاری در قطعه آبیاری عمدتاً شامل نفوذ عمقی یا رواناب می‌باشد. وقتی آب به سر قطعات تحویل شد، هدف آن است که بطور یکنواخت در سطح زمین پخش گردد

۱- دانشجوی دکتری آبیاری و زهکشی، دانشکده کشاورزی کرج، دانشگاه تهران-۰۹۱۲۵۵۸۷۰۶۹

۲ و ۳- استاد گروه مهندسی آبیاری دانشکده کشاورزی کرج، دانشگاه تهران، ۰۲۶۱-۲۲۴۱۱۱۹

۴ و ۷- دانشجوی کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی، دانشکده کشاورزی کرج، دانشگاه تهران

۵ و ۶- دانشجوی سابق آبیاری و زهکشی، دانشکده کشاورزی کرج، دانشگاه تهران

و در منطقه توسعه ریشه نبات ذخیره گردد. عواملی که بر روی راندمان کاربرد آب تاثیر دارند، عبارتند از: روش آبیاری، عمق خالص آبیاری، ابعاد واحد زراعی، جریان ورودی به قطعه آبیاری، شیب قطعه تحت آبیاری، مشخصات خاک و غیره. در رابطه با مشخصات خاک، هرچه خاک سنگین‌تر باشد ظرفیت نگهداری آب در خاک بیشتر است، لذا عمق آبیاری را می‌توان افزایش داد. در این صورت تلفات عمدتاً مربوط به رواناب سطحی است در حالی که در خاکهای سبک راندمان کمتر می‌شود و تلفات عمدتاً مربوط به نفوذ عمقی است. در رابطه با روش آبیاری در شرایط مساوی پتانسیل راندمان کاربرد آب در روش کرتی بیشتر از روشهای شیاری و نواری و راندمان روش نواری بیش از روش شیاری است.

۲- سابقه تحقیق

کمیسیون بین‌المللی آبیاری و زهکشی (ICID) در ۹۱ منطقه از ۲۹ کشور جهان عوامل اصلی تأثیرگذار بر راندمان در طی عملیات انتقال و توزیع و کاربرد آب در سطح مزرعه را مورد بررسی و تجزیه و تحلیل قرار داده است که در مورد راندمان کاربرد آب در مزرعه به موارد زیر اشاره شده است: روش آبیاری در راندمان آبیاری مزرعه تأثیر مهمی دارد. بعد از اعمال اصلاح روی راندمان برآورد شده و تأثیر عوامل مختلف از جمله نوع خاک، اندازه مزرعه، دبی ورودی و روش آبیاری راندمان کاربرد آب بطور میانگین بین ۵۳ الی ۵۷ درصد ارائه شده است که در مورد شالی کاری این مقدار به ۴۵ الی ۵۰ درصد می‌رسد (۳). در ایران نیز در مورد راندمان‌های آبیاری در شبکه‌های موجود کشور تحقیقاتی به عمل آمده است. آمار مورد استفاده برای بررسی راندمان آبیاری در کشت و صنعت کارون مربوط به سال‌های ۶۳ تا ۶۷ به صورت ماه به ماه در دسترس می‌باشد، مطالعاتی که در این شبکه صورت گرفته است، راندمان کل آبیاری در سال‌های ۶۳، ۶۴، ۶۵ و ۶۶ به ترتیب ۱۹، ۲۰، ۲۴ و ۲۶ درصد و بطور میانگین ۲۲/۳ درصد می‌باشد. مطالعات صورت گرفته در شبکه آبیاری و زهکشی مغان نشان می‌دهد متوسط راندمان کاربرد ۶۰ تا ۷۰ درصد می‌باشد. منعم و همکاران (۱۳۷۹) عملکرد شبکه آبیاری قزوین را بوسیله مدل (PAIS: Performance Assessment Irrigation Model) ارزیابی کردند. مطابق نتایج بدست آمده، عملکرد سیستم از دیدگاه‌های مدیریتی، فنی، اقتصادی، زیست محیطی و اجتماعی به ترتیب ۶۲، ۸۲، ۶۴، ۸۴ و ۷۸ درصد می‌باشد. سهرابی و خوش خواهش (۱۳۸۰) راندمان کاربرد آب در شبکه آبیاری گیلان و فومنت را در مناطق فومن، رشت و لاهیجان را برای مزارع برنج برای دو حالت بدون استفاده مجدد از رواناب و با استفاده مجدد از رواناب را به ترتیب (۷۳ و ۵۱)، (۷۳ و ۴۹) و (۷۲ و ۴۹) درصد بدست آوردند (۴).

۳- مشخصات عمومی منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه به وسعت ۱۷۰۰۰ کیلومتر مربع جزو حوزه آبریز رودخانه شور می‌باشد. دشت قزوین با وسعت حدود ۴۴۰ هزار هکتار بخشی از این حوزه آبریز را شامل می‌گردد که محدوده آن از

طرف شمال به دامنه کوه‌های البرز از طرف شرق به رودخانه زیاران، از طرف غرب به دامنه رشته کوه‌های زاگرس و نهایتاً از طرف جنوب به شوره‌زارهای جنوب کشیده شده است. این منطقه تحت پوشش شبکه مدرن آبیاری شامل پهنه‌ای از دشت قزوین بصورت نواری بطول حدود ۱۰۰ کیلومتر و به عرض حدود ۲۰ کیلومتر می‌باشد که از طرف شرق به رودخانه زیاران، از طرف غرب به حاشیه شرقی شهر تاکستان، از شمال به دامنه کوه‌های البرز مرکزی و از جنوب به حاشیه جاده آسفالت کمال‌آباد - آبیگ محدود می‌گردد. در این طرح آب مورد نیاز از آب جاری رودخانه طالقان از حوضه‌های البرز جنوبی تأمین می‌شود. این منطقه دارای اقلیمی نیمه خشک بوده و تابستانهای نسبتاً گرم و زمستانهای نسبتاً سرد دارد. طبق نقشه بیوکلیماتیک ایران، این منطقه جزء مناطق مدیترانه‌ای محسوب می‌شود. میزان بارندگی در ارتفاعات بین ۳۰۰ تا ۳۵۰ میلیمتر و در نواحی جنوبی بین ۲۰۰ تا ۲۵۰ میلیمتر در سال می‌باشد.

۴- مواد و روش ها

۴-۱- انتخاب مزارع

معیارهای انتخاب مزارع جهت برآورد راندمان کاربرد آب بر اساس روش‌های آبیاری، مشخصات خاک، مدیریت زارعین و نوع محصولات انجام گرفت. در این راستا به منظور لحاظ نمودن تأثیر خاک، روش آبیاری، مدیریت آبیاری و نوع محصولات در برآورد راندمان کاربرد، مزارع در بخش‌های شمالی، جنوب و مرکزی و در شرق و غرب شبکه بعثت تنوع نوع خاک شناسائی گردیدند. سپس در هر کدام از این بخش‌ها انواع سیستم‌های آبیاری سطحی تحت مدیریت‌های مختلف انتخاب شدند. مشخصات مزارع و باغات برای محاسبه راندمان کاربرد آب در جداول (۱) و (۲) آمده است.

جدول (۱) مشخصات مزارع انتخابی برای محاسبه راندمان کاربرد آب

شماره مزرعه	روش آبیاری	مشخصات پروفیل	شیب زمین	محصول	منبع تامین آب
۱	نواری	خاک با بافت نسبتاً سنگین	۲-۱ درصد	لوبیا قرمز	آب چاه
۲	نواری	بافت خاک سطحی سبک	۰/۴۴ درصد	یونجه	آب چاه
۳	جوی پشته‌ای	بافت خاک سطحی نسبتاً سنگین	۰/۶۸ درصد	ذرت دانه‌ای	آب کانال
۴	جوی پشته‌ای	بافت خاک سطحی سنگین	۰/۹۷ درصد	ذرت دانه‌ای	آب کانال
۵	جوی پشته‌ای	خاک با بافت خاک سطحی سنگین	۰/۳۰ درصد	ذرت دانه‌ای	آب چاه
۶	جوی پشته‌ای	بافت خاک سطحی نسبتاً سنگین	۰/۱۰ درصد	ذرت دانه‌ای	آب کانال
۷	جوی پشته‌ای	خاک با بافت خاک سطحی سنگین	۰/۷۰ درصد	ذرت دانه‌ای	چاه و کانال

جدول (۲) مشخصات باغات انتخابی برای محاسبه راندمان کاربرد آب

شماره باغ	روش آبیاری	مشخصات پروفیل	شیب زمین	محصول	منبع تامین آب
۱	نواری	خاک با بافت سنگین	۱/۵-۱ درصد	هلو و شلیل	آب چاه
۲	نواری تشتکی	بافت خاک سطحی متوسط	۰/۸۲ درصد	هلو و شلیل	آب کانال
۳	نواری	بافت خاک سطحی نسبتاً سنگین	۲/۰۵ درصد	هلو و شلیل	چاه و کانال

۲-۴- پارامترهای اندازه‌گیری شده

- جریان آب ورودی و خروجی؛ با توجه به میزان جریان آب ورودی به مزارع و به منظور افزایش دقت اندازه‌گیری دو روش (فلومهای WSC و مولینه مدل BFMOO2-Valeport) برای اندازه‌گیری آب در مزارع مورد استفاده قرار گرفت. این اندازه‌گیریها در طول مدت آبیاری و فصل آبیاری ادامه یافت و پس از ترسیم هیدروگراف با محاسبه سطح زیر منحنی حجم آب ورودی و خروجی مزرعه در هر آبیاری تعیین شد.

- اندازه‌گیری نفوذپذیری خاک: روش‌های متعددی برای اندازه‌گیری نفوذ وجود دارد که انتخاب آن بسته به نوع روش آبیاری است. برای اندازه‌گیری سرعت نفوذ در روش‌های آبیاری کرتی یا نواری، روش استوانه‌های مضاعف بکار برده شد. در آبیاری جوی-پشته‌ای روش جریان ورودی-خروجی مورد استفاده قرار گرفت. برای آبیاری کرتی و نواری نفوذپذیری خاک در هر مزرعه حداقل در سه نقطه با توجه به وسعت قطعه مورد آزمایش و ۳ الی ۴ مرتبه در طول فصل آبیاری اندازه‌گیری شد. برای آبیاری شیاری جریان ورودی و خروجی در فواصل زمانی ۱، ۲، ۳، ۵ و ۱۰ دقیقه‌ای تا حدود ۲ ساعت اندازه‌گیری شد. اختلاف بین جریان‌های ورودی و خروجی در هر فاصله زمانی میزان نفوذ را در آن فاصله و در سطح شیار نشان می‌دهد. از این داده‌ها ارتفاع آب نفوذی و سرعت نفوذ به دست آمد. سرعت نفوذ در شیار از فرمول زیر به دست می‌آید:

$$f = \frac{q \times 360}{W \times L} \quad (1)$$

که در آن: f = سرعت نفوذ q , (cm/hr) = اختلاف دبی جریان ورودی و خروجی w , (l/s) = فاصله شیار L و m = طول شیار m می باشند.

- تعیین خصوصیات فیزیکی خاک: به منظور تعیین مشخصات و بافت خاک و تأثیر آنها روی راندمان کاربرد آب از هر مزرعه انتخابی نمونه‌برداری خاک انجام گرفت و مشخصات فیزیکی خاک از قبیل جرم مخصوص ظاهری، بافت خاک، ضرائب رطوبتی خاک (PWP, FC) در لایه‌های مختلف خاک و مشخصات لایه زیرین خاک از طریق آزمایش‌های صحرایی و آزمایشگاهی بدست آمد.

- نقشه‌برداری مزارع انتخابی: مساحت و شیب قطعات مورد آزمایش در هر یک از مزارع انتخابی با کارگیری

ابزار نقشه برداری تعیین گردید.

- رطوبت قبل و بعد از آبیاری در منطقه توسعه ریشه: برای جوی پشته‌ها یا نوارهای با طول کمتر، متناسب با طول آن حداقل ۵ مقطع به فواصل مساوی انتخاب و برای طول‌های بیش از ۱۰۰ متر به ازای هر ۲۰ متر یک مقطع در نظر گرفته شد. رطوبت با توجه به عمق توسعه ریشه بازای هر ۲۰ سانتیمتر عمق، یک نمونه برداشت و حداکثر تا عمق یک متری این کار ادامه یافت.

۳-۴- محاسبه راندمان کاربرد آب در مزارع و باغات بر اساس تغییرات ذخیره آب در خاک

حرکت آب در یک شبکه آبیاری از منبع تا محل مصرف توسط گیاه را می‌توان به سه بخش انتقال، توزیع و کاربرد آب در سطح مزرعه تقسیم کرد. انتقال، حرکت آب از منبع به وسیله کانال‌های اصلی و درجه ۱ و ۲ (یا مجاری بسته) تا آبگیر کانال‌های درجه ۳ می‌باشد. توزیع، حرکت آب در کانال‌های درجه ۳ (کانال‌های توزیع) و کانال درجه ۴ (مزرعه) یا مجاری بسته تا محل تغذیه قطعه زراعی می‌باشد. کاربرد آب در مزرعه، حرکت آب از محل آبگیر قطعه زراعی تا محل مصرف آب به وسیله گیاه است (۳). در آبیاری سطحی مراحل محاسبه راندمان کاربرد آب در مزرعه به شرح زیر می‌باشد:

قبل از شروع آبیاری و بعد از آبیاری از خاک قطعه مورد آزمایش با توجه به عمق توسعه ریشه گیاه نمونه برداری شد تا رطوبت خاک قبل و بعد از آبیاری مشخص گردید. برای این کار در مقاطع مختلف (حداقل سه مقطع) در طول شیار با توجه به عمق توسعه ریشه از هر ۳۰cm عمق خاک نمونه برداری شد. عمق نفوذ نیز در دو نقطه کف شیار و محل کاشت گیاه و در شیاری که فاصله بین آنها زیاد است، در نقطه سوم نیز به فاصله ۵۰ درصد طول رشد عرضی ریشه از لبه شیار تعیین شد. مساحت قطعات مورد آزمایش بعد از برداشت نقاط، ترسیم و اندازه گیری شد. فلوم WSC قبل از آبیاری در ابتدا و انتهای شیار نصب و اندازه‌گیری آب آبیاری تا قطع آب آبیاری به وسیله میراب ادامه پیدا کرد. سپس متوسط عمق آب ورودی به قطعه تحت آبیاری و عمق آب خروجی (رواناب) از انتهای آن تعیین گردد. حال با توجه به مقادیر رطوبت های قبل و بعد آبیاری و همچنین عمق توسعه ریشه، مقدار عمق آب ذخیره شده در منطقه توسعه ریشه از رابطه زیر تعیین گردید:

$$d = (\theta_f - \theta_i) \frac{\rho_b}{\rho_w} R_z \quad (2)$$

θ_f و θ_i : به ترتیب رطوبت های وزنی خاک در قبل و بعد از هر آبیاری (اعشاری)، ρ_b : جرم مخصوص ظاهری خاک (gr/cm^3)، ρ_w : چگالی آب (gr/cm^3) (معمولا برابر واحد فرض می شود) و R_z : عمق توسعه ریشه (cm). با توجه به مقادیر آب داده شده به شیار و میزان آب ذخیره شده در عمق توسعه ریشه، راندمان کاربرد آب در مزرعه از رابطه محاسبه می شود (Israelsen and Hansen):

$$E_a = \frac{(\theta_f - \theta_i) \rho_b \times R_z}{\nabla} \times 100 \quad (3)$$

$$\nabla = \bar{Q}t / A \quad (4)$$

E_a : راندمان کاربرد آب (درصد) می‌باشد. در رابطه (۴)، ∇ : کل عمق آب تحویلی به قطعه تحت آبیاری در مزرعه، \bar{Q} : متوسط دبی ورودی در حین آبیاری، t : مدت زمان آبیاری، A : سطح آبیاری شده می‌باشد. البته ذکر این نکته ضروری است که آب مورد استفاده برای آبیاری، کنترل شرایط اقلیمی، شخم زدن خاک، تراوش، کنترل جوندگان و غیره مطابق تعریف استاندارد ICID در راندمان کاربرد آب گنجانده نشده است. برای تعیین راندمان در آبیاری اول (خاک آب) حاصل ضرب K_c مربوط به مرحله رشد در ET_0 در همان مرحله به عنوان مقدار مصرف در آبیاری اول در نظر گرفته شد و تبخیر از سطح خاک با توجه به معادله ریچی (رابطه ۵) به عنوان مصرف در آبیاری اول در نظر گرفته شد.

$$ET_c = K_c \frac{ET_0}{\sqrt{T}} \quad (5)$$

۵- نتیجه‌گیری و بحث:

این پژوهش به مدت ۵ ماه (اردیبهشت تا شهریور) سال ۸۴ به منظور بررسی وضعیت بازده کاربرد آب سیستم های آبیاری سطحی در شرایط کار زارعین در شبکه آبیاری دشت قزوین انجام شد. ۴۸ مورد ارزیابی از ۷ مزرعه و ۳ باغ به عمل آمد. به عنوان نمونه، روند محاسبات راندمان کاربرد مزرعه شماره (۱) که تحت کشت لوبیا بوده است، در جدول (۳) ارائه شده است. در برخی از موارد به دلایل مختلف، از جمله هم زمان شدن آبیاری مزارع و باغات و سایر مشکلات، راندمان کاربرد اندازه گیری نگردید که این موارد با علامت * مشخص شده‌اند.

کمترین مقدار راندمان کاربرد آب در این مزرعه مربوط به خاک آب (۱۴/۵ درصد) و بیشترین آن مربوط به آبیاری ششم (۴۷/۵ درصد) بود و متوسط راندمان با توجه به تعداد آبیاری‌های اندازه‌گیری شده ۳۱/۲ درصد بدست آمد. طولانی بودن نوارها (حدود ۲۹۰ متر) و عمق زیاد آب ناخالص آبیاری و نیز کوتاه بودن دور آبیاری با توجه به عمق توسعه ریشه نسبتاً کوتاه در لوبیا، از دلایل عمده تلفات در مزرعه فوق می‌باشد. در این مزرعه تلفات رواناب وجود نداشته و کل تلفات مربوط به ترم نفوذ عمقی می‌باشد و نتایج ارزیابی راندمان آبیاری نیز این موضوع را بخوبی نشان می‌دهد. به دلیل گسترده شدن نتایج سایر مزارع و باغات، در جداول (۴) و (۵) فقط خلاصه نتایج راندمان کاربرد مزارع و باغات ارائه شده است.

جدول شماره (۳) روند محاسبات راندمان کاربرد مزرعه شماره (۱) تحت سیستم آبیاری نواری

مزرعه شماره ۱ آبیاری ۱ (رضایی آب)	مجموع: طول سبز	تاریخ آبیاری: ۸۲/۲/۱	مجموع آب در دسترس آبیاری: کل حجم آب در دسترس (لیتر)	مدت زمان آبیاری: ۵۹۵۵: هر متر مربع	کل سطح مزرعه: ۵۹۵۵ متر مربع	نوع آبیاری: M30+	معمول: آبگرمی: چاه: ۷ (mm)	معمول: سطح: ۷۸/۸	معمول: ۱۰: ET (mm/day)	معمول: عمق: ۵۰: عمق	مدت زمان آبیاری نور تحت آبیاری: ۱۵/۳۷	نوع آبیاری: ۱۵/۳۷	معمول: ۱۱: ET (mm/day)	معمول: عمق: ۱۱: عمق	راندمان کاربرد (درصد): ۱۹/۵
آبیاری ۳	تاریخ آبیاری: ۸۲/۲/۲۳	تاریخ آبیاری: ۸۲/۲/۲۳	کل حجم آب در دسترس (لیتر)	مدت زمان آبیاری نور تحت آبیاری: ۲۵: دقیقه	۷ (mm)	دور آبیاری (روز)	۷ (mm)	۷۸/۷۳	۹	۱۱: عمق: ۱۱: عمق	۱۵/۳۷	۱۵/۳۷	۱۱: عمق: ۱۱: عمق	۱۱: عمق: ۱۱: عمق	راندیمان کاربرد (درصد): ۱۸/۴۰
آبیاری ۴	تاریخ آبیاری: ۸۲/۵/۲۰	تاریخ آبیاری: ۸۲/۵/۲۰	کل حجم آب در دسترس (لیتر)	مدت زمان آبیاری نور تحت آبیاری: ۲۰: دقیقه	۷ (mm)	دور آبیاری (روز)	۷ (mm)	۸۵/۷۳	۹	۱۵: عمق: ۱۵: عمق	۲۶/۸۴	۲۶/۸۴	۱۵: عمق: ۱۵: عمق	۱۵: عمق: ۱۵: عمق	راندیمان کاربرد (درصد): ۳۱/۳
آبیاری ۵	تاریخ آبیاری: ۸۲/۵/۵	تاریخ آبیاری: ۸۲/۵/۵	کل حجم آب در دسترس (لیتر)	مدت زمان آبیاری نور تحت آبیاری: ۲۲: دقیقه	۷ (mm)	دور آبیاری (روز)	۷ (mm)	۸۵/۷۶	۳	۱۸: عمق: ۱۸: عمق	۲۷/۳۷	۲۷/۳۷	۱۸: عمق: ۱۸: عمق	۱۸: عمق: ۱۸: عمق	راندیمان کاربرد (درصد): ۳۴/۱۲
آبیاری ۶	تاریخ آبیاری: ۸۲/۵/۱۲	تاریخ آبیاری: ۸۲/۵/۱۲	کل حجم آب در دسترس (لیتر)	مدت زمان آبیاری نور تحت آبیاری: ۲۴: دقیقه	۷ (mm)	دور آبیاری (روز)	۷ (mm)	۸۱/۶۵	۵	۲۰: عمق: ۲۰: عمق	۲۳/۲۸	۲۳/۲۸	۲۰: عمق: ۲۰: عمق	۲۰: عمق: ۲۰: عمق	راندیمان کاربرد (درصد): ۴۱/۲۵
آبیاری ۷	تاریخ آبیاری: ۸۲/۵/۱۷	تاریخ آبیاری: ۸۲/۵/۱۷	کل حجم آب در دسترس (لیتر)	مدت زمان آبیاری نور تحت آبیاری: ۱۸۰: دقیقه	۷ (mm)	دور آبیاری (روز)	۷ (mm)	۵۸/۰۵	-	۲۲: عمق: ۲۲: عمق	۳۳/۵	۳۳/۵	۲۲: عمق: ۲۲: عمق	۲۲: عمق: ۲۲: عمق	راندیمان کاربرد (درصد): ۴۷/۸۱

جدول (۴) نتایج راندمان کاربرد مزارع

متوسط راندمان	نوع سیستم آبیاری: نواری						شماره مزرعه: ۱
	آبیاری ۷	آبیاری ۶	آبیاری ۵	آبیاری ۴	آبیاری ۳	آبیاری ۲	آبیاری ۱ (خاک آب)
۳۱/۲	۴۷/۵۷	۴۱/۲۵	۳۴/۱۲	۳۱/۳	۱۸/۴	* ^۱	۱۴/۵۳
متوسط راندمان	نوع سیستم آبیاری: نواری						شماره مزرعه: ۲
	آبیاری ۷	آبیاری ۶	آبیاری ۵	آبیاری ۴	آبیاری ۳	آبیاری ۲	آبیاری ۱ (خاک آب)
۱۶/۸	*	۲۸/۴	۲۵/۵	۱۸/۳	۱۱/۳	۱۴/۶	۸/۴
متوسط راندمان	نوع سیستم آبیاری: جوی و پشته						شماره مزرعه: ۳
	آبیاری ۷	آبیاری ۶	آبیاری ۵	آبیاری ۴	آبیاری ۳	آبیاری ۲	آبیاری ۱ (خاک آب)
۶۱/۵	*	*	۸۳/۳	۸۸/۴	۶۸/۳	۴۲/۱	۲۵/۳
متوسط راندمان	نوع سیستم آبیاری: جوی و پشته ای						شماره مزرعه: ۴
	آبیاری ۷	آبیاری ۶	آبیاری ۵	آبیاری ۴	آبیاری ۳	آبیاری ۲	آبیاری ۱ (خاک آب)
۴۷/۹	۶۹/۳	۵۹/۷	۴۲/۳	۵۰/۷	۳۱/۷	۳۸/۸	۵۰/۰۲
متوسط راندمان	نوع سیستم آبیاری: جوی و پشته ای						شماره مزرعه: ۵
	آبیاری ۷	آبیاری ۶	آبیاری ۵	آبیاری ۴	آبیاری ۳	آبیاری ۲	آبیاری ۱ (خاک آب)
۴۵/۳	*	*	۴۹/۲	۶۰/۴	۴۵/۵	۴۸/۶	۲۲/۶
متوسط راندمان	نوع سیستم آبیاری: جوی و پشته ای						شماره مزرعه: ۶
	آبیاری ۷	آبیاری ۶	آبیاری ۵	آبیاری ۴	آبیاری ۳	آبیاری ۲	آبیاری ۱ (خاک آب)
۴۲/۷	*	*	*	*	۵۳/۶	۴۲/۶	۳۱/۹
متوسط راندمان	نوع سیستم آبیاری: جوی و پشته ای						شماره مزرعه: ۷
	آبیاری ۷	آبیاری ۶	آبیاری ۵	آبیاری ۴	آبیاری ۳	آبیاری ۲	آبیاری ۱ (خاک آب)
۳۶/۷	*	*	*	۳۳/۴	۲۲	۴۸	۴۳/۴

۱- موارد * راندمان کاربرد آب به دلایل ذکر شده اندازه‌گیری نشده است.

جدول شماره (۵) نتایج راندمان کاربرد باغات

شماره باغ: ۱	نوع محصول: هلو و شلیل						متوسط راندمان
	آبیاری ۱ (خاک آب)	آبیاری ۲	آبیاری ۳	آبیاری ۴	آبیاری ۵	آبیاری ۶	
۹۲/۵	۶۴/۸	۴۸/۵	۷۶/۶	۹۱/۵	۸۱/۳	*	۷۵/۸
شماره باغ: ۲	نوع محصول: هلو و شلیل						متوسط راندمان
	آبیاری ۱ (خاک آب)	آبیاری ۲	آبیاری ۳	آبیاری ۴	آبیاری ۵	آبیاری ۶	
۹۰/۵	۹۱	*	*	*	*	*	۹۰/۷۵
شماره باغ: ۳	نوع محصول: هلو و شلیل						متوسط راندمان
	آبیاری ۱ (خاک آب)	آبیاری ۲	آبیاری ۳	آبیاری ۴	آبیاری ۵	آبیاری ۶	
۸۵/۶	۸۹/۸	*	*	*	*	*	۸۷/۷

۱-۵- تحلیل نتایج راندمان‌ها، توصیه‌ها و ارائه راهکارهای بهسازی:

در مزرعه شماره (۱)، چنانکه ذکر شد، طولانی بودن نوارها (حدود ۲۹۰ متر) و عمق زیاد آب ناخالص آبیاری و نیز کوتاه بودن دور آبیاری با توجه به عمق توسعه ریشه نسبتاً کوتاه در لوبیا، از دلایل عمده تلفات در مزرعه فوق می باشد. در مزرعه شماره (۲)، با توجه به شنی بودن بافت خاک و ظرفیت نگهداشت پایین، تلفات ناشی از نفوذ عمقی علت اصلی کاهش راندمان می باشد. ضمناً بعلت تازه بودن کشت یونجه در این مزرعه که در آبیاری‌های اول و دوم معمولاً عمق ریشه خیلی کم بوده و در حالیکه مقدار آب آبیاری در تمام آبیاری‌ها تقریباً ثابت بوده است. لذا عوامل فوق باعث شدند که راندمان کاربرد آب در این مزرعه بطور قابل ملاحظه‌ای کاهش یابد. در مزرعه شماره (۳)، روش آبیاری جوی پشته‌ای بوده و مقدار آب در تمام آبیاری‌ها تقریباً ثابت بوده و دلیل افزایش راندمان در این مزرعه را می توان به سنگین بودن بافت خاک، دور آبیاری نسبتاً طولانی و مقدار آبیاری متناسب با کمبود رطوبت خاک مرتبط دانست. در مزرعه شماره (۴)، به دلیل شیب زیاد، آب ورودی به مزرعه در انتهای مزرعه به صورت رواناب از انتهای آن خارج گردید. لذا عمده تلفات را می توان به رواناب خروجی نسبت داد. در مزرعه شماره (۵)، تلفات عمده در این مزرعه ناشی از نفوذ عمقی بود. این مزرعه سیستم زهکشی نداشت و آب ورودی به شیارها در انتها جمع شده و تشکیل تالاب می داد. مزرعه شماره (۶)، دارای سیستم زهکشی بوده و آبی که از انتهای مزرعه خارج می شد در مزارع پایین دست مورد استفاده قرار می گرفت. با این حال، با در نظر گرفتن رواناب به عنوان تلفات، راندمان‌های فوق بدست آمده است. مزرعه شماره (۷) دارای سیستم زهکشی نبوده و آبی از انتهای مزرعه خارج نمی شد. تلفات عمده در این مزرعه تلفات ناشی از نفوذ عمقی به دلیل طولانی بودن شیارها بود. طول مزرعه ۱۱۰۰ متر و شیارها به سه بخش شامل ۳۵۰، ۳۵۰ و ۴۰۰

متر بود. تلفات عمقی مخصوصاً در بخش اول و دوم قابل ملاحظه بوده و ضمناً در برخی از آبیاری‌ها مقداری تلفات به صورت رواناب خروجی از انتهای بخش سوم صورت گرفت که باعث کاهش راندمان گردید.

در باغ شماره (۱)، بدلیل نبود تلفات بصورت رواناب و کم بودن نفوذ عمقی به دلیل عمیق بودن ریشه، راندمان کاربرد آب در این باغ بسیار بالا بود. زمانی که آب به انتهای باغ می‌رسید، شکل نوارها عوض می‌شد و چند ردیف نوار بصورت عمود بر نوارهای اصلی ایجاد شده بود که آب اضافی در انتهای مزرعه وارد این نوارها می‌شد. در باغ دوم تلفات به شکل رواناب وجود نداشت و هیچ آبی از باغ خارج نمی‌شد و موقعی که آب زیادی وارد یک نوار می‌شد از انتهای نوار تحت آبیاری وارد نوار مجاور می‌گردید. همچنین بدلیل عمیق بودن ریشه‌های درختان، تلفات ناشی از نفوذ عمقی قابل ملاحظه نبود. لذا بدلیل موارد فوق راندمان کاربرد آب در این باغ بسیار بالا بدست آمد. در باغ سوم عملاً تلفات خروجی وجود نداشت و بدلیل عمیق بودن ریشه‌های درختان، تلفات ناشی از نفوذ عمقی در حداقل ممکن بود. بنابراین بدلیل نبود تلفات رواناب و قابل اغماض بودن نفوذ عمقی، راندمان کاربرد آب در این باغ نسبتاً بالا بدست آمد. ضمناً سیستم توزیع آب برای این باغ مناسب بود. بیشترین تلفات در این مزرعه را می‌توان ناشی از انتقال آب دانست.

به طور کلی می‌توان نتایج زیر را در مورد راندمان کاربرد آب در مزارع و باغات انتخابی بیان نمود:
مزارع: کمترین مقدار راندمان کاربرد آب در مزارع تحت روشهای آبیاری سطحی ۱۶/۸ درصد و بیشترین آن ۶۱/۵ درصد بدست آمد. متوسط راندمان برای مزارع تحت روشهای آبیاری سطحی با توجه به تعداد آبیاری‌های اندازه‌گیری شده ۳۹/۳ درصد بدست آمد.

باغات: کمترین مقدار راندمان کاربرد آب در باغات تحت روشهای آبیاری سطحی ۷۵/۸ درصد و بیشترین آن ۹۰/۷ درصد بدست آمد و متوسط راندمان برای باغات تحت روشهای آبیاری سطحی بر اساس آبیاری‌های اندازه‌گیری شده ۸۴/۴ درصد بدست آمد. با توجه به نتایج بدست آمده از این مطالعه ارائه راهکارها در جهت بهبود و اصلاح روشهای آبیاری برای استفاده بهینه از شبکه آبیاری موجود در دشت قزوین تحت دو بخش مجزا (۱) انتخاب مناسب و (۲) طراحی صحیح روشها به شرح ذیل بیان می‌گردد:

(۱) **انتخاب مناسب:** در برخی از مزارع دشت قزوین، علت پایین بودن راندمان کاربرد به همین دلیل می‌باشد که نوع سیستم آبیاری برای یک نوع خاک معین، نامناسب می‌باشد. مثل مزرعه شماره (۲) که بافت خاک کاملاً شنی می‌باشد.

(۲) **طراحی صحیح روشهای آبیاری:** طولانی بودن نوارها برای خاک‌های نسبتاً سبک در سیستم آبیاری سطحی مناسب نمی‌باشد. ضمناً در این مزارع هیچ‌گونه تمهیداتی برای افزایش راندمان (مثل کوتاه کردن طول نوارها) در نظر گرفته نشده است. در برخی از مزارع با سیستم آبیاری سطحی، طول شیارها هیچ‌گونه هماهنگی با شرایط آب مثل دبی و شرایط خاک مثل شیب زمین و ... نداشته و طول شیارها خیلی طولانی در نظر گرفته شده‌اند. طولانی بودن شیارها باعث افزایش تلفات نفوذ عمقی می‌شود که باعث

کاهش راندمان کاربرد خواهد شد. برای افزایش راندمان لازم است که یا نوع سیستم آبیاری عوض شود تا متناسب با شرایط خاک و گیاه باشد و یا اینکه یک سری تمهیدات در سیستم آبیاری موجود (مثل کوتاه کردن نوارها و یا افزایش شیب نوارها و یا افزایش دبی) انجام شود.

۶- منابع

۱. احتشامی، م.، ش. علی کناری و ن. عباسی، ۱۳۷۹. ارزیابی راندمان انتقال و توزیع و همچنین علل افزایش زبری در کانال های شبکه آبیاری قزوین. مجموعه مقالات دهمین سمینار کمیته ملی آبیاری وزهکشی ایران. ص ۹۳-۸۳.
۲. بهره بردار، د.، ۱۳۷۳. بررسی علل نارسایی ها و مشکلات موجود در بهره برداری از شبکه فرعی آبیاری وزهکشی در اراضی کشت و صنعت مغان. مجموعه مقالات هفتمین سمینار کمیته ملی آبیاری وزهکشی ایران. ۱۸ صفحه.
۳. تشکری، م.، ۱۳۷۳. تحلیلی بر راندمانهای آبیاری. کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران.
۴. خوش خواهش، ی. و ت. سهرابی، ۱۳۷۸. ارزیابی راندمان کاربرد آب در برنج زارهای تحت شبکه های آبیاری گیلان و فومنات. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی. ج.۳. ش.۴. ص.۱۲-۱.
۵. فرشی، ع.ا.، ر. جاراللهی، م.ر. قائمی، م. شهابی فر و م.م. تولایی، ۱۳۷۶. برآورد آب مورد نیاز گیاهان عمده زراعی و باغی کشور. موسسه تحقیقات خاک و آب، ج ۱ و ۲، نشر آموزش کشاورزی.
۶. منعم، م.ج.، ع. قاهری، ع. ع. بادرهر، ح. غروی، ن. برهان، ع. ذوالفقاری، ع. ثابتی و ا. احسانی. ۱۳۷۹. ارزیابی عملکرد شبکه آبیاری قزوین با استفاده از مدل PAIS. مجموعه مقالات دهمین سمینار کمیته ملی آبیاری وزهکشی ایران. ص ۱۶۷-۱۵۵.
۷. میر ابوالقاسمی، ه. ۱۳۷۳. ارزیابی راندمان آبیاری در تعدادی از شبکه های سنتی ایران. مجموعه مقالات هفتمین سمینار کمیته ملی آبیاری وزهکشی ایران.

8. Bos, M.G. 1979. Standard for irrigation efficiency of ICID. "Journal of Irrigation and Drainage Division, ASCE, 105(IR), 37- 43.
9. Javan, M, S.Sanaee-Jahromi and A. A. Fiuzat. 2002. "Quantifying Management of Irrigation and Drainage Systems". J of Irrig. and Drain. Eng., 128(1), 19-25.
10. Valeport Marine Scientific Ltd. 1990. "BFM002 Miniature Current flow Meter :Operating & Maintenance Instruction Manual with Calibration Chart".

دومین سمینار (راهکارهای بهبود و اصلاح سامانه‌های آبیاری سطحی

۲ فرورداد ماه ۱۳۸۷

مقایسه و ارزیابی توزیع آب به روش هیدروفلوم با روش‌های سنتی و بارانی در شرایط زارعین

علی قدمی فیروزآبادی^۱، فریبرز عباسی^۲

چکیده:

استان همدان یکی از مناطق عمده تولید کشاورزی کشور محسوب می‌شود. این استان با ۱/۲ درصد از وسعت کشور رتبه اول را از نظر کاربری اراضی در میان سایر استان‌ها به خود اختصاص داده است. در این میان عمده‌ترین عامل محدود کننده کشاورزی این منطقه مسئله آب و افت سطح ایستابی آبهای زیرزمینی طی چند ساله اخیر می‌باشد. به همین دلیل استفاده بهینه از آب و افزایش کارایی آن یکی از اصول اساسی در توسعه کشاورزی استان می‌باشد.

در این راستا استفاده از سامانه‌های آبیاری کم فشار از جمله هیدروفلوم در بعضی از مناطق استان بعنوان گزینه‌ای برای جایگزینی روش‌های سنتی، در حال توسعه است. در این تحقیق، برای مقایسه توزیع آب با استفاده از هیدروفلوم با روش سنتی و بارانی با روش نمونه‌گیری تصادفی، مزارعی در منطقه کبودراهنگ انتخاب، و مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج این مطالعه نشان داد که عمده تلفات آب در مزارعی که با استفاده از هیدروفلوم آبیاری می‌شوند، بیشتر بصورت نفوذ عمقی بوده ولی در مزارعی که به روش سنتی آبیاری می‌شوند تلفات آب بصورت رواناب و نفوذ عمقی است. مقدار تلفات رواناب سطحی در دو روش توزیع سنتی و هیدروفلوم بترتیب حدود ۳۵/۹ و ۱۳/۱ درصد می‌باشد. همچنین در این تحقیق راندمان پتانسیل کاربرد، راندمان کاربرد چارک پایین، یکنواختی توزیع، ضریب یکنواختی کریستین سن، در روش هیدروفلوم بترتیب ۴۸/۸، ۴۷/۹، ۸۱/۹، ۷۲/۹ است. این شاخص‌ها در روش سنتی بترتیب ۳۸/۴، ۲۲/۹، ۹۵/۱، ۹۵/۵، بدست آمد. مقدار راندمان پتانسیل کاربرد، راندمان کاربرد چارک پایین، یکنواختی

۱- عضو هیات علمی بخش تحقیقات فنی و مهندسی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی همدان، تلفن: ۹۸-۴۳۷۳۵۸۸-۰۸۱۱

همراه: ۰۹۱۸۸۱۴۷۱۹۴ دور نگار: ۴۳۷۲۷۳۰-۰۸۱۱ Email: aghadami@gmail.com

۲- عضو هیات علمی موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، کرج

توزیع، ضریب یکنواختی کریستین سن، در روش بارانی بترتیب ۶۴/۵، ۶۱/۴، ۷۷/۷، ۸۴/۶ محاسبه گردید. مقدار کارایی مصرف آب در توزیع آب به روش هیدروفلوم، روش سنتی و بارانی بترتیب ۲/۸۶، ۱/۲۳ و ۴/۵۰ کیلوگرم بر متر مکعب آب محاسبه شد.

مقدمه:

بحران محدودیت منابع آبی در مناطق مختلف کشور و بویژه در استان همدان طی سالهای اخیر حائز اهمیت بوده است و لازم است جهت افزایش راندمان آب مصرفی اقدامات لازم صورت پذیرد. بکارگیری سیستم‌های آبیاری کم فشار (هیدرو فلوم) یکی از اقدامات موثر جهت استفاده بهینه از آب مصرفی در امر کشاورزی می‌باشد. با توجه به بازدهی‌های بعمل آمده شرکت‌های تعاونی با همکاری مهندسین مشاور اقدام به اجرای سیستم آبیاری کم فشار از نوع هیدرو فلوم در بعضی از مناطق استان نموده است. استفاده از این سیستم به منظور جلوگیری از تلفات انتقال آب و همچنین توزیع یکنواخت و کنترل شده آب در مزرعه انجام می‌گیرد. بنابراین این تحقیق به منظور روشن شدن وضعیت طرح‌های اجرا شده و عملکرد آنها در منطقه کبودر آهنگ انجام گردید.

آبیاری سطحی رایج‌ترین شیوه آبیاری است و با وجود پیشرفت فناوری و ابداع روش‌های نوین آبیاری تحت فشار، هنوز بیش از ۹۵ درصد از کل اراضی آبی به این طریق آبیاری می‌شود. در رابطه با راندمان‌های آبیاری در ایران و جهان، مطالعات و تحقیقات گسترده‌ای صورت گرفته که نتایج و مطالعات انجام شده نشان می‌دهد راندمان کاربرد، انتقال و توزیع آب در ایران پائین‌تر از ارقام متوسط جهانی می‌باشد (۱). بتیخی و ابو حامد (۱۹۹۴) در یک ارزیابی، بازدهی کاربرد آب در روش آبیاری سطحی و تحت فشار را برای مرکبات در اردن مورد مقایسه قرار دادند. آنها بازدهی کاربرد آب را برای روش سطحی و بارانی به ترتیب ۸۲ و ۸۴ درصد گزارش نمودند. طاهری (۱۳۷۳) در آزمایشی تحت عنوان «مطالعه میزان آب مصرفی و بازده آبیاری مزرعه گندم در باجگاه شیراز» بازده انتقال را برابر ۵۴ درصد و بازده مصرف آب را در سه نوبت آبیاری برابر ۱۲، ۷ و ۲۰ درصد گزارش نمود. شمعی و همکاران (۱۳۷۵) بازدهی آبیاری جو یچه ای در اراضی یکپارچه و پراکنده استان چهار محال بختیاری را مورد ارزیابی و مطالعه قرار داده و بازدهی کاربرد در اراضی غیر یکپارچه را بیشتر از اراضی یکپارچه گزارش نمودند.

سهرابی و کشاورز (۱۹۹۴) در تحقیقی بازده آبیاری جو یچه‌ای در سه مزرعه چغندر قند در مناطق شهریار، هشتگرد و کمال آباد کرج را مورد ارزیابی قرار دادند. راندمان کاربرد در این مزارع بطور متوسط به ترتیب ۵۷، ۴۱ و ۱۸ درصد برآورد گردید.

فاطمی و شکرالهی (۱۳۷۲) راندمان کل آبیاری در اراضی غیر یکپارچه به وسعت حدود ۵۰۰۰ هکتار موجود در شبکه آبیاری خوزستان را ۲۶ درصد اعلام کرده که متوسط ۹ ساله آن از سال ۱۳۶۱ تا سال ۱۳۶۹ فقط ۲۱ درصد بوده است.

ایستگام (۱۹۸۳) بیان کرد که تصمیم‌گیری در مورد سرمایه‌گذاری در هر موضوعی به نرخ سوددهی پروژه بستگی دارد. کارفرمایان اقتصادی برای تامین مالی سرمایه‌گذاری‌های جدید به سودهای بدست آمده از سرمایه‌گذاری‌ها و اعتبارات قبلی وابسته هستند.

تکله و اییتایو (۱۹۹۰) معتقد است که برای انتخاب سیستم آبیاری تنها توجه به یک هدف منفرد و آن هم افزایش راندمان جهت انتخاب سیستم آبیاری مناسب ممکن است به انتخاب گزینه‌ای منجر شود که موجب بوجود آمدن مسائل و مشکلات تبعی گردد. آنها پیشنهاد می‌کنند که به منظور رسیدن به اهداف گوناگون به طور همزمان در حالیکه گاهاً این اهداف در تضاد با یکدیگر هستند چندین معیار استفاده شود تا به انتخاب گزینه مناسب‌تر برای رسیدن به اهداف مختلف ختم شود. بدین منظور آنها روش برنامه‌ریزی توافقی (Compromisc programming) را پیشنهاد کردند.

هویت و همکاران (۱۹۹۰) عنوان کردند جهت انتخاب سیستم آبیاری مناسب بدلیل اثرات متقابل عوامل اقتصادی، فیزیکی و نهادی یک روش تلفیقی لازم بوده و با توجه به شرایط متغیر زمانی و مکانی، انتخاب روش آبیاری بهینه چندان ساده نیست.

جیبین و فورد (۲۰۰۰) دو روش آبیاری با استفاده از لوله‌های دریچه دار و آبیاری سنتی را در دشت هبی واقع در قسمت مرکزی چین مورد مقایسه قرار دادند بافت خاک مزرعه مورد مطالعه لوم نیمه سنگین بود. نتایج آنها نشان داد که استفاده از لوله‌های دریچه دار باعث کاهش ۲۵ تا ۲۸ درصد در آب مصرفی گندم و همچنین ۱۹ تا ۲۹ درصد افزایش در کارایی مصرف آب گندم نسبت به آبیاری سنتی گردیده است. در آبیاری با استفاده از لوله‌های دریچه دار، تلفات آب بصورت نشت و تبخیر در انتقال آب از منبع به سر مزرعه تقریباً صفر بوده بنابراین راندمان انتقال مربوطه ۱۰۰ درصد منظور گردید. راندمان انتقال در روش سنتی ۸۶/۶ درصد محاسبه شد. همچنین یکنواختی توزیع آب با استفاده از لوله‌های دریچه دار و روش سنتی بترتیب ۸۲/۴ و ۶۴/۳ درصد تعیین شد.

عثمان و حسن (۲۰۰۳) در تحقیقی که بر روی محصولات از قبیل گندم و ذرت در دو روش آبیاری با استفاده از لوله‌های دریچه دار و سنتی انجام دادند، نشان دادند که استفاده از لوله‌های دریچه دار باعث کاهش ۳۰ و ۱۴/۵ درصدی در آب مصرفی و همچنین افزایش ۶۵ و ۱۱۶ درصد در عملکرد بترتیب برای گندم و ذرت گردید.

شمیلی (۱۳۸۴) در تحقیقی که در شرکت کشت و صنعت کارون انجام داد، عنوان نمود که کاربرد سیستم هیدروفلوم اگر چه تفاوت چندانی از نظر کارایی آبیاری با آبیاری سیفون ندارد ولی در مقابل مشکلات عدیده سیستم‌های آبیاری قطره ای زیر زمینی و بارانی، صرفه اقتصادی و راندمان بهتری را عاید خواهد نمود.

مینائی و همکاران (۱۳۸۴) در تحقیقی که در اراضی غرب شعیبیه در استان خوزستان انجام دادند، بیان داشتند که استفاده از سیستم آبیاری کم فشار به لحاظ فنی و اقتصادی مناسب تر از دیگر سیستم‌های آبیاری می‌باشد، مزایایی همچون افزایش راندمان آبیاری، کاهش زمان اجراء، کاهش حجم آب مورد نیاز از مزایای سیستم آبیاری کم فشار است.

مواد و روش‌ها:

در این تحقیق با استفاده از روش پیمایشی اقدام به انتخاب مزارع تحت کشت سیب زمینی شد. روش نمونه‌گیری مورد استفاده در این تحقیق، روش نمونه‌گیری تصادفی ساده است که با تکمیل پرسشنامه و به روش مصاحبه حضوری، داده‌ها و اطلاعات لازم از بهره برداران جمع‌آوری گردید. پارامترهای مورد نیاز ارزیابی فنی شامل $PELQ$ و $AELQ$ و CU و DU می‌باشد. اندازه‌گیری θ_{wp} و θ_{fc} ، بافت خاک، ρ_b ، بود. قبل از انجام آزمایش رطوبت خاک منطقه محل آزمایش جهت تعیین نقصان رطوبت خاک (SMD) اندازه‌گیری شد. برای بدست آوردن CU از رابطه زیر استفاده می‌شود:

$$CU = 100 \left[1 - \frac{\frac{1}{n} \sum |x_i - m|}{\frac{1}{n} \sum x_i} \right] \quad (۱)$$

که در آن،

CU = ضریب یکنواختی کریستین سن (درصد)

x_i = مقادیر آب نفوذ یافته در طول جویچه، در آبیاری جویچه ای یا عمق آب در هریک از قوطی‌های جمع آوری آب در آبیاری بارانی

m = متوسط عمق آب نفوذ یافته در طول جویچه یا برابر متوسط عمق آب جمع شده در قوطی‌ها در آبیاری بارانی

n = تعداد نمونه‌ها

DU نیز از رابطه زیر محاسبه شد:

$$DU = \frac{\text{میانگین عمق در } 1/4 \text{ پایین (حداقل) نمونه‌ها}}{\text{میانگین عمق آب بکار برده شده}} \times 100 \quad (۲)$$

$PELQ$ و $AELQ$ از روابط زیر

محاسبه شدند:

$$PELQ = \frac{\text{میانگین کمترین ربع عمق نفوذ زمانی که برابر } MAD \text{ باشد}}{\text{میانگین عمق آب آبیاری پس از اینکه } MAD \text{ جبران شده باشد}} \times 100 \quad (3)$$

$$AELQ = \frac{\text{میانگین یک چهارم حداقل عمق‌های آب نفوذیافته و ذخیره شده}}{\text{متوسط عمق ناخالص آبیاری}} \times 100 \quad (4)$$

اگر صورت کسر از SMD بیشتر گردد:

$$AELQ = \frac{SMD}{\text{متوسط عمق ناخالص آبیاری}} \times 100 \quad (5)$$

بمنظور محاسبه پارامترهای فوق در آبیاری سطحی، منحنی پیشروی و پسروی ترسیم و براساس آن زمان تماس آب با خاک در فواصل مساوی مشخص گردید. سپس معادله نفوذ آب در خاک به روش دو نقطه‌ای تعیین شد.

دبی ورودی و خروجی به جویچه‌ها با استفاده از فلوم‌های WSC اندازه‌گیری شد. تجزیه و تحلیل ارقام پیشروی و پسروی آب در جویچه با استفاده از روش بیلان حجم انجام گردید. در روش آبیاری بارانی حجم آب مصرفی با اندازه‌گیری دبی آبپاش‌ها، تعداد آبپاش‌ها و مدت زمان آبیاری محاسبه گردید.

نتایج و بحث:

الف: ارزیابی فنی توزیع آب در هریک از مزارع انتخابی:

نتایج ارزیابی فنی هر یک از مزارع در جدول (۱) تا (۳) آمده است. میانگین $PELQ$ در توزیع آب با استفاده از هیدروفلوم $48/8$ درصد است که پایین بودن آن نشانه طراحی ضعیف سیستم است و مقدار $AELQ$ در این روش $47/9$ درصد بدست آمد که نزدیک به مقدار $PELQ$ است (جدول ۱).

یکنواختی پخش آب (DU) و ضریب یکنواختی کریستیانسن (CU) در مزارعی که از هیدروفلوم استفاده می‌نمود، خوب بوده و بترتیب حدود 82 و 73 درصد است (جدول ۱).

DPR درصد تلفات نفوذ عمقی ۴۰/۲ درصد و خیلی زیاد است و این بدلیل آبیاری زیاد است چون طول جویچه‌ها زیاد بود و زمان زیادی جهت رسیدن آب به انتهای جویچه صرف می‌شد. همین امر باعث نفوذ عمقی زیاد آب می‌شد. *TWR* درصد تلفات رواناب سطحی با استفاده از هیدروفلوم ۱۳/۱ درصد است. میانگین *PELQ* در توزیع آب به روش سنتی ۳۸/۴ درصد است. که پایین بودن آن نشانه طراحی بسیار ضعیف سیستم است. همچنین مقدار *AELQ* در این روش ۲۲/۹ درصد بدست آمد، که نسبت به *PELQ* از مقدار کمتری برخوردار است و ناشی از تلفات زیاد آب بصورت رواناب سطحی و نفوذ عمقی می‌باشد (جدول ۲).

میانگین درصد تلفات نفوذ عمقی (*DPR*) و میانگین درصد تلفات رواناب سطحی (*TWR*) در توزیع آب به روش سنتی ۴۰/۸ و ۳۵/۹ درصد می‌باشد (جدول ۲). مقادیر زیاد این پارامترها نشان دهنده ضعف طراحی و مدیریت ضعیف سیستم است.

یکنواختی پخش آب (*DU*) و ضریب یکنواختی کریستیانسن (*CU*) در توزیع آب بروش سنتی خوب بوده و بترتیب حدود ۹۵/۱ و ۹۵/۵ درصد است (جدول ۲).

میانگین پارامترهای *PELQ*, *AELQ*, *DU*, *CU* و تلفات بادبردگی و تبخیر در روش آبیاری بارانی بترتیب ۶۴/۵، ۶۱/۴، ۷۷/۷، ۸۴/۶ و ۱۳/۲ درصد است (جدول ۳).

یکنواختی پخش متوسط (*DU*) در روش آبیاری بارانی ۸۴/۶ درصد بدست آمده است که از حد استاندارد (۷۵ درصد)، ۹/۶ درصد بالاتر است.

در آبیاری‌های اواسط و اواخر فصل بدلیل اینکه آبیاری به اندازه کافی انجام نمی‌شد تا *SMD* خاک جبران شود، مقدار *PELQ* با *AELQ* برابر است. نکته قابل ذکر اینکه در مزارع با سیستم آبیاری بارانی، آبپاش‌ها فرسوده و تعدادی از آنها خراب بوده و به نظر می‌رسد با توجه به نحوه عملکرد آبپاش‌ها در کل سیستم بایستی بتدریج تعویض شوند.

جدول ۱- نتایج ارزیابی فنی توزیع آب با استفاده از هیدروفلوم

نسبت رواناب سطحی TWR (درصد)	نسبت نفوذ عمقی DPR (درصد)	ضریب یکتراختی CU (درصد)	یکتراختی پخش آب DU (درصد)	راندمان واقعی AELQ (درصد)	راندمان پتانسیل PELQ (درصد)	حجم آب تلفات نفوذ عمقی (m ³)	حجم آب ذخیره شده در منطقه ریشه (m ³)	کمبود رطوبتی خاک (mm)	حجم آب نفوذ کرده در خاک (m ³)	حجم تلفات رواناب سطحی (m ³)	حجم آب آبیاری (m ³)	رطوبت بعد از آبیاری (%)	رطوبت قبل از آبیاری (%)	زمان آبیاری
۳۵/۶	۴۲/۴	۹۱/۴	۹۵/۳	۲۱	۳۶/۴	۲/۶۲	۱۷/۵	۳۳	۵/۳۷	۲/۹۷	۸/۳۴	۲۱	۱۳/۷	اوایل
۱/۸	۳۴/۶	۶۵/۳	۷۲	۵۸/۹	۵۵/۹	۲/۳۲	۶/۱	۶۱	۹/۴۲	۰/۱۸	۹/۶	۲۶/۱	۱۴/۶	اواسط
۱/۸	۴۲/۶	۶۱	۷۸/۴	۶۳/۹	۵۴/۲	۲/۲۲	۵/۵	۶۶	۹/۷۲	۰/۱۸	۹/۹	۲۲/۵	۱۵	اواخر
۱۳/۱	۴۰/۲	۷۲/۹	۸۱/۹	۲۷/۹	۲۸/۸	۲/۷۲	۲/۹۵	۵/۳۳	۸/۱۷	۱/۱	۹/۲۸	۳۳/۸۷	۱۴/۳۳	میانگین

جدول ۲- نتایج ارزیابی فنی توزیع آب به روش سنتی

نسبت رواناب سطحی TWR (درصد)	نسبت نفوذ عمقی DPR (درصد)	ضریب یکتراختی CU (درصد)	یکتراختی پخش آب DU (درصد)	راندمان واقعی AELQ (درصد)	راندمان پتانسیل PELQ (درصد)	حجم آب تلفات نفوذ عمقی (m ³)	حجم آب ذخیره شده در منطقه ریشه (m ³)	کمبود رطوبتی خاک (mm)	حجم آب نفوذ کرده در خاک (m ³)	حجم تلفات رواناب سطحی (m ³)	حجم آب آبیاری (m ³)	رطوبت بعد از آبیاری (%)	رطوبت قبل از آبیاری (%)	زمان آبیاری
۴۱	۲۷	۹۲/۵	۹۳	۱۱/۳	۳۰	۲/۶۵	۰/۶۳	۳۵/۱	۳/۲۸	۲/۳	۵/۵۸	۲۴/۵	۱۴	اوایل
۲۷/۹	۴۲/۷	۹۵/۹	۹۲/۸	۳۲/۳	۳۳/۴	۱/۹۵	۱/۲۱	۵۸	۳/۳۶	۱	۴/۳۶	۲۵	۱۶/۳	اواسط
۴۳/۸	۳۰/۹	۹۸	۹۷/۵	۳۵/۱	۴۱/۸	۲	۱/۶۴	۵۶	۲/۶۴	۲/۸۴	۶/۴۸	۲۵/۸	۱۷/۸	اواخر
۳۵/۹	۴۰/۸	۹۵/۵	۹۵/۱	۲۲/۹	۳۸/۴	۲/۲	۱/۳۳	۴۹/۷	۲/۴	۲/۰۵	۵/۵	۲۵/۱	۱۶/۰۳	میانگین

جدول ۳- نتایج ارزیابی فنی توزیع آب به روش بارانی

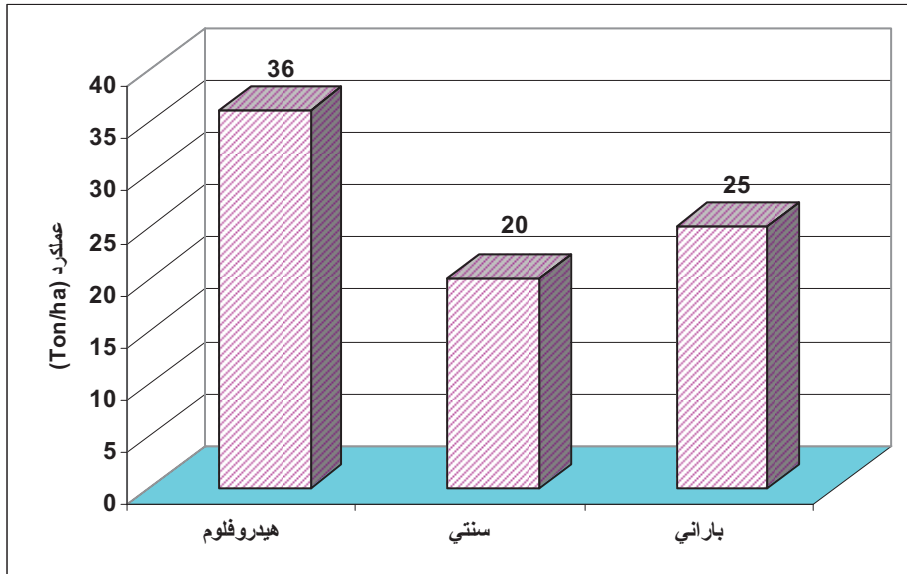
زمان آبیاری	رطوبت قبل از آبیاری (%)	رطوبت بعد از آبیاری (%)	حجم آب آبیاری (m ³)	میانگین عمق آب کاربردی (mm)	میانگین یک چهارم پایین‌ترین نمونه‌ها (mm)	کمبود رطوبتی خاک (mm)	راندمان پتانسیل PELQ (درصد)	راندمان واقعی AELQ (درصد)	یکنواختی پخش آب DU (درصد)	ضریب یکنواختی CU (درصد)	تلفات بادبردگی و تبخیر (درصد)
اوایل	۱۳	۱۹/۷	۶۱۸	۱۰۳	۴۶/۲	۴۰/۵	۷۴/۷	۶۵/۵	۸۰/۱	۸۶/۶	۵/۳
اواسط	۱۴/۸	۱۹/۸	۶۱۷/۷	۱۰۳	۴۲/۹	۴۴/۳	۶۸/۷۵	۶۸/۷۵	۷۸	۸۵/۸	۹/۲
اواخر	۱۴/۲	۱۸/۵	۳۹۲/۸	۶۶	۳۳	۵۹/۴	۵۰	۵۰	۷۵/۱	۸۱/۴	۲۵/۱
میانگین	۱۴	۱۹/۳	۵۴۲/۸	۹۰/۷	۴۰/۷	۴۸/۱	۶۴/۵	۶۱/۴	۷۷/۷	۸۴/۶	۱۳/۲

ب- حجم آب مصرفی و کارایی مصرف آب:

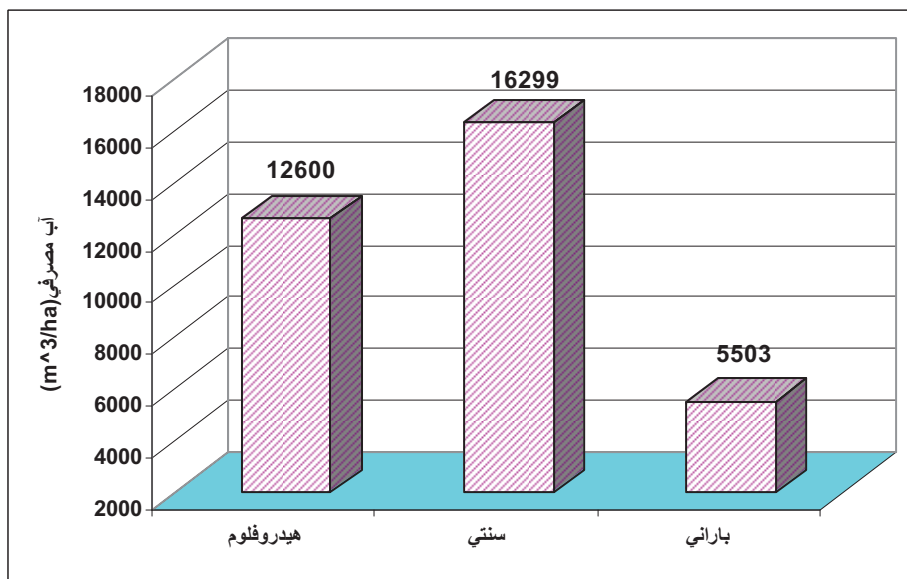
در جدول (۴) عملکرد، حجم آب آبیاری و کارایی مصرف آب برای روش آبیاری سنتی، بارانی و توزیع آب با استفاده از هیدروفلوم آمده است. مقدار عملکرد محصول برای توزیع آب با استفاده از هیدروفلوم، آبیاری سنتی و آبیاری بارانی به ترتیب ۳۶، ۲۰ و ۲۵ تن در هکتار است. این امر نشاندهنده افزایش ۸۰ درصدی عملکرد در توزیع آب با استفاده از هیدروفلوم نسبت به روش سنتی و افزایش ۲۵ درصدی عملکرد در روش بارانی نسبت به روش سنتی است. بنابراین توزیع آب با استفاده از هیدروفلوم بالاترین عملکرد را داشته است. عملکرد محصول سیب زمینی در هر یک از سه روش توزیع آب در شکل (۱) آمده است. همانطور که در شکل (۲) مشاهده می‌شود، توزیع آب به روش سنتی با ۱۶۲۲۹ متر مکعب در هکتار بیشترین حجم آب مصرفی و روش آبیاری بارانی با ۵۵۰۳ متر مکعب در هکتار کمترین آب مصرفی را دارد. این امر بدلیل کم آبیاری در روش آبیاری بارانی و افزایش حجم آب مصرفی در روش سنتی است. بیشترین کارایی مصرف با ۴/۵ کیلوگرم بر متر مکعب مربوط به روش بارانی و کمترین کارایی مصرف آب مربوط به توزیع آب بروش سنتی است. لذا توزیع آب با استفاده از روش بارانی با کاهش ۶۶ درصدی در آب مصرفی باعث افزایش ۲۶۶ درصدی کارایی مصرف آب نسبت به روش سنتی است (شکل ۳). همچنین توزیع آب با استفاده از هیدروفلوم با کاهش ۲۲/۷ درصدی در حجم آب مصرفی باعث افزایش ۱۳۲ درصدی در کارایی مصرف آب نسبت بروش سنتی شده است که این امر نشان دهنده مزیت توزیع آب به روش بارانی و استفاده از هیدروفلوم نسبت به روش سنتی است.

جدول ۴ - مقایسه حجم آب مصرفی، عملکرد و کارایی مصرف آب در مزارع انتخابی

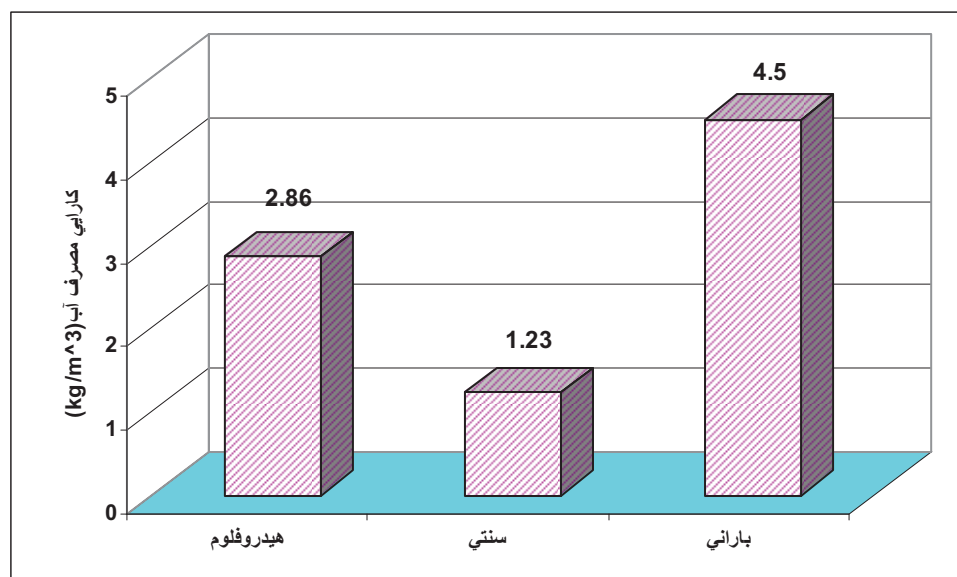
ردیف	مزرعه	عملکرد (ton/ha)	حجم آب آبیاری (m ³ /ha)	کارایی مصرف آب (kg/m ³)
۱	هیدروفلوم	۳۶	۱۲۶۰۰	۲/۸۶
۲	سنتی	۲۰	۱۶۲۹۹	۱/۲۳
۳	بارانی (ویلموو)	۲۵	۵۵۰۳	۴/۵



شکل ۱ - مقایسه عملکرد در هر یک از مزارع انتخابی



شکل ۲ - مقایسه حجم آب مصرفی در هر یک از مزارع انتخابی



شکل ۳- مقایسه کارایی مصرف آب در هر یک از مزارع انتخابی

نتیجه‌گیری:

با توجه به نتایج این تحقیق و مرور منابع می‌توان با استفاده از لوله‌های هیدروفلوم راندمان‌های آبیاری و کارایی مصرف آب را افزایش داد. استفاده از این روش توزیع آب در مناطقی که از نظر شرایط احداث کانال‌های آبیاری مشکلاتی از قبیل کمبود قرضه، عدم کیفیت مناسب خاک برای احداث کانال و همچنین در شرایط نامناسب برای آبیاری بارانی و قطره ای نظیر باد شدید، و تبخیر زیاد و خاک‌های بسیار شور مناسب است.

با توجه به اینکه ما در اکثر مناطق کشور با بحران کمبود آب مواجه هستیم، اما شواهد نشان می‌دهد که در آینده‌ای نه چندان دور، بحران انرژی نیز در پیش است. ارائه روشهایی نظیر استفاده از هیدروفلوم که ضمن ارتقاء راندمان آبیاری به هزینه‌های انرژی کمتری نیاز دارند، باید مورد توجه قرار گیرند. لازم به ذکر است که این تحقیق بخشی از نتایج اولیه پروژه تحقیقاتی «*ارزیابی فنی و اقتصادی کاربرد سیستم آبیاری کم فشار (هیدروفلوم) و مقایسه آن با سیستم آبیاری سنتی در شرایط زارعین*» است که نتایج اقتصادی آن در مقالات و گزارشات بعدی ارائه خواهد گردید.

منابع:

- اسدی، اسماعیل، شهرام اشرفی، جواد باغانی، حمید ریاحی، تیمور سهرابی، حیدر طائفه رضایی، فریبرز عباسی، عباس کشاورز، علیرضا مامن پوش و علی میان‌آبی، ۱۳۷۵، بررسی عملکرد روش‌های آبیاری سطحی تحت مدیریت زارعین. مجموعه مقالات دومین کنگره ملی مسائل آب و خاک کشور، ۲۷-۳۰ بهمن ۱۳۷۵، تهران، ص ۳۰-۴۰.

۲. سازمان برنامه و بودجه استان همدان. ۱۳۸۱. آمارنامه استان همدان.
۳. سهرابی، تیمور و رضا اصیل منش. ۱۳۷۵. مقایسه فنی روش آبیاری بارانی (سنتریوت) با روش آبیاری شیاری. دومین کنگره ملی مسایل آب و خاک کشور. صفحه ۳۰-۲۷. تهران.
۴. شمعی، غلامرضا، سید فرهاد موسوی و بهروز مصطفی زاده. ۱۳۷۵. ارزیابی راندمان‌های سیستم آبیاری شیاری در اراضی یکپارچه و پراکنده استان چهار محال بختیاری، مجموعه مقالات هشتمین سمینار ملی آبیاری و زهکشی ایران تهران، صفحات ۱۵۹-۱۴۹.
۵. شمیلی، محمود. ۱۳۸۴. نگرشی بر سیستم‌های آبیاری در شرکت کشت و صنعت کارون، کارگاه فنی آبیاری سطحی مکانیزه، صفحات ۲۴۶-۲۳۱.
۶. فاطمی، محمدرضا و اکبر شکرالهی. ۱۳۷۲. ارزیابی بازدهی آبیاری در شبکه آبیاری دز، مجموعه مقالات ششمین سمینار ملی آبیاری و زهکشی ایران، تهران.
۷. طاهری، کیوان. ۱۳۴۳. مطالعه میزان آب مصرفی و راندمان آبیاری مزرعه گندم در باجگاه، پایان نامه کارشناسی ارشد آب و خاک، ۷۷ صفحه.
۸. مینائی، سهراب، مینا بهزادی نسب، و موسی معروف پور. ۱۳۸۴. مقایسه فنی و اقتصادی سیستم‌های توزیع کم فشار با سیستم‌های آبیاری سطحی و بارانی کارگاه فنی آبیاری سطحی مکانیزه، صفحات ۱۷۲-۱۵۹.

9. battikhi,A.M.and A.H.Abu-Hammad 1994 .Comparison between the efficiencies of surface and pressurized irrigation systems. Irrig. Drain.Systems,8(2):109-121
10. Howitt, R. E; W. W. Walknder, and T. Weaver 1990 . Economic analysis of irrigation technology selection: the effect of declining performance and managemant , in Social Economic and Institutional in Third world Irrigation Mangment, ed. K.K.Sampth and R.A. Ouny, No. 15, Boulder and Oxford: 437-464.
11. Jibin,L .and N. Foroud.2000. Evaluation of a gated pipe basin irrigation method in China.
12. Osman,B.and E.Hassan.2003.Evaluation of surface Irrigation using gated pipes techniques in field crops and old horticultural farm.
13. Sohrabi,T.and A. Keshavarz.1994. surface Irrigation system evaluation under. Farmers Management.XII CIGR world congress &Agricultural Engineering conference,Milan,Italy.
14. Steigum, E. J. 1983 , A-financial theory of invesment behaviour. Economtrica, 51: 637-645.
15. Tecele, A. and M. Yitayew. 1990. Preference ranking of alternative irrigation technologies via a multicriterion decision-making procedure. Transactions of ASAE. 33: P: 1509-1517.

دومین سمینار (راهکارهای بهبود و اصلاح سامانه‌های آبیاری سطحی)

۲ فرورداد ماه ۱۳۸۷

تهیه مدلی جهت ارزیابی، طراحی، شبیه‌سازی و بهینه‌سازی

عملکرد آبیاری شیاری

زهرا یزدی^۱، سیداسدالله محسنی موحد^۲، مجید حیدری^۳

چکیده:

از آن جائیکه سیستم‌های آبیاری سطحی بیش از ۹۵ درصد از اراضی فاریاب جهان را تشکیل می‌دهند، لذا طراحی و مدیریت بهینه سیستم‌های آبیاری، امری ضروری و اجتناب‌ناپذیر می‌باشد. آبیاری شیاری یکی از رایج‌ترین انواع روش‌های آبیاری سطحی است که اگر به درستی طراحی و اجرا شود برای زارعین یکی از بهترین روش‌ها محسوب می‌شود. اما چنانچه بخوبی اجرا نشود، موجب کاهش راندمان کاربرد، تلفات آب آبیاری، عدم یکنواختی توزیع آب و در نتیجه کاهش محصول می‌گردد. از این رو بهترین روش طراحی، طراحی بهینه است که در آن راندمان‌های مورد نظر بطور توأم و همزمان در ترکیبشان در یک تابع هدف بهینه شوند. این روش طراحی فقط از طریق فرآیند توأم شبیه‌سازی - بهینه‌سازی امکان‌پذیر است. بر این اساس مدلی کامپیوتری جهت ارزیابی، طراحی، شبیه‌سازی و بهینه‌سازی عملکرد و راندمان‌های آبیاری شیاری ارائه گردیده است، که برای شبیه‌سازی هیدرولیک جریان سطحی از معادله موازنه حجم و برای بهینه‌سازی از روش بهینه‌سازی SA استفاده شده است. در این مدل براساس متغیرهای تصمیم‌گیری متفاوت، طراحی بهینه پارامترهای طراحی در شرایط و محدودیت‌های واقعی طرح ارائه می‌شود. به منظور بهینه‌سازی، چهار شاخص عملکرد شامل راندمان کاربرد، راندمان آب مورد نیاز، نسبت نفوذ عمقی و نسبت پایاب در یک تابع هدف بطور توأم تعریف شده‌اند. بهینه‌سازی چنین تابع هدفی تنها با روش‌های

۱- دانشجوی سال آخر دوره کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی دانشکده کشاورزی دانشگاه بوعلی سینا همدان

Shohreh_yazdi@yahoo.com

۲- استادیار و عضو هیئت علمی گروه مهندسی آبیاری و زهکشی دانشکده کشاورزی دانشگاه بوعلی سینا همدان

movahed244@yahoo.com ، mheydari_ir@yahoo.com

۳- استادیار و عضو هیئت علمی گروه مهندسی آبیاری و زهکشی دانشکده کشاورزی دانشگاه بوعلی سینا همدان

movahed244@yahoo.com ، mheydari_ir@yahoo.com

عددی کارا میسر می‌باشد. از این‌رو در مدل ارائه شده برای اولین بار از روش بهینه‌سازی SA که یک روش عددی با ساختار تصادفی هوشمند بوده و مبتنی بر شبیه‌سازی فرآیند فیزیکی آنیلینگ می‌باشد، استفاده شده است.

واژگان کلیدی: بهینه‌سازی عملکرد آبیاری شیاری، روش بهینه‌سازی SA، تابع هدف، راندمان کاربرد، راندمان نیاز آبی، نسبت نفوذ عمقی، نسبت پایاب، مدل موازنه حجم

مقدمه:

جهان در حال حاضر در حال تجربه بحران آب می‌باشد. بیش از یک میلیارد نفر از مردم به آب سالم دسترسی ندارند. تا سال ۲۰۲۵ بیش از نیمی از جمعیت جهان در کشورهای زندگی می‌کنند که بیش از ۴۰ درصد از منابع آب تجدیدشونده آن‌ها نابود شده است. با این روند پیش‌بینی می‌شود در آینده نزدیک بسیاری از مناطق جهان آب کافی برای تولید غذا نخواهند داشت (۸). طبق برآوردهای بعمل آمده ۲۰ - ۱۵ درصد از اراضی زیرکشت دنیا بصورت آبی بوده و مقایسه‌های موجود در زمینه میزان محصولات بدست آمده از اراضی آبی و اراضی غیرآبی نشان‌دهنده تفاوت محصول در حدود ۴۰ - ۳۰ درصد می‌باشد. از این‌رو، اراضی آبی در آینده با مشکلات و مسائل متعددی مواجه هستند. یکی از اصلی‌ترین آن‌ها، پائین بودن راندمان آبیاری می‌باشد. برآوردهای دقیق نشان داده است که حداقل ۴۰ درصد آب تأمین شده برای آبیاری اراضی در اثر نفوذ به اعماق زمین یا بصورت جریان سطحی از دسترس خارج و تلف می‌شود (۲۰).

روش‌های آبیاری سطحی تا کمی بعد از جنگ جهانی دوم رایج‌ترین شیوه آبیاری در مزارع کشاورزی بودند و علی‌رغم پیشرفت فن‌آوری و ابداع روش‌های قطره‌ای و بارانی، هنوز بیش از ۹۵ درصد از کل اراضی فاریاب به این طریق آبیاری می‌شوند (۲). آبیاری شیاری یکی از قدیمی‌ترین روش‌های آبیاری سطحی است که در اکثر نقاط جهان رواج دارد. در این روش آب روی تمام سطح خاک جریان نمی‌یابد، بلکه درون جویچه‌های باریک موسوم به فارو یا شیار محدود می‌شود که آب به تدریج در کف و کناره‌های شیار نفوذ می‌کند و خاک مرطوب می‌شود. در این روش لازم است شکل، طول شیار، فاصله بین شیارها، دبی ورودی به شیار، زمان کاربرد، شیب شیار و درجه اتوماتیک شدن مناسب باشد و مدیریت خوبی اعمال شود تا نتیجه مطلوب بدست آید (۴).

هدف اصلی ارزیابی سیستم‌های آبیاری شیاری تعیین شکل سیستم آبیاری و سیستم مدیریت آن و یافتن گزینه‌هایی که ممکن است در بهبود عملکرد سیستم آبیاری مؤثر و امکان‌پذیر باشد. یکی دیگر از اهداف ارزیابی تهیه داده‌ها و اطلاعات لازم برای بهبود بخشیدن طراحی و نیز ارائه روش‌های بهینه است. ارزیابی مزارع تحت آبیاری شیاری نه تنها آماری را که بوسیله آن مشکلات را می‌توان دریافت، بلکه اطلاعات لازم برای دستیابی به سطوح بالای مدیریت و کنترل را در اختیار می‌گذارد (۷ و ۲۰). ارزیابی ممکن است نشان

دهد که برای دست یافتن به راندمان و یکنواختی بالاتر نیاز است جریان و مدت زمان جریان در ابتدای زمین کاهش یابد یا برای بهبود عملکرد نیاز است شکل، اندازه و توپوگرافی زمین تغییر کند و شاید ترکیبی از چندین روش بهبود نیاز باشد (۲۱). یکی از مهم‌ترین مسائلی که از ارزیابی مزرعه‌ای حاصل می‌شود، تعیین پارامتر نفوذ متوسط برای مزرعه است که معمولاً از اندازه‌گیری سرعت پیشروی استنتاج می‌شود و سپس محاسبه راندمان‌ها و یکنواختی آبیاری می‌باشد (۷).

نفوذ، مهم‌ترین فاکتور مؤثر در آبیاری سطحی است که به نوع خاک، شرایط سطح آن، فرصت زمان نفوذ و عوامل دیگر بستگی دارد (۱۳). نفوذ برحسب تعریف عبارت است از وارد شدن آب از سطح زمین به داخل خاک که یکی از مهم‌ترین پارامترهای هیدرولیکی مؤثر در آبیاری سطحی و نیز یکی از مشکل‌ترین پارامترهایی است که باید بطور دقیق در مزرعه تعیین گردد، بخصوص این‌که خصوصیات نفوذ نسبت به زمان و مکان متغیر می‌باشد. در آبیاری شیاری، جریان نفوذ آب در خاک دو بعدی است و تعیین عمق آب نفوذ یافته در شیاریها، به دلایل متعدد از جمله تغییر در سطح تماس آب با خاک، اثر شیاریهای مجاور، شکل هندسی شیاریها و عوامل دیگر پیچیدگی بیشتری دارد. به عبارت دیگر، نفوذ آب در شیاریها فقط تابعی از فرصت زمان نفوذ نیست، بلکه به اندازه و خصوصیات سطحی که نفوذ از آن صورت می‌گیرد نیز بستگی دارد (۱۳ و ۱۹). کریستیانسن و همکاران (۱۹۶۶) استفاده از مدل موازنه حجم را برای تعیین ضرائب معادله لوئیس - کوستیاکف بیان کردند. فانگمیر و رمزی (۱۹۷۸) نیز با استفاده از روش موازنه حجم در شیاریهای دقیق، ضرائب معادله نفوذ لوئیس - کوستیاکف را تعیین کردند. همچنين اليوت و واکر (۱۹۸۲) بیان کردند که شاید بهترین و مؤثرترین روش ارزیابی براساس اندازه‌گیری سرعت پیشروی - سطح مقطع هیدرولیکی و میزان پایاب باشد.

از جمله عواملی که در اجرا یا مدیریت یک سیستم آبیاری در نظر گرفته می‌شود، راندمان و یکنواختی آن می‌باشد. این عوامل به روش‌های مختلف توصیف و تعیین می‌گردند. بطور کلی مناسب بودن یک سیستم آبیاری به میزان ذخیره آب در اطراف ریشه گیاه و میزان تلفات مربوط به نفوذ عمقی آب و میزان تلفات مربوط به رواناب و یکنواختی توزیع آب و سایر عوامل بستگی دارد (۲۰ و ۲۱).

یکی از رایج‌ترین پارامترها در ارزیابی عملکرد یک سیستم آبیاری، راندمان است. برحسب تعریف راندمان آبیاری، نسبت مقدار آب لازم برای هدف خاص بر کل آب تحویل داده شده در پهنه مورد نظر می‌باشد (۱۵). در این راستا آن مقدار از آب تحویل داده شده که به مصرف مورد نظر نمی‌رسد تلفات محسوب می‌شود. بدیهی است که برای افزایش راندمان در محدوده مورد نظر، لازم است تلفات آب شناسایی و به حداقل رسانده شوند (۱). کاهش تلفات و افزایش بازده آبیاری یکی از گام‌های اساسی در توسعه کشاورزی و افزایش بهره‌برداری از منابع آب و خاک به حساب می‌آید. با توجه به این‌که نیاز آبیاری مستقیماً به راندمان آبیاری مرتبط می‌شود، بنابراین پیش‌بینی راندمان آبیاری حائز اهمیت است. در

طراحی، مدیریت و بهره‌برداری از سیستم‌های آبیاری مشکل اساسی در تصمیم‌گیری مقدار راندمان آبیاری می‌باشد (۳).

یک سیستم آبیاری بایستی رطوبت منطقه ریشه گیاه را به اندازه کافی و یکنواخت تأمین نماید، به طوری که از ایجاد هرگونه تنش برای گیاه پیشگیری گردیده و باعث صرفه‌جویی انرژی، آب، مواد غذایی گیاهی و کارگر شود. از این رو هدف از روش‌های طراحی تأمین آب مورد نیاز گیاه بوده و تقریباً معادل میزان جذب رطوبت خاک توسط گیاه می‌باشد. بنابراین، حداکثر راندمان کاربرد وقتی حاصل می‌شود که مناطقی که کمترین مقدار آب را دریافت داشته‌اند به اندازه کافی پر شود، همچنین نفوذ عمقی بایستی از طریق کاهش زمان نفوذ و تنظیم زمان قطع جریان آب به حداقل رسیده و رواناب سطحی بایستی کنترل شده و یا مجدداً مورد استفاده قرار گیرد (۷ و ۲۰).

عمدتاً چهار معیار کمی که استاندارد عملکرد آبیاری سطحی را بیان می‌کنند عبارتند از: راندمان کاربرد آب، نسبت نفوذ عمقی، نسبت پایاب و راندمان نیاز آبی (۷).

برای طراحی بهینه آبیاری شیاری در اغلب مدل‌ها به علت سهولت در محاسبات و برنامه‌نویسی فقط یک راندمان را در نظر گرفته و پارامترهای طراحی را بدست می‌آورند که یکی از اشکالات این مدل‌ها به حساب می‌آید. در صورتی که هارت و همکاران (۱۹۷۹) نشان دادند که سه ترم راندمان و یک ترم یکنواختی توزیع نیاز است تا کارکرد هیدرولیکی یک سیستم آبیاری کاملاً تشریح شود.

در حال حاضر بسته نرم‌افزاری که بتواند طراحی بهینه روش‌های آبیاری شیاری را براساس بهینه‌سازی توأم چهار معیار استاندارد عملکرد آبیاری شیاری و با حالت‌های مختلفی از متغیرهای تصمیم‌گیری انجام دهد، ارائه نشده است. از آنجایی که راندمان‌های فوق بعضاً با هم رقیب بوده و روی یکدیگر تأثیر متقابل دارند و از طرفی پارامترهای مربوط به آن‌ها غالباً به هم وابسته هستند، برای بهینه‌سازی توأم آن‌ها بهتر و ساده‌تر است که ترکیب خطی این راندمان‌ها را در یک تابع هدف بهینه نمود. گرچه تابع هدف^۱، ترکیبی خطی از راندمان‌ها است ولی اگر راندمان‌ها برحسب پارامترهایشان مرتب شوند، آنگاه ملاحظه خواهد شد که تابع هدف تابعی پیچیده، چند متغیره و غیرخطی خواهد بود که برای بهینه‌سازی آن نمی‌توان از روش‌های کلاسیک بهینه‌سازی استفاده کرد و یا اینکه بسیار دشوار خواهد بود، لذا بایستی از روش عددی بهینه‌سازی سودجست.

از این‌رو در این تحقیق از برای اولین بار از روش آنیلینگ شبیه‌سازی شده^۲ که یک روش بهینه‌سازی^۳ عددی با ساختار تصادفی هوشمند و بر مبنای مکانیک آماری و قیاس با فرآیند فیزیکی آنیلینگ شبیه‌سازی شده، استفاده شده است. این روش اولین بار توسط متروپولیس و همکاران (۱۹۵۳) مطرح شد. بعدها کرک پاتریک و همکاران (۱۹۸۳) و متعاقباً سرنی (۱۹۸۵) بطور مستقل دریافتند که می‌توان از این ایده برای

1- Fitness Function

2- Simulated Annealing

3- Optimization

مسائل بهینه‌سازی ترکیبی سود جست و بر این اساس روش آنیلینگ شبیه‌سازی شده را پایه‌گذاری نمودند.

هدف از این تحقیق ارائه مدلی است جهت ارزیابی، طراحی، شبیه‌سازی و بهینه‌سازی عملکرد آبیاری شیاری که به منظور آزمون کارآئی مدل ارائه شده، شیاری در مزرعه دانشکده کشاورزی دانشگاه بوعلی سینا همدان احداث و آزمایشات لازم انجام گرفت.

مواد و روش‌ها:

از آنجائیکه آبیاری شیاری یکی از رایج‌ترین انواع روش‌های آبیاری سطحی است که اگر به درستی طراحی و اجرا شود برای زارعین یکی از بهترین روش‌ها محسوب می‌شود. اما چنانچه بخوبی اجرا نشود، موجب کاهش راندمان کاربرد، تلفات آب آبیاری، عدم یکنواختی توزیع آب و در نتیجه کاهش محصول می‌گردد. از این رو بهترین روش طراحی، طراحی بهینه است که در آن راندمان‌های مورد نظر که شامل راندمان کاربرد، نسبت نفوذ عمقی، نسبت پایاب و راندمان نیاز آبی می‌شوند، بطور توأم و همزمان در ترکیبشان در یک تابع هدف بهینه شوند. این روش طراحی فقط از طریق فرآیند توأم شبیه‌سازی-بهینه‌سازی امکان‌پذیر است. بر این اساس مدلی کامپیوتری جهت ارزیابی، طراحی شبیه‌سازی و بهینه‌سازی عملکرد و راندمان‌های آبیاری شیاری ارائه گردیده است که برای شبیه‌سازی هیدرولیک جریان سطحی از معادله موازنه حجم و برای بهینه‌سازی SA استفاده شده است.

در این تحقیق سعی شده است با ارزیابی سیستم‌های آبیاری شیاری، عملکرد سیستم تعیین شود و در صورتی که سیستم آبیاری مورد نظر از عملکرد پائینی برخوردار باشد، اصلاحاتی برای ارتقاء عملکرد صورت گیرد. برای اصلاح سیستم می‌توان از بخش طراحی به صورت سعی و خطا و یا از بخش بهینه‌سازی به منظور طراحی بهینه متغیرهای طراحی استفاده نمود. لذا مدل ارائه شده به منظور بالا بردن عملکرد سیستم آبیاری شیاری از فرآیند توأم شبیه‌سازی - بهینه‌سازی استفاده می‌کند.

مدل ارائه شده، مدلی است تحت عنوان مدل ارزیابی، طراحی، شبیه‌سازی و بهینه‌سازی آبیاری شیاری، که به زبان برنامه‌نویسی فرترن ۷۷ تحت نرم افزار Fortran Powerstation 4.0 تحت ویندوز XP نوشته و اجرا شده است. این مدل جهت ارزیابی، طراحی و همچنین بهینه‌سازی عملکرد آبیاری شیاری با جریان ثابت، بدون کاهش دبی و استفاده مجدد از هرزآب پایاب تهیه و ارائه شده است که شامل سه بخش مجزای ارزیابی، طراحی و بهینه‌سازی می‌باشد.

از آنجائیکه اغلب سیستم‌های آبیاری شیاری دارای عملکرد پائین هستند، لذا ارزیابی عملکرد سیستم‌های آبیاری می‌تواند اولین قدم در راه بهبود این سیستم‌ها باشد. با انجام ارزیابی یک سیستم آبیاری شیاری می‌توان اشکالات طراحی، اجرا و مدیریتی سیستم را مشخص نمود و سپس راهکارهای لازم جهت ارتقاء عملکرد و بازده سیستم را اعمال نمود. از این‌رو در تحقیق حاضر جهت تعیین معادله نفوذ

لوئیس - کوستیاکف در درجه اول و همچنین تعیین عملکرد سیستم آبیاری که شامل راندمان‌های آبیاری می‌شود، بخشی از مدل جهت ارزیابی سیستم آبیاری شیار بکار برده شده است. در بخش ارزیابی، مدل با استفاده از یک سری داده‌های ورودی که از اطلاعات صحرایی بدست می‌آید ارزیابی را انجام می‌دهد و در نهایت داده‌های خروجی را در قالب راندمان کاربرد، نسبت نفوذ عمقی، نسبت پایاب و راندمان نیاز آبی نمایش می‌دهد. در این بخش با دادن داده‌های بدست آمده از اندازه‌گیری‌های مزرعه‌ای کاربر می‌تواند معادله نفوذ لوئیس - کوستیاکف را تعیین و سپس عملکرد سیستم موجود را ارزیابی کند و در صورت نیاز با انجام یک سری اصلاحات در سیستم آبیاری شیار نظیر اصلاح طول شیار، دبی ورودی به شیار و همچنین زمان قطع آبیاری، وضع سیستم موجود را بهبود دهد و یا با طراحی و مدیریت جدیدی عملکرد سیستم آبیاری مورد نظر را ارتقاء بخشد.

بخش طراحی مدل ارائه شده بر این فرض استوار است که هدف از آبیاری، بکار بردن عمق آبی معادل کمبود رطوبت خاک در سرتاسر طول شیار است. بنابراین، حداکثر راندمان کاربرد وقتی حاصل می‌شود که مناطقی که کمترین مقدار آب را دریافت داشته‌اند به اندازه کافی پر شوند. در مدل ارائه شده، طراحی شیار برای سیستم‌های شیار بدون کاهش دبی یا امکانات استفاده مجدد از پایاب انجام می‌شود و طراحی سیستم به گونه‌ای است که آب در انتهای پایین دست شیار به اندازه عمق آب مورد نیاز نفوذ کند و آبیاری کامل صورت گیرد. در این بخش کاربر می‌تواند بصورت سعی و خطا با دادن پارامترهای متفاوت و نیز با در نظر گرفتن بهترین راندمان‌ها به ازاء تعداد مجموعه‌های بدست آمده برای آن پارامترها، طراحی بهینه را با توجه به دبی‌های جریان و زمان‌های قطع آب در شیار انتخاب کند.

همچنین در این تحقیق جهت بهینه‌سازی متغیرهای تصمیم‌گیری از روش بهینه‌سازی SA استفاده شده است. روش SA براساس یک ساختار همسایگی از جواب جاری به یکی از جواب‌های نزدیک به آن حرکت می‌کند و با شروع از یک جواب اولیه برای متغیرهای تصمیم‌گیری (دبی کل سیستم و طول شیار)، جواب جدید S' در همسایگی جواب فعلی S بطور تصادفی ایجاد می‌شود. برای تولید جواب‌های اولیه و مجاور از یک الگوریتم تولید اعداد تصادفی یکنواخت و در فضای امکان‌پذیر استفاده می‌شود. هر گزینه تصادفی که در مجاورت جواب قبلی تولید می‌شود باید قیده‌های مسأله (روابط ۸ و ۹) را ارضا کند، در غیر این صورت گزینه دیگری به صورت تصادفی تولید می‌شود. سپس تغییر در مقدار تابع هدف $D = FF(S') - FF(S)$ محاسبه می‌شود. در کمینه‌سازی تابع هدف، در صورتی که $D \leq 0$ باشد S' جایگزین S می‌شود (حرکت نزولی)، ولی اگر $D > 0$ باشد انتقال به جواب جدید (حرکت رو به بالا) با احتمال بولتزمن $\exp\left(-\frac{D}{T \times K_b}\right)$ پذیرفته می‌شود که در آن T یک پارامتر کنترلی است که معادل با دما در فرآیند شبیه-

سازی شده می‌باشد و K_b ثابت بولتزمن^۱ می‌باشد (۱۰ و ۱۶). این عملیات به اندازه طول دوره در یک درجه حرارت تکرار می‌شود. دما نیز در حین ادامه عملیات توسط یک تابع سرد کردن به تدریج سرد

1- Boltzman Constant

می‌شود، تا این‌که شرط توقف مورد نظر برقرار گردد. باید توجه داشت که شرط توقف طوری انتخاب شود که انتقال‌های کافی برای نیل به همگرایی و اطمینان از جواب‌های با کیفیت بالا فراهم شود.

در طول اجرای الگوریتم SA باید توجه داشت که جواب‌های بهتر ذخیره شوند زیرا در حرکت‌های رو به بالا بعضی از جواب‌های بد نیز پذیرفته می‌شوند. در الگوریتم SA جواب‌های بدتر که همان انتقال‌های رو به بالا است با احتمال $p = \exp\left(\frac{-D}{T}\right) > R$ پذیرفته می‌شوند، که R یک عدد تصادفی یکنواخت بین صفر و یک است. با کاهش مرحله به مرحله T احتمال پذیرش جواب‌های بد (حرکت‌های رو به بالا) کاهش می‌یابد. در حرکت‌های رو به بالا این توانایی برای SA بوجود می‌آید که برای جستجوی کمینه سراسری از دام نقاط کمینه محلی خارج شود (۵ و ۶). الگوریتم SA نسبت به پارامترهای حساس می‌باشد و تعیین پارامترهایی که جواب‌های مناسبی را ایجاد نمایند بسیار مهم است (۲۲). از این رو بایستی بهترین ترکیب آن‌ها مطابق با روش‌های توصیه شده در منبع (۵) تعیین و سپس در اجرای نهائی مورد استفاده قرار گیرد. در بخش بهینه‌سازی، طراحی سیستم آبیاری شیاری براساس بهینه‌سازی انجام می‌گیرد و پارامترهای بهینه طراحی از بین تولید شده‌ها انتخاب می‌شوند. در طراحی سیستم‌های آبیاری شیاری می‌توان ترکیب مناسبی از شاخص‌های عملکرد را در یک تابع هدف در مقایسه با سطح ایده‌آل شاخص‌ها با رعایت انواع قیدها و محدودیت‌های موجود فیزیکی و مدیریتی و بطور کلی شرایط واقعی طراحی، بهینه کرده و راه کارهای بهبود را استخراج نمود. مدل بهینه‌سازی مورد نظر شامل چند زیر برنامه است که تعداد متغیرهای تصمیم‌گیری در آن‌ها متفاوت است. در هر سابروتین ممکن است ترکیبی از متغیرهای تصمیم‌گیری دبی کل سیستم و طول شیار بهینه شوند. این انعطاف‌پذیری به کاربر این امکان را می‌دهد تا متغیرهای تصمیم‌گیری مورد نظر را انتخاب نماید و از این رو مدل ارائه شده می‌تواند کاربرد وسیعی در طراحی بهینه متغیرهای تصمیم‌گیری داشته باشد.

تابع هدف مورد استفاده در این تحقیق از ترکیب توأم توابع هدفی بدست می‌آید که عبارتند از: راندمان کاربرد آبیاری (E_a)، نسبت نفوذ عمقی (DPR)، نسبت رواناب پایاب (TWR) و راندمان آب مورد نیاز یا کفایت آبیاری (E_r) در آبیاری شیاری.

مقدار ایده‌آل شاخص‌های راندمان کاربرد و راندمان آب مورد نیاز برابر ۱ و مقدار ایده‌آل شاخص‌های نسبت نفوذ عمقی و نسبت رواناب پایاب برابر صفر است. بنابراین براساس مبانی تئوری بهینه‌سازی، تابع هدفی که در شکل کمینه‌سازی بتواند مجموعه شاخص‌های فوق را بهینه کند، بصورت زیر نوشته می‌شود:

$$\text{Min FF} = (1 - E_a) + (1 - E_r) + \text{DPR} + \text{TWR} \quad (1)$$

این معادله ساده‌ترین شکل ترکیب شاخص‌ها (ترکیب خطی) در یک تابع هدف کل است. در این تحقیق به دلیل سادگی شکل تابع هدف از شکل خطی استفاده شده است. رابطه‌ای که برای تابع هدف در این تحقیق

ارائه شده است یک تابع چند هدفی می‌باشد که هر یک از جملات آن یک تابع هدف بوده و از ترکیب خطی آن‌ها به صورت مزبور تابع هدف کل حاصل می‌شود. هر کدام از توابع هدف که همان شاخص‌های عملکرد هستند به صورت زیر تعریف می‌شوند:

- راندمان کاربرد E_a :

$$E_a = \frac{Z_{req} L}{Q_0 t_{co}} \times 100 \quad (2)$$

که در آن:

Z_{req} : عمق آب مورد نیاز در شیار برحسب متر مکعب بر متر

L : طول شیار برحسب متر

Q_0 : دبی جریان ورودی برحسب متر مکعب در دقیقه

t_{co} : زمان قطع آبیاری برحسب دقیقه

- نسبت نفوذ عمقی DPR:

$$DPR = \frac{V_z - Z_{req} L}{Q_0 t_{co}} \times 100 \quad (3)$$

که در آن:

V_z : حجم کل آب نفوذ کرده در شیار برحسب متر مکعب

حجم کل آب نفوذ کرده در شیار با فرض این‌که مرطوب شدن جانبی بین شیارها بطور یکنواخت رخ

دهد و زمان پسروری سبب افزایش فرصت زمان نفوذ در طول شیار نشود، با استفاده از قانون دوزنقه‌ای

بدست می‌آید:

$$V_z = \frac{L}{2n} (Z_0 + 2Z_1 + 2Z_2 + \dots + Z_n) \quad (4)$$

که در آن:

Z_i : نفوذ تجمعی در نقطه i ام برحسب متر مکعب بر متر

n : تعداد تقسیمات شیار

مقادیر نفوذ تجمعی را می‌توان از رابطه‌ای که در زیر به آن اشاره شده بدست آورد:

$$Z_i = K[t_r - (t_a)_i]^a + f_0[t_r - (t_a)_i] \quad (5)$$

که در آن:

t_r : زمان پسروری برحسب دقیقه که در بسیاری موارد با صرف نظر کردن از زمان پسروری، از زمان قطع آبیاری استفاده می شود

- نسبت پایاب TWR:

$$TWR = 100 - E_a - DPR \quad (6)$$

- راندمان آب مورد نیاز E_r :

$$E_r = \frac{Z_{req} L}{Z_{req} L} \times 100 = 100\% \quad (7)$$

متغیرهای تصمیم‌گیری در تابع هدف مورد نظر عبارتند از: دبی کل سیستم آبیاری (Q_T)، طول شیار (L) که محدودیت‌ها و قیدهای آنها به صورت زیر تعریف می‌شوند:

$$\text{حداقل مجاز} \leq (Q_T) \leq \text{حداکثر مجاز} \quad (8)$$

$$\text{حداقل مجاز} \leq (L) \leq \text{حداکثر مجاز} \quad (9)$$

در ادامه کار به منظور اجرای مدل ارائه شده در بخش بهینه‌سازی، یک شیار آزمایشی در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه بوعلی سینا احداث و آزمایشات لازم بر روی آن انجام گرفت. طول شیار مورد آزمایش ۳۵ متر، با عرض شیار ۰/۵ متر و شیب ۰/۶ درصد در نظر گرفته شد.

برای اندازه‌گیری زمان‌های پیشروی و پسروری در طول شیار، ایستگاه‌هایی به فواصل ۷ متری توسط میخ چوبی مشخص و علامت‌گذاری شدند. از آنجائیکه در شیار، زراعتی صورت نگرفته بود، بنابر پیشنهادات ضریب زبری مانینگ ۰/۰۴ در نظر گرفته شد. همچنین به منظور اندازه‌گیری دبی ورودی و خروجی به شیار از پارشال فلوم در ابتدا و انتهای شیار استفاده گردید. در ابتدای شیار برای ثابت نگه داشتن جریان ورودی به شیار از یک منبع آب با تراز ثابت استفاده گردید و در ادامه آب بعد از خروج از منبع به پارشال فلوم واقع ابتدای شیار هدایت شد. همچنین جهت تعیین هیدروگراف خروجی از یک پارشال فلوم در انتهای

شیار استفاده گردید. مشخصات شیار و جریان آب ورودی به شیار مورد آزمایش در جدول (۱) ارائه شده است.

جدول ۱- مشخصات شیار و جریان آب ورودی و خروجی از شیار به منظور ارزیابی

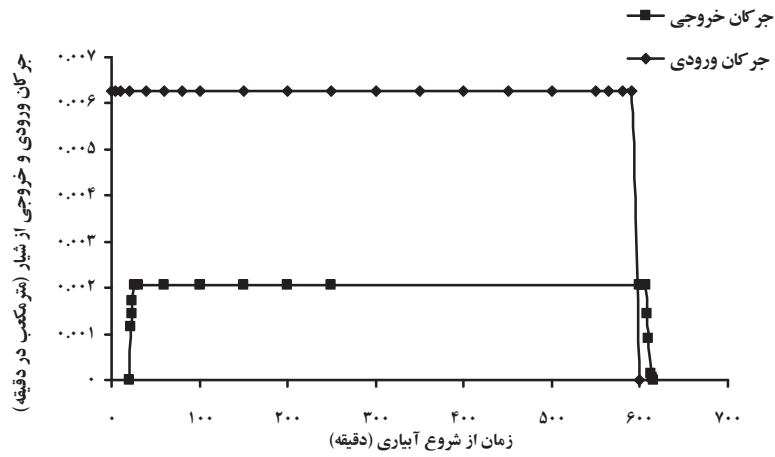
دبی خروجی از شیار (m ³ /min)	دبی ورودی به شیار (m ³ /min)	عمق آب مورد نیاز (cm)	شیب طولی شیار (%)	فاصله شیارها (m)	طول شیار (m)
۰/۰۰۲۰۵۴	۰/۰۰۶۲۶	۱۰	۰/۶	۰/۵	۳۵

از آنجائیکه ضرایب معادله نفوذ برای شیار مورد نظر در دست نبود، در ابتدا یک ارزیابی اولیه برای تعیین ضرایب معادله نفوذ لوئیس - کوستیاکف انجام گرفت که از روش ارزیابی براساس اندازه‌گیری سرعت پیشروی - سطح مقطع هیدرولیکی و میزان پایاب به همراه روش دو نقطه‌ای استفاده گردید. برای این منظور با یک دبی ثابت حدوداً ۰/۱ لیتر بر ثانیه آبیاری شیار آغاز شد. سپس زمان‌های پیشروی در ایستگاه‌های اندازه‌گیری یادداشت و بعد از رسیدن آب به انتهای شیار برای پارشال فلوم خروجی نیز اعداد مربوط به اشل تا پایان قطع جریان آب از انتهای شیار یادداشت شد. یادداشت برداری از پارشال فلوم‌ها تا به صفر رسیدن مقدار دبی ورودی و خروجی در شیار ادامه یافت و در آخر زمان ناپدید شدن آب یا پسروی در هر ایستگاه نیز ثبت شد. بعد از اتمام عملیات آبیاری، سطح مقطع عرضی جریان به منظور تعیین محیط خیس شده و نیز تعیین سطح مقطع عرضی شیار مورد آزمایش از روی داغاب و با استفاده از مقطع سنج شیار اندازه‌گیری شد.

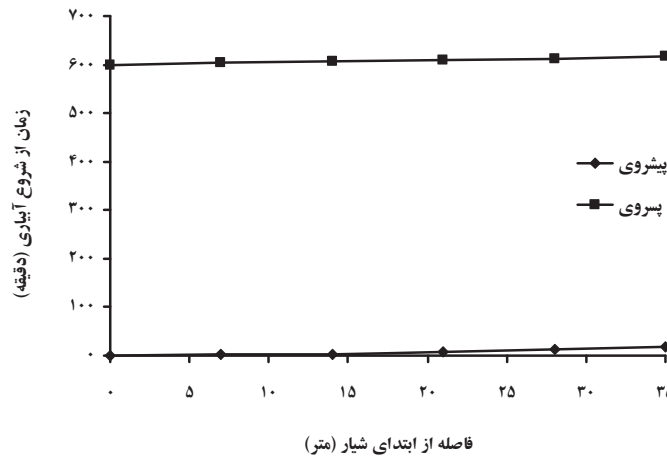
سپس به منظور تعیین ضرایب معادله نفوذ لوئیس - کوستیاکف، پارامترهای اندازه‌گیری شده از آزمایش صحرائی به بخش ارزیابی مدل مورد نظر وارد شدند و در نهایت معادله نفوذ لوئیس - کوستیاکف به صورت زیر بدست آمد:

$$Z=0/0001749t^{0.6760038}+0.0001203t \quad (10)$$

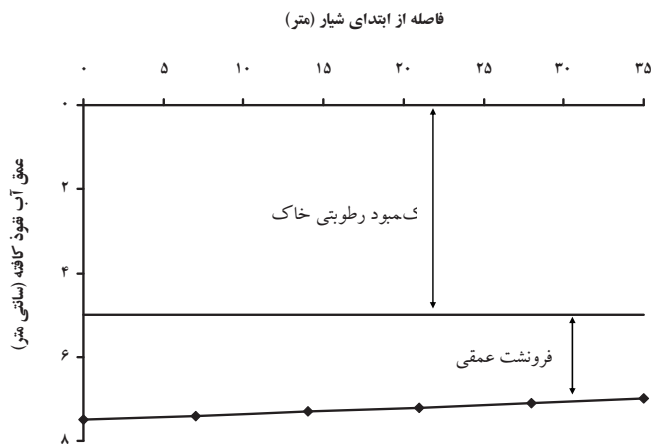
نمودارهای مربوط به هیدروگراف‌های جریان ورودی و خروجی، پیشروی و پسروی در ارزیابی اولیه به ترتیب در شکل‌های (۱) و (۲) آورده شده است. همچنین توزیع رطوبت تحت الارضی در ارزیابی اولیه که بوسیله اگر زدن مشاهده گردید در شکل (۳) آورده شده است.



شکل ۱- هیدروگراف‌های جریان ورودی و خروجی از شیار در ارزیابی اولیه برای تعیین معادله نفوذ



شکل ۲- نمودارهای پیشروی و پسروی شیار در ارزیابی اولیه برای تعیین معادله نفوذ



شکل ۳- توزیع رطوبت تحت الارضی در طول شیار در ارزیابی اولیه برای تعیین معادله نفوذ

بعد از بدست آمدن ضرایب معادله نفوذ لوئیس - کوستیاکف از ارزیابی اولیه راندمان‌های مورد نظر به ازاء آن در ارزیابی اولیه حاصل شدند که در جدول (۲) نشان داده شده است.

جدول ۲- راندمان‌های آبیاری در عملکرد آبیاری شیاری در ارزیابی اولیه

راندمان آب مورد نیاز	نسبت رواناب پایاب	نسبت نفوذ عمقی	راندمان کاربرد
E_T (%)	TWR (%)	DPR (%)	E_a (%)
۱۰۰/۰	۳۲/۱۳	۲۱/۳۰	۴۶/۵۶۶

در مرحله بعد ضرایب معادله نفوذ بدست آمده از مرحله ارزیابی در بخش بهینه‌سازی مدل وارد می‌شوند. در این مرحله با انتخاب متغیرهای تصمیم‌گیری طول شیاری و دبی کل ورودی به سیستم جهت بهینه‌سازی از سابروتین مربوط به آن استفاده گردید. در ابتدا محدوده قیده‌های مورد نظر برای متغیرهای تصمیم‌گیری طول و دبی به همراه مشخصات طراحی در بخش ورودی مدل وارد شدند. بدین منظور مدل بهینه‌سازی جهت طراحی شیاری مورد نظر با توجه به مشخصات طراحی و متغیرهای تصمیم‌گیری دبی کل سیستم و طول شیاری ارائه شده در جدول (۳) به صورت بهینه طراحی و مدیریت گردید، تا توانائی مدل بهینه‌سازی را در بهبود عملکردهای سیستم آبیاری نشان دهد. برای ضرایب معادله نفوذ لوئیس - کوستیاکف از داده‌های ارزیابی که در بالا به آن اشاره شد، استفاده گردیده است.

جدول ۳- مشخصات شیاری، محدوده دبی سیستم و طول شیاری به منظور طراحی بهینه سیستم آبیاری

محدوده طول شیاری		محدوده دبی کل سیستم							
L_{max}	L_{min}	W_f	W	QT_{max}	QT_{min}	V_{max}	D_i	S_0	Tco_{max}
(m)	(m)	(m)	(m)	(m^3/min)	(m^3/min)	(m/min)	(cm)	(%)	(hr)
۳۵	۲۰	۵۰۰	۰/۵	۶	۱	۶	۱۰	۰/۶	۱۵

نتایج و بحث:

در ادامه با دادن تمام ورودی‌های مورد نیاز در بخش بهینه‌سازی، تحلیل حساسیت جهت تعیین پارامترهای SA انجام گرفت. بعد از تحلیل حساسیت پارامترهای الگوریتم SA نتایج بدست آمده گزارش می‌شود. نتایج بهینه‌سازی برای شرایط موجود و مشخصات مورد نظر به منظور طراحی آبیاری شیاری در فایل خروجی مربوط به بهینه‌سازی طول و دبی کل سیستم گزارش می‌شود. نتایج بهینه‌سازی شامل دبی ورودی بهینه به شیاری، طول بهینه شیاری، زمان پیشروی، زمان قطع، شاخص‌ها و تابع هدف در جدول (۴) نشان داده شده است.

جدول ۴- نتایج به دست آمده از بخش بهینه‌سازی مدل

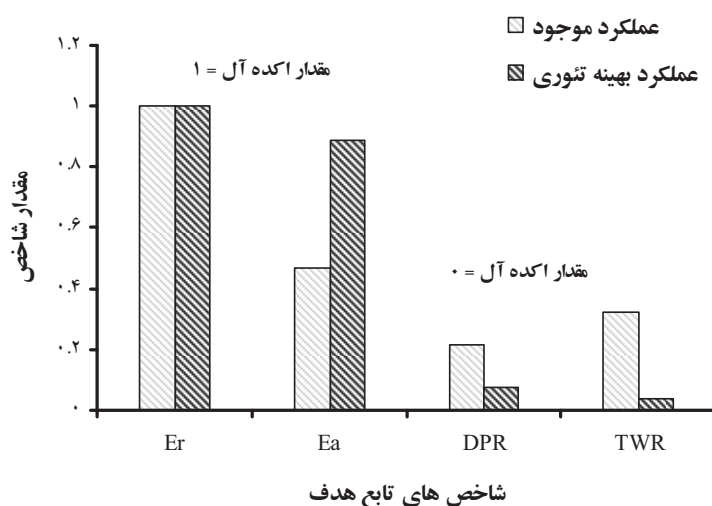
راندمان آب	نسبت رواناب	نسبت نفوذ	راندمان	فرصت	زمان	دبی ورودی
مورد نیاز	پایاب	عمقی	کاربرد	زمان نفوذ	پیشروی	طول شیار
(%)	(%)	(%)	(%)	(min)	(min)	(m)
۱۰۰	۳/۷۶۹	۷/۶۰۷	۸۸/۶۲۴	۳۴۱	۴۱	۲۳
						به شیار
						(m^3/min)
						۰/۰۰۳۴

نتایج بدست آمده از بخش بهینه‌سازی مدل بیانگر این است که طول شیار مورد نظر باید از ۳۵ متر به ۲۳ متر و دبی ورودی به شیار از ۰/۰۰۶۲۶ مترمکعب در دقیقه باید به ۰/۰۰۳۴ مترمکعب در دقیقه کاهش یابد تا عملکرد سیستم آبیاری شیار در حد قابل ملاحظه‌ای ارتقاء یابد. خلاصه نتایج بدست آمده از عملکرد موجود و عملکرد بهینه در جدول (۵) نشان داده شده است.

جدول ۵- خلاصه نتایج از عملکرد موجود سیستم با عملکرد بهینه تئوری بدست آمده از مدل

تابع هدف	نسبت رواناب پایاب	نسبت نفوذ عمقی	راندمان کاربرد	راندمان آب مورد نیاز
(۰ = مقدار ایده‌آل)	(۰ = مقدار ایده‌آل)	(۰ = مقدار ایده‌آل)	(۱ = مقدار ایده‌آل)	(۱ = مقدار ایده‌آل)
درصد عملکرد	درصد عملکرد	درصد عملکرد	درصد عملکرد	درصد عملکرد
بهبود	بهبود	بهبود	بهبود	بهبود
تئوری	تئوری	تئوری	تئوری	تئوری
۰/۲۲۷۵۷	۰/۳۷۶۹	۰/۰۷۶۰۸	۰/۸۸۶۲	۰/۴۶۵۷
۷۹/۰۵	۸۸/۲۶	۶۷/۰۶	۹۰/۲۹	۱
۱/۰۸۶۸	۰/۳۲۱	۰/۲۳۱	۰/۲۹	۰
۱/۰۸۶۸	۰/۳۲۱	۰/۲۳۱	۰/۲۹	۰

همچنین مقایسه شاخص‌های عملکرد در حالت موجود و عملکرد بهینه تئوری در شکل (۴) نشان داده شده است.



شکل ۴- مقایسه شاخص‌های عملکرد در حالت موجود و عملکرد بهینه تئوری

در شکل (۴) ملاحظه می‌شود که شاخص‌های عملکرد بهینه تئوری بدست آمده از بخش بهینه‌سازی مدل بهبود قابل توجهی نسبت به عملکرد موجود سیستم آبیاری شیاری داشته است. بنابراین نتایج بدست آمده نشان دهنده توانایی مدل ارائه شده در طراحی بهینه متغیرهای سیستم آبیاری شیاری است. با توجه به نتایج بدست آمده، نتیجه گرفته می‌شود که با طراحی و مدیریت بهینه سیستم‌های آبیاری شیاری و همچنین در نظرگرفتن شاخص‌ها و متغیرهای تصمیم‌گیری مختلف می‌توان راندمان آبیاری شیاری در حد سیستم‌های آبیاری بارانی و قطره‌ای البته با کمترین هزینه ممکن ارتقاء داد. همچنین نتیجه گرفته می‌شود، مناسب‌ترین شاخص‌های عملکرد در طراحی بهینه سیستم‌های آبیاری شیاری شاخص‌هایی هستند که بتوانند بخوبی منعکس کننده اهداف و معیارهایی طراحی باشند نظیر راندمان کاربرد آبیاری، نسبت نفوذ عمقی، نسبت رواناب پایاب و راندمان آب مورد نیاز، که در این تحقیق مورد استفاده قرار گرفتند.

تشکر و قدردانی:

با تشکر از اساتید محترم گروه آبیاری که تمام آموخته‌های دوره کارشناسی و کارشناسی‌ارشد خود را مدیون ایشان می‌باشم. همچنین در اینجا لازم می‌دانم که از زحمات اساتید و کادر محترم دانشکده کشاورزی، بخصوص گروه مهندسی آبیاری دانشگاه بوعلی سینا همدان که در انجام این تحقیق اینجانب را مساعدت نمودند، تشکر و قدردانی نمایم.

منابع و مراجع:

۱. پارسی‌نژاد، مسعود. یزدانی، محمدرضا و رضوی‌پور، تیمور. (۱۳۸۲). «نگرشی واقعی به راندمان کاربرد آب در اراضی شالیزاری (مطالعه موردی- شبکه آبیاری سپیدرود گیلان)». مجموعه مقالات یازدهمین همایش کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران، تهران. ص ۱۱۱-۱۲۰.
۲. حقایقی مقدم، ابوالقاسم، توحیدلو، قاسم و صدرقاین، حسین. (۱۳۸۲). «بررسی کارایی مصرف آب و عملکرد محصول چغندر در روش‌های آبیاری سطحی و بارانی». مجموعه مقالات یازدهمین همایش کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران. تهران، ص ۲۴۷-۲۶۰.
۳. شمعی، غلامرضا. موسوی، سید فرهاد. مصطفی‌زاده، بهروز. (۱۳۷۵). «ارزیابی راندمان‌های سیستم آبیاری شیاری در اراضی یکپارچه و پراکنده استان چهارمحال و بختیاری». مجموعه مقالات هشتمین سمینار کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران. تهران.
۴. علیزاده، امین. (۱۳۸۱). «طراحی سیستم‌های آبیاری». انتشارات آستان قدس رضوی. ۶۵۵ صفحه.

۵. محسنی موحد، سید اسدالله. (۱۳۸۱). «تهیه مدل ریاضی بهینه‌سازی عملکرد هیدرولیکی کانال‌های آبیاری با استفاده از روش آنیلینگ شبیه سازی شده (SA) و تعیین ارزش نسبی شاخص‌های ارزیابی». رساله دوره دکتری آبیاری. دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس تهران.
۶. محسنی موحد، سید اسدالله. منعم، محمد جواد. (۱۳۸۶). «معرفی یک مدل ریاضی جدید برای ارزیابی و بهینه‌سازی عملکرد کانال‌های آبیاری». مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان. سال یازدهم، شماره چهارم (الف). صفحه ۱۳-۲۵.
۷. مصطفی زاده، بهروز. موسوی، سید فرهاد. (۱۳۸۵). «آبیاری سطحی: تئوری و عمل». (تألیف دلیو. آر. واکر و گ. و. اسکوگرپو). انتشارات کنکاش، اصفهان، ۵۸۲ صفحه.
۸. میرئی، محمدحسین. فرشی، علی اصغر. (۱۳۸۲). «چگونگی مصرف و بهره‌وری آب در بخش کشاورزی». مجموعه مقالات یازدهمین همایش کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران. ص ۲۰۳-۲۱۳.
9. Cerny, V. (1985). "Thermodynamical approach to the traveling salesman problem: An efficient simulation algorithm". *Journal of Optimization Theory and Applications*, 45: 41-51.
10. Chinneck, J. W. (2006). "Practical Optimization: a Gentle Introduction" Chapter 14 In: *Heuristics for Discrete Search: Genetic Algorithms and Simulated Annealing*.
11. Christiansen, J. E., Bishop, A. A., Kiefer, F. W., Jr. and Fok, Y. S. (1966). "Evaluation of Intake Rate Constants to Advance of Water in Surface Irrigation". *Trans. ASAE* 9(5):671-674.
12. Elliott, R. L and Walker, W. R. (1982). "Field evaluation of furrow infiltration and advance functions". *Trans. ASAE*. 25(2):396-400.
13. Fangmeier, D. D. and Ramsey, M. K. (1978). "Intake characteristics in irrigation furrows". *Transactions of the American Society of Agricultural Engineers*. ASAE. 21(4): 697-705.
14. Hart, W. E., Peri, E. G. and Skogerboe, G. V. (1979). "Irrigation Performance: An Evaluation". *Journal of Irrigation and Drainage Engineering* .ASCE. Div. 105(IR3):275-288.
15. Jensen, M. E. (1980). "The role of irrigation in food and fiber production. In *Design and operation of farm irrigation systems*", ed. M. E. Jensen. Michigan: The American Society of Agricultural Engineers. p15-41.
16. Johnson, D.S., Aragon, C.R., McGeoh, L. A. and Schevon, C. (1989). "Optimization by simulated annealing: an experimental evaluation". part I, *Operations Research*, 37:865-892.
17. Kirkpatrick, S. Gelatt, C.D Jr. and Vecchi, M. P. (1983). "Optimization by simulated annealing". *Science*, 220(4598): 671-680.
18. Metropolis, N. Rosenbluth, A. Teller, A. and Teller, E. (1953). "Equation of state calculations by computing machines". *Journal of Chemical Physics*, 21(6): 1087-1092.

19. Strelkoff, T and Sousa, F.(1984).“*Modeling effect of depth on furrow infiltration*”
Journal of Irrigation and Drainage Engineering .ASCE. Div. 110:375-387.
20. Walker, W. R. (1989). “ *Guidelines for Designing and Evaluating Surface Irrigation Systems*“ .FAO Irrigation and Drainage Paper No.45, Rome,Italy.
21. Walker, W. R. (2007).“*SIRMOD III – Surface Irrigation Simulation, Evaluation and Design* “ . Department of Biological and Irrigation Engineering Utah State University. 163 paper.
22. Zegordi, S. H., Itoh, K. and Enkawa, T. (1995). “ *A knowledgeable simulated annealing scheme for the early / tardy flow shop scheduling problem*”. International Journal of Production Research, 33: 1449-1466.

دومین سمینار (اهکارهای بهبود و اصلاح سامانه‌های آبیاری سطحی

۲ فرورداد ماه ۱۳۸۷

توسعه مدل پیشروی آب در آبیاری شیاری بر اساس شدت جریان ورودی و رطوبت اولیه خاک

زهرا زواره‌ای مقدم^۱، علی اصغر منتظر^۲

چکیده

در آبیاری سطحی، سرعت پیشروی آب روی سطح خاک از اهمیت زیادی در ارزیابی توابع نفوذ و در نتیجه برآورد عملکرد سیستم برخوردار است. این مطالعه با هدف تعیین مدل پیشروی آب در آبیاری شیاری بر اساس شدت جریان ورودی و رطوبت اولیه خاک انجام گرفت. آزمایش بر روی ۳۰ شیار به طول ۷۰ متر و عرض ۷۵ سانتی متر صورت پذیرفت. تیمارهای آزمایشی بر اساس تغییرات دو پارامتر شدت جریان ورودی به شیارها و رطوبت اولیه خاک تعریف شدند. با توجه به نوع خاک، شیب زمین و ابعاد شیارها بازه تغییرات شدت جریان ورودی $0/9 - 0/1$ لیتر بر ثانیه و بازه تغییرات رطوبت اولیه خاک ۳-۱۷ درصد در نظر گرفته شد. برداشتهای صحرائی برای ۵ آبیاری متفاوت انجام گردید که به منظور حذف اثر تغییرات زمانی نفوذ بر مدل پیشروی، داده‌های آبیاری اول در تجزیه و تحلیل مورد استفاده قرار نگرفت. بر اساس داده‌های مشاهداتی، مدل سه متغیره‌ای به منظور پیش بینی زمان پیشروی آب در طول شیارها بر اساس فاصله پیشروی، شدت جریان ورودی و رطوبت اولیه خاک استخراج گردید. تحلیل حساسیت مدل نشان داد که زمان پیشروی جریان از حساسیت بالاتری نسبت به شدت جریان ورودی به شیار در مقایسه با رطوبت اولیه خاک برخوردار است (حدود دو برابر). همچنین رابطه توانی پیشروی بر اساس شدت جریان ورودی توسعه یافته و روشی جهت تعیین ضرائب آن ارائه گردید. ارزیابی نشان داد که رابطه پیشنهادی ضمن همبستگی بالا با داده‌های مشاهداتی، امکان برآورد زمان پیشروی آب را برای دبی‌های تست نشده با دقت بالایی فراهم می‌نماید. با مشخص شدن منحنی پیشروی جریان برای دبی‌های

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد

۲- استادیار گروه مهندسی آبیاری و زهکشی پردیس ابوریحان دانشگاه تهران

تست نشده، می‌توان میزان نفوذ را با استفاده از روش‌هایی که مبتنی بر اطلاعات پیشروی می‌باشند، با دقت قابل قبولی برآورد کرد.

واژه‌های کلیدی: آبیاری شیاری، شدت جریان، رطوبت اولیه، منحنی پیشروی

۱- مقدمه

در آبیاری سطحی، مسئله پیشروی آب به این دلیل که در برگیرنده اطلاعات ارزشمندی راجع به چگونگی نفوذ آب بدخل خاک می‌باشد، همواره مورد توجه بوده است. سرعت پیشروی به عوامل مختلفی از جمله شدت جریان ورودی، رطوبت اولیه خاک، مقاومت بستر خاک به جریان آب و شیب طولی مزرعه بستگی دارد. ساده‌ترین و معمولترین رابطه‌ای که برای پیشروی آب در شیاری استفاده می‌شود یک رابطه توانی بصورت زیر است (Walker & Elliot, 1982; Walker & Skogerboer, 1987; Scaloppietal, 1995).

$$t = px^r \quad (1)$$

که در آن x فاصله پیشروی (متر) در مدت t دقیقه از ورود آب، و p و r ضرائب تجربی برازش می‌باشند. الیوت و واکر (Walker & Elliot, 1982) پس از مقایسات معادله (۱) با فرم‌های دقیقتر و روشهای برازش منحنی نتیجه گرفتند که بهترین نتیجه زمانی حاصل می‌شود که معادله با دو نقطه برازش داده شود. زمان پیشروی آب تا نصف طول مزرعه ($L/2$)، و پیشروی تا انتها (L)، را می‌توان همزمان حل کرد تا پارامترهای تجربی p و r بدست آیند:

$$r = \frac{\ln(t_{0.5L}/t_L)}{\ln(0.5)} \quad (2)$$

$$p = \frac{t_L}{L^r} \quad (3)$$

ویلاردسون و بی‌شاپ (Willardson & Bishop, 1967) معادله پیشروی جریان را به صورت زیر بدست آورده‌اند:

$$t_x = a(e^{cx} - 1) \quad (4)$$

که در آن t_x مدت زمان لازم (به دقیقه) برای رسیدن جبهه پیشروی به فاصله x به فوت می‌باشد. ضرائب a و c را می‌توان با بدست آوردن شیب منحنی در دو نقطه از آن و جایگزینی مقادیر بدست آمده در معادله دیفرانسیلی زیر برای دو نقطه و حل آن به طریقه دو معادله و دو مجهول حساب نمود.

$$\frac{dt}{dx} = ac + ct_x \quad (5)$$

الورز (Alvarez, 2003) با استفاده از رابطه توانی پیشروی و معادله نفوذ کوستیاکف و ترکیب معادله بیلان حجم برای دو نقطه میانی و انتهایی شیار، رابطه زیر را جهت پیش بینی منحنی پیشروی برای دبی‌های تست نشده ارائه داد. ایشان فرض کردند که با تغییرات دبی، F ثابت و تنها P تغییر می‌کند.

$$\frac{P_{ne}}{P_e} = \frac{A_{one} Q_e}{A_{oe} Q_{ne}} \quad (6)$$

که در آن P_e ضریب رابطه توانی پیشروی برای یک دبی مشخص Q_e با سطح مقطع جریان معلوم A_{oe} و P_{ne} ضریب رابطه توانی پیشروی برای دبی تست نشده Q_{ne} با سطح مقطع جریان نامعلوم A_{one} می‌باشد.

در این تحقیق، رابطه توانی پیشروی بر اساس میزان دبی توسعه یافت و روشی جهت تعیین ضرائب تجربی آن ارائه گردید. با استفاده از رابطه پیشنهادی می‌توان منحنی پیشروی و همچنین میزان نفوذ را برای سایر دبی‌های تست نشده پیش‌بینی کرد.

۲- مواد و روش‌ها

آزمایش‌ها در مزرعه آموزشی- تحقیقاتی پردیس ابوریحان دانشگاه تهران صورت پذیرفت. بدین منظور در قطعه زمینی به طول ۷۰ متر و عرض ۲۵ متر، شیاری به فواصل ۷۵ سانتی متر از یکدیگر ایجاد گردید. بافت خاک مزرعه مورد مطالعه از نوع رسی و میانگین شیب مزرعه ۰/۴ درصد بود. به منظور حذف اثر شیاری بر یکدیگر در طرفین هر شیار اندازه‌گیری، یک شیار به عنوان محافظ در نظر گرفته شد. برای ورود آب به شیاری از سیفون استفاده شد. اندازه‌گیری میزان دبی سیفون‌ها به روش حجمی با ایجاد حفره‌ای در خاک، قبل از آبیاری انجام گرفت. برای اندازه‌گیری سرعت حرکت جبهه پیشروی در شیاریها، کناره شیاریها به فواصل ۵ متر میخ‌کوبی شد. با شروع آبیاری زمان رسیدن جبهه پیشروی به هر میخ (ایستگاه) یادداشت گردید. تیمارهای آزمایشی بر اساس تغییرات دو پارامتر شدت جریان ورودی به شیاریها و رطوبت اولیه خاک شیاریها تعریف شدند. با توجه به بافت خاک، شیب زمین و ابعاد شیاریها بازه تغییرات شدت جریان ورودی ۰/۹ - ۰/۱ لیتر بر ثانیه و بازه تغییرات رطوبت اولیه خاک ۳-۱۷ درصد در نظر گرفته شد. از آنجا که انجام آزمایش و اندازه‌گیریها در یک رطوبت از پیش تعیین شده بدلیل مشکل

پایش رطوبت خاک تا لحظه رسیدن به رطوبت مورد نظر میسر نبود، اندازه‌گیری پیشروی در رطوبت‌های مختلف بعد از گذشت زمان معینی از آبیاری صورت گرفت.

برداشت‌های صحرایی برای ۵ آبیاری متفاوت انجام شد که به منظور حذف اثر تغییرات زمانی نفوذ بر مدل پیشروی، داده‌های آبیاری اول در تجزیه و تحلیل مورد استفاده قرار نگرفت.

به منظور تعیین رابطه میان سرعت پیشروی، رطوبت اولیه خاک و دبی ورودی نخست روابطی بین پارامترهای مذکور بصورت زیر پیشنهاد گردید:

$$t = f(x, Q, \theta) \quad (۷)$$

که در آن:

$$t = \text{زمان پیشروی (دقیقه)}$$

$$x = \text{فاصله پیشروی از ابتدای شیار (متر)}$$

$$Q = \text{میزان جریان ورودی به شیار (مترمکعب بر دقیقه)}$$

$$\theta = \text{رطوبت خاک قبل از آبیاری (درصد وزنی)}$$

با استفاده از نرم‌افزار Datafit 8.2 بر اساس مقادیر اندازه‌گیری شده، میزان ضریب همبستگی و خطای محاسباتی برای هر یک از مدل‌های پیشنهادی تعیین شد و بر اساس آن بهترین رابطه استخراج گردید.

۳- بحث و نتایج

۳-۱- مدل‌های رگرسیونی پیشنهادی پیشروی بر اساس رطوبت اولیه خاک و دبی ورودی به شیار تعدادی از مناسب‌ترین روابط برآزش شده در جدول (۱) ارائه گردیده است.

جدول ۱- روابط رگرسیونی پیشنهادی میان سرعت پیشروی، رطوبت اولیه خاک و دبی ورودی به شیار

مدل پیشنهادی	ضریب همبستگی	خطای استاندارد برآورد
$t = \alpha x^\beta Q^\gamma \omega^\delta$	۰/۹۹۲	۱/۳۰۶
$t = \alpha x^\beta Q^\gamma \exp(\omega\theta)$	۰/۹۹۲	۱/۳۰۶
$t = \alpha x^\beta Q^\gamma \theta^\omega$	۰/۹۹۰	۱/۴۶۸
$t = \alpha x^\beta \exp(\gamma Q + \omega\theta)$	۰/۹۶۰	۲/۹۹۵
$t = \exp(\alpha x + \beta Q + \gamma\theta + \omega)$	۰/۹۳۱	۳/۹۴۶

از میان روابط موجود در جدول (۱) با توجه به مقادیر همبستگی و خطای محاسباتی رابطه اول انتخاب شد. شکل کامل شده معادله مذکور به صورت زیر می‌باشد:

$$t = 0.0038x^{1.30}Q^{-0.99}(0.94^\theta) \quad (۸)$$

۳-۲- آنالیز حساسیت مدل سه متغیره پیشروی

میزان همبستگی هر یک از متغیرهای مستقل رابطه (۸) با زمان پیشروی با استفاده از آنالیز آماری داده‌های مشاهده‌ای در نرم‌افزار Datafit 8.2 تعیین شد (جدول ۲). ملاحظه می‌شود که حساسیت زمان پیشروی به تغییرات مکانی بیش از سایر متغیرهاست. همینطور مشاهده می‌شود که تأثیرپذیری زمان پیشروی از دبی ورودی دو برابر میزان رطوبت اولیه خاک می‌باشد. به عنوان مثال، ۲۰ درصد افزایش در میزان دبی ورودی به همان میزان زمان پیشروی را کاهش می‌دهد؛ در حالیکه همین مقدار افزایش در میزان رطوبت اولیه خاک تنها ۱۰ درصد کاهش زمان پیشروی را به همراه دارد.

جدول ۲- میزان همبستگی متغیرهای مستقل با زمان پیشروی

متغیر وابسته	متغیر مستقل		
	x (m)	Q (m^3/min)	θ (%)
t (min)	0.57	-0.44	-0.22

علامت منفی بر رابطه معکوس بین متغیر مربوطه و زمان پیشروی دلالت می‌کند.

بررسی انجام شده نشان می‌دهد که توان متغیر Q در رابطه (۸) از ۱/۰۱- در ایستگاه میانی به ۰/۹۹- در ایستگاه پایانی می‌رسد. بدین معنا که اثر دبی ورودی بر زمان پیشروی با گذشت زمان کاهش می‌یابد. در این تحقیق با توجه به کوتاه بودن طول شیارها این تغییرات قابل ملاحظه نمی‌باشد.

۳-۳- توسعه رابطه توانی پیشروی بر اساس دبی ورودی به شیار

با فرض اینکه در زمانبندی آبیاری، آبیاری هنگامی انجام می‌شود که رطوبت خاک به حد معینی رسیده باشد، لذا از اثر تغییرات رطوبت اولیه خاک در طول فصل آبیاری صرف نظر نموده و رابطه فوق به فرم زیر بازنویسی می‌شود:

$$t = \alpha x^\beta Q^\gamma \quad (۹)$$

رابطه فوق را می‌توان شکل توسعه یافته رابطه (۱) دانست که مستقیماً از داده‌های مشاهداتی استخراج شده است.

جهت تعیین ضرائب رابطه فوق، نخست لازم است در دو شیار که شرایط مشابهی (رطوبت اولیه خاک، طول، سطح مقطع و ...) دارند، به ازای دو جریان ورودی مختلف، پیشروی اندازه‌گیری شود. ارزیابی‌های انجام شده نشان می‌دهد، بهترین نتیجه زمانی حاصل می‌شود که اطلاعات پیشروی ایستگاههای میانی و انتهایی هر یک از شیارهای مورد آزمایش مورد استفاده قرار گیرد. بدین ترتیب چنانچه همزمان زمان پیشروی آب تا نصف طول شیار و پیشروی تا انتها را برای هر یک از شیارها جداگانه حل کنیم؛ متوسط مقادیر بدست آمده برابر است با توان x .

$$Q_1 \begin{cases} t_{1(0.5L)} \\ t_{1L} \end{cases} ; Q_2 \begin{cases} t_{2(0.5L)} \\ t_{2L} \end{cases}$$

$$\beta = \text{average} \left\{ \frac{\ln(t_{1(0.5L)}/t_{1L})}{\ln(0.5)}, \frac{\ln(t_{2(0.5L)}/t_{2L})}{\ln(0.5)} \right\} \quad (10)$$

برای تعیین توان Q یکبار زمان پیشروی ایستگاه میانی و بار دیگر زمان پیشروی ایستگاه پایانی شیارها را همزمان حل می‌کنیم. و سپس از مقادیر حاصله میانگین می‌گیریم.

$$\gamma = \text{average} \left\{ \frac{\ln(t_{1(0.5L)}/t_{2(0.5L)})}{\ln(Q_1/Q_2)}, \frac{\ln(t_{1L}/t_{2L})}{\ln(Q_1/Q_2)} \right\} \quad (11)$$

با مشخص شدن توان هر یک از متغیرهای رابطه (۹)، با استفاده از یکی از داده‌ها می‌توان مقدار ضریب معادله مذکور را محاسبه کرد:

$$\alpha = \frac{t_{2L}}{L^\beta Q_2^\gamma} \quad (12)$$

۳-۴- ارزیابی روش پیشنهادی جهت تعیین پارامترهای تجربی رابطه پیشروی ارائه شده

به منظور ارزیابی روش پیشنهادی، ضرائب معادله (۹) با استفاده از داده‌های پیشروی دو شیار که دارای جریان ورودی متفاوت بودند، محاسبه گردید.

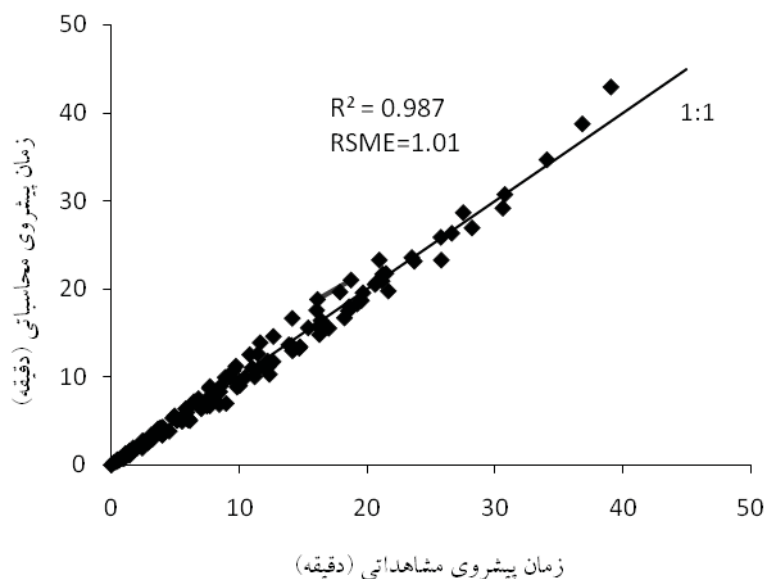
جدول ۳- اطلاعات پیشروی دو شیار مورد آزمایش جهت ارزیابی روش پیشنهادی

پارامتر	شیار شماره ۱	شیار شماره ۲
Q (L/s)	۰/۱۶۸	۰/۷۴۲
L (m)	۷۰	۷۰
S (m/m)	۰/۰۰۴	۰/۰۰۳۹
θ_m (%)	۱۲/۴	۱۲/۴
t_L (min)	۳۹/۰۸	۱۱/۰۲
$t_{0.5L}$ (min)	۱۶/۴	۳/۸۴

با جایگذاری ضرائب محاسبه شده در رابطه (۸) داریم:

$$t = 0.00176x^{1.387}Q^{-0.916} \quad (13)$$

جهت بررسی دقت رابطه فوق، زمانهای پیشروی برای سایر دبی‌ها که اطلاعات پیشروی آنها در دست بود، محاسبه شد. در شکل (۱) زمانهای پیشروی محاسبه شده با مقادیر واقعی مقایسه شده‌اند. همبستگی بالای مقادیر واقعی و محاسباتی بیانگر دقت قابل قبول روش ارائه شده می‌باشد.



شکل ۱- مقایسه زمان پیشروی مشاهده شده و محاسبه شده بر اساس رابطه (۱۳)

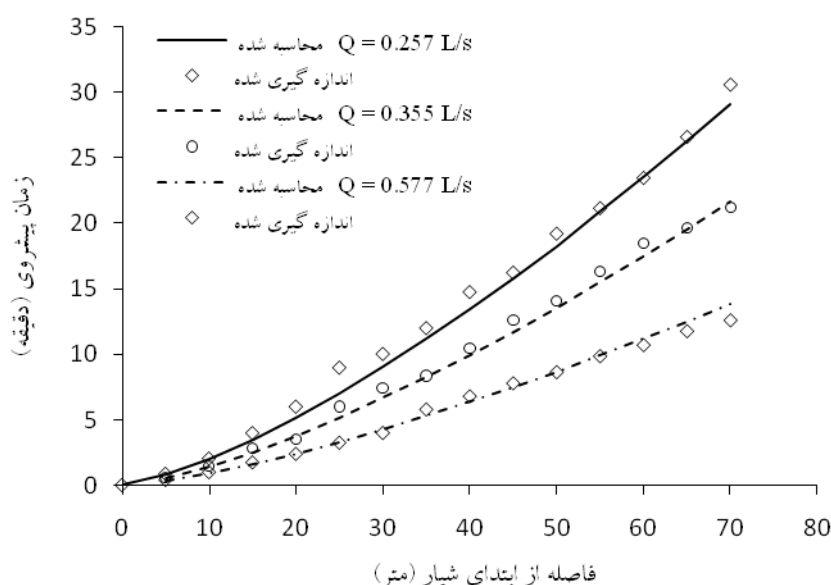
۳-۵- برآورد منحنی پیشروی و میزان نفوذ برای دبی‌های تست نشده

در این تحقیق رابطه ارائه شده برای پیشروی و روش پیشنهادی برای تعیین ضرائب آن این امکان را فراهم می‌آورد تا در محدوده مورد نظر بتوان منحنی پیشروی را برای سایر دبی‌ها که مورد

آزمایش قرار نگرفته‌اند، تعیین کرد. در شکل (۲) منحنی پیشروی مربوط به سه جریان ورودی که با استفاده از رابطه (۱۳) محاسبه شده، ارائه شده است. لذا با داشتن رابطه میان سرعت پیشروی و میزان دبی برای یک مزرعه معین، می‌توان با در نظر گرفتن سایر ملاحظات (مقدار عمق کاربرد، نوع خاک و ...) نسبت به انتخاب مناسب میزان جریان ورودی به شیار تصمیم‌گیری کرد. مزیت دیگر رابطه مورد بحث این است که با مشخص شدن منحنی پیشروی برای دبی‌های تست نشده، می‌توان میزان نفوذ را با استفاده از روش‌هایی که مبتنی بر اطلاعات پیشروی هستند (مانند روش دو نقطه‌ای)، برآورد کرد.

۴- نتیجه‌گیری

بر اساس داده‌های مشاهداتی، مدل سه متغیره‌ای به منظور پیش بینی زمان پیشروی آب در طول شیارها بر اساس فاصله پیشروی، شدت جریان ورودی و رطوبت اولیه خاک استخراج گردید. ملاحظه شد که حساسیت زمان پیشروی به تغییرات مکانی بیش از سایر متغیرهاست. همچنین تأثیرپذیری زمان پیشروی از دبی ورودی دو برابر میزان رطوبت اولیه خاک بود. بررسی انجام شده نشان داد که اثر دبی ورودی بر زمان پیشروی با گذشت زمان کاهش می‌یابد. در این تحقیق رابطه توانی پیشروی بر اساس شدت جریان ورودی توسعه یافت و روشی جهت تعیین ضرائب آن ارائه گردید. بدین ترتیب می‌توان با دقت قابل قبولی منحنی پیشروی و در نتیجه نفوذ را برای سایر دبی‌ها که مورد آزمایش قرار نگرفته‌اند، برآورد نمود. این امر به انتخاب مناسب میزان دبی ورودی به شیارها و نیز زمان قطع جریان کمک شایانی خواهد کرد.



شکل ۲- مقایسه منحنی پیشروی محاسبه شده و اندازه‌گیری شده

فهرست منابع

۱. مریام، جان ال. و کلر، جک، ترجمه ف. قاسم زاده مجاوری، ۱۳۷۷. ارزیابی سیستم‌های آبیاری مزارع، چاپ دوم، انتشارات آستان قدس رضوی.
2. Alvarez, J. A. R., 2003. Estimation of advance and infiltration equations in furrow irrigation for untested discharges. *J. Agricultural Water Management* 60, 227–239.
3. Elliot, R. L., Walker, W. R., 1982. Field evaluation of furrow infiltration and advance functions. *Trans. ASAE* 15 (2), 369–400.
4. Scaloppi, E. J., Merkley, G. P., Willardson, L. S., 1995. Intake parameters from advance and wetting phases of surface irrigation. *J. Irrigation Drainage Eng. ASCE* 121(1), 57–70.
5. Walker, W. R., Skogerboer, G. V., 1987. *Surface irrigation: Theory and Practice*. Prentice-Hall, Engle wood Cliffs, NJ, 386 pp.
6. Willardson, L. S., and Bishop, A. A., Analysis of surface irrigation application efficiency, *Journal of the irrigation and drainage division, ASCE*, Vol. 93, No. IR2, June 1967.

دومین سمینار (هاکارهای بهبود و اصلاح سامانه‌های آبیاری سطحی

۲ فرورداد ماه ۱۳۸۷

بررسی امکان استفاده از آبیاری جویچه‌ای یک در میان در زراعت غلات

هادی افشار^۱، امیر اسلامی^۲، سیدابراهیم دهقانیان^۳

چکیده:

راندمان کم در روشهای آبیاری سطحی که بیشترین شیوه آبیاری کشور ایران را تشکیل می‌دهد مهمترین عامل در کم بودن عملکرد محصول و کارایی مصرف آب است. انجام تحقیقات کاربردی و بکارگیری اصول مهندسی آبیاری می‌تواند راندمان آبیاری سطحی را تا حد قابل قبولی افزایش دهد. گندم از جمله محصولاتی است که عمدتاً به روش سطحی آبیاری می‌شود و می‌توان با بهبود و اصلاح روشهای آبیاری سطحی به سمت خودکفایی گام برداشت. در این پژوهش به بررسی امکان استفاده از روش آبیاری یک‌درمیان در زراعت گندم پرداخته شد. این پژوهش در قالب طرح آماری بلوکهای کامل تصادفی با چهار تیمار در سه تکرار در دو سال زراعی ۸۴-۸۵ و ۸۵-۸۶ در استانهای خراسان، کرمان و فارس انجام شد. که تیمارها دو روش آبیاری شیاری معمولی و دو روش آبیاری شیاری یک در میان بودند. نتایج نشان داد که می‌توان برای به حداکثر رساندن مقدار محصول به ازای کمترین مقدار مصرف آب در زراعت گندم نیز از روش آبیاری شیاری یک‌درمیان استفاده نمود. کارایی مصرف آب در روش آبیاری یک‌درمیان که از میانگین سه منطقه اجرای طرح بدست آمد، برابر ۱,۳۴ کیلوگرم در متر مکعب بود. این مقدار نسبت به روش آبیاری شیاری معمولی ۵۲ درصد افزایش نشان داد. اگرچه از نظر کمی مقدار محصول بدست آمده از این روش (۴۱۸۹ کیلوگرم در هکتار) نسبت به روش آبیاری شیاری معمولی (۵۴۲۹ کیلوگرم در هکتار) ۲۲ درصد کاهش نشان داد. بیشترین مقدار کارایی مصرف آب ۱,۸۸ کیلوگرم بر

۱- عضو هیئت علمی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان- بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی

تلفن ۴-۳۸۲۲۳۰۱-۰۵۱۱، دورنگار ۳۸۲۲۳۹۰ E mail: afsharch@Yahoo.com

۲- عضو هیئت علمی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی کرمان-

۳- سید ابراهیم دهقانیان عضو هیئت علمی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی فارس

متر مکعب در روش آبیاری شیاری یکدرمیان با فاصله شیارهای ۶۰ سانتیمتر و کمترین آن به میزان ۰٫۴ کیلوگرم در هکتار در روش آبیاری شیاری معمولی با فاصله شیارهای ۵۰ سانتیمتر حاصل شد.

کلمات کلیدی: آبیاری جویچه‌ای یک در میان، گندم، کارایی مصرف آب

مقدمه

پایین بودن راندمان آبیاری سطحی که بیشترین درصد روش آبیاری را در کشور ایران را تشکیل می‌دهد مهمترین عامل در کم بودن کارایی مصرف آب است. انجام تحقیقات کاربردی و بکارگیری اصول مهندسی آبیاری می‌تواند راندمان آبیاری سطحی را تا حد قابل ملاحظه‌ای افزایش دهد. یکی از مهمترین سیاست‌های کشور رسیدن به خودکفایی در تولید گندم است. در این راستا گروه‌های مختلفی تلاش می‌کنند که هر یک به نوبه خود پتانسیل‌های بالقوه موجود را به عمل نزدیک نمایند. از جمله مهمترین عوامل تاثیرگذار بر افزایش عملکرد گندم، آب است. تحقیقات هر چه بیشتر در این زمینه می‌تواند گام مهمی در جهت خودکفایی کشور در زمینه تولید گندم باشد. با توجه به میانگین تبخیر پتانسیل کشور که در حدود ۲۱۰۰ میلیمتر در سال می‌باشد و متوسط بارندگی سالیانه ۲۵۰ میلیمتر، یکی از مشکلات بزرگ در جهت توسعه کشاورزی به ویژه خودکفایی در تولید گندم کمبود منابع آب است. با توجه به این که ۸۹٪ تولیدات کشاورزی ایران در اراضی آبی و ۱۱٪ از آن در اراضی دیم صورت می‌گیرد. ضرورت استفاده بهینه از منابع آب موجود و قابل استحصال و افزایش کارایی مصرف آب نمایان است.

علی‌رغم پایین بودن سطح زیر کشت گندم آبی در مقایسه با گندم دیم کشور، سهم تولید گندم آبی به مراتب بیشتر از گندم دیم می‌باشد. میانگین تولید سالیانه گندم کشور (۷۵-۷۹) حدود ۹/۷ میلیون تن می‌باشد که از این مقدار ۶۳ درصد از اراضی آبی و ۳۷ درصد از دیمزارها حاصل شده است. آمار و ارقام فوق بیانگر اهمیت زراعت گندم آبی و متعاقباً کاربرد بهینه پتانسیل آبی کشور در این زراعت می‌باشد. کلید و رمز حل مشکل بحران آب در زراعت گندم افزایش کارایی مصرف آب در این زراعت می‌باشد. از آنجاییکه نیاز به تولید شدید مواد غذایی و به ویژه غلات از منابع آبی محدود می‌باشیم بنابراین کارایی مصرف آب گندم می‌تواند از طریق ارائه راهکارهای حاصله از پروژه‌های تحقیقاتی آبیاری افزایش یابد. به عنوان یک برآورد اولیه برای تأمین تقاضا برای غلات کشور در سال ۱۳۹۹ کارایی مصرف آب باید از میزان فعلی آن که حدود ۰/۵ کیلوگرم بر متر مکعب می‌باشد به حدود یک کیلوگرم بر متر مکعب آب مصرفی افزایش یابد. بدین منظور با هدف:

بررسی امکان کاربرد روش آبیاری یکدرمیان ثابت بر میزان صرفه جویی آب و افزایش کارایی مصرف آب گندم، بررسی میزان کاهش مصرف آب در گندم و تاثیر آن بر کشت محصولات بهاره، بررسی کم آبیاری از طریق روش آبیاری و اندازه‌گیری راندمان آبیاری این طرح اجرا گردید.

آبیاری سطحی از مدت‌ها است که برای آبیاری اراضی زراعی بکار می‌رود و در بیشتر از ۲/۳ اراضی فاریاب از روش آبیاری ثقلی استفاده می‌شود (Sakkas et al, 1994). تحقیقات نشان داد که روش‌های آبیاری سطحی با مدیریت خوب می‌تواند بازده کاربرد آب را به اندازه روش‌های آبیاری تحت فشار افزایش دهد (Vogel and Hopmans, 1992). در ایران راندمان آبیاری در چند نقطه کشور مورد تحقیق و بررسی قرار گرفته است که نتایج آنها در استان‌های خراسان: میانگین راندمان آبیاری در آبیاری اول ۱۵ درصد و در آبیاری‌های بعدی ۷۵٪ در مناطق مختلف اصفهان: در آبیاری اول میانگین راندمان حدود ۱۰ درصد و در آبیاری‌های بعدی ۳۵ درصد است، و در آذربایجان غربی راندمان آبیاری سطحی حدود ۴۰ درصد بدست آمده است (اسدی و همکاران، ۱۳۷۵). در تحقیقی در ازبکستان وبر و همکاران (Webber et al 2006) نتیجه گرفتند که استفاده از روش آبیاری یک در میان در کشت نخود سبز به همراه کم آبیاری بیشترین مقدار کارایی مصرف آب را خواهد داشت. علی و همکاران (Ali et. al) در پژوهشی بیان کردند که در شرایط کمبود زمین و آب اعمال کم آبیاری در مرحله شروع ریشه‌دهی و ابتدای مرحله خمیری می‌تواند حداکثر بهره‌وری آب را به دنبال داشته باشد. بنابراین با دقت در گزارش‌های فوق چنانچه روش‌های آبیاری سطحی و مدیریت صحیح آنها بیشتر مورد توجه قرار گیرد باعث افزایش بازده کاربرد آب و عملکرد محصول پایدار می‌گردد. در این راستا لازم است که روش‌های آبیاری یک در میان، روش پشته برآمده و بهبود سطح جویچه تکنیک‌های مهندسی آبیاری در زراعت گندم مورد بررسی قرار گرفته و نحوه کاربرد هر یک از روش‌ها برای این محصول پیشنهاد گردد. در زمینه آبیاری یک در میان و عموماً گیاهان ردیفی تحقیقات نسبتاً زیادی صورت گرفته است چنانچه تسگی و همکاران (Tsegaye et al, 1993) در تحقیقات خود چنین نتیجه‌گیری نمودند که عملکرد سورگوم دانه‌ای در آبیاری یک در میان ۱۰ درصد بیشتر از روش معمولی بود و کارایی مصرف آب نیز ۲۴٪ بیشتر از آبیاری معمولی بود. همچنین در زراعت سویا در دو روش آبیاری جویچه‌ای معمولی و یک در میان عملکرد تفاوت چندانی نداشت اما مقدار آب مصرفی در روش یک در میان کاهش یافت (عمق خالص آبیاری ۲۹ درصد و عمق ناخالص ۴۶ درصد کاهش یافت (Hodges et al, 1989). در این زمینه تحقیقات زیادی صورت گرفته است که اکثریت آنها بر کارآمد بودن روش آبیاری جویچه یک در میان در گیاهان ردیفی تاکید و تایید نموده‌اند (سپاسخواه و کامکار حقیقی ۱۳۷۳، سپاسخواه ۱۳۷۵، Fischbach and Mulliner 1974، Musick and Dusek 1974، Sepaskhah and Kamgar-Haghighi 1997 و Stone et al 1979 و Stone et al 1982).

مواد و روش اجرا:

این پژوهش بصورت ملی انجام در قالب طرح آماری بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تیمار در سه تکرار در دو سال زراعی ۸۴-۸۵ و ۸۵-۸۶ در ۳ منطقه کشور (خراسان، کرمان و فارس) انجام شد. و تیمارها عبارت بودند از:

آبیاری شیاری معمولی با فاصله جویچه‌های ۵۰ سانتیمتر

آبیاری شیاری معمولی با فاصله جویچه‌های ۶۰ سانتیمتر
 آبیاری شیاری یک در میان با فاصله جویچه‌های ۵۰ سانتیمتر
 آبیاری شیاری یک در میان با فاصله جویچه‌های ۶۰ سانتیمتر
 در تیمار ۳ و ۴ آبیاری بصورت یک‌درمیان ثابت اجرا گردید. طول جویچه‌ها ۱۰۰ متر در نظر گرفته شد. در هر کرت به ازای هر تیمار ۴ جویچه تحت آبیاری و ۵ پشته زیر کشت رفت، فاصله بین تیمارها به اندازه ۱,۵ متر در نظر گرفته شد زمین مورد نیاز طرح در هر منطقه ۰,۶ هکتار بود. برای تعیین میزان آب آبیاری قبل از آبیاری رطوبت خاک اندازه‌گیری گردید و مقدار کسر رطوبت خاک تا حد ظرفیت زراعی محاسبه شده و عمق آب آبیاری از رابطه زیر بدست آمد.

$$\text{رطوبت موجود قبل از آبیاری} - \text{رطوبت خاک در ظرفیت زراعی} = \text{کمبود رطوبت خاک}$$

$$1000 \times \text{عمق ریشه} \times \text{کمبود رطوبت خاک} \times \text{وزن مخصوص ظاهری} = \text{عمق خالص آبیاری (میلیمتر)}$$

$$\text{عرض جویچه} \times \text{عمق خالص آبیاری} = \text{عمق آب آبیاری (متر مکعب در متر مربع)}$$

$$\text{راندمان آبیاری} / \text{عمق خالص} = \text{عمق ناخالص}$$

مدت زمان آبیاری از روش SCS استفاده بدست آمد.

دبی ورودی به جویچه به اندازه حداکثر غیر فرساینده انتخاب شد که مقدار آن در این طرح حدود ۰/۴ لیتر در ثانیه بود. برای بالابردن دقت اندازه‌گیری‌ها، انتقال و هدایت آب به جویچه‌ها از سیستم لوله‌کشی استفاده گردید و حجم ورودی به تیمار بوسیله کنتور اندازه‌گیری شد. دبی خروجی از جویچه‌های هر تیمار در یک نقطه جمع و از طریق فلوم مثلثی اندازه‌گیری گردید عملکرد کل از تمام مساحت هر کرت با حذف ۱ متر از ابتدا و انتهای آن اندازه‌گیری شد. داده‌های بدست آمده از واحد کرت تبدیل به واحد هکتار گردید و با نرم افزار آماری Mstasc تجزیه و تحلیل آماری شد.

نتایج و بحث:

مقدار آب مصرف شده بطور کلی مقدار آب ورودی به مزرعه در تیمار آبیاری شیاری ۵۰ سانتیمتر معمولی بیشترین مقدار را دارا بود و بطور میانگین در کل مناطق ۷۶۹۸,۳۱ متر مکعب در هکتار بود. تیمار آبیاری شیاری ۶۰ یک در میان (فاصله شیارهای ۱۲۰ سانتیمتری) کمترین مقدار را به خود اختصاص داد و برابر ۳۶۹۹,۲۷ متر مکعب در هکتار بود (جدول ۱). اختلاف مقدار آب ورودی به مزرعه در اثر اعمال ۴ تیمار روش آبیاری از نظر آماری در سطح ۱٪ معنی دار بود. در شکل شماره ۳۷ مقادیر آب مصرفی بصورت نموداری نشان داده شده است. میانگین کل آب مصرفی در مناطق اجرای طرح ۵۶۸۷,۱۱ متر مکعب در هکتار برآورد گردید.

رواناب تیمارهای مختلف نیز از جمله عوامل مورد بررسی بود که این عامل نیز از نظر آماری در سطح ۱٪ معنی دار گردید. بیشترین مقدار رواناب، ۱۴۶۷,۲۲ متر مکعب در هکتار را تیمار آبیاری شیاری ۵۰ معمولی

و کمترین را به میزان ۶۱۵,۹ متر مکعب در هکتار تیمار آبیاری شیاری ۵۰ یکدرمیان تولید نمود. میانگین کل رواناب ۱۰۳۶,۴۴ متر مکعب در هکتار بدست آمد.

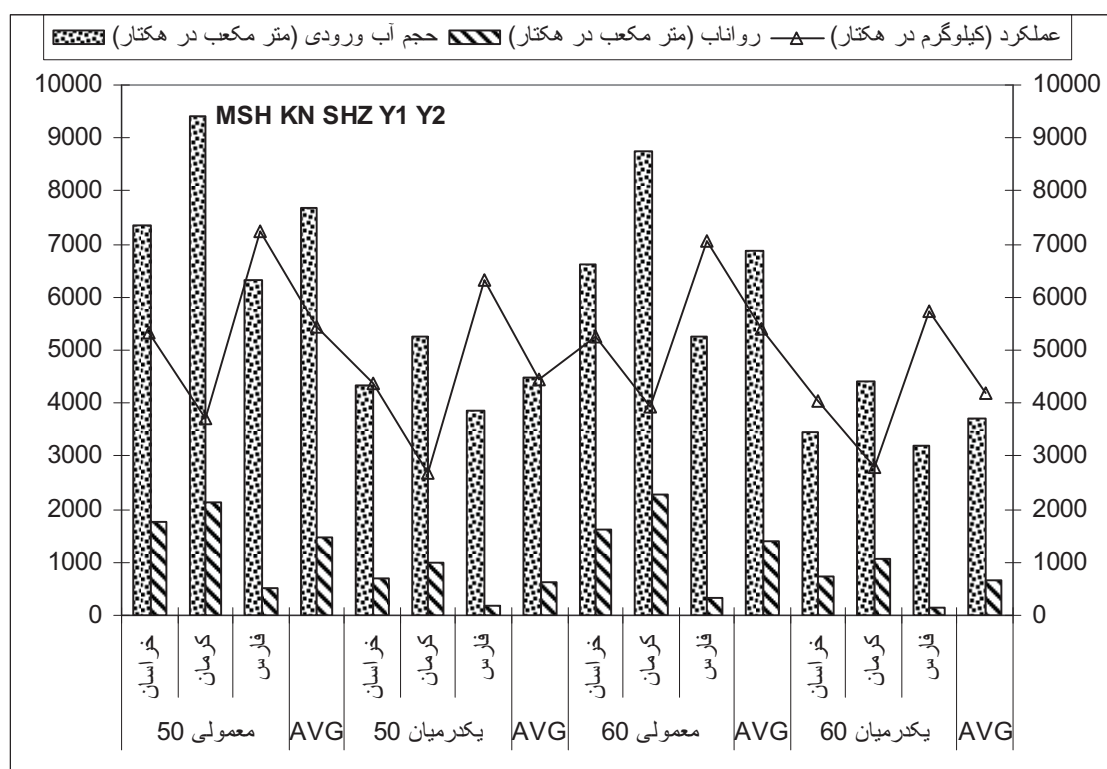
مقدار آب نفوذ کرده به مزرعه نیز در اثر اعمال تیمارهای مختلف متفاوت بود و این تفاوت از نظر آماری در سطح ۱٪ معنی دار گردید. بیشترین مقدار آب نفوذ کرده ۶۲۳۱,۱۵ متر مکعب در هکتار بود که در تیمار آبیاری شیاری ۵۰ معمولی و کمترین آن ۳۰۴۹ متر مکعب در هکتار در تیمار آبیاری شیاری ۶۰ یکدرمیان اتفاق افتاد. میانگین آب نفوذ کرده به مزرعه در کل مناطق اجرای طرح ۴۶۵۰,۶۵ کیلوگرم در هکتار بدست آمد.

جدول ۱- میانگین حجم آب آبیاری، رواناب، عملکرد و اجزاء آن در تیمارهای مختلف

تیمار	منطقه	آب ورودی m ³ /ha	رواناب m ³ /ha	آب مصرف شده m ³ /ha	عملکرد kg/ha	کارایی مصرف آب kg/m ³
	خراسان	7368.35	1778.93	5589.42	5334.82	0.97
معمولی ۵۰	کرمان	9409.55	2120.92	7288.81	3696.76	0.40
	فارس	6317.03	501.82	5815.21	7256.11	1.28
	میانگین دو سال	7698.31	1467.22	6231.15	5429.23	0.88
	خراسان	4335.40	692.15	3643.25	4364.28	1.19
یک در میان ۵۰	کرمان	5255.49	988.31	4267.15	2679.69	0.52
	فارس	3859.43	167.24	3692.19	6320.00	1.72
	میانگین دو سال	4483.44	615.90	3867.53	4454.65	1.14
	خراسان	6605.56	1625.83	4979.72	5247.64	1.10
معمولی ۶۰	کرمان	8757.45	2279.06	6478.15	3927.47	0.45
	فارس	5239.31	332.39	4906.92	7052.41	1.49
	میانگین دو سال	6867.44	1412.43	5454.93	5409.17	1.02
	خراسان	3463.55	735.42	2728.13	4032.61	1.50
یک در میان ۶۰	کرمان	4420.83	1071.36	3349.28	2804.78	0.63
	فارس	3213.43	143.80	3069.63	5730.05	1.88
	میانگین دو سال	3699.27	650.19	3049.01	4189.15	1.34

عملکرد

بیشترین میانگین عملکرد عملکرد ۵۴۲۹,۲۳ کیلوگرم در هکتار از تیمار ۵۰ معمولی و کمترین آن ۴۱۸۹,۱۵ کیلوگرم در هکتار از تیمار ۶۰ یک درمیان بدست آمد شکل ۱ این نتایج را به تفصیل نشان می‌دهد. میانگین داده‌ها در جدول شماره (۱) ارائه شده است. عملکرد در تیمارهای مختلف از نظر آماری به احتمال ۹۹ درصد با یکدیگر متفاوت بود. میانگین عملکرد در کل مناطق اجرای طرح ۴۸۷۰,۵۵ کیلوگرم در هکتار بود. بیشترین میزان رکورد عملکرد محصول در استان فارس به میزان ۷۲۵۶ کیلوگرم در هکتار در روش آبیاری شیاری ۵۰ سانتیمتری معمولی با مصرف کل آب آبیاری ۶۳۱۷ متر مکعب در هکتار بدست آمد در حالی که کمترین مقدار محصول ثبت شده از کرمان به میزان ۲۶۸۰ کیلوگرم در هکتار از مصرف ۵۲۵۵ متر مکعب آب گزارش گردید.

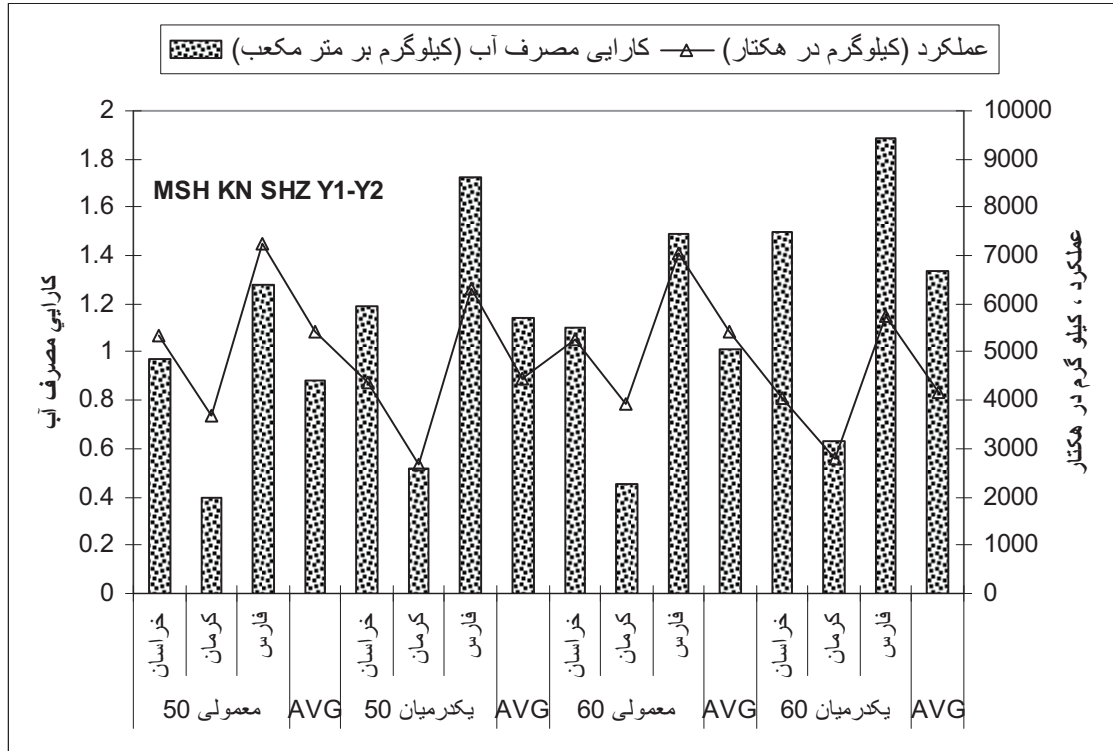


شکل ۱- مقدار آب مصرفی، رواناب و عملکرد دانه در تیمارهای مختلف.

کارایی مصرف آب

کارایی مصرف آب در تیمارهای مختلف اعمال شده در طی دو سال در سطح ۱ درصد معنی‌دار گردید. بیشترین کارایی مصرف آب به میزان ۱,۳۴ کیلوگرم بر متر مکعب در تیمار ۶۰ یک در میان و کمترین آن ۰,۸۸ کیلوگرم بر متر مکعب در تیمار ۵۰ معمولی مشاهده شد (جدول ۱). شکل شماره ۲ مقدار میانگین کارایی مصرف آب را در تیمارهای مختلف نشان می‌دهد. بیشترین مقدار کارایی مصرف آب ۱,۸۸ کیلوگرم

بر متر مکعب در روش آبیاری شیاری یکدرمیان با فاصله شیارهای ۶۰ سانتیمتر و کمترین آن به میزان ۰,۴ کیلوگرم در هکتار در روش آبیاری شیاری معمولی با فاصله شیارهای ۵۰ سانتیمتر حاصل شد.



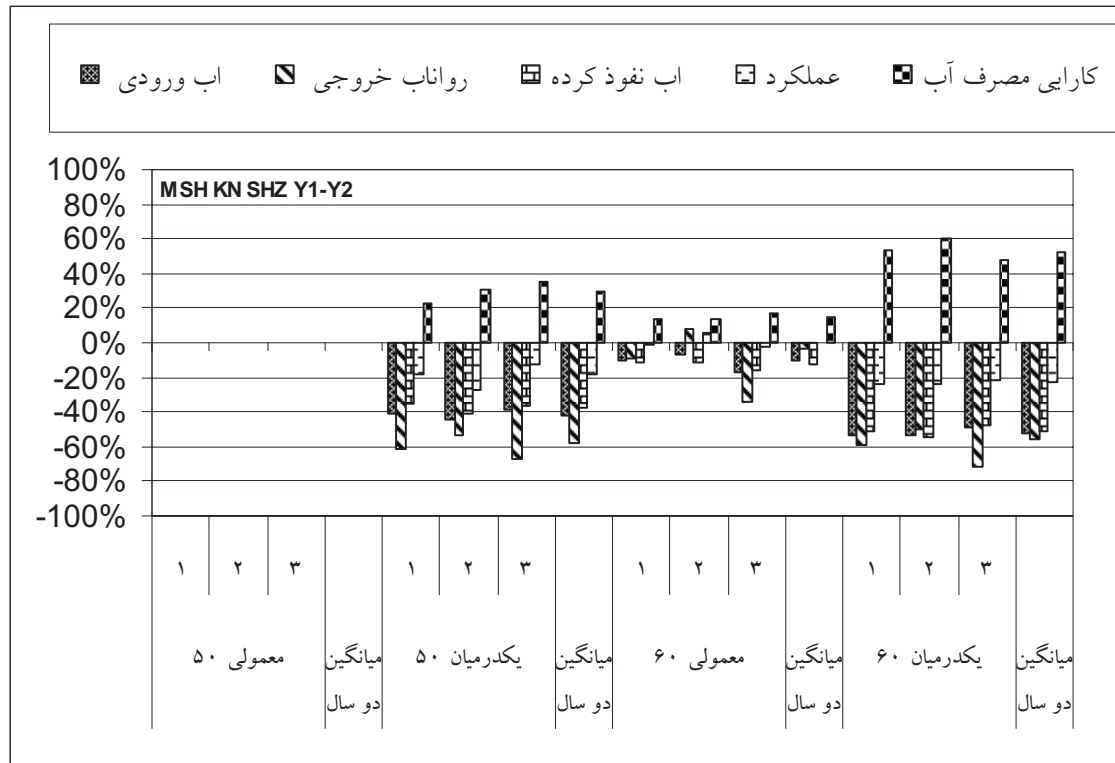
شکل ۲- مقایسه کارایی مصرف آب و عملکرد در تیمارهای مختلف.

درصد تغییرات

مقدار درصد افزایش یا کاهش هر یک از عوامل بررسی شده در این طرح در تیمارهای ۶۰، ۱۰۰ و ۱۲۰ سانتیمتری با تیمار آبیاری شیاری ۵۰ سانتیمتری مقایسه شد و این مقادیر در جدول شماره ۲ ارائه گردید. مقدار آب ورودی در تیمارهای ۱۰۰ و ۱۲۰ به میزان ۴۱,۷۶ و ۵۱,۹۵ درصد نسبت به تیمار ۵۰ کاهش داشتند درحالیکه این عامل در تیمار ۶۰ تنها ۱۰,۷۹ درصد کاهش نشان داد. رواناب نیز در تیمارهای فوق الذکر به ترتیب ۵۸، ۵۶ و ۳,۷ درصد کاهش نشان دادند. با وجود کاهش در مصرف آب در تیمارهای ۱۰۰ و ۱۲۰، عملکرد دانه در این دو تیمار ۱۷,۹۵ و ۲۲,۸۴ درصد کاهش یافت که درصد کاهش آن در مقایسه با درصد کاهش آب مصرفی بسیار کمتر است. کارایی مصرف آب در دو تیمار ۵۰ و ۶۰ یکدرمیان به ترتیب ۳۰ و ۵۲ درصد افزایش داشت. شکل شماره ۳ نیز میزان اختلاف داده‌ها را نشان می‌دهد.

جدول ۲- درصد اختلاف میانگین عوامل مورد بررسی در هریک از تیمارها نسبت به تیمار ۵۰ سانتیمتر.

Treat	YEAR	Location	آب ورودی	رواناب خروجی	آب نفوذ کرده	عملکرد	کارایی مصرف آب	
یک در میان ۵۰	سال اول	خراسان	-33.80%	-62.25%	-22.57%	-14.20%	10.57%	
		کرمان	-43.60%	-52.95%	-40.89%	-43.17%	0.77%	
	میانگین سال اول	فارس	-35.00%	-61.33%	-32.86%	-14.38%	27.48%	
		میانگین سال اول	-38.76%	-57.25%	-34.05%	-20.74%	18.17%	
	میانگین دو سال	خراسان	-45.64%	-60.17%	-41.63%	-20.65%	35.93%	
		کرمان	-44.73%	-53.89%	-42.07%	-16.05%	51.89%	
		فارس	-41.59%	-70.03%	-39.04%	-11.59%	45.03%	
		میانگین سال دوم	-44.14%	-58.71%	-40.93%	-15.84%	42.97%	
			میانگین دو سال	-41.76%	-58.02%	-37.93%	-17.95%	29.94%
	معمولی ۶۰	سال اول	خراسان	-15.42%	-21.91%	-12.86%	5.51%	21.70%
کرمان			-6.16%	8.35%	-10.39%	20.00%	27.87%	
میانگین سال اول		فارس	-16.67%	-31.35%	-15.47%	6.58%	26.11%	
		میانگین سال اول	-11.33%	-6.82%	-12.48%	9.26%	24.69%	
میانگین دو سال		خراسان	-7.27%	1.97%	-9.82%	-6.02%	4.35%	
		کرمان	-7.76%	6.50%	-11.91%	-3.83%	4.26%	
		فارس	-17.33%	-35.28%	-15.72%	-11.18%	5.41%	
		میانگین سال دوم	-10.37%	-0.98%	-12.44%	-7.65%	4.81%	
		میانگین دو سال	-10.79%	-3.73%	-12.46%	-0.37%	15.25%	
یک در میان ۶۰		سال اول	خراسان	-44.58%	-65.55%	-36.31%	-25.15%	17.17%
	کرمان		-54.42%	-50.99%	-55.42%	-27.78%	58.44%	
	میانگین سال اول	فارس	-45.83%	-66.84%	-44.13%	-21.83%	39.89%	
		میانگین سال اول	-49.58%	-57.99%	-47.44%	-24.12%	33.68%	
	میانگین دو سال	خراسان	-58.11%	-53.18%	-59.47%	-23.96%	94.67%	
		کرمان	-51.52%	-47.87%	-52.58%	-21.46%	62.01%	
		فارس	-51.40%	-74.17%	-49.36%	-20.32%	57.35%	
		میانگین سال دوم	-53.83%	-53.63%	-53.88%	-21.88%	71.93%	
			میانگین دو سال	-51.95%	-55.69%	-51.07%	-22.84%	51.83%



شکل ۳- درصد اختلاف میانگین عوامل مورد بررسی در هریک از تیمارها نسبت به تیمار ۵۰ سانتیمتر.

نتیجه گیری:

کمبود آب مهمترین عامل محدود کننده در تولید محصولات کشاورزی آبی است. بنابراین مصرف بهینه آب آبیاری مهمترین گام در جهت تولید بیشتر محصولات کشاورزی است. در این پژوهش با هدف مصرف بهینه آب و بدست آوردن راهکارهای افزایش بهره‌وری آب در تولید گندم چهار روش آبیاری شیاری مورد بررسی قرار گرفت. و بررسی نتایج نشان داد که می‌توان برای به حداکثر رساندن مقدار محصول به ازای کمترین مقدار مصرف آب در زراعت گندم نیز از روش آبیاری شیاری یکدرمیان استفاده نمود. کارایی مصرف آب در روش آبیاری یک در میان که از میانگین سه منطقه اجرای طرح بدست آمد، برابر ۱,۳۴ کیلوگرم در متر مکعب را دارا بود. این مقدار نسبت به روش آبیاری شیاری معمولی ۵۲ درصد افزایش نشان می‌دهد و مقدار قابل ملاحظه‌ای است. اگرچه از نظر کمی مقدار محصول بدست آمده از این روش (۴۱۸۹ کیلوگرم در هکتار) نسبت به روش آبیاری شیاری معمولی (۵۴۲۹ کیلوگرم در هکتار) ۲۲ درصد کاهش داشت.

نتیجه نهایی آنکه می‌توان گندم را به روش آبیاری شیاری یک در میان یا پشته پهن کشت نمود و فاصله شیارها را ۱۰۰ تا ۱۲۰ سانتیمتر در نظر گرفت. در این شرایط آب مورد نیاز گندم بطور میانگین ۳۴۶۰ متر مکعب در هکتار خواهد بود و در مناطق کرمان تا مشهد و شیراز بین ۲۷۳۰ تا ۴۲۶۰ متر مکعب در هکتار متغییر خواهد بود.

در مناطق اجرای طرح در اراضی که کمبود آب وجود ندارد و درحقیقت زمین مازاد برای کشت وجود ندارد می‌توان گندم را به روش آبیاری شیاری معمولی با فاصله کشت ۶۰ سانتیمتر کشت نمود و با صرف ۵۴۵۵ متر مکعب آب، ۵۴۱۰ کیلو گرم گندم تولید نمود.

منابع مورد استفاده:

۱. اسدی، الف، ش. اشرفی، ج. باغانی، ح. ریاحی، ت. سهرابی، ح. طایفه رضایی، ف. عباسی، ع. کشاورز، ع. مامن‌پوش و ع. میان‌آبی. ۱۳۷۵. بررسی روشهای آبیاری سطحی تحت مدیریت زارعین در کشور. مجموع مقالات دومین کنفرانس ملی مسائل آب و خاک کشور. ۲۷-۳۰ بهمن ۱۳۷۵.
۲. سپاسخواه، ع. ر ۱۳۷۵. کم آبیاری به روش جویچه ای یکدرمیان. مجموعه مقالات هشتمین سمینار کمیته ملی آبیاری و زهکشی وزارت نیرو. تهران ۱-۲ آبان. صفحه ۲۹۱-۳۰۵.
۳. سپاسخواه، ع. ر. و ع. ا. کامگارحقیقی. ۱۳۷۳. اثر دور آبیاری شیاری یکدرمیان بر روی محصول و راندمان مصرف آب چغندر قند. سمینار چغندر قند. دانشگاه اصفهان، شهریور ۱۳۷۳.
4. Ali M.H., M.R. Hoque, A.A. Hassan and A. Khair. 2007. Effects of deficit irrigation on yield, water productivity, and economic returns of wheat. *Agric. Water Manage.* Vol 92(3):151-161.
5. Elliott, R. L., W. R. Walker and G. V. Skogerboe. 1983b. Infiltration parameters from furrow irrigation advance data. *Trans. ASAE.* 26: 1726-1731.
6. Fischbach, P. E. and H. R. Mulliner. 1974. Every other furrow irrigation of corn. *Trans. ASAE.* 17: 426-428.
7. Hodges, M. E., J. F. Stone, and H.E. Reeves, 1989. Yield variability and water use in wide-spaced furrow irrigation. *Agric. Water Manage.* 16:15-23.
8. Musick, J. T. and D. A. Dusek. 1974. Alternate furrow irrigation of fine textured soils. *Trans. ASAE.* 17: 289-294.
9. Sakkas, J. G., C.V. Bellos and M. N. Klonaraki. 1994. Numerical computation of surface irrigation. *Irrig. Sci.* 15:83-99.
10. Sepaskhah, A. R. and A. A. Kamgar-Haghighi. 1997. Water and yield of sugarbeet grown under every other furrow irrigation with different irrigation intervals. *Agric. Water Manage.* 34(1):71-79.
11. Stone, J. F., H. E. Reeves, and J. E. Garton. 1982. Irrigation water conservation by using wide-spaced furrows. *Agric. Water Manage.* 5:309-317.
12. Stone, J. F., J. E. Garton, B. B. Webb, H. E. Reeves and J. Keflemariam. 1979. Irrigation water conservation using wide-spaced furrow. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 43:407-411.
13. Tsegaye, T., J. F. Stone and H. E. Reeves. 1993. Water use characteristics of wide-spaced furrow irrigation. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 57:240-245.
14. Vogel, T. and J. W. Hopmans. 1992. Two dimensional analysis of furrow infiltration. *J. Irrig. Drain. Div. ASCE.* 118:791 - 806.

15. Walker , W. R. 1989. Guideline for designing and evaluating surface irrigation systems. Irrigation and Drainage Paper no. 45. Food and Agriculture Organization , Rome , Italy , 137p.
16. Webber H.A., C.A. Madramootoo, M. Bourgault, M.G. Horst, G. Stulina and D.L. Smith. 2006. Water use efficiency of common bean and green gram grown using alternate furrow and deficit irrigation. Agric. Water Manage. Vol 86(3):259-268.

دومین سمینار (هاکارهای بهبود و اصلاح سامانه‌های آبیاری سطحی

۲ فرورداد ماه ۱۳۸۷

تأثیر پساب خانگی بر عملکرد کلزا و ویژگی‌های خاک

در آبیاری سطحی

اردوان ذوالفقاران^۱، سید ابوالقاسم حقایقی مقدم^۲

۱- چکیده

فاضلاب‌ها یکی از عوامل آلاینده محیط زیست می‌باشند که لازم است آنها را به طریق بهداشتی جمع آوری، تصفیه و مجدداً به گردش آب در طبیعت بازگرداند. لذا در جهت توسعه و بهره‌برداری از منابع آبی جدید به خصوص در بخش کشاورزی، استفاده مجدد از پساب‌های صنعتی، شهری و روستایی می‌تواند به عنوان منابع آب مورد توجه قرار گیرد. از طرفی بدلیل ویژگی‌های آبیاری سطحی این روش به عنوان روش مناسبی در آبیاری با فاضلاب‌ها شناخته شده است. لذا به منظور آگاهی از تأثیر پساب خانگی بر عملکرد کلزا و ویژگی‌های خاک در آبیاری سطحی، یک آزمایش زراعی با شش تیمار آبیاری در قالب بلوک‌های کامل تصادفی در چهار تکرار اجرا شد. تیمارهای آبیاری عبارت بودند از: ۱- آبیاری کامل با پساب (۱۰۰ درصد پساب)، ۲- سه نوبت آبیاری با پساب و یک نوبت آبیاری با آب چاه (۷۵ درصد پساب)، ۳- یک نوبت آبیاری با پساب و یک نوبت آبیاری با آب چاه (۵۰ درصد پساب)، ۴- یک نوبت آبیاری با پساب و سه نوبت آبیاری با آب چاه (۲۵ درصد پساب)، ۵- آبیاری با آب چاه (صفر درصد پساب)، ۶- آبیاری با آب چاه همراه با کود شیمیایی. این تحقیق در مزرعه نمونه آستان قدس رضوی واقع در شرق شهر مشهد در خاکی با بافت سیلتی‌لوم با روش آبیاری جویچه‌ای اجرا شد. نتایج نشان داد که بیشترین عملکرد در تیمارهای ۱، ۲، ۳ و ۶ و کمترین عملکرد در تیمار ۴ و ۵ مشاهده شد و اختلاف بین آنها از نظر آماری در سطح پنج درصد معنی‌دار بود. به عبارت دیگر تیمار کودی و تیمارهایی که با پساب بیشتری آبیاری شده

۱- عضو هیئت علمی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی

مشهد، صندوق پستی ۹۱۷۳۵-۴۸۸: azolfaghararn@yahoo.com

۲- عضو هیئت علمی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی

مشهد، صندوق پستی ۹۱۷۳۵-۴۸۸: azolfaghararn@yahoo.com

بودند بدلیل وجود مواد غذایی، عملکرد بیشتری نسبت به سایر تیمارها داشتند. غلظت فلزات سنگین در خاک، در تیمارهایی که با پساب بیشتری آبیاری شده بودند، افزایش نشان داد ولی این افزایش در سطح ۵ درصد معنی دار نشد. همچنین شوری، درصد ازت، فسفر قابل جذب و مواد آلی در خاکهای آبیاری شده با پساب، در مقایسه با سایر تیمارها افزایش داشت. در سایر خصوصیات اندازه‌گیری شده نظیر pH و پتاسیم قابل جذب روند مشخصی مشاهده نشد و اختلاف بین تمام صفات در تیمارها معنی‌دار نبود. هیچ یک از نمونه‌های خاک به انگل آلوده نبود و برای سلامتی انسان خطری ایجاد نمی‌کرد.

واژه‌های کلیدی: پساب خانگی - عملکرد کلزا - عناصر سنگین

۲- مقدمه

فاضلاب‌ها یکی از عوامل آلاینده محیط زیست می‌باشند که لازم است آنها را به طریق بهداشتی جمع‌آوری، تصفیه و مجدداً به گردش آب در طبیعت بازگرداند. لذا در راستای اجرای تدابیری در جهت توسعه و بهره‌برداری از منابع آبی جدید به خصوص در بخش کشاورزی کشور، استفاده مجدد از پساب فاضلاب‌های صنعتی، شهری و روستایی می‌تواند به عنوان منابع آب مطمئن مورد توجه قرار گیرد تا نه تنها کسری از میزان کمبود آب کشاورزی را جبران نماید، بلکه از اثرات سوء تخلیه بی‌رویه فاضلاب و خسارات وارده آن به محیط زیست نیز جلوگیری به عمل آید. خشکسالی‌های پی‌در پی و کمبود آب در مناطق خشک کشور از یک سو و نیاز به مواد اولیه برای تهیه روغن خوراکی از سوی دیگر، ضرورت بررسی و تحقیق در مورد گیاه روغنی کلزا که گیاهی با نیاز آبی کم و درصد روغن زیاد است را ایجاب می‌نماید. کلزا از گیاهان مهم روغنی است که علاوه بر مصارف روغن آن، می‌تواند به عنوان علوفه و کود سبز نیز استفاده شود. با توجه به اینکه طول دوره رشد این گیاه نسبت به غلات کمتر است، نیاز آبی کمتری نیز دارد و در مناطق کم آب می‌تواند به عنوان یک گیاه اقتصادی کشت گردد (۳). عزیززاده در طی تحقیقاتی چهار ساله در زمینه استفاده از فاضلاب شهری مشهد دریافت که آبیاری سبزیجاتی نظیر کاهو و هویج به روشهای شیری و کرتی، محصولاتی را تولید می‌کند که به لحاظ تخم انگل و کلیفرم‌های مدفوعی و غیر مدفوعی آلودگی بهداشتی دارند، اما این موضوع در آبیاری میکرو (قطره‌ای) مشاهده نشد. با این وجود در کاهو ۴۱ تن و در هویج چهار تن در هکتار محصول در نتیجه آبیاری با فاضلاب برداشت گردید (۴). بیورن و همکاران از سال ۱۹۸۷ و در یک آزمایش مداوم پنج ساله تأثیر آبیاری با پساب را بر سبزیجاتی که بصورت خام مصرف می‌شوند مورد مطالعه قرار دادند. نامبردگان دریافتند که هیچگونه اختلاف معنی‌داری بین کیفیت محصولات تولیدی با پساب در مقایسه با آب وجود نداشته است (۸). کلاپ و همکاران اثر کاربرد پساب فاضلاب شهری را در چند ایالت مختلف آمریکا بر عملکرد گیاه ذرت و نیز تعدادی از گیاهان علوفه‌ای مطالعه نموده و به این نتیجه رسیدند که تأثیر پساب با کاربرد کود شیمیایی بصورت آمونیم از نقطه نظر تأمین عملکرد گیاه کاملاً قابل مقایسه بوده است (۱۰). المصطفی و همکاران

در یک آزمایش سه ساله تأثیر استفاده از لجن فاضلاب شهری بر محصول گندم در رژیم‌های مختلف آبیاری را بررسی کردند. در سال اول در رژیم خشکی، استفاده از لجن فاضلاب عملکرد دانه را افزایش داد ولی در رژیم مرطوب بر خلاف رژیم خشکی عملکرد کاهش یافت. در سال دوم آزمایش بیشترین عملکرد در تیمارهای رژیم مرطوب با مصرف ۲۰ تن در هکتار لجن حاصل شد و در سال سوم عملکرد با افزایش میزان کاربرد در لجن افزایش یافت (۵). گزارش تحقیقات دانش به سال ۱۳۶۹ نشان داد که استفاده از فاضلاب تصفیه شده خانگی هیچگونه تأثیر سوئی در رابطه با جذب عناصر سنگین در چغندر قند و چغندر علوفه‌ای نداشته است (۲). بول و همکاران در خاکهای آبیاری شده با پساب در آلمان مشاهده نمودند که با گذشت ۱۶ تا ۲۵ سال، میزان تجمع هیچیک از فلزات سنگین در خاک به مرز زیان آور نرسید و تنها عناصر نیکل، کادمیوم و روی به مرز زیان آور نزدیک شدند (۷). با این وجود صابر با آزمایش خاکهای آبیاری شده با فاضلاب شهر قاهره به این نتیجه رسید که در یک دوره ۶۰ ساله هر یک از فلزات سنگین می‌تواند به اندازه چشمگیری در خاک انباشته شود (۱۲). چانک و همکاران استفاده از فاضلاب را بعنوان یک ماده مناسب اصلاح کننده خاک معرفی می‌کنند. نتایج مطالعه چندین ساله آنان نشان می‌دهد که بکارگیری فاضلاب منجر به تغییر خواص فیزیکی خاک شده و بر اثر آن، ظرفیت نگهداری افزایش یافته در حالیکه وزن مخصوص ظاهری خاک کاهش می‌یابد (۹). آسانو و پتی گرو در سال ۱۹۸۷ در کالیفرنیا، با بررسی اثرات پخش پساب تصفیه شده فاضلاب بر روی اراضی کشاورزی و نتیجه‌گیری نمودند که چه از نظر کشاورزی و چه از نظر بهداشتی، پخش پساب هیچگونه اثرات سوئی بر آبهای زیرزمینی منطقه و یا محصولات زراعی نداشت (۶). جنکینز و همکاران در آزمایشی بر روی گوجه فرنگی، بادمجان، سورگوم و ذرت اثرات اعمال دو تیمار آبیاری با آب و فاضلاب تصفیه شده را بررسی نمودند. در سورگوم عملکرد تیمار پساب ۲/۵ برابر تیمار آب و در ذرت عملکرد سه برابر تیمار آب بوده است. در گوجه و بادمجان نیز عملکرد تقریباً سه برابر بوده است. گیاهانی که با فاضلاب آبیاری شدند بلندتر و رنگ سبز تیره‌تری داشته‌اند. گلدهی آنها نیز زودتر اتفاق افتاده و میوه‌های آنها بزرگتر از میوه‌های تیمار آب بوده است (۱۱).

۳- مواد و روش‌ها

این تحقیق جهت بررسی تأثیر آبیاری جویچه‌ای با پساب تصفیه شده فاضلاب خانگی بر رشد و ترکیبات شیمیایی کلزا و ویژگی‌های خاک در واحد تحقیقاتی مزرعه نمونه آستان‌قدس رضوی در مشهد در نزدیکی تصفیه خانه آستان‌قدس، از پائیز ۱۳۷۹ و به مدت یکسال به اجرا درآمد. آب مورد نیاز برای اجرای آزمایش از چاه موجود در محل و پساب تصفیه شده فاضلاب نیز از تصفیه خانه آستان‌قدس رضوی تأمین می‌شد. این طرح در قالب بلوک‌های کامل تصادفی با شش تیمار و در چهار تکرار به اجرا در آمد که تیمارهای اعمال شده عبارتند از: ۱- آبیاری با پساب تصفیه شده فاضلاب خانگی (۱۰۰٪ پساب) = t1
 ۲- سه نوبت آبیاری با پساب و یک نوبت آبیاری با آب معمولی (۷۵٪ پساب) = t2
 ۳- یک نوبت آبیاری با آب معمولی و یک نوبت آبیاری با پساب (۵۰٪ پساب) = t3
 ۴- یک نوبت آبیاری با پساب و سه نوبت آبیاری با آب معمولی (۲۵٪ پساب) = t4
 ۵- آبیاری با آب چاه (بدون پساب) = t5
 ۶- آبیاری با آب

معمولی همراه با کود شیمیایی = t6. طرح آماری مزرعه کلزا شامل ۲۴ پلات به ابعاد ۷×۷ متر بود که بر اساس یک جدول زمان بندی مشخص اقدام به آبیاری تیمارها می‌گردید. خلاصه نتایج حاصله از آنالیز آب چاه و پساب تصفیه شده در جدول (۱) به همراه مقادیر مجاز توصیه شده در استاندارد ایران جهت آبیاری با پساب آورده شده است.

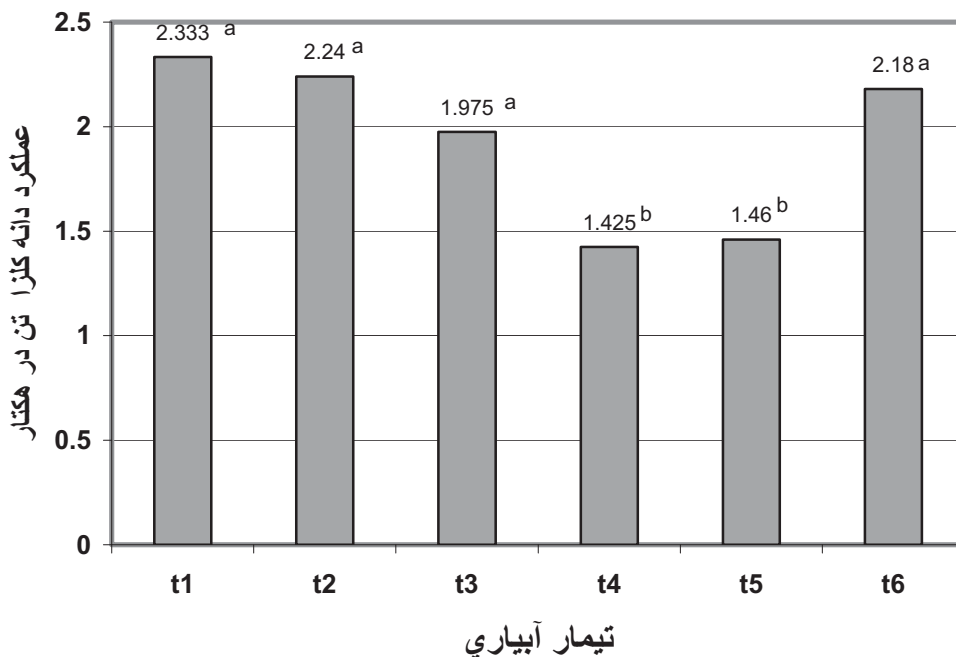
جدول (۱) - مشخصات آب و پساب استفاده شده

پارامتر	واحد	آب چاه	پساب تصفیه شده	مقادیر مجاز توصیه شده در استاندارد ایران
BOD5	mg/lit	—	۱۱۵	۱۰۰
COD	mg/lit	—	۱۴۰	۲۰۰
TSS	mg/lit	—	۹۰	۱۰۰
Fe	mg/lit	۰/۰۵	۰/۱	۳
Mg	mg/lit	۰/۰۲	۰/۰۹	۱۰۰
Zn	mg/lit	۰/۰۱	۰/۲۱	۲
Pb	mg/lit	۰/۱	۰/۷۹	۱
Cu	mg/lit	۰/۰	۰/۰۵	۰/۲
Cd	mg/lit	۰/۰۱	۰/۰۵	۰/۰۵
Co	mg/lit	۰/۰	۰/۰	۰/۰۵
Ni	mg/lit	۰/۰	۰/۲	۲
تعداد تخم انگل	N/lit	—	—	—
کل کلیفرم‌ها	N/100ml	—	۱۰۰۰	۱۰۰۰
pH	—	۷/۸	۷/۸۱	۶-۸/۵
EC	dS/m	۰/۵۶	۱/۲	—
Na	mg/lit	۶۲/۳	۸۴/۳	—
Ca	mg/lit	۲۱	۳۵/۴	—
Mn	mg/lit	۱۷	۱۸/۶	۱
B	mg/lit	۰/۸۴	۰/۸۷	۱
Cl -	mg/lit	۱۳/۱	۱۱۰	۶۰۰
Po ₄	mg/lit	۰/۲	۲/۹	—
K	mg/lit	۲/۶	۲۱/۴	—
SAR	(mmol/lit)/2	۲/۶۴	۲/۸۴	—
NH ₄ .N	mg/lit	—	۲۹	—
NO ₃ . N	mg/lit	—	۰	—
مواد آلی	mg/lit	—	۱۳	—
سدیم قابل تبادل	mg/lit	—	۶۶۱	—
سختی	mg/lit	—	۱۹۰	—

۴- نتایج

۴-۱- تأثیر تیمارهای آب آبیاری بر عملکرد کلزا

نتایج حاصل از تأثیر تیمارهای آبیاری بر میزان عملکرد دانه کلزا شکل ۱ ارائه شده است. چنانکه ملاحظه می‌شود تفاوت عملکرد بین تیمارها در سطح پنج درصد معنی دار بود. بیشترین مقدار عملکرد در تیمارهایی که از درصد پساب بیشتری استفاده شده (t_1 ، t_2 ، t_3) و تیماری که به آن کود شیمیایی داده شده است (تیمار t_6) مشاهده شد، بطوریکه اختلاف آنها با تیمارهای t_4 و t_5 در سطح پنج درصد معنی دار بود. نتیجتاً کاربرد پساب به علت دارا بودن عناصر غذایی بیشتر در مقایسه با سایر تیمارها، باعث افزایش وزن قسمتهای مختلف گیاه شده است. بیشترین عملکرد مربوط به تیمار t_1 و کمترین عملکرد مربوط به تیمار t_5 (تیمار شاهد) بود. نتایج تحقیقات کلاپ و همکاران (۱۹۸۷)، المصطفی و همکاران (۱۹۹۵)، علیزاده (۱۳۷۸) و چنگیز و همکاران (۱۹۹۴) نیز افزایش عملکرد محصولات در استفاده از پساب تصفیه شده را نشان داد.



شکل (۱)- اثر تیمارهای آبیاری مختلف بر عملکرد دانه کلزا

۴-۲- تأثیر تیمارهای آبیاری بر تغییرات غلظت فلزات سنگین در خاک

نتایج تجزیه شیمیایی خاک در پایان فصل کشت نشان داد که غلظت فلزات سنگین خاک در تیمارهایی که با پساب بیشتری آبیاری شده‌اند، افزایش یافته است، لیکن اختلاف معنی داری بین تیمارها مشاهده نشد. این افزایش در نتیجه تجمع فلزات موجود در پساب در خاک حادث شد که البته غلظت هیچ‌یک از فلزات به حد بحرانی نرسید (جدول شماره ۲). لازم به ذکر است که غلظت این فلزات در پساب مورد استفاده کمتر از حد

مجاز ارائه شده توسط مجامع بین‌المللی بود. اما از آنجا که عوامل متعدد محلی از قبیل شاخصه‌های شیمیایی خاک، گونه‌های گیاهی و روش‌های مدیریتی زراعی در میزان جذب و تجمع این فلزات در خاک تأثیر گذار می‌باشند، لذا در مورد خاک‌های کشور ما لازم است تا از آلودگی خاک و کاهش حاصلخیزی آن جلوگیری بعمل آمده و تحقیقات منطقه‌ای مفصل‌تری در خصوص اثرات این عوامل در کاربرد طولانی مدت پساب صورت پذیرد. صابر (۱۹۸۶) به این نتیجه رسید که در یک دوره ۶۰ ساله هر یک از فلزات سنگین می‌تواند به اندازه چشمگیری در خاک انباشته شود.

جدول (۲) - اثر تیمارهای آبیاری بر عناصر سنگین و خصوصیات شیمیایی خاک در عمق ۳۰-۰ سانتی متر

تیمار / مشخصه	تیمار						مقادیر مجاز
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	
منگنز (PPM)	۱۲/۰۷۵	۱۱/۴۰۰	۱۱/۰۲۰	۱۰/۳۳۰	۱۱/۰۹۰	۱۰/۸۷۰	۱
روی (PPM)	۴/۱۸۰	۶/۳۰۰	۳/۸۰۰	۵/۴۲۰	۵/۲۱۵	۴/۳۰۰	۲
مس (PPM)	۳/۹۰۰	۴/۱۰۰	۳/۵۷۰	۳/۸۵۰	۳/۹۱۰	۴/۲۶۰	۰/۲
سرب (PPM)	۳/۶۱۵	۴/۰۶۰	۳/۲۷۰	۴/۱۹۰	۳/۳۲۰	۴/۱۶۰	۱
کادمیوم (PPM)	۰/۱۱۰	۰/۱۲۶	۰/۱۰۵	۰/۱۰۳	۰/۱۱۵	۰/۰۸۰	۰/۰۵
EC(ds/m)	۲/۷	۴/۲	۱/۷	۱/۸	۱/۹	۱/۷	-
pH	۸	۷/۹	۸/۱	۷/۹۵	۸	۸/۱	۶-۸/۵
درصد مواد آلی	۱/۷۷	۱/۷۷	۱/۵۹	۱/۸۲	۱/۶۸	۱/۶۱	-
درصد ازت کل	۰/۱۳۰	۰/۱۲۲	۰/۱۲۰	۰/۱۷۰	۰/۱۱۵	۰/۱۲۰	-
فسفر قابل جذب (PPM)	۲۶/۴۵	۲۵/۹۰	۲۵/۸۰	۲۲/۴۵	۲۵/۳۰	۲۷/۹۵	-
پتاسیم قابل جذب (PPM)	۲۸۲/۵	۲۶۵/۰	۲۲۲/۳	۳۰۰/۰	۲۶۹/۰	۲۴۱/۸	-

۳-۴- تأثیر تیمارهای آبیاری بر شوری و pH خاک

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اختلاف معنی‌داری از این نظر در بین تیمارها وجود ندارد. با این وجود همانطور که در جدول ۲ مشاهده می‌شود، شوری خاک در تیمارهای آبیاری با پساب قدری افزایش نشان می‌دهد که بدلیل وارد شدن یونهای مختلف توسط پساب به خاک می‌باشد. ولی آنچه مسلم است اینکه در صورت قرار داشتن شوری پساب در محدوده توصیه شده (۳-۷ dS/m) مشکلی ایجاد نخواهد شد و می‌توان با انجام عمل آبخوئی طی دوره کشت و یا بعد از آن، شوری خاک را در حد مطلوب حفظ نمود. نتایج اندازه‌گیری pH خاک نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین تیمارهای آبیاری از این نظر وجود نداشته و pH خاک بدلیل استفاده از پساب کاهش نیز یافته است (جدول ۲)، هرچند مقدار این کاهش قابل توجه نبوده و بسیار جزئی می‌باشد. علت این کاهش جزئی نیز ورود مواد آلی به خاک و تجزیه این مواد طی

فصل کشت می‌باشد که منجر به تولید اسیدهای آلی می‌گردد. کاهش pH خاک از نظر افزایش حلالیت فلزات سنگین و جذب بیشتر آنها توسط گیاه در صورتی که کمبود آنها مشاهده شود، یکی از فواید استفاده از فاضلاب‌ها و پساب آنها در آبیاری به شمار می‌رود.

۴-۴- تأثیر تیمارهای آبیاری بر میزان ازت و مواد آلی خاک

مقدار نیتروژن کل خاک (N) تحت تأثیر عواملی همچون نوع پوشش گیاهی، فعالیت موجودات زنده، رطوبت و دمای خاک می‌باشد و در یک رطوبت ثابت، با افزایش دما مقدار آن کاهش می‌یابد. میزان نیتروژن کل خاک مقیاسی است برای اندازه‌گیری مقدار اولیه‌ای که در معرض تجزیه قرار خواهند گرفت. در آزمایش انجام شده نیز مشاهده شد که در تیمارهایی که پساب دریافت کرده‌اند و در تیمار کود شیمیایی، N کل خاک نسبت به تیمار آب چاه افزایش داشته است، ولی این افزایش در آماری سطح پنج درصد معنی‌دار نبود. جدول ۲ اثر تیمارهای آب آبیاری بر میزان نیتروژن کل خاک را نشان می‌دهد.

مواد آلی عمده‌ترین منبع ذخیره نیتروژن در خاک به شمار می‌آیند. از نظر تأمین مواد آلی خاک، حضور این مواد در پساب فاضلاب باعث افزایش آنها در خاک شده و حاصلخیزی خاک را فزونی می‌دهد. از این رو در نگاه اول استفاده از پسابی که BOD بالاتری داشته باشد در آبیاری محصولات کشاورزی می‌تواند مورد توجه بیشتری قرار گیرد. ولی از آنجا که پخش پسابی با BOD بالا ممکن است باعث تولید بوهای نامطبوع و انسداد منافذ خاک و در نتیجه کاهش نفوذ پذیری شود، لذا مقدار BOD را در پساب مورد استفاده محدود نموده‌اند (۱). در آزمایش انجام شده مواد آلی در تیمارهای پساب به مقدار کمی بیشتر از آب چاه بود ولی اختلاف معنی‌داری از این نظر مشاهده نشد (جدول ۲).

۴-۵- تأثیر تیمارهای آبیاری بر میزان فسفر و پتاسیم قابل جذب در خاک

نتایج نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین تیمارهای مختلف آبیاری از نظر مقدار فسفر قابل جذب موجود در خاک وجود ندارد. فسفر کل موجود در خاک تأثیر چندانی را بر قابلیت جذب فسفر توسط گیاه بر جای نگذاشته، زیرا قسمت عمده فسفر خاک به روش‌های مختلف به شکلی در می‌آید که به آسانی برای گیاه قابل جذب نبوده و نمی‌تواند نیاز غالب گیاهان را در مدت کوتاه حضور در خاک برآورده نماید. جدول ۲ اثر تیمارهای آب آبیاری را بر میانگین فسفر قابل جذب نشان می‌دهد. همانطور که در جدول مشهود است، فسفر قابل جذب در تیمارهای آبیاری با پساب و تیمار کاربرد کود شیمیایی بیشتر است.

پتاسیم مدت زمان بسیار کوتاهی را بصورت محلول باقی می‌ماند، زیرا این عنصر توان یونی بالایی داشته و قادر است به آسانی همراه با آنیون‌های محلول، بویژه در خاکهای سبک جابجا شود و مدت طولانی را در حالت قابل تبادل سپری کند، بنابراین حرکت نزولی پتاسیم در نتیجه وجود رس به تأخیر می‌افتد. جدول

۲ تأثیر تیمارهای آبیاری بر میانگین پتاسیم قابل جذب خاک را نشان می‌دهد. همانگونه که ملاحظه می‌شود روند مشخصی در اثر تیمارهای آبیاری بر پتاسیم قابل جذب خاک از این آزمایش وجود ندارد.

۴-۶- آلودگی انگلی خاک

نتایج آزمایشات انگلی نمونه‌های خاک در تیمارهای آبیاری نشان داد که هیچ یک از نمونه‌ها به تخم انگل آلوده نبوده و برای سلامتی انسان از نظر آلودگی محصول، خطری ایجاد نمی‌نمایند.

۵- فهرست منابع

۱. الیاس آذر، خسرو (۱۳۶۱). «خاکشناسی عمومی و خصوصی» انتشارات جهاد دانشگاهی ارومیه.
۲. دانش، ش. ۱۳۷۰. اثر فاضلاب‌های تصفیه شده خانگی بر عملکرد و کیفیت محصول چغندر قند و چغندر علوفه‌ای. معاونت پژوهشی دانشگاه فردوسی مشهد، شماره ۶۸.
۳. شایان، سیاوش (۱۳۷۵). دانه های روغنی (۲). سازمان پژوهش و برنامه ریزی آموزش انتشارات مزرعه.
۴. علیزاده، ا. (۱۳۷۸). استفاده مضاعف از آب و کاربرد فاضلاب شهری در آبیاری. دومین همایش آب استان خراسان.

5. Al- Mustafa, W., A. El- shall, A. Abdallah and A. Modaish. 1995. Response of wheat to sewage sludge applied under two different moisture regimes. *Exp. Agric.* 31:365- 369.
6. Asano, T., and G. S. Pettygrove.(1987). Using reclaimed municipal wastewater for irrigation. *California Agric.* Vol.41.
7. Boll, R., H. Dernbach, and R. Kayser. 1986. Aspects of land disposal of waste water as experienced in Germany. *Sci. Tech.* 18: 383- 390.
8. Buran, R., B. Sheikh, R. Cort, R.Cooper, and D. Rivie. 1987. Reclaimed water for irrigation of vegetables each raw. *California Agric.*Vol 41.
9. Chang, A. C., A. L. page, and J. E. Warneke. 1983. Soil conditioning effects of municipal sludge compost. *J. Environm. Eng.* Vol. 109.
10. Clapp, C. E., A. J. palazzo, W. E. Larson, G. C. Marten, and D.R. Lindem. 1987. Uptake of nutrients by plants irrigated with municipal wastewater effluent. P. 395-404 in state of knowledge in land treatment of wastewater. Vol. I.U.S. Army Corps of Engineers. CRREL. Hanower. N.H.
11. Jenkins, C. R., I. Papadopoulos, and Y. Stylianou. 1994. Pathogens and wastewater use for irrigation in Cyprus. In "International Conference on Land and Water Resources Management in the Mediterranean Region" PP. 979-989, bari, Italy.
12. Saber, M.S.M. (1986). Prolonged effect of land disposal of human waste on soil conditions. *Wat.Sci. Tech.* 18: 371-374.

دومین سمینار (اهکارهای بهبود و اصلاح سامانه‌های آبیاری سطحی

۲ فرورداد ماه ۱۳۸۷

بررسی تأثیر سه روش آبیاری سطحی بر کارایی مصرف آب و عملکرد کلزا

سید ابوالقاسم حقایقی مقدم^۱، هادی افشار^۲، سیدابراهیم دهقانیان^۳،

کرامت اخوان^۴

چکیده

این تحقیق بمنظور بررسی تأثیر روش‌های آبیاری سطحی روی کمیت و کیفیت و کارایی مصرف آب کلزا بصورت ملی در پنج استان خراسان (مشهد)، فارس (داراب)، اردبیل (مغان)، آذربایجانغربی (خوی) و تهران (کرج) در ۲ سال زراعی به اجرا درآمد. آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه عامل روش‌های آبیاری (۱- شیاری معمولی، ۲- نواری و ۳- شیاری یک در میان) در سه تکرار اجرا شد. هر تیمار در کرتی به عرض ۵ تا ۶ متر و طول ۳۰ متر کشت شد. کرت‌ها به اندازه کافی بزرگ در نظر گرفته شد تا عملیات کاشت با ماشین براحتی قابل انجام بوده و نتایج تحقیق در حد امکان قابل تعمیم به شرایط زراعی باشد. آبیاری مطابق با دور آبیاری معمول منطقه انجام شد. نیاز آبی گیاه در هر منطقه از سند ملی آب کشور استخراج و در هر نوبت اعمال گردید. میزان آب ورودی به کرت‌ها و خروجی از آنها در هر نوبت آبیاری با استفاده از فلوم‌های دوزنقه ای از جنس فایبرگلاس اندازه گیری شد. نتایج حاصل از تجزیه واریانس و مقایسه میانگین پنج منطقه در دو سال زراعی نشان داد:

۱- در کشت کلزا با روش آبیاری سطحی چنانچه هدف دست یابی به عملکرد محصول بیشتر بوده و محدودیتی در منابع آب برای آبیاری وجود نداشته باشد، توصیه می‌گردد از روش آبیاری شیاری معمولی استفاده شود. با این روش آبیاری با احتمال بیش از ۹۵ درصد عملکرد محصول به اندازه ۶ و ۹ درصد

۱- عضو هیات علمی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی، مشهد- مجتمع کشاورزی طرق،

صندوق پستی ۴۸۸، دورنگار ۳۸۲۲۳۷۳-۰۵۱۱، Email: sahm51@yahoo.com

۲- عضو هیات علمی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی، مشهد- مجتمع کشاورزی طرق،

صندوق پستی ۴۸۸، دورنگار ۳۸۲۲۳۷۳-۰۵۱۱، Email: sahm51@yahoo.com

۳- عضو هیات علمی مراکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی فارس

۴- اعضای هیات علمی مراکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی اردبیل (مغان)

نسبت به روش‌های نواری و شیاری یک درمیان افزایش می‌یابد و درصد روغن نیز از دو روش دیگر بیشتر خواهد بود.

۲- چنانچه در منطقه تحت کشت کلزا محدودیت منابع آب وجود داشته و صرفه‌جویی در مصرف آب اهمیت داشته باشد، توصیه می‌گردد در بین روش‌های آبیاری سطحی، از روش آبیاری شیاری یک درمیان استفاده شود. این روش آبیاری به احتمال بیش از ۹۹ درصد موجب صرفه‌جویی به میزان ۲۹ و ۳۵ درصد در حجم آب ورودی به مزرعه نسبت به روش‌های نواری و شیاری معمولی خواهد گردید. همچنین روش آبیاری شیاری یک درمیان حجم رواناب خروجی از مزرعه را به اندازه ۲۰ و ۱۳ درصد نسبت به روش‌های نواری و شیاری معمولی خواهد کاست. بلحاظ شاخص کارایی مصرف آب نیز روش آبیاری شیاری یک درمیان به دو روش دیگر آبیاری برتری داشته و بین ۱۹ تا ۳۳ درصد موجب ارتقاء این شاخص می‌گردد.

واژه‌های کلیدی: کلزا، آبیاری سطحی، کارایی مصرف آب، عملکرد دانه و روغن

۱- مقدمه

گیاه کلزا به عنوان یک گیاه مناسب روغنی برای کشت در شرایط آب و هوایی کشور ایران مورد توجه قرار گرفته است. دانه‌های این گیاه ۴۲ درصد روغن و حدود ۲۵ درصد پروتئین دارد. با توجه به اینکه طول دوره رشد این گیاه نسبت به غلات کمتر است، نیاز آبی کمتری نیز دارد و در مناطق کم آب می‌تواند به عنوان یک گیاه اقتصادی کشت گردد. شرایط دما و رطوبت، کشت پاییزه این گیاه در اغلب نقاط کشور را ممکن ساخته است. خشکسالی‌های پی در پی و کمبود آب در مناطق مختلف کشور از یک سو و نیاز به مواد اولیه برای تهیه روغن خوراکی از سوی دیگر ضرورت بررسی و تحقیق در مورد گیاه روغنی کلزا را ایجاب می‌نماید. ویژگی‌های خاص گیاه کلزا و سازگاری آن با شرایط آب و هوایی اکثر نقاط کشور، سبب شده است که توسعه کشت این گیاه به عنوان امیدی برای تامین روغن خام مورد نیاز کشور و رهایی از واردات به شمار رود. در کشور ما سیاست‌گذاران بخش کشاورزی قصد دارند که میزان سطح زیر کشت این محصول را طی یک برنامه ده ساله به حدود ۷۰۰ هزار هکتار برسانند. این تحقیق با هدف بررسی تاثیر روش‌های مختلف آبیاری سطحی بر عملکرد کمی و کیفی و کارایی مصرف آب کلزا اجرا گردید.

۱-۱- سابقه تحقیق

آجلا و همکاران (۱۹۹۲) تاثیر کارایی روش‌های مختلف آبیاری را روی کلزا در هندوستان بررسی کردند. روش‌های آبیاری مورد استفاده عبارت بودند از: ۱- آبیاری غرقابی ۲- آبیاری شیاری معمولی ۳- آبیاری یک درمیان متغیر شیاری و ۴- آبیاری یک درمیان ثابت شیاری. آب مورد استفاده سالانه در روش‌های ۳

و ۴، ۱۰۳ تا ۱۷۵ میلیمتر، در روش ۲، ۱۳۷ تا ۲۶۴ میلیمتر و در روش ۱، ۱۷۳ تا ۳۲۸ میلیمتر بود. اختلاف معنی داری در متوسط عملکرد (۱/۱۳ تا ۱/۲۶ تن در هکتار) تحت تاثیر تیمارهای آبیاری وجود نداشت. نتایج نشان داد که آبیاری یک در میان متغیر شیارها فقط به ۶۰ درصد آب مورد نیاز در مقایسه با آبیاری غرقابی نیاز دارد، بدون اینکه افت عملکرد محصول داشته باشد [۶]. کارایی مصرف آب، عملکرد و کیفیت کلزا تحت تاثیر فاصله ردیف‌های کاشت، آبیاری و زمان برداشت توسط بان و همکاران بررسی شد. فاصله ردیف کاشت ۳۰ سانتیمتر بطور قابل ملاحظه ای عملکرد دانه را نسبت به فاصله ردیف ۴۰ سانتیمتر افزایش داد. ولی میزان روغن دانه از این تیمار متاثر نشد. عملکرد دانه برای تیمار آبیاری در آغاز مرحله گلدهی نسبت به تیمار آبیاری در مرحله توسعه غلاف‌ها بالاتر بود [۸]. استوکر و کارتر (۱۹۸۴) تحقیقی بر روی اثر آبیاری و کود بر عملکرد و کیفیت کلزا انجام دادند و توصیه نمودند که آبیاری حتماً در مرحله گلدهی انجام شود. چنانچه روش آبیاری بصورت غرقابی است ۲ تا ۳ نوبت و اگر به صورت بارانی است ۵۰ تا ۷۵ میلیمتر آب داده شود [۱۰]. آجلا و همکاران (۱۹۹۱)، در خاک‌های جنوب غربی ایالت پنجاب هند تاثیر چهار روش آبیاری شامل، آبیاری جویچه‌ای بدون برنامه‌ریزی (آبیاری مرسوم منطقه)، آبیاری جویچه‌ای برنامه‌ریزی شده، آبیاری جویچه‌ای یک در میان و آبیاری جویچه‌ای با دو ردیف کشت روی پشته را بر میزان رشد و عملکرد زراعت پنبه مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که ذخیره آب در تیمارهایی که در آنها برنامه‌ریزی آبیاری صورت گرفته، در مقایسه با آبیاری مرسوم منطقه بیشتر است. این مقادیر در آبیاری جویچه‌ای یک در میان بیشتر از آبیاری جویچه‌ای با دو ردیف کشت روی پشته و هر دو بیشتر از آبیاری جویچه‌ای معمولی بوده است. این در حالی است که به رغم کاهش مصرف آب به میزان ۵۰٪ در آبیاری جویچه‌ای یک در میان، میزان عملکرد محصول کاهش نیافت [۷]. طی تحقیقی در سال ۱۹۷۵ چهار روش آبیاری بارانی، نواری، جویچه‌ای و غرقابی روی محصول چغندر قند با هم مقایسه شدند. عملکرد ریشه در روش‌های فوق به ترتیب ۶۵/۴، ۵۲/۶، ۵۰/۱ و ۴۶/۵ تن در هکتار گزارش گردید. میزان شکر در روش‌های مختلف تفاوت نشان نداد. میزان آب مصرفی در روش بارانی کمترین و بعد از آن روش جویچه‌ای با اندکی تفاوت قرار داشت. روش‌های نواری و غرقابی به مقدار قابل ملاحظه‌ای آب بیشتری مصرف نمودند [۹].

۱-۲- هدف تحقیق

بررسی اثر روش‌های آبیاری سطحی روی عملکرد محصول، کیفیت روغن استحصالی و کارایی مصرف آب

۲ - روش تحقیق

این پژوهش بصورت ملی در پنج استان خراسان، فارس، اردبیل، آذربایجان غربی و تهران در دو سال زراعی به اجرا درآمد. آزمایش در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با سه عامل روش آبیاری سطحی (شیاری معمولی، نواری و شیاری یک در میان) در سه تکرار اجرا شد. عملیات آماده‌سازی زمین شامل شخم و دیسک و لولر در شهریور تا اوایل مهر هر سال انجام شد. عملیات کاشت بوسیله دستگاه خطی‌کار غلات همدانی انجام شد. این نوع بذرها دارای دو نوع ماشین با عرض کار ۲/۵ و ۳ متر می‌باشد. در بذر کار با عرض پشتی ۲/۵ متر فاصله شیاری بازکن‌ها از هم ۵۲ سانتیمتر است و سه ردیف بوته با فاصله ۸ تا ۱۲ سانتیمتر روی پشته‌ای به عرض ۳۲ سانتی متر کشت می‌نماید. در بذرکار با عرض پشتی ۳ متر فاصله شیاری بازکن‌ها از هم ۶۰ سانتیمتر است و چهار ردیف بوته با فاصله ۸ تا ۱۲ سانتی‌متر روی پشته‌ای به عرض ۴۰ سانتیمتر کشت می‌نماید. در منطقه مغان، خوی و داراب از بذرکار با عرض پشتی ۲/۵ متر و در منطقه کرج و مشهد از بذرکار با عرض پشتی ۳ متر استفاده شده است. بنابراین فاصله شیاری آبیاری از هم ۵۲ تا ۶۰ سانتی متر بوده، روی پشته‌ها ۳ یا ۴ ردیف با فاصله متوسط ۱۰ سانتیمتر کشت شده است. در حالت دو ردیف کاشت روی پشته، فاصله ردیف‌ها از هم ۲۰ تا ۳۰ سانتیمتر بوده است. در روش آبیاری نواری، شیاری بازکن‌ها از روی دستگاه کارنده برداشته شده و عملیات کاشت روی زمین مسطح انجام شد. کلیه عملیات زراعی به هنگام کاشت و داشت شامل کوددهی، وجین، مبارزه با علف‌های هرز و آفات و بیماری‌ها بموقع در تمامی تیمارها بطور یکسان انجام گردید. هر تیمار در کرتی به عرض ۵ تا ۶ متر و طول ۳۰ متر کشت شد. کرت‌ها به اندازه کافی بزرگ در نظر گرفته شده تا عملیات کاشت با ماشین ب راحتی قابل انجام بوده و نتایج تحقیق در حد امکان قابل تعمیم به شرایط زراعی باشد. آبیاری مطابق با دور آبیاری معمول منطقه انجام شد. نیاز آبی گیاه در هر منطقه از سند ملی آب کشور استخراج و در هر نوبت اعمال گردید. میزان آب ورودی به کرت‌ها و خروجی از آنها در هر نوبت آبیاری با استفاده از فلوم‌های دوزنقه‌ای تیپ ۴ و ۳ از جنس فایبرگلاس اندازه گیری شد. در روش آبیاری شیاری معمولی و نواری، آبیاری کامل به‌خصوص در انتهای شیاری و نوار اعمال گردید. در روش شیاری یک در میان، زمان آبیاری برابر و در برخی نوبت‌ها تا ۱۰٪ بیشتر از روش شیاری معمولی در نظر گرفته شد. در منطقه داراب و مغان رقم PF و در منطقه کرج، مشهد و خوی رقم SLM کشت گردید. در طول اجرای آزمایش از مراحل رشد گیاه، ارتفاع بوته، تعداد شاخه فرعی، تعداد غلاف در ساقه اصلی، تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف، وزن هزار دانه، درصد روغن و عملکرد دانه یادداشت برداری‌های لازم انجام شد. کارایی مصرف آب که عبارت از عملکرد محصول (عملکرد دانه یا روغن) به ازای واحد آب مصرفی می‌باشد، از دو روش مختلف محاسبه گردید. در روش اول میزان آب مصرفی معادل حجم آب ورودی و در روش دوم معادل تفاضل حجم آب ورودی و خروجی در نظر گرفته شده است. داده‌های حاصل از هر آزمایش در

پایان هر سال تجزیه واریانس گردید و مقایسه میانگین تیمارها براساس آزمون دانکن انجام پذیرفت. کلیه نتایج حاصل از تحقیق در پنج منطقه، در نهایت مورد تجزیه و تحلیل مرکب قرار گرفت.

۳ - نتایج

۳-۱- استان فارس (داراب)

نتایج تجزیه مرکب بر روی داده‌های سال اول و دوم آزمایش در منطقه فارس نشان می‌دهد که اثر سال بر روی عملکرد دانه، میزان آب مصرفی، کارایی مصرف آب برای عملکرد دانه و روغن در سطح ۱٪ معنی‌دار نیست. این اختلاف بدلیل تغییر شرایط اقلیمی و تاثیر آن بر عملکرد و نیاز آبی قابل قبول است.

جدول ۱ - تجزیه واریانس مرکب داده‌های سال اول و دوم آزمایش آرایش کاشت و روش‌های آبیاری - داراب

میانگین مربعات								درجه آزادی	منبع تغییرات
درصد روغن	عملکرد دانه	وزن هزاردانه	دانه در کپسول	کپسول در بوته	کپسول در شاخه اصلی	شاخه فرعی	ارتفاع بوته		
۱/۱۵ ^{ns}	۶۷۶۴۳۳۳۳**	۰/۱۸ ^{ns}	۳۰/۲۵ ^{ns}	۱۶۵۳/۷۷ ^{ns}	۱۰۶/۷۷ ^{ns}	۰/۰۰ ^{ns}	۲۱۵/۱۱ ^{ns}	۱	سال
۱/۰۲ ^{ns}	۹۲۳۳۶/۹ ^{ns}	۰/۰۱ ^{ns}	۱/۰۰ ^{ns}	۶۱۶/۱۹ ^{ns}	۷/۵۸ ^{ns}	۰/۶۹ ^{ns}	۹۵/۵۸ ^{ns}	۲	روش‌های آبیاری
۰/۰۶ ^{ns}	۴۰۰۰۸/۳ ^{ns}	۰/۰۱ ^{ns}	۰/۳۳ ^{ns}	۳۱۱/۶۹ ^{ns}	۲۱/۵۲ ^{ns}	۰/۲۵ ^{ns}	۵۴/۸۶ ^{ns}	۲	سال × روش‌های آبیاری
۱/۱۴	۹۷۹۱۷۰/۸	۰/۰۱	۱/۰۰	۴۵۱/۶۵	۲۲/۸۰	۰/۲۲	۳۰/۰۹	۸	خطا
۴/۶۲	۱۴/۹۳	۵/۷۴	۷/۹۱	۱۷/۲۴	۱۰/۶۹	۱۱/۸۲	۱۰/۳۳		%C. V.

** : معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪ ، * : معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ ، ns : اختلاف معنی‌دار نیست

اثر روش‌های آبیاری بر عملکرد، اجزای عملکرد و درصد روغن معنی‌دار نمی‌باشد. بالاترین عملکرد دانه از روش آبیاری شیاری معمولی با میانگین ۳۱۵۵ کیلوگرم به دست آمد. در خصوص حجم آب مصرفی و کارایی مصرف آب اختلاف معنی‌دار در سطح ۱٪ بین روش شیاری یک‌درمیان با دو روش دیگر وجود دارد. حجم آب مصرفی و کارایی مصرف آب در روش شیاری یک‌درمیان بترتیب ۲۶٪ کاهش و ۳۴٪ افزایش نسبت به روش شیاری معمولی نشان داد.

۳-۲- استان آذربایجان غربی (خوی)

جدول ۲ مقایسه میانگین صفات اندازه‌گیری شده را برای داده‌های سال اول و دوم آزمایش نشان می‌دهد. در مجموع با توجه به نتایج حاصل از میانگین دو سال، مشاهده می‌شود که در روش‌های آبیاری شیاری معمولی، نواری و شیاری یک در میان عملکرد دانه به ترتیب ۳۴۱۱، ۳۲۰۸ و ۲۷۹۹ کیلوگرم در هکتار دانه بدست آمده و لذا روش اول نسبت به دو روش بعدی از نظر عملکرد دانه برتری نسبی داشته است. از نظر مقدار آب مصرفی و کارایی مصرف آب بین روش‌های شیاری معمولی و نواری اختلاف معنی‌دار نبود ولی روش شیاری یک در میان موجب ۴۴٪ افزایش کارایی مصرف آب و به همین میزان کاهش آب مصرفی نسبت به روش شیاری معمولی گردید.

جدول ۲۷- مقایسه میانگین صفات اندازه‌گیری شده در تیمارهای آزمایشی - خوی (۸۰-۸۱ و ۸۰-۸۱)

سال	تیمار	وزن هزار دانه (گرم)	درصد روغن	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	عملکرد روغن (کیلوگرم گرم در هکتار)
سال اول		۴/۲۴	۴۸/۲۴	۳۱۹۸/۴۴	۱۵۴۶/۷۲
سال دوم		۴/۱۴	۴۴/۱۳	۳۰۸۰/۹۵	۱۳۶۲/۵۸
میانگین دو سال	شیاری معمولی	۴/۱۸	۴۶/۷۵	۳۴۱۱/۷۶	۱۵۹۰/۰۱
	نواری	۴/۲۱	۴۶/۱۱	۳۲۰۸/۱۰	۱۴۸۸/۴۸
	شیاری یک در میان	۴/۱۹	۴۵/۷۰	۲۷۹۹/۲۴	۱۲۸۵/۴۶

۳-۳- استان اردبیل (مغان)

تاثیر روش‌های مختلف آبیاری روی عملکرد در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بود. روش‌های آبیاری شیاری معمولی و آبیاری نواری طی دو سال آزمایش اختلاف معنی‌داری با همدیگر نداشته و در یک سطح آماری قرار گرفتند و هر دو از حداکثر عملکرد برخوردار بودند. روش آبیاری شیاری یک در میان حداقل عملکرد (۲۵۶۳ کیلوگرم در هکتار) را به خود اختصاص داد. روش‌های آبیاری شیاری معمولی و نواری به ترتیب دارای عملکرد ۲۸۵۹ و ۲۷۴۴ کیلوگرم در هکتار بوده‌اند. (جدول ۳) آبیاری شیاری یک‌درمیان موجب شد حجم آب مصرفی به میزان ۱۲٪ کاهش و کارایی مصرف به اندازه ۵٪ افزایش نسبت به روش شیاری معمولی پیدا نماید.

جدول ۳- مقایسه میانگین برخی صفات مورد بررسی دو ساله در روش‌های مختلف آبیاری منطقه مغان

تیمار	ارتفاع بوته	عملکرد	حجم آب مصرفی	کارایی مصرف آب ۱
نواری	۱۰۴/۵ b	۲۷۴۴a	۴۵۷۰ a	۰/۶۱ b
شیاری معمولی	۱۰۱/۹ a	۲۸۵۹ a	۴۲۵۴ a	۰/۶۵ ab
شیاری یک در میان	۱۰۴/۷ a	۲۵۶۳ b	۳۷۴۰ b	۰/۶۹ a

حروف مشابه در سطح احتمال ۵ درصد آزمون دانکن اختلاف معنی‌دار ندارند

۳-۴- استان خراسان (مشهد)

در مقایسه عملکرد تیمارهای مختلف، نتایج نشان داد که بین تیمارها تفاوت معنی‌داری وجود ندارد. مقدار آب مصرفی در بین روش‌های آبیاری معنی‌دار نیست. اما با توجه به جدول تجزیه واریانس، به احتمال ۸۱٪ بین مقدار آب مصرفی در تیمارهای آزمایش اختلاف وجود دارد. اگرچه این اختلاف از نظر آماری معنی‌دار نیست اما بدلیل اهمیت صرفه جویی در مصرف آب می‌توان گفت که مقدار مصرف آب در روش آبیاری شیاری یک در میان به میزان ۱۹٪ و ۳۶٪ به ترتیب نسبت به روش آبیاری شیاری معمولی و روش آبیاری نواری کمتر بوده است. از نظر کارایی مصرف آب مشخص شد که بین کارایی مصرف آب در تیمارهای روش آبیاری اختلاف معنی‌دار وجود دارد. روش آبیاری شیاری یک در میان با دارا بودن بیشترین کارایی مصرف آب (۰/۸۷) در کلاس a و روش آبیاری نواری با کمترین مقدار (۰/۵۷) در کلاس b قرار گرفتند.

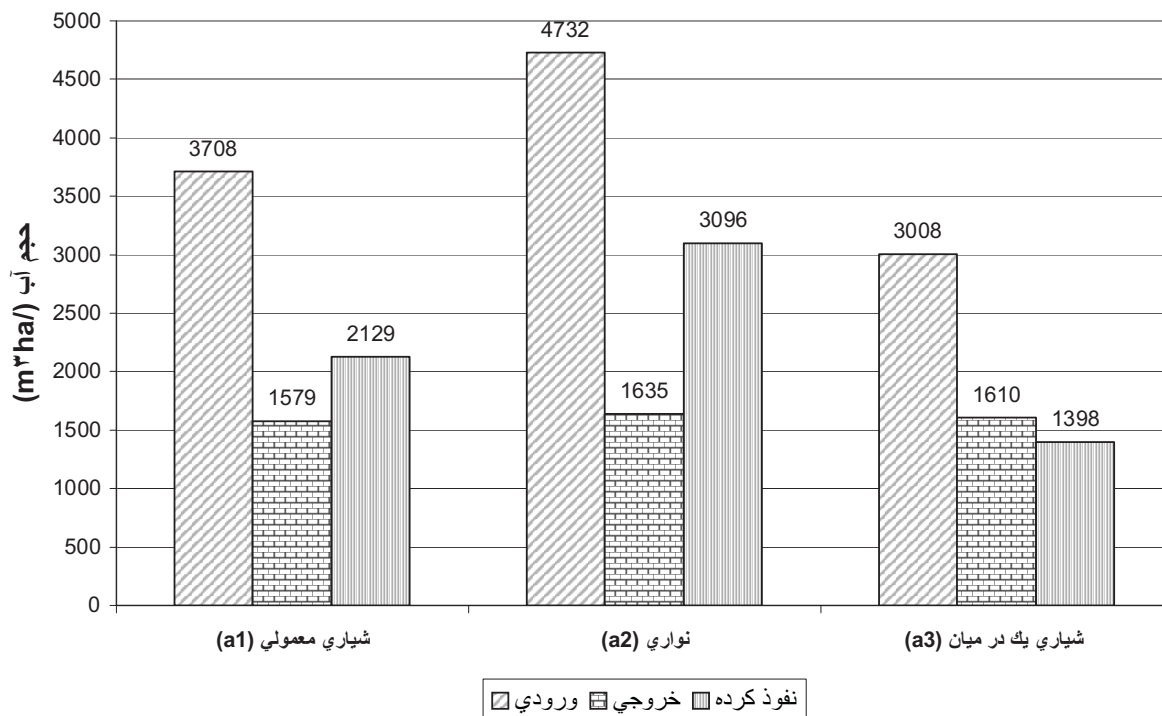
جدول ۴ - مقایسه میانگین صفات مورد بررسی در تیمارهای آزمایشی منطقه مشهد

روش آبیاری	حجم آب ورودی m ³ /ha	حجم آب نفوذ کرده m ³ /ha	عملکرد kg/ha	کارایی مصرف آب ۱	کارایی مصرف آب ۲
شیاری معمولی	۳۷۰۸ a	۲۱۲۹ a	۲۵۲۴ a	۰/۶۷ ab	۱/۲۱۷ a
نواری	۴۷۳۲ a	۳۰۹۶ a	۲۴۴۴۲ a	۰/۵۷ b	۱/۰۵۰ a
شیاری یک در میان	۳۰۰۸ a	۱۳۹۸ a	۲۶۰۸ a	۰/۸۷ a	۲/۰۰ a

حروف مشابه در سطح احتمال ۵ درصد آزمون دانکن اختلاف معنی‌دار ندارند

از نقطه نظر مدیریت آبیاری هر شیوه ای که بتواند زمان آبیاری را کاهش دهد، مناسب‌تر خواهد بود. یکی از عوامل تاثیرگذار بر زمان کل آبیاری، زمان پیشروی است که معمولاً یک چهارم کل زمان آبیاری می‌باشد. بررسی نتایج نشان می‌دهد حجم کل آب مورد نیاز برای تکمیل مرحله پیشروی در روش آبیاری شیاری یک در میان نسبت به روش آبیاری شیاری معمولی و آبیاری نواری به ترتیب به میزان ۴۰٪ و

۵۸٪ کمتر است. این مقدار صرفه‌جویی در مصرف آب در مرحله پیشروی می‌تواند تاثیر قابل ملاحظه‌ای در مدیریت آبیاری مزرعه داشته باشد.



شکل ۱- مقادیر کل آب ورودی، رواناب و حجم آب مصرفی کلزا در منطقه مشهد

۳-۵- استان تهران (کرج)

تجزیه واریانس عملکرد دانه در دو سال نشان می‌دهد که بین سال‌های آزمایش اختلاف معنی‌دار در سطح ۱٪ وجود دارد. میانگین عملکرد دانه در سال اول با ۳۲۱۶ کیلوگرم در هکتار نسبت به عملکرد دانه سال دوم به میزان ۲۵۴۵ کیلوگرم در هکتار برتری دارد. علت این تفاوت را میتوان شرایط بهتر آب و هوایی بویژه توزیع زمانی و مقدار بارش در سال اول برشمرد، بطوری‌که بارش موثر در سال اول ۱۰۷ میلی‌متر و در سال دوم ۹۷ میلی‌متر برآورد گردیده است.

اثر سه روش آبیاری شیاری معمولی، نواری و شیاری یک در میان روی عملکرد کمی و کیفی کلزا معنی‌دار نمی‌باشد. تجزیه واریانس مرکب مقادیر آب ورودی به کرت و خروجی از کرت در روش‌های مختلف آبیاری نشان می‌دهد که میزان آب ورودی در سطح ۱۰ درصد و میزان آب خروجی در سطح ۱ درصد با هم اختلاف معنی‌دار دارند. مقادیر آب ورودی در روش‌های آبیاری شیاری معمولی، نواری و شیاری یک در میان به ترتیب a ۴۹۰۶، ۵۱۲۴a و b ۴۰۵۵ اندازه‌گیری شد. مقادیر آب خروجی در همین روش‌های

آبیاری به ترتیب b ۱۱۲۱، a ۱۶۳۴ و b ۹۰۲۰ اندازه‌گیری گردید. بدین ترتیب روش آبیاری نواری هم میزان آب ورودی بیشتری نیاز دارد و هم مقدار رواناب خروجی از کرت در آن بیشتر می‌باشد. بنابراین مقدار آب نفوذ کرده در این روش کمتر از دو روش می‌گردد. همچنین روش آبیاری شیاری یک در میان موجب حدود ۸۵۰ متر مکعب در هکتار کاهش در حجم آب مصرفی و حدود ۲۲۰ متر مکعب در هکتار کاهش در رواناب خروجی از مزرعه نسبت به دو روش دیگر گردید.

تجزیه واریانس مرکب مقادیر کارایی مصرف آب (عملکرد دانه و عملکرد روغن) در مجموع دو سال آزمایش نشان می‌دهد که بین سالهای آزمایش اختلاف معنی داری وجود ندارد. روش‌های آبیاری نیز موجب معنی دار شدن کارایی مصرف آب در هیچیک از حالت‌های محاسبه نگردید.

جدول ۵- تجزیه واریانس مرکب صفات کمی و کیفی مورد بررسی در منطقه کرچ

میانگین مربعات (M.S)						درجه آزادی	منبع تغییرات
درصد پروتئین	درصد روغن	عملکرد دانه	دانه در غلاف	غلاف در بوته	تعداد شاخه فرعی		
۷/۲۰*	۵/۸۸	۴/۰۴*	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۱	سال
۱۷/۴۹**	۱۷/۴۴	۰/۸۲	۶/۷۷	۳۵۸۳/۰	۱/۴۴	۲	تکرار
۲/۳۱	۴۳/۵۷	۰/۳۹	۳/۴۴	۱۴۹۶/۳	۰/۷۷	۲	روش آبیاری
۵/۹۲*	۶۲/۹۴	۰/۰۷۲	۰/۰۰	۰/۰	۰/۰۰	۲	سال × روش آبیاری
۱/۳۷	۲۵/۴۱	۰/۵۵۴	۲۳/۲۲	۵۸۷/۴	۰/۸۸	۸	خطا
۱۰/۰۶	۱۳/۹۴	۱۸/۱۲	۶/۱۳	۲۰/۱۰	۱۰/۲۲		ضرب تغییرات (%CV)

** و * به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد

۳-۶- تجزیه مرکب مناطق

داده‌های مربوط به حجم آب ورودی به کرت، حجم آب خروجی از کرت، عملکرد دانه و درصد روغن مربوط به پنج منطقه اجرا بمدت دو سال زراعی مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت. جدول ۶ نشان می‌دهد که بین سال اول و دوم از نظر حجم آب ورودی به مزرعه اختلاف معنی‌داری وجود نداشته است ولی محل‌های اجرای آزمایش به لحاظ حجم آب ورودی با هم اختلاف معنی‌دار در سطح ۱٪ نشان می‌دهند. داراب با ۲۱۱۴ متر مکعب در هکتار کمترین و خوی با ۵۹۰۱ متر مکعب در هکتار بیشترین حجم آب ورودی را به خود اختصاص داده‌اند. روش‌های آبیاری نیز در سطح یک درصد با هم از نظر حجم آب ورودی اختلاف دارند. روش آبیاری شیاری معمولی و نواری به ترتیب با ۴۵۶۲ و ۴۸۰۵ متر مکعب در هکتار در کلاس a قرار گرفته و روش آبیاری شیاری یک در میان با ۳۴۲۲ متر مکعب در هکتار در کلاس b دسته‌بندی می‌شود. روش‌های آبیاری مقادیر حجم آب خروجی متفاوت در سطح ۱٪ نشان می‌دهند.

روش‌های آبیاری شیاری معمولی و نواری به ترتیب با ۸۵۷ و ۹۳۱ در کلاس a و روش آبیاری شیاری یک در میان با ۷۴۸ در کلاس b قرار می‌گیرند. از نظر عملکرد دانه بین سال‌های آزمایش اختلاف معنی‌دار در سطح ۵٪ وجود دارد. سال اول با متوسط عملکرد ۲۹۳۷ نسبت به سال دوم با عملکرد ۲۷۹۲ کیلوگرم در هکتار برتری داشته است. علت عمده این اختلاف به شرایط اقلیمی بویژه بارش مربوط می‌شود. محل‌های اجرا نیز در سطح ۱٪ با هم در عملکرد دانه اختلاف داشتند. خوی با عملکرد ۳۱۵۲ بیشترین و مشهد با عملکرد ۲۵۲۵ کیلوگرم در هکتار کمترین مقدار را به خود اختصاص دادند. روش‌های آبیاری در سطح ۵٪ با هم در عملکرد دانه اختلاف دارند. روش آبیاری شیاری معمولی با ۳۰۰۱ کیلوگرم در هکتار بیشترین عملکرد دانه را به خود اختصاص داد. روش آبیاری شیاری یک در میان با ۲۷۵۶ کیلوگرم در هکتار کمترین عملکرد دانه را داشت. روش آبیاری نواری با عملکرد ۲۸۳۶ کیلوگرم در هکتار با هر دو روش دیگر اختلاف معنی‌داری نداشته و در یک کلاس دسته‌بندی می‌شود. سال‌های آزمایش و روش‌های آبیاری از نظر درصد روغن با هم اختلاف معنی‌دار نشان ندادند. جمع بندی نتایج حاصل از اجرای این تحقیق در پنج منطقه بمدت دو سال زراعی در جدول ۷ آورده شده است.

جدول ۶- تجزیه واریانس مرکب مناطق اجرا در مدت دو سال آزمایش

میانگین مربعات (M.S)				منبع تغییرات
درصد روغن	عملکرد دانه	حجم آب خروجی	حجم آب ورودی	
۱۶/۵	۹۳۶۵۷۹*	۱۰۰۲۰۶	۱۴۰۷۸۴	سال (Y)
۵۰/۵**	۲۲۶۰۴۳.**	۱۰۹۹۷۹۷۲**	۷۱۷۰۶۹۷۳**	محل اجرا (L)
۳۹/۴**	۸۵۳۱۰۱**	۶۵۹۳۲	۱۷۰۶۴۰۱*	سال × محل اجرا
۶/۷	۳۸۸۳۳۸	۳۱۶۲۰.**	۸۱۹۱۱۵	تکرار × سال × محل اجرا
۱۸/۵	۹۳۷۸۰۱*	۵۰۷۲۳۵**	۳۲۷۱۱۹۹۲**	روش آبیاری (A)
۱۷/۰۰	۱۴۰۷۱۹	۷۳۴۱۲	۲۲۰۱۴۵	سال × روش آبیاری
۲۲/۹*	۲۳۵۹۸۳	۵۰۶۷۶۹**	۳۹۶۴۱۵۸**	روش آبیاری × محل اجرا
۱۳/۸	۹۸۶۹۰	۲۹۳۰۵	۱۰۵۷۷۶	Y × L × A
۱۰/۴	۲۳۴۷۹۲	۴۰۶۶۲	۵۶۸۳۱۹	خطا
۸/۴۷	۱۴/۴۲	۶/۶۰	۴/۲۳	ضریب تغییرات (%CV)

** و * به ترتیب معنی‌دار در سطح ۱ و ۵ آزمون دانکن

جدول ۷- مقایسه میانگین حجم آب ورودی و خروجی، عملکرد دانه و روغن و کارایی مصرف آب کلزا

کارایی مصرف آب (kg/m^3)				درصد روغن (oil)	عملکرد دانه kg/ha	حجم آب خروجی	حجم آب ورودی		
Oil/In-out	Oil/In	Yield/In-out	Yield/In						
۰/۴۰ b	۰/۳۱ b	۰/۹۷b	۰/۷۵b	۴۰/۹۲	۳۰۰۱ a	۸۵۷ a	۴۵۶۳a	شیاری معمولی	روش آبیاری
۰/۳۶ b	۰/۲۸c	۰/۸۹b	۰/۶۸b	۴۰/۷۴	ab ۲۸۳۶	۹۳۱ a	۴۸۰۵ a	نواری	
۰/۵۲a	۰/۳۷a	۱/۲۹a	۰/۹۳a	۳۹/۸۸	۲۷۵۶ b	۷۴۸ b	۳۴۲۲b	شیاری یک در میان	

۴ - نتیجه گیری و توصیه

- در کشت کلزا با روش آبیاری سطحی چنانچه هدف دست یابی به عملکرد محصول بیشتر بوده و محدودیتی در منابع آب برای آبیاری وجود نداشته باشد، توصیه می‌گردد از روش آبیاری شیاری معمولی استفاده شود. با این روش آبیاری با احتمال بیش از ۹۵ درصد عملکرد محصول به اندازه ۶ و ۹ درصد نسبت به روش‌های نواری و شیاری یک در میان افزایش می‌یابد و درصد روغن نیز از دو روش دیگر بیشتر خواهد بود.
- چنانچه در منطقه تحت کشت کلزا محدودیت منابع آب وجود داشته و صرفه‌جویی در مصرف آب اهمیت داشته باشد، توصیه می‌گردد در بین روش‌های آبیاری سطحی، از روش آبیاری شیاری یک در میان استفاده شود. این روش آبیاری به احتمال بیش از ۹۹ درصد موجب صرفه‌جویی به میزان ۲۹ و ۳۵ درصد در حجم آب ورودی به مزرعه نسبت به روش‌های نواری و شیاری معمولی خواهد گردید. همچنین روش آبیاری شیاری یک در میان حجم رواناب خروجی از مزرعه را به اندازه ۲۰ و ۱۳ درصد نسبت به روش‌های نواری و شیاری معمولی خواهد کاست. بلحاظ شاخص کارایی مصرف آب نیز روش آبیاری شیاری یک در میان به دو روش دیگر آبیاری برتری داشته و بین ۱۹ تا ۳۳ درصد موجب ارتقاء این شاخص می‌گردد.

۵- منابع مورد استفاده

۱. حجازی، س.ا. ۱۳۷۹. زراعت کلزا (کاشت - داشت - برداشت). انتشارات روزنه، تهران.
۲. شایان، س. ۱۳۷۵. دانه‌های روغنی، سازمان پژوهش و برنامه ریزی آموزش. انتشارات مدرسه، ۲۴ صفحه.

۳. باختری، ا. و م. ح. غفاری زنوز. ۱۳۶۷. کلزا و نتایج آزمایش سه ساله، مرکز تحقیقات کشاورزی مازندران.

۴. سعادت لاجوردی، ن. ۱۳۵۹. دانه‌های روغنی، انتشارات دانشگاه تهران.

5. McPherson, H., R. Scarth, S.R. Rimmer and P.B.E. McVetty. 1987. "The effect of drought stress on yield determination in oilseed rape". 7th International Rapeseed Congress, Poland, 11-14 May., Poznan: Plant Breeding and Acclimatization Institute.
6. Aujla M.S., C.J. Singh, K. Kumar and B.S. Sandhu. 1992. "Effeciency of different methods of irrigation in Indian rape(Brassica napus)". Journal of Arid Environments. 22(4):369-374.
7. Aujla, M. S. Singh, C.J., Vashist, K.K., and Sandhu, B. S. 1991. Evaluation of methods for irrigation of cotton(*Gossypium hirsutum*)in a canal-irrigated area of south west Punjab, India. Arid soil research and rehabilitation . 5(3):225-234.
8. Bhan, S. and et al. 1980. "Water use, yield and quality as influenced by spacing, irrigation and time of harvest when raised in a multiple-cropping system". Indian Journal of Agriculture sciences. 50:760-763.
9. Kayimoglu, S. and N. Vanli. 1976. Determination of sugar beet yield, quality and economic utility of different irrigation methods. J. Seker, 14(10):10-29.
10. Stoker, R. and K.E. Carter. 1984. Effect of irrigation and nitrogen on yield and quality of oilseed rape. New Zealand Journal of Experimental Agriculture. 12(3): 219-224.

دومین سمینار (اهکارهای بهبود و اصلاح سامانه‌های آبیاری سطحی)

۲ فرورداد ماه ۱۳۸۷

حساسیت‌سنجی روش‌های مختلف بر آورد پارامترهای نفوذ در آبیاری شیاری

حسن حبیبی خاوه^۱، علی اصغر منتظر^۲، سید محمود رضا بهبهانی^۳

چکیده

در این تحقیق هشت روش برآورد پارامترهای مدل نفوذ کوستیاکوف در آبیاری شیاری با طول کوتاه مورد ارزیابی قرار گرفت. آزمایش برای شیارهای با طول ۶۰ متر و عرض‌های ۵۰، ۴۰ و ۶۰ سانتی متر در ۳ نوبت آبیاری متوالی و دو نوع بافت خاک سبک و سنگین انجام شد. روش‌های مورد ارزیابی عبارت بودند از (۱) الیوت و واکر، (۲) شپارد، (۳) نفوذسنجی کریدل و همکاران، (۴) نفوذسنجی اصلاح شده کریدل و همکاران، (۵) ولیانتزاس، (۶) آپادهیا یا و راگوانشی، (۷) مک‌کلی‌مونت و اسمیت (نرم افزار Infiltr) و (۸) بهینه‌سازی خطا با استفاده از نرم افزار Matlab. نتایج اندازه‌گیری مزرعه‌ای نشان داد که روش برآورد پارامترهای نفوذ بر مقادیر کمی این ضرایب تاثیرگذار می‌باشد. بررسی انجام شده بیانگر آن است که عرض شیار و روش برآورد بر مقدار ضریب توانی (a) معادله کوستیاکوف تاثیر چندانی ندارد لکن بر مقدار ضریب ثابت معادله (k) تاثیر قابل توجهی دارد. منحنی نفوذ تجمعی بدست آمده برای شیارهای باریک با استفاده از روش‌های مختلف همخوانی زیادی داشته اما برای شیارهای پهن، منحنی‌ها متفاوت بوده و به روش تعیین معادله نیز وابسته می‌باشد. مقادیر نفوذ تجمعی برآورد شده از روش‌های مورد مطالعه، در خاک سبک اختلاف کمتری نسبت به خاک سنگین نشان دادند. عموماً در تمام آبیاری‌ها و هر دو نوع بافت خاک سبک و سنگین، در شیارهای باریک منحنی‌های نفوذ تجمعی تطابق بیشتری داشتند. نتایج آنالیز حساسیت نشان می‌دهد که تقریباً کلیه روش‌ها به طول شیار حساسیت خیلی زیاد دارند. همچنین کلیه روش‌ها به تغییرات دبی حساس هستند. دبی ورودی به شیار به دلیل تاثیری که بر زمان پیشروی دارد بر روی الگوی نفوذ موثر است. دامنه حساسیت روش‌های هشتمگانه به ضریب زبری بستر از کم

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد

۲ و ۳- استادیار و دانشیار گروه مهندسی آبیاری و زهکشی پردیس اهوریحان دانشگاه تهران

حساسیت تا حساس متغیر است. همچنین روش مکلی مونت و اسمیت و روش نرم‌افزار Matlab ضرایب نفوذ را یکسان برآورد می‌کنند.

واژه‌های کلیدی: آبیاری شیاری، آنالیز حساسیت، پارامترهای نفوذ، معادله کوستیاکوف

۱- مقدمه

نفوذپذیری یکی از مهمترین پارامترهای خاک در طراحی و ارزیابی روش‌های آبیاری سطحی است (۵، ۷، ۱۲، ۱۳). شیوه تعیین مشخصات نفوذ خاک بر مقدار کمی نفوذ تاثیرگذار بوده و از اینرو می‌بایست با اهداف مطالعه مناسبت داشته باشد (۵، ۶). در آبیاری شیاری، شکل و اندازه شیار بر روی حجم آب نفوذ یافته تاثیر داشته بطوری که اندازه شیار باعث افزایش محیط خیس شده و سطح تماس آب و خاک در شیار می‌گردد (۱۱). در رابطه با مقایسه روشهای تعیین خصوصیات نفوذ در شیارها، مطالعات پراکنده و البته محدودی انجام گردیده که از جمله مهمترین آن می‌توان به موارد زیر اشاره نمود. هولزافل و همکاران مطالعاتی در مورد ارزیابی چهار روش شامل نفوذ سنجی شیار، روش دو نقطه‌ای، روش یک نقطه‌ای و روش پیشروی انجام دادند (۴). نتایج تحقیقات ایشان نشان‌دهنده عدم وابستگی نمای معادله نفوذ کوستیاکوف به روش‌های مختلف برآورد ثابت‌های نفوذ و همچنین نشان‌دهنده مشابهت منحنی‌های پیشروی در روش‌های مختلف در شیار باریک می‌باشد. با وجود پیشرفت‌های فراوانی که در دو دهه اخیر در مورد آبیاری سطحی ایجاد شده است اطلاعات موجود در زمینه تحلیل حساسیت متغیرهای وابسته مزرعه، طراحی و مدیریتی ناچیز است و همین اطلاعات نیز به صورت کمی موجود نیست. سینگ (۱۰) در سال ۱۹۹۰ تحقیقاتی را در مورد حساسیت متغیرهای کارایی در مورد کرت با انتهای بسته (راندمان کاربرد E_a ، راندمان نیاز آبی E_r ، و راندمان یکنواختی کریستیان سن U_{cc}) را نسبت به متغیرهای نفوذپذیری و ضریب زبری مانینگ انجام داد. بواتسیا و الندر (۱) در سال ۱۹۹۲ مشاهدات کیفی را در مورد حساسیت پیشروی به تغییرات نفوذپذیری، هندسه شیار و ضریب زبری هیدرولیکی انجام دادند. زریهون و همکاران (۱۶) در سال ۱۹۹۶ تحقیقاتی را در مورد آنالیز حساسیت ۶ متغیر آبیاری شیاری مانند راندمان کاربرد E_a ، راندمان نیاز آبی E_r ، و راندمان یکنواختی کریستیان سن U_{cc} نسبت به ۱۳ متغیر مستقل مانند ضرایب شکل شیار، دبی ورودی به شیار و ضریب زبری انجام دادند. ایشان در تحقیقاتشان به این نتیجه رسیدند که نمی‌توان یک رابطه (مستقیم یا معکوس) بین متغیرهای وابسته و مستقل برقرار کرد لکن می‌توان حساسیت متغیرهای وابسته را نسبت به متغیرهای مستقل در ۵ دسته غیر حساس، کم حساسیت، نسبتاً حساس، خیلی حساس و خیلی خیلی حساس طبقه‌بندی نمود.

هدف از انجام تحقیق حاضر، برآورد مقادیر پارامترهای معادله نفوذ کوستیاکوف در سه نوبت آبیاری و در سه شیار باریک، متوسط و پهن با استفاده از ۸ روش مختلف در دو نوع بافت خاک سبک و سنگین

می‌باشد. ارزیابی شیوه‌های برآورد و حساسیت‌سنجی هر یک نسبت به پارامترهای هندسی و هیدرولیکی شیارها از دیگر اهداف این مطالعه است.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- آزمایشات صحرائی

آزمایش در دو مزرعه مختلف با بافت‌های خاک سبک و سنگین انجام گردید. مزرعه با بافت خاک سبک در یک باغ گیلاس در روستای خاوه از توابع شهر کهک استان قم واقع بود. خاک این مزرعه از نوع لوم شنی و شیب مزرعه در جهت طول شیارها 0.08 m/m بود. مزرعه با بافت خاک سنگین در مزرعه آزمایشی پردیس ابوریحان دانشگاه تهران قرار داشت. خاک مزرعه از نوع لوم رسی و شیب مزرعه در جهت طول شیارها نیز 0.08 m/m بود. در هر مزرعه، سه شیار منشوری با اندازه‌های باریک، متوسط و پهن (به ترتیب با عرض بالای ۴۰، ۵۰ و ۶۰ سانتی متر) در سه تکرار به طول ۶۰ متر ایجاد گردید و دبی ثابت 0.5 لیتر بر ثانیه وارد هر یک از شیارها شد. دبی ورودی از طریق کانال انتقال آب بالاسری و به کمک سیفون تامین گردید. اندازه‌گیری جبهه پیشروی در شیارها در فواصل ۱۰ متری صورت گرفت. دبی ورودی و خروجی شیار نیز به کمک فلوم WSC تیپ ۱ و ۲ اندازه‌گیری شد.

۲-۲- روش‌های برآورد پارامترهای معادله نفوذ

در این تحقیق، روش‌های (۱) الیوت و واکر، (۲) شپارد، (۳) نفوذسنجی کریدل و همکاران، (۴) نفوذسنجی اصلاح شده کریدل و همکاران، (۵) ولیانتزاس، (۶) آپادهیا یا و راگوانشی، (۷) نرم افزار Infiltration ارائه شده توسط مک‌کلی‌مونت و اسمیت و (۸) بهینه‌سازی خطا با استفاده از نرم افزار Matlab به منظور برآورد پارامترهای معادله نفوذ مورد ارزیابی قرار گرفت. همچنین حساسیت‌سنجی هر یک از روش‌ها نسبت به مقادیر پارامترهای هندسی و هیدرولیکی ورودی با استفاده از روش زیرهون و همکاران (۱۶) انجام شد. ذیلاً به معرفی هر یک از روش‌های برآورد نفوذ پرداخته می‌شود.

- روش دو نقطه‌ای الیوت و واکر

الیوت و واکر در سال ۱۹۸۲ (۲) یک روش ساده برای به دست آوردن ثابت‌های معادله نفوذ کوستیاکف، بر پایه رابطه بین پیشروی جبهه آب و زمان پیشروی در شیار ارائه کردند. معادلات عمومی استفاده شده برای به دست آوردن ثابت‌ها عبارتند از:

$$qt_x = \sigma_y A_0 x + \sigma_z kt_x^a$$

که در آن:

qt_x حجم متوسط نفوذ یافته در واحد طول در زمان t بر حسب σ_z, m^3 فاکتور شکل تحت الارضی، ثابت توانی معادله پیشروی و k و a ثابت‌های معادله نفوذ کوستیاکف هستند. فاکتور σ_z به صورت زیر به دست می‌آید:

$$\sigma_z = \frac{a + r(1-a) + 1}{(1+a)(1+r)}$$

و معادله توانی پیشروی نیز به صورت زیر است:

$$x = pt^r$$

که در آن:

x فاصله جبهه پیشروی آب تا ابتدای شیار بر حسب متر، t زمان پیشروی بر حسب دقیقه و p و r نیز ثابت هستند.

در این روش، معادلات زیر برای به دست آوردن ثابت‌های k و a (پارامترهای معادله نفوذ کوستیاکوف) به کار گرفته می‌شود.

$$k = \frac{V_L}{\sigma_z t_L^a}$$

$$a = \frac{\ln(V_L / V_{0.5L})}{\ln(T_L / T_{L/2})}$$

که در آن:

$$V_L = \frac{Q_0 t_L}{L} - \sigma_y A_0$$

$$V_{0.5L} = \frac{2Q_0 t_{0.5L}}{L} - \sigma_y A_0$$

که در آن:

T_L زمان پیشروی بر حسب دقیقه در طول L ، $T_{L/2}$ زمان پیشروی بر حسب دقیقه در طول $L/2$ ، V_L ، $L/2$ حجم جریان در فارو در فاصله L ، بر حسب متر مکعب، $V_{0.5L}$ حجم جریان در فارو در فاصله $L/2$ ، بر حسب متر مکعب، و Q_0 دبی ورودی بر حسب (m^3 / \min) می‌باشد.

در روش دو نقطه‌ای، برای حجم آب در سطح که حاصل مساحت سطح مقطع در قسمت ورودی شیار و طول پیشروی جبهه آب می‌باشد، یک ضریب شکل (σ_y) که تغییراتی در حدود ۰/۵ تا ۱/۰ دارد، معمولاً ۰/۸ در نظر گرفته می‌شود. این روش بسیار ساده و به کار بردن آن در مزرعه فقط به زمان پیشروی دو نقطه در طول شیار، دبی ورودی به شیار و مساحت سطح مقطع جریان در قسمت ورودی دارد.

- روش یک نقطه‌ای شیار

روش یک نقطه‌ای توسط شپارد و همکاران (۹) در سال ۱۹۹۳ ارائه شد. این روش از همان روش دو نقطه‌ای تبعیت می‌کند. تفاوت آن با روش دو نقطه‌ای در این است که فرض می‌شود ثابت توانی معادله پیشروی ۰/۵ است. در این حالت به دست آوردن معادله پیشروی تنها نیاز به یک نقطه دارد. معادلات به دست آوردن ثابت‌های k و a در این حالت مانند معادلات روش الیوت و واکر است و فقط معادله محاسبه σ_z به صورت زیر تغییر می‌یابد.

$$\sigma_z = \frac{a + 0.5(1-a) + 1}{(1+a)(1.5)}$$

این روش برای محاسبه نفوذ متوسط شیار با استفاده از زمان پیشروی انتهای شیار، جریان ورودی و مساحت سطح مقطع شیار به کار می‌رود.

- روش نفوذسنجی شیار

روش نفوذسنجی توسط کریدل و همکاران (۳) در سال ۱۹۵۶ توضیح داده شده است. این روش به اندازه‌گیری دبی ورودی و دبی خروجی در ابتدا و انتهای شیار همینطور طول شیار و محیط خیس شده شیار نیاز دارد. سرعت نفوذ به صورت زیر محاسبه می‌شود.

$$VI(t) = \frac{Q_i - Q_0}{LWP}$$

که در آن: $VI(t)$ سرعت نفوذ در زمان t به صورت $(m^3 / \min / m^2)$ ، Q_0 دبی ورودی بر حسب m^3 / \min ، Q_i دبی خروجی بر حسب m^3 / \min ، L طول شیار بر حسب متر و WP محیط خیس شده بر حسب متر است. مزیت روش نفوذسنجی در این است که محاسبات بر پایه اندازه‌گیری از کل شیار است. هر چند فقط مقدار متوسط نفوذ در این روش تعیین می‌شود. با انتگرال‌گیری از معادله بالا می‌توان مقادیر ثابت‌های k و a را در معادله نفوذ تجمعی به دست آورد. در این مقاله از انتگرال‌گیری نوزنقه‌ای به صورت زیر برای تعیین معادله نفوذ استفاده گردیده است.

$$\int_0^t VI(t) = \frac{1}{LWP} \int_0^t Q_i - Q_0$$

$$I = \frac{1}{LWP} V_t - \sum_{i=1}^n Q_{0i} (t_t - t_{adv})$$

که در آن: t_t زمان کل از ابتدای آبیاری، t_{adv} زمان پیشروی و Q_{0i} ، i امین دبی خروجی ثبت شده از شیار می‌باشد. در تحقیق حاضر، تعداد دبی‌های خروجی مورد استفاده $n=3$ دبی خروجی بوده است. پس از انجام انتگرال‌گیری برای ۳ زمان مختلف ۳ مقدار برای نفوذ تجمعی به دست می‌آید. با استفاده از این ۳ نقطه می‌توان با روش‌های مختلف ضرایب معادله نفوذ را به دست آورد. سپس با برازش معادله نفوذ کوستیاکف بر این ۳ نقطه متغیرهای a و k معادله نفوذ کوستیاکف به دست خواهد آمد. ایراد اساسی روش کریدل و همکاران در این است که حجم آب روی سطح شیار را در نظر نمی‌گیرد.

- روش نفوذسنجی شیار اصلاح شده

در این مقاله برای اصلاح روش کریدل و همکاران، در یک روش اصلاح شده حجم آب روی سطح شیار نیز در نظر گرفته می‌شود. حجم آب روی سطح شیار با استفاده از فرمول زیر برآورد می‌گردد.

$$V_s = \sigma_y A_0 L$$

که در آن:

σ_y ، ضریب شکل شیار، A_0 سطح مقطع متوسط جریان و L طول شیار است. بنابراین معادله به صورت زیر اصلاح می‌شود.

$$I = \frac{1}{LWP} V_t - \sum_{i=1}^n [Q_{0i} (t_t - t_{adv})] - \sigma_y A_0 L$$

روش انجام کار مشابه روش نفوذسنجی می‌باشد.

- روش ولیانتزاس

ولیانتزاس و همکاران (۱۳) در سال ۲۰۰۱ یک روش را برای برآورد ضرایب تابع نفوذ معرفی کردند. این روش برای پیشروی از همان تابع توانی پیشروی روش دو نقطه‌ای الیوت و واکر استفاده می‌کند. البته ولیانتزاس و همکاران برای مدل‌سازی نفوذ از تابع نفوذ USDA به فرم زیر استفاده کردند.

$$i = kt^\alpha + c$$

که در آن k و α ضرایب تجربی و c ضریب ثابت 0.07 مترمکعب بر هر متر طول شیار است. ولیانتزاس و همکاران نشان دادند که k و α به کمک رابطه زیر به یکدیگر وابسته می‌شوند.

$$k = \frac{14088\alpha^{45} + 0.148(-\ln \alpha)^{-1.652}}{1000}$$

با جایگذاری این معادله در معادله موازنه حجم و انتگرال‌گیری از آن خواهیم داشت:

$$Q_0 t = \sigma_y A_0 x + \sigma_z k t^\alpha x + cx$$

که در آن σ_z همان تعریفی را دارد که در معادله دو نقطه‌ای داراست. با استفاده از دو نقطه (x_1, t_1) و (x_2, t_2) که در آن $x_1 = 0.5x_2$ دو معادله همزمان خواهیم داشت که می‌توان آنها را برای متغیرهای مجهول معادله حل کرد. به طور خلاصه:

$$r = \frac{\ln\left(\frac{x_1}{x_2}\right)}{\ln\left(\frac{t_1}{t_2}\right)} = \frac{\ln\left(\frac{0.5Q_0 t_2}{0.5^a(Q_0 t_2 - \sigma_y A_0 x_0 - cx_2)} + \sigma_y A_0 x_2 + cx_2\right)}{\ln\left(\frac{1}{2}\right)}$$

و همچنین

$$f(a) = \sigma_z k t_2^a - \frac{Q_0 t_2 - \sigma_y A_0 x_2 - cx_2}{x_2} = 0$$

برای حل باید از روش‌های تکراری مرسوم استفاده کرد. ابتدا یک مقدار اولیه برای α فرض می‌شود و سپس از روی آن r محاسبه می‌شود. معادله زیر نیز برای یافتن α جدید به روش نیوتن رافسون حل می‌شود.

$$a_{new} = a - \frac{f(a)}{f'(a)}$$

که در آن:

$$f'(a) \approx \sigma_z t_2^a \left(\frac{dk}{da} + k \ln t_2 \right)$$

و

$$\frac{dk}{da} = 633.96a^{44} + \frac{0.2445(-\ln(a))^{-2.652}}{1000a}$$

محاسبه f و α ادامه می‌یابد تا مقادیر α به یکدیگر همگرا شود.

- روش آپادهیایا و راگوانشی

آپادهیایا و راگوانشی (۱۲) در سال ۱۹۹۹ در توصیف روششان از معادله نمایی هورتون برای مدل‌سازی نفوذ تجمعی به صورت زیر استفاده کردند:

$$I = F(1 - e^{-\theta t}) + ft$$

که در آن F و θ ضرایب ثابت هستند و f نیز سرعت نفوذ پایه خاک در معادله هورتون است متغیر F تابعی از سرعت نفوذ اولیه و سرعت نفوذ نهایی است. همچنین پیشروی با استفاده از تابع توانی زیر توصیف می‌شود.

$$x = x_{\max}(1 - e^{-\theta t})$$

که نمای θ همان نمای معادله هورتون می‌باشد. x_{\max} ، بیشترین فاصله پیشروی ممکن (نقطه نهایی شیار) می‌باشد. برای به دست آوردن f و F از معادله زیر که با استفاده از معادله موازنه حجم ایجاد شده استفاده می‌شود.

$$V = qt = F\left[\frac{x}{\theta} - t(x_{\max} - x)\right] + f\left[t(2x_{\max} - x) - \frac{2x}{\theta}\right] + \sigma_y A_0 x$$

در این مقاله این معادله برای (x_i, t_i) های مختلف پیشروی نوشته می‌شود و بهترین برازش منحنی با پیوستگی ۹۹ درصد به دست می‌آید. دو متغیر نفوذ f و F می‌توانند با استفاده از نتایج حاصل از این برازش به دست آیند. برای به دست آوردن θ نیز معادله نمایی هورتون برای (x_i, t_i) های مختلف پیشروی استفاده می‌گردد و با برازش نقاط بر این معادله بهترین مقدار θ با پیوستگی ۹۹ درصد مورد استفاده قرار می‌گیرد.

- روش نرم افزار Infiltr

نرم افزار Infiltr توسط مک‌کلی‌مونت و همکاران (۷) ارائه گردید. این نرم افزار از معادلات پایه روش دو نقطه‌ای الیوت و واکر استفاده می‌کند با این تفاوت که در روش مورد استفاده در این نرم‌افزار فقط به داده‌های پیشروی و دبی ورودی به شیار نیاز است و بقیه پارامترهای موجود، مانند سطح مقطع متوسط

شیار و سرعت نفوذ پایه خاک توسط این نرم افزار محاسبه می‌شود. روش مورد استفاده در این نرم افزار در مقاله مکلی‌مونت و همکاران توصیف شده است. با استفاده از تنها ۳ داده پیشروی و مشخص بودن مقادیر دبی و ورودی به شیار و مقدار سطح مقطع متوسط جریان می‌توان ضرایب a و k را در معادله کوستیاکف و کوستیاکف لوئیس به دست آورد. این نرم افزار برای حل از روش بهینه‌سازی به منظور کاهش خطا در محاسبات خود استفاده می‌کند.

- روش استفاده از توابع Matlab

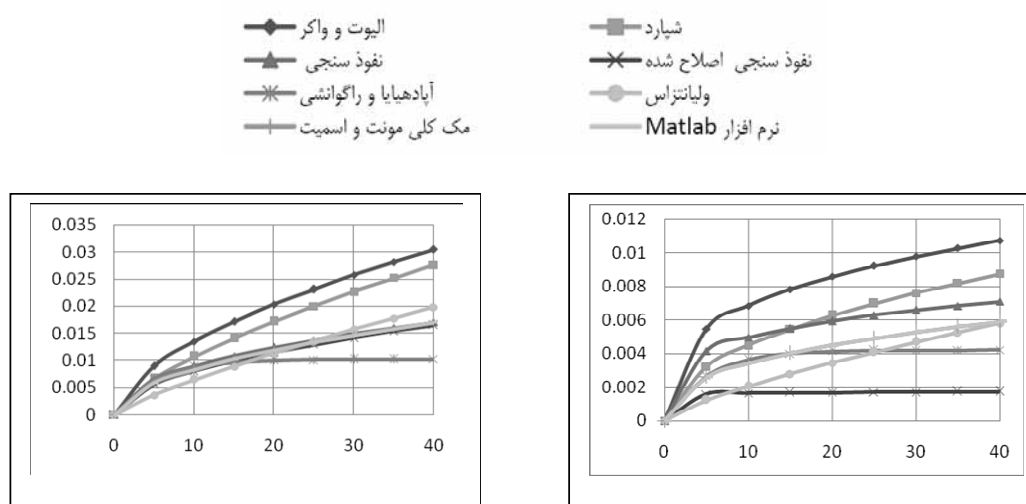
نرم افزار Matlab به کمک روش‌های پیشرفته محاسباتی، توانایی‌های گسترده‌ای مانند حل انتگرال معین و نامعین چندگانه، مشتق‌گیری و حل چند معادله چند مجهول را داراست. این روش که برای اولین بار در این مقاله ارائه شده است، بر پایه حل همزمان معادلات موازنه حجم در شیار برای چند زمان پیشروی متفاوت می‌باشد. برای انجام مدل‌سازی تنها نیاز به داده‌های پیشروی و دبی ورودی به شیار دارد. پس از حل همزمان معادلات موازنه حجم برای چند زمان پیشروی (حداقل ۳ زمان پیشروی) با توجه به تعداد معادلات ایجاد شده می‌توان مقادیر ضرایب a و k معادله کوستیاکف همچنین سطح مقطع متوسط شیار و مقدار نفوذ پایه را به دست آورد. برای نیل به این مقصود این روش از توابع $fsolve$ و sym که برای حل چند معادله و چند مجهول به کار می‌رود، استفاده می‌کند. معادلات اساسی این روش نیز همان معادلات پایه در روش دو نقطه‌ای الیوت و واکر می‌باشد.

۳- نتایج و بحث

۳-۱- مقایسه منحنی‌های نفوذ در خاک سبک و سنگین در آبیاری‌ها و عرض شیارهای متفاوت

در این بخش منحنی‌های نفوذ در دو خاک سبک و سنگین (به ترتیب خاوه و ابوریحان) مقایسه می‌شود. هدف از این مقایسه پاسخ به این سؤال است که در کدام یک از این دو خاک، منحنی‌های نفوذ در روش‌های هشنگانه به هم نزدیکتر است. پاسخ به این سؤال در حقیقت روشن‌کننده این موضوع است که کدامیک از دو نوع خاک حساسیت بیشتری به روش مورد استفاده برای تعیین نفوذپذیری دارد. مسلماً هر کدام از این دو خاک که در آن منحنی‌های نفوذ روش‌های هشنگانه واگراتر باشد حساسیت بیشتری به روش مورد استفاده برای اندازه‌گیری پارامترهای نفوذ دارد چون دامنه تغییرات نفوذپذیری‌های اندازه‌گیری شده توسط روش‌های هشنگانه در آن بیشتر است. این مقایسه برای ۳ آبیاری و ۳ عرض شیار انجام گردید که در این مقاله به علت مشابهت نتایج و جلوگیری از اطاله کلام فقط نمودارهای مربوط به شیار باریک در سایت ابوریحان آورده می‌شود. راهنمای مربوط به تمامی نمودارها در شکل (۱) دیده می‌شود. همچنین در تمامی نمودارها محور افقی بیانگر زمان بر حسب دقیقه و محور عمودی بیانگر مقدار نفوذ تجمعی بر حسب متر مکعب بر هر متر طول شیار می‌باشد. مقایسه نمودارها که نمونه‌ای از آن در

شکل ۱-الف و ۱-ب مشاهده می‌شود نشان می‌دهد که در تمامی آبیاری‌ها و برای عرض شیارهای مورد مطالعه، نمودارهای نفوذ تجمعی در خاک سبک به یکدیگر نزدیکتر از نمودارهای نفوذ تجمعی در خاک سنگین است. به عبارت دیگر خاک سنگین به روش انتخاب شده برای اندازه‌گیری مقدار نفوذ بیش از خاک سبک وابسته است. بیشترین میزان برآورد نفوذ تجمعی از روش الیوت و واکر در هر دو خاک سبک و سنگین به دست می‌آید. کمترین میزان برآورد نفوذ تجمعی در وضعیت خاک‌های متفاوت، مختلف است. در خاک سنگین روش‌های ولیانتزاس و شپارد کمترین میزان نفوذ تجمعی را نشان می‌دهند و در خاک سبک روش آپادهیایا و راگوانشی کمترین میزان نفوذ را نشان می‌دهد.

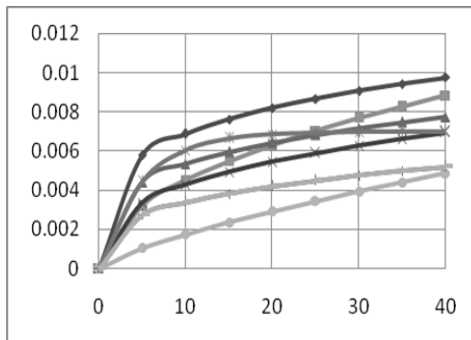


شکل (۱) ب- منحنی‌های نفوذ روش‌های هشتگانه در شیار باریک و آبیاری اول (خواه)

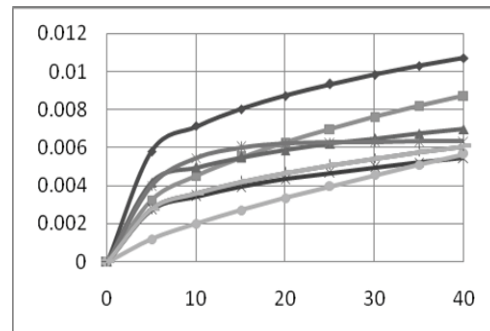
شکل (۱) الف- منحنی‌های نفوذ روش‌های هشتگانه در شیار باریک و آبیاری اول (ابوریحان)

۲-۳- مقایسه منحنی‌های نفوذ در شیارهای باریک، متوسط و پهن در آبیاری‌ها و بافت خاک‌های متفاوت در این بخش منحنی‌های نفوذ در شیارهای باریک، متوسط و پهن مقایسه می‌شود. هدف از این مقایسه پاسخ به این سؤال است که در کدام یک از این سه نوع شیار، منحنی‌های نفوذ در روش‌های هشتگانه به هم نزدیکتر است. پاسخ به این سؤال در حقیقت روشن کننده این موضوع است که کدامیک از سه نوع شیار حساسیت بیشتری به روش مورد استفاده برای تعیین نفوذپذیری دارد. مسلماً هر کدام از این سه نوع شیار که در آن منحنی‌های نفوذ روش‌های هشتگانه واگراتر باشد حساسیت بیشتری به روش مورد استفاده برای اندازه‌گیری پارامترهای نفوذ دارد چون دامنه تغییرات نفوذپذیری‌های اندازه‌گیری شده توسط روش‌های هشتگانه در آن بیشتر است. این مقایسه برای ۲ بافت خاک و ۳ آبیاری انجام گردید که در این مقاله به علت مشابهت نتایج و جلوگیری از اطاله کلام فقط نمودارهای مربوط به آبیاری اول در سایت ابوریحان آورده می‌شود. مقایسه نمودارها که نمونه‌ای از آن در شکل ۲-الف، ۲-ب و ۲-ج مشاهده

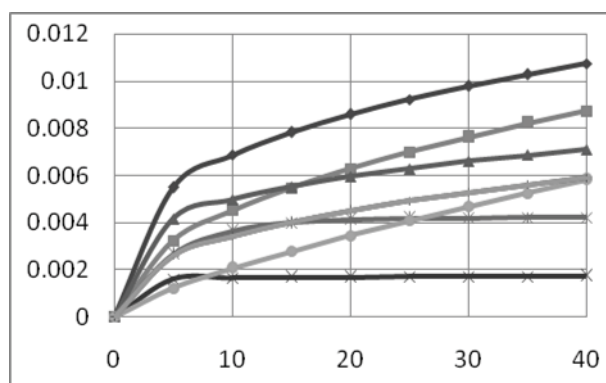
می‌شود نشان می‌دهد که عموماً در تمام آبیاری‌ها و هر دو نوع بافت خاک سبک و سنگین، در شیارهای باریک منحنی‌های نفوذ جمعی به یکدیگر نزدیک‌ترند. به عبارت دیگر در شیار باریک منحنی‌های نفوذ جمعی به هم شبیه است بدون اینکه به روش انتخاب شده بستگی داشته باشد. این نتیجه با نتایج حاصل از تحقیقات هولزافل و همکاران (۴) مطابقت دارد.



شکل (۲) ب- منحنی‌های نفوذ روش‌های هشتگانه در شیار متوسط و آبیاری اول (ابوریحان)



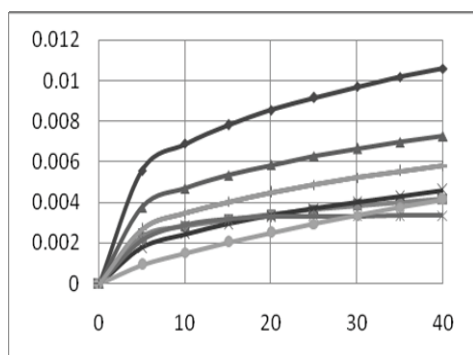
شکل (۲) الف- منحنی‌های نفوذ روش‌های هشتگانه در شیار باریک و آبیاری اول (ابوریحان)



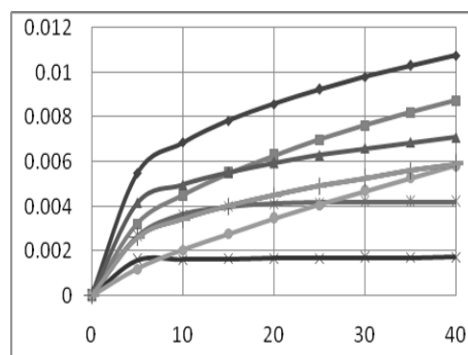
نمودار (۲) ج- منحنی‌های نفوذ روش‌های هشتگانه در شیار پهن و آبیاری اول (ابوریحان)

۳-۳- مقایسه منحنی‌های نفوذ در آبیاری‌های اول، دوم و سوم در بافت خاک و عرض‌های شیار متفاوت در این بخش منحنی‌های نفوذ در آبیاری‌های اول، دوم و سوم مقایسه می‌شود. هدف از این مقایسه پاسخ به این سؤال است که در کدام یک از این سه نوبت آبیاری، منحنی‌های نفوذ در روش‌های هشتگانه به هم نزدیکتر است. پاسخ به این سؤال در حقیقت روشن کننده این موضوع است که کدامیک از سه نوبت آبیاری حساسیت بیشتری به روش مورد استفاده برای تعیین نفوذپذیری دارد. مسلماً هر کدام از این سه نوبت آبیاری که در آن منحنی‌های نفوذ روش‌های هشتگانه واگراتر باشد حساسیت بیشتری به روش مورد

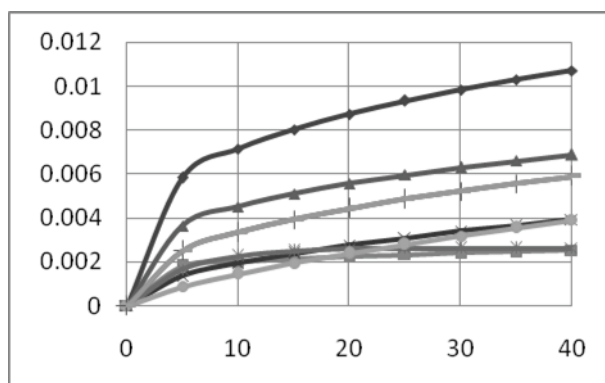
استفاده برای اندازه‌گیری پارامترهای نفوذ دارد چون دامنه تغییرات نفوذپذیری‌های اندازه‌گیری شده توسط روش‌های هشتگانه در آن بیشتر است. این مقایسه برای ۲ بافت خاک و ۳ آبیاری انجام گردید که در این مقاله به علت مشابهت نتایج و جلوگیری از اطاله کلام فقط نمودارهای مربوط به آبیاری اول در سایت ابوریحان آورده می‌شود. مقایسه نمودارها که نمونه ای از آن در نمودار ۳-الف، ۳-ب و ۳-ج مشاهده می‌شود نشان می‌دهد که در آبیاری‌های مختلف تفاوت محسوسی در شکل منحنی‌های نفوذ به وجود نمی‌آید. در این مقایسه انتظار می‌رفت که منحنی‌های نفوذ در آبیاری‌های متوالی میزان آب نفوذیافته را کمتر نشان بدهد. دلیل محسوس نبودن این تغییرات احتمالا توجه به کوتاه بودن طول مدتی است که آب با خاک در تماس است و انتظار می‌رود که زمانهای طولانی نمودارها به هم نزدیکتر شود و مقدار آب نفوذ یافته را در آبیاری‌های متوالی کمتر نشان دهد. روش الیوت و واکر در مدل‌سازی نفوذ به ترتیبی که نشان دهنده کاهش میزان آب نفوذیافته در آبیاری‌های متوالی باشد موفق‌تر است. بدترین نتایج مربوط به روش اپاده‌یایا و راگوانشی است.



نمودار (۳) ب- منحنی‌های نفوذ روش‌های هشتگانه در شیار باریک و آبیاری اول (ابوریحان)



نمودار (۳) الف- منحنی‌های نفوذ روش‌های هشتگانه در شیار باریک و آبیاری دوم (ابوریحان)



نمودار (۳) ج- منحنی‌های نفوذ روش‌های هشتگانه در شیار باریک و آبیاری سوم (ابوریحان)

۳-۴- تأثیر غیر ترکیبی روش‌های مدل‌سازی بر پارامترهای نفوذ

جدول (۱) مقادیر پارامتر a و k برای ۲ نوع خاک، ۳ نوع عرض شیار و ۳ آبیاری که از روش‌های هشتگانه برآورد گردیده است را نشان می‌دهد. همانطور که در جدول مشاهده می‌شود عموماً پارامتر a محاسبه شده توسط هر یک از روش‌های هشتگانه مدل‌سازی نفوذ برای تمام آبیاری‌ها و عرض‌های متفاوت شیار برای هر یک نوع خاک یکسان به دست آمده است و تفاوت مقدار پارامتر k باعث ایجاد تفاوت در مقدار کمی نفوذ گردیده است. همچنین عموماً در تمامی روش‌ها مقدار پارامتر a در خاک سبک بیش از خاک سنگین است. این موضوع برای تمامی روش‌های هشتگانه صادق است. بیشترین مقدار به دست آمده برای پارامتر a مربوط به روش ولیانتزاس و کمترین مقدار به دست آمده پارامتر a برای روش الیوت و واکر و نفوذسنجی است. مقادیر پارامترهای a و k نیز در روش‌های مکلی‌مونت و اسمیت و نرم افزار Matlab یکسان است. دلیل این امر احتمالاً مشابهت روش بهینه‌سازی در روش مکلی‌مونت و اسمیت و حل چند معادله و چند مجهول در روش نرم افزار Matlab است.

۳-۵- آنالیز حساسیت

جدول (۲) حساسیت روش‌های برآورد پارامترهای نفوذ به پارامترهای مستقل اندازه‌گیری را نشان می‌دهد. همانطور که انتظار می‌رود تقریباً کلیه روش‌ها به طول شیار حساسیت خیلی زیاد را نشان می‌دهند که این به معنای تغییرات کارایی روش‌های مدل‌سازی نفوذ در طول‌های مختلف شیار است. همچنین کلیه روش‌های مدل‌سازی به تغییرات دبی حساس هستند که البته این موضوع از پیش قابل انتظار بود. دبی ورودی به شیار به دلیل تاثیری که بر زمان پیشروی دارد بر روی الگوی نفوذ نیز موثر می‌باشد. دامنه حساسیت روش‌های هشتگانه به ضریب زبری از کم حساسیت تا حساس متغیر است. دلیل کم حساسیت بودن روش‌ها به ضریب زبری احتمالاً کوتاه بودن زمان آبیاری است که باعث می‌شود اثرات ضریب زبری بر زمان پیشروی تعدیل شود. این موضوع در مورد شیب شیار نیز صادق است. در مورد متغیر شکل شیار نیز با توجه به این که برخی مدل‌ها از این متغیر در محاسبات خود استفاده نمی‌کنند نسبت به آن حساسیتی ندارند. البته موضوع این است که خود ضریب شکل شیار وابسته به شکل شیار است که برای تحلیل مناسب تر تاثیر شکل شیار بر نفوذپذیری می‌بایست متغیرهای موثر بر ضریب شکل شیار به نحوی کمی شوند و مورد ارزیابی قرار گیرند.

جدول (۱) مقادیر برآورد شده پارامترهای نفوذ روش‌های هشتگانه

مرض شیار	نوبت آبیاری	الوت و راکر		شیارد		نفوذ سه‌گانه شیار		نفوذ سه‌گانه شیار اصلاح شده		ولانتیواس		اسپیت		مک‌کی‌مونت و اسپیت		matlab	
		k m ³ /min.a	a	k m ³ /min.a	a	k m ³ /min.a	a	k m ³ /min.a	a	k m ³ /min.a	a	k m ³ /min.a	a	k m ³ /min.a	a	k m ³ /min.a	a
باریک	1	0.0033	0.3	0.0015	0.5	0.0028	0.3	0.0015	0.0	0.0012	0.8	0.0014	0.4	0.0014	0.4	0.0015	0.4
	2	0.0034	0.3	0.0015	0.3	0.0023	0.3	0.0009	0.5	0.0010	0.7	0.0015	0.4	0.0015	0.4	0.0013	0.4
	3	0.0036	0.3	0.0014	0.2	0.0022	0.3	0.0006	0.5	0.0009	0.7	0.0013	0.4	0.0013	0.4	0.0013	0.4
متوسط	1	0.0036	0.3	0.0015	0.5	0.0028	0.2	0.0016	0.3	0.0012	0.7	0.0015	0.4	0.0015	0.4	0.0015	0.4
	2	0.0033	0.3	0.0015	0.3	0.0025	0.3	0.0012	0.4	0.0009	0.7	0.0014	0.4	0.0014	0.4	0.0014	0.4
	3	0.0033	0.3	0.0015	0.2	0.0026	0.3	0.0015	0.4	0.0009	0.7	0.0013	0.4	0.0013	0.4	0.0013	0.4
بیت	1	0.0039	0.3	0.0015	0.5	0.0029	0.3	0.0019	0.3	0.0011	0.7	0.0017	0.3	0.0017	0.3	0.0017	0.3
	2	0.0036	0.3	0.0015	0.3	0.0026	0.3	0.0014	0.4	0.0010	0.7	0.0014	0.3	0.0014	0.3	0.0014	0.3
	3	0.0034	0.3	0.0015	0.2	0.0025	0.3	0.0013	0.4	0.0010	0.7	0.0012	0.4	0.0012	0.4	0.0012	0.4

مرض شیار	نوبت آبیاری	الوت و راکر		شیارد		نفوذ سه‌گانه شیار		نفوذ سه‌گانه شیار اصلاح شده		ولانتیواس		اسپیت		مک‌کی‌مونت و اسپیت		matlab	
		k m ³ /min.a	a	k m ³ /min.a	a	k m ³ /min.a	a	k m ³ /min.a	a	k m ³ /min.a	a	k m ³ /min.a	a	k m ³ /min.a	a	k m ³ /min.a	a
باریک	1	0.0035	0.6	0.0022	0.7	0.0031	0.5	0.0024	0.5	0.0033	0.8	0.0026	0.5	0.0026	0.5	0.0026	0.5
	2	0.0040	0.6	0.0020	0.7	0.0029	0.5	0.0024	0.5	0.0033	0.8	0.0034	0.5	0.0034	0.5	0.0034	0.5
	3	0.0047	0.5	0.0018	0.8	0.0023	0.6	0.0015	0.7	0.0033	0.8	0.0023	0.5	0.0023	0.5	0.0023	0.5
متوسط	1	0.0036	0.6	0.0021	0.7	0.0030	0.5	0.0019	0.6	0.0033	0.8	0.0026	0.5	0.0026	0.5	0.0026	0.5
	2	0.0037	0.6	0.0021	0.7	0.0026	0.5	0.0020	0.6	0.0033	0.8	0.0023	0.5	0.0023	0.5	0.0023	0.5
	3	0.0042	0.5	0.0015	0.8	0.0026	0.5	0.0013	0.6	0.0032	0.8	0.0023	0.5	0.0023	0.5	0.0023	0.5
بیت	1	0.0041	0.5	0.0027	0.6	0.0023	0.6	0.0019	0.6	0.0035	0.8	0.0029	0.5	0.0029	0.5	0.0029	0.5
	2	0.0036	0.6	0.0022	0.7	0.0021	0.6	0.0013	0.7	0.0034	0.8	0.0025	0.5	0.0025	0.5	0.0025	0.5
	3	0.0035	0.6	0.0018	0.8	0.0020	0.6	0.0011	0.7	0.0034	0.8	0.0023	0.5	0.0023	0.5	0.0023	0.5

جدول (۲) آنالیز حساسیت روش‌های برآورد پارامترهای نفوذ به پارامترهای مستقل اندازه‌گیری

پارامترهای مستقل	الیوت و واکر	شپارد	نفوذ سنجی شیار	نفوذ سنجی شیار اصلاح شده	آپاده‌یایا و راگوانشی	ولیانتراس	مک کلی مونت	matlab
دبی ورودی به شیار	خ	خ	خ	خ	ح	خ	خ	خ
طول شیار	خ	خ	خ	خ	خ	خ	ح	ح
ضریب زبری	ح	ح	ح	ح	ک	ک	ک	ک
شیب شیار	ح	ح	ک	ک	ک	ک	ک	ک
متغیر شکل شیار	خ	خ	ک	ک	ب	ک	ب	ب

خ=خنیلی خیلی حساس، خ=خنیلی حساس، ح=حساس، کم حساسیت، ب=بدون حساسیت

۴- نتیجه‌گیری

نتایج این تحقیق حاکی از آن است که روش برآورد ضرایب معادله نفوذ در نوبت‌های مختلف آبیاری، بافت خاک متفاوت و عرض‌های مختلف شیار بر مقادیر کمی این ضرایب تاثیرگذار می‌باشد. همچنین عرض‌های مختلف شیار و روش برآورد معادله در یک نوبت آبیاری و یک نوع بافت خاک بر مقدار ضریب توانی (a) معادله کوستیاکف تاثیر چندانی ندارد لکن بر مقدار ضریب ثابت معادله (k) تاثیر قابل توجهی دارد. همچنین منحنی نفوذ تجمعی بدست آمده برای شیارهای باریک با استفاده از روش‌های مختلف مورد استفاده در یک نوبت آبیاری و یک نوع بافت خاک همخوانی زیادی داشته اما برای شیارهای پهن منحنی‌ها متفاوت بوده و به روش تعیین معادله نیز وابسته می‌باشد. در تمامی آبیاریها و به ازای عرض‌های متفاوت شیار، نمودارهای نفوذ تجمعی در خاک سبک به یکدیگر نزدیکتر از نمودارهای نفوذ تجمعی در خاک سنگین است و عموماً در تمام آبیاری‌ها و هر دو نوع بافت خاک سبک و سنگین، در شیارهای باریک منحنی‌های نفوذ تجمعی به یکدیگر نزدیک‌ترند. در یک نوع بافت خاک و همچنین یک عرض شیار، در آبیاری‌های مختلف تفاوت محسوس در شکل منحنی‌های نفوذ به وجود نمی‌آید. نتایج آنالیز حساسیت نشان می‌دهد که تقریباً کلیه روش‌ها به طول شیار حساسیت خیلی زیاد را نشان می‌دهند که این به معنای تغییرات کارایی روش‌های مدل‌سازی نفوذ در طول‌های مختلف شیار است. همچنین کلیه روش‌های مدل‌سازی به تغییرات دبی حساس هستند. دبی ورودی به شیار به دلیل تاثیری که بر زمان پیشروی دارد بر روی الگوی نفوذ موثر می‌باشد. دامنه حساسیت روش‌های هشتگانه به ضریب زبری از کم حساسیت تا حساس متغیر است. روش مک‌کلی مونت و اسمیت و روش نرم افزار Matlab ضرایب نفوذ را یکسان برآورد می‌کنند.

۵- منابع مورد استفاده

1. Bautista, E., and Wallender, W. W. (1992). "Hydrodynamic model with specified space steps." J. Irrig. And Drain. Engng., ASCE, 118(3), 450-465
2. Elliott, R.L., Walker, W.R. 1982. Field evaluation of furrow infiltration advance functions. Trans ASAE 25: 396 – 400.

3. Criddle, W.D., Davis, S., Pair, C.H., Shockley, D.G., 1956. Methods for Evaluating Irrigation Systems. Agricultural Handbook No. 82. Soil Conservation Service, US Department of Agriculture, Washington, DC, p. 24.
4. Holzapfe, E.A., Jara, J., Zuñiga, C., Mariño, M.A., Paredes, J., Billib, M. 2004. Infiltration parameters for furrow irrigation, *Agric. Water Management*. 68, 19–32.
5. Fekersillassie, D., Einsenhauer, D.E. 2000. Feedback-controlled surge irrigation. I. Model development. *Trans. ASAE* 43, 1621–1630.
6. Karmeli, D., Salazar, L., Walker, W. 1978. Assessing the spatial variability of irrigation water application. Office of Research and Development US Environmental Protection Agency, Oklahoma, USA.
7. McClymont, D.J, Smith, R.J. 1996. Infiltration parameters from optimisation on furrow irrigation advance data. *Irrigation Science* 17(1): 15–22.
8. Oyonarte, N.A., Mateos, L., Palomo, M.J. 2002. Infiltration variability in furrow irrigation. *J. Irrig. Drain. Eng. ASCE* 128, 26–33.
9. Shepard, J.S., Wallender, W.W., Hopmans, J.W. 1993. One-point method for estimating furrows infiltration. *Trans. ASAE* 36, 395–404.
10. Singh, A. K. P. (1990). "Dynamic simulation for irrigation management in dyked end borders for improving seasonal performance," PhD dissertation, U.C. Louvain, Louvain-la-Neuve, Belgium.
11. Trout, T.J. 1992. Flow velocity and wetted perimeter effects on furrow infiltration. *Trans. ASAE* 35, 855–863.
12. Upadhyaya SK, Raghuwanshi NS. 1999. Semiempirical infiltration equations for furrow irrigation systems. *Journal of Irrigation and Drainage* 125(4): 173–178.
13. Valiantzas, J.D, Aggelides S., Salsalou, A. 2001. Furrow infiltration estimation from time to a single advance point. *Agricultural Water Management* 52: 17–32.
14. Walker, W.R, Busman, J.D. 1990 Real time estimation of furrow infiltration. *J Irrig Drain Engrg ASCE* 116 (3): 299 – 318.
15. Walker, W.R., Skogerboe, G.V. 1987. Surface irrigation theory and practice. Prentice-Hall, New York-11.
16. Zerihun, D., Feyen, J., Reddy, J.M. 1996. Sensitivity analysis of furrow-irrigation performance parameters. *J. Irrig. Drain. Eng. ASCE* 122, 49–57.

دومین سمینار (راهکارهای بهبود و اصلاح سامانه‌های آبیاری سطحی

۲ فرورداد ماه ۱۳۸۷

بهبود مدیریت آبیاری سطحی مزارع ذرت راهکاری موثر برای

افزایش سطح زیر کشت

(مطالعه موردی اراضی پایاب سد کرخه)

منصور معیری^۱

چکیده:

کمبود آب و کاهش تدریجی منابع آب با کیفیت مناسب، از مهمترین عوامل محدودکننده تولیدات زراعی در مناطق خشک و نیمه خشک نظیر ایران به شمار می رود. از اینرو پژوهش در زمینه بهینه‌سازی مصرف آب در مزارع کشاورزی جهت نیل به مقدار بهینه محصول تولیدی در ازاء مصرف کمتر آب امری ضروری می‌باشد. به منظور افزایش کارائی مصرف آب آبیاری ذرت دانه‌ای در حوزه آبریز کرخه (دشت سرخه) این مطالعه با رهیافت مشارکتی جهت اطمینان از عملی بودن و همچنین قبول راهکارها و نتایج آنها در اراضی کشاورزان در قالب آزمون T با ۵ تیمار مدیریت آبیاری در دو مزرعه انتخابی به شرح زیر به اجرا در آمد:

- آبیاری یک در میان متغیر تا پایان فصل رشد
- آبیاری با کاهش جریان پس از ۷۵٪ پیشروی
- آبیاری با کاهش جریان پس از ۱۰۰٪ پیشروی
- کشت ذرت در کف جویچه
- آبیاری معمول با مدیریت کشاورز (شاهد)

عملیات کشاورزی در طول فصل رشد در تیمارهای مختلف به طور یکسان اعمال شد. پس از رسیدن محصول در هر تیمار ۱۵ نمونه سه متر مربعی از دو خط وسط برداشت و عملکرد و اجزاء آن اندازه‌گیری و با آزمون t-test دو به دو با همدیگر مقایسه شدند. نتایج نشان داد که مدیریت‌های مختلف آبیاری نسبت به مدیریت آبیاری کشاورز باعث کاهش مصرف آب و افزایش کارائی مصرف آب آبیاری شد. تیمار کشت ذرت در کف جویچه باعث کاهش ۲۰ تا ۳۲ درصدی آب مصرفی و افزایش ۵۰ تا ۱۰۰ درصدی

۱- عضو هیئت علمی بخش تحقیقات فنی و مهندسی مرکز تحقیقات کشاورزی صافی آباد

کارایی مصرف آب آبیاری شد. بر اساس نتایج بدست آمده با مقدار آب صرفه جویی شده امکان افزایش سطح زیر کشت به میزان ۲۰ تا ۲۵ درصد وجود دارد.

واژه‌های کلیدی: ذرت، مدیریت آبیاری، آرایش کاشت، آبیاری جویچه‌ای

مقدمه:

کشور ایران به دلیل موقعیت جغرافیایی جزء مناطق کم آب جهان محسوب شده و از طرفی به دلیل عدم برخورداری از تکنولوژی مهار و مصرف بهینه آب همچنان در تأمین آب محصولات زراعی خود با مشکل جدی روبرو است. با این وصف باید به دنبال تکنیک‌های به زراعی خاصی باشیم تا بتوانیم راندمان مصرف آب را بالا برده و از حداقل آب استفاده مطلوب نماییم (۷).

سطح زیر کشت ذرت دانه‌ای در کشور ۲۱۳۴۷۵ هکتار با متوسط عملکرد ۶۷۳۶ کیلوگرم در هکتار در استان خوزستان ۳۴۰۹۴ هکتار با متوسط عملکرد ۶۷۶۵ کیلوگرم در هکتار می‌باشد (۱۲، ۱۳). سطح زیر کشت ذرت از ۲۰۸۵۹ هکتار در سال ۱۳۷۷ در اراضی زراعی استان خوزستان امروزه به حدود ۸۰۰۰۰ هکتار توسعه یافته است (۱۱).

ذرت از محصولات استراتژیکی است که به دلایل مختلف از جمله قیمت تضمینی خرید، مورد توجه کشاورزان بوده و سالانه سطح زیر کشت رو به رشدی را طی می‌کند. طی سال زراعی ۸۶ علیرغم مشکلات کمبود بذر مناسب، سطح زیر کشت استان خوزستان به رقمی بالغ بر ۸۰ هزار هکتار رسید که بر اساس برنامه توسعه چهارم این مقدار باید به بیش از یکصد هزار هکتار برسد. ذرت بصورت ردیفی با فواصل ۷۵ سانتی متری کشت و به روش جویچه‌ای آبیاری می‌شود. متوسط نیاز آبی آن حدود ۷۰۰-۷۵۰ میلیمتر در طول فصل رشد است که با فرض بازده آبیاری ۳۰ درصد مقدار آب مصرفی آن معادل ۲۱-۲۲ هزار متر مکعب در هکتار خواهد رسید. این مقدار آب مصرفی ما را با این چالش مواجه ساخته که یکی از محدودیت‌های فرا روی توسعه کشت ذرت مقادیر آب موجود (از منابع مختلف) است. بنابراین یکی از اصول اساسی امکان افزایش سطح زیر کشت ذرت در استان استفاده بهینه از آب آبیاری و امکان کشت بویژه در اراضی پایاب سد کرخه است که به دلیل محدودیت آب در فصل تابستان کشت نمی‌شوند.

برنامه‌ریزی آبیاری که زمان و مقدار آب آبیاری را تعیین می‌نماید به وسیله عوامل زیادی تعیین می‌شود که میکروکلیمات (microclimate) مهمترین نقش را دارد. مدیریت نامناسب آبیاری نه تنها باعث اتلاف منابع آب می‌شود بلکه عملکرد نبات زراعی را نیز کاهش می‌دهد (۱۴، ۱۵). مدیریت آبیاری روی مخارج تولید و شسته شدن موادغذایی به آب‌های زیرزمینی اثر می‌گذارد (۱۸).

در مورد مقدار آب آبیاری طبق تحقیقات بعمل آمده در دانشگاه رامین اهواز مشخص شده است که با تأخیر آبیاری تا ۷۰ میلی متر تبخیر از سطح تشتک A کاهش معنی‌داری در عملکرد صورت نگرفت و آبیاری با فواصل کوتاه‌تر موجب افزایش عملکرد دانه ذرت شد (۱). نتایج آزمایشی در ایستگاه تحقیقات کشاورزی شاور خوزستان نشان داد که تیمار آبیاری پس از ۷۰ میلی‌متر تبخیر تجمعی از تشتک تبخیر کلاس A با تولید ۱۰/۶ تن دانه ذرت در هکتار بیشترین عملکرد را داشته است، همچنین با تولید ۱/۴۷ کیلوگرم دانه به ازاء مصرف هر مترمکعب آب آبیاری بیشترین راندمان مصرف آب را داشته است. مقدار آب مصرفی به منظور تولید حداکثر محصول دانه برابر ۷۲۲ میلی‌متر بود که با در نظر گرفتن راندمان مصرف آب در کرت‌ها (حدود ۹۰ درصد) معادل ۶۵۰ میلی‌متر می‌گردد (۷). بسیاری از گیاهان زراعی را هنگامی آبیاری می‌نمایند که فقط ۷۵ - ۵۰ درصد از کل رطوبت قابل استفاده مصرف شده باشد (۶).

طبق اطلاعات موجود نیاز آبی گیاه ذرت ۸۰۰ - ۵۰۰ میلی متر گزارش شده که آن نیز بستگی به شرایط محیطی و آب و هوای منطقه تولید دارد. توکلی و همکاران (۱۳۶۸) گزارش کرده‌اند که عملکرد دانه ذرت تحت تأثیر دور آبیاری پس از ۷۰ میلی متر تبخیر تجمعی از تشتک تبخیر کلاس A از دو تیمار ۱۰۰ و ۱۶۰ میلی متر تبخیر تجمعی بیشتر بوده و اختلاف عملکرد محصول به ترتیب ۱۷۲۴ و ۴۸۶۶ کیلوگرم در هکتار بوده است (۳). همچنین گزارش شده است که آب مورد نیاز ذرت در شرایط آب و هوایی اهواز و دزفول برای یک دوره ۱۲۰ روزه کاشت تا برداشت به ترتیب ۶۸۳ و ۷۰۵ میلی‌متر می‌باشد (۱۰).

خواجه عبداللهی و سپاسخواه در سال ۱۳۷۴ روش آبیاری جویچه‌ای یک در میان با دوره‌های مختلف آبیاری ذرت رقم ۷۰۴ را در دو منطقه باجگاه و کوشک فارس مورد بررسی قرار دادند. در این تحقیق سه دور آبیاری ۴، ۷ و ۱۰ روزه و سه روش آبیاری شامل جویچه‌ای معمولی، یک در میان ثابت و یک در میان متناوب با هم مقایسه شد. نتایج نشان داد که تیمار آبیاری جویچه‌ای یک در میان متناوب با دور آبیاری ۴ روزه اقتصادی‌ترین روش از لحاظ مصرف آب و عملکرد دانه می‌باشد (۵).

مطابق نتایج تحقیقاتی که در مرکز تحقیقات کشاورزی صفی‌آباد (دزفول) در سال‌های ۱۳۸۰ و ۱۳۸۱ بعمل آمد. مشخص شد که میزان عملکرد دانه ذرت با ۱۴ درصد رطوبت در سه تیمار: ۱- آبیاری جویچه‌ای یک در میان متناوب تا زمان شروع گلدهی، ۲- آبیاری جویچه‌ای یک در میان ثابت تا زمان شروع گلدهی، ۳- آبیاری برنامه‌ریزی شده (تیمار شاهد) در یک سطح آماری قرار داشته‌اند. ضمن آنکه میزان آب صرفه‌جویی شده در تیمار ۱ نسبت به آبیاری برنامه‌ریزی شده (تیمار شاهد) در حدود ۳۰ درصد بود (۶). تأثیر تنش آبیاری کم، متوسط و شدید روی عملکرد دانه ذرت در ایالت داکوتای شمالی امریکا مورد مطالعه قرار گرفت. تنش آبیاری شامل کم شدن رطوبت خاک و برگ طی سه مرحله بررسی شد: از مرحله کاشت تا مرحله ۱۲ برگی، از مرحله ۱۲ برگی تا ظهور بلال و از مرحله ظهور بلال تا رسیدن بلال، عملکرد ذرت با ذرتی که بخوبی آبیاری می‌شد در موقعی که رطوبت خاک به ۴۰ - ۳۰ درصد می‌رسید، مقایسه شد. نتایج این آزمایش نشان داد که کاهش عملکرد کمتر از ۵ درصد موقعی است که رطوبت قابل استفاده در محیط ریشه به ۷۰ - ۶۰ درصد در مراحل اولیه رشد (تقریباً معادل ظرفیت مزرعه در هنگام کاشت)

۴۰ - ۳۰ درصد در مرحله ۱۲ برگی تا پیدایش دانه در بلال و ۶۰ - ۵۰ درصد در مراحل بعدی پر شدن دانه باشد (۱۹).

در بعضی از مناطق امریکا سورگوم در کف جوی‌های کم عمق به وسیله ردیف کار مجهز به صفحه بذر سورگوم کاشته می‌شود (۱۶). طبق تحقیقاتی که در ایالت داکوتای شمالی امریکا در مورد بررسی تکنیک‌های برنامه‌ریزی آبیاری برای ذرت با استفاده از لایسیمتر و کرت‌های کوچک مشخص شد که با مدیریت آبیاری دقیق به طور معنی‌داری می‌توان در آبیاری صرفه‌جویی نمود (۲۰، ۱۷). در ایران کشت درون جوی در مورد غلات، گیاهان وجینی، در شرایط دیم به منظور هدایت برف و باران به داخل جوی و همچنین در نواحی خشک و خاک‌های شنی به منظور استفاده از رطوبت موجود خاک‌های عمقی توصیه شده است (۷).

طبق تحقیقاتی که در سال‌های ۱۳۷۴ - ۱۳۷۶ به مدت دو سال در استان یزد بعمل آمد مشخص شد که در روش کاشت فارویی (کشت در کف جویچه تا محل داغ آب) و با تراکم بذر ۵۵۰ دانه در متر مربع، عملکرد محصول دانه به میزان ۴/۸۶ تن در هکتار بدست آمد و به منظور جلوگیری از صدمات ناشی از تجمع املاح روی پشته بویژه در اراضی شور، این روش توصیه شده است (۴).

در استان کرمان حدود ۸۰ درصد از سطح زیر کشت ذرت به صورت کاشت در کف جوی است. طبق تحقیقات انجام شده در استان خوزستان مشخص شده است که کاشت دو ردیف روی پشته باعث افزایش عملکرد ذرت شده است (۲). در استان خوزستان در کشت و صنعت‌های کارون و هفت‌تپه و سایر شرکت‌های کشت و صنعت نیشکر، کاشت قلمه‌های نیشکر درون جوی‌ها، بوده و آبیاری به صورت جویچه انجام می‌شود (۹).

مواد و روش‌ها:

در این بررسی سعی شد تا مدیریت‌های موجود در زراعت ذرت رقم هیبرید SC-704 را با همکاری زارعین و در اراضی با ابعاد واقعی، به اجرا درآید. در این راستا دو مزرعه در منطقه دشت اوان (پایاب سد کرخه) انتخاب و مدیریت‌های مختلف زراعی و آبیاری سطحی زیر با مشارکت کشاورزان اعمال شد. این مدیریت‌ها به طور خلاصه عبارتند از:

مزرعه یک:

تیمار ۱- آبیاری جویچه‌ای یک در میان متغیر تا پایان فصل رشد

تیمار ۲- آبیاری جویچه‌ای با مدیریت کشاورز (تیمار شاهد)

تیمار ۳- آبیاری جویچه‌ای با روش کاهش جریان پس از تکمیل ۷۵٪ مرحله پیشروی آب

تیمار ۴- آبیاری جویچه‌ای با کاهش جریان پس از تکمیل ۱۰۰٪ مرحله پیشروی آب

تیمار ۵- آبیاری جویچه‌ای کشت ذرت در کف جویچه و تغییر محل جوی و پشته در مرحله کولتیواتور زنی مزرعه دو:

تیمار ۱- آبیاری جویچه‌ای یک در میان متغیر تا پایان فصل رشد

تیمار ۲- آبیاری جویچه‌ای با مدیریت کشاورز (تیمار شاهد)

تیمار ۳- آبیاری جویچه‌ای با روش کاهش جریان پس از تکمیل ۷۵٪ مرحله پیشروی آب

تیمار ۴- آبیاری جویچه‌ای با کاهش جریان پس از تکمیل ۱۰۰٪ مرحله پیشروی آب

تیمار ۵- آبیاری جویچه‌ای کشت ذرت در کف جویچه (ثابت تا پایان فصل کشت)

در مزرعه دو، اعمال آبیاری‌های تیمار یک انجام نشد همچنین تیمار ۵ نسبت به مزرعه ۱ بصورت متفاوتی اعمال شد. ویژگی مزارع انتخابی اینست که در دسترس و محل عبور کشاورزان منطقه باشند. در یک قطعه زراعی از هرکدام از این واحدها چهار راهکار مذکور اجرا شده مابقی مزرعه بعنوان شاهد انتخاب می‌شوند، پس از انجام مراحل تهیه زمین شامل آبیاری اولیه در اوائل تیر ماه، عملیات شخم به عمق ۳۰ سانتی متر توسط گاواهن، دو دیسک عمود بر هم، کودپاشی و در نهایت عملیات دیسک مجدد، جویچه‌هایی به فواصل ۰/۷۵ متر ایجاد گردید عرض هر تیمار معادل عرض ۲۰ جویچه (۱۵ متر) و طول آن با توجه به شرایط مزرعه انتخاب می‌شود. بافت خاک تا عمق ۹۰ سانتی متری از نوع لوم و سیلتی لوم با جرم مخصوص ظاهری ۱/۶۴ گرم بر سانتی متر مکعب و سطح آب زیرزمینی پایین‌تر از ۹ متر اندازه‌گیری شد. در این تحقیق رقم دیررس ۷۰۴ توسط بذر کار پنوماتیک با تراکم ۷۵۰۰۰ بوته در هکتار کشت گردید. پس از کاشت، تمام عملیات زراعی شامل کود پاشی، وجین سمپاشی و زمان آبیاری توسط کشاورز برای تمام تیمارها بصورت یکسانی اعمال شد و آبیاری‌ها بصورت نشستی انجام گردید. برای جلوگیری از نوسانات جریان آب و تثبیت سطح آب در نهر بالادست دو نهر اولیه و ثانویه در نظر گرفته شد. برای اندازه‌گیری جریان ورودی به هر یک از تیمارها یک عدد کاتروت فلوم در محل اتصال نهر بالادست و پایین دست نصب گردید. در هر نوبت آبیاری، زمان پیشروی آب، میزان آب ورودی به مزرعه و زمان آبیاری، اندازه‌گیری شد از هر تیمار بصورت تصادفی ۱۵ نمونه ۳ متر مربعی [۲ ردیف به طول ۲ متر] کف بر شده و جهت اندازه‌گیری اجزای عملکرد به آزمایشگاه انتقال داده شد.

نتایج:

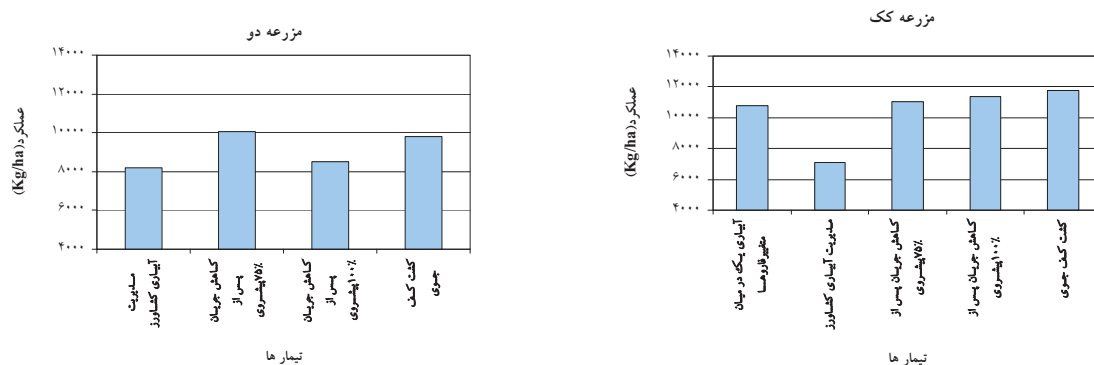
در جدول (۱) متوسط عملکرد اندام هوایی با رطوبت ۶۰ درصد، عملکرد دانه و کارائی مصرف آب آبیاری ارائه شده‌اند. تجزیه و تحلیل حاصل از مقایسه میانگین صفات عملکرد و اجزای عملکرد تیمارهای مختلف نشان داد که در مزرعه یک به لحاظ عملکرد دانه، تیمار کشت کف جوی برترین تیمارهاست و نسبت به تیمارهای ۱، ۲ و ۳ در سطح یک در صد، اختلاف معنی‌دار نشان می‌دهد، همچنین در صفت کارائی مصرف آب آبیاری تیمار کشت کف جوی برترین تیمارهاست و نسبت به سایر تیمارها در سطح یک درصد اختلاف معنی‌دار دارد. در مزرعه دو به لحاظ عملکرد دانه، تیمار سه برترین تیمارهاست و نسبت به تیمارهای ۲ و ۴ در سطح یک درصد و با تیمار ۵ در سطح پنج درصد اختلاف معنی‌دار نشان می‌دهد و در صفت کارائی مصرف آب آبیاری تیمار سه برترین تیمارهاست و نسبت به سایر تیمارها در سطح یک

درصد اختلاف معنی‌دار دارد. از نظر میزان عملکرد اندام هوایی مشخص شد که تیمارهای کشت روی پشته عملکرد بالاتری نسبت به کشت کف جوی دارا هستند.

در شکل‌های یک و سه مشاهده می‌شود در هر دو مزرعه تیمار مدیریت آبیاری کشاورز (شاهد) کمترین عملکرد دانه و کارائی مصرف آب آبیاری را داشتند و تیمارهای با مدیریت‌های آبیاری و بویژه تیمار تغییر محل خطوط کشت زرت در کف جوی از نظر عملکرد و کارائی مصرف آب آبیاری وضعیت مطلوب‌تری داشتند.

جدول ۱- متوسط عملکرد، ماده خشک تولیدی و کارائی مصرف آب آبیاری هر یک از تیمارهای آزمایشی

عامل	اندام هوایی با رطوبت ۶۰ درصد (کل بوته)		عملکرد دانه با رطوبت ۱۴ درصد		کارائی مصرف آب آبیاری براساس عملکرد دانه	
	(ton/ha)		(kg/ha)		(kg/m3)	
	مزرعه یک	مزرعه دو	مزرعه یک	مزرعه دو	مزرعه یک	مزرعه دو
یک	۲۳۴۰۶		۱۰۷۷۱		۰/۵۶۳	
دو	۲۷۰۴۳	۲۷۰۱۶	۷۱۰۰	۸۱۷۳	۰/۲۸۸	۰/۴۰۹
سه	۲۸۵۰۱	۳۱۸۱۲	۱۱۰۶۴	۱۰۰۸۷	۰/۵۸۰	۰/۶۵۸
چهار	۳۲۵۳۸	۲۹۴۳۰	۱۱۳۹۱	۸۵۰۷	۰/۵۹۵	۰/۵۳۹
پنج	۲۳۵۵۸	۲۶۴۵۶	۱۱۷۳۲	۹۷۸۵	۰/۷۰۶	۰/۶۰۸



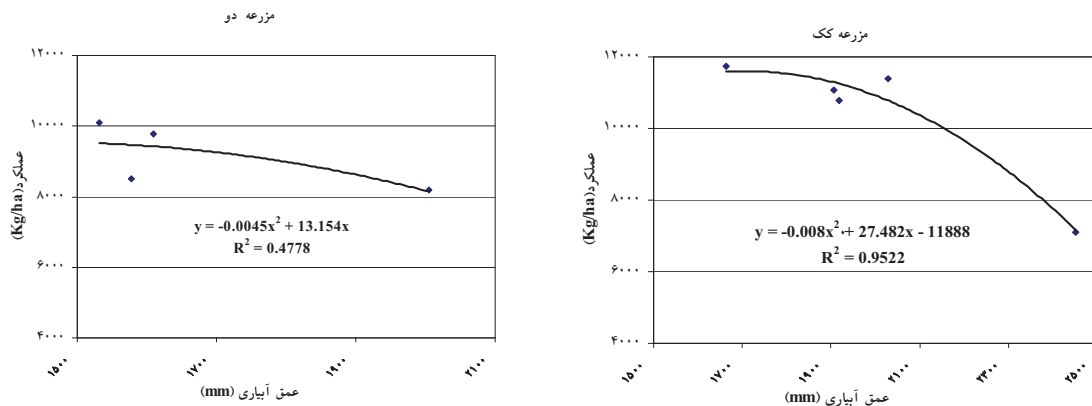
شکل ۱- عملکرد محصول زرت در تیمارهای مختلف

بر اساس آمار هواشناسی تبخیر تجمعی طی طول دوره رشد ذرت (در سال ۸۶) حدود ۹۰۰ میلی متر و نیاز آبی محاسبه شده با روش تشتک تبخیر کلاس A معادل ۵۹۰ میلیمتر محاسبه شد. دفعات آبیاری در مزارع یک و دو و تاریخ‌های آبیاری در جدول (۲) و مقدار کاهش مصرف آب نسبت به تیمار شاهد و بازده کاربرد آب بر اساس نیاز آبی محاسبه شده در هر یک از تیمارها در جدول (۳) ارائه شده‌اند.

جدول ۲- تعداد و تاریخ آبیاری‌ها در مزارع آزمایشی

نوبت آبیاری	اول	دوم	سوم	چهارم	پنجم	ششم	هفتم	هشتم	نهم	دهم	یازدهم
مزرعه یک	86/4/31	15/10	15/17	15/28	16/8	16/14	16/25	17/4	17/14	17/23	-
مزرعه دو	86/5/4	15/9	15/17	15/22	15/27	16/10	16/19	16/26	17/03	17/13	17/25

مقایسه میزان آب مصرفی با نیاز آبی موجود بیانگر این است که کم آبیاری در هیچ کدام از تیمارها اعمال نشده و فقط تا حدی با این روش‌ها از مقدار بیش آبیاری، کاسته شده است. از طرفی با تعیین رابطه بین عملکرد دانه تولیدی و آب مصرفی تیمارهای متفاوت دو مزرعه که در شکل دو مشاهده می‌شوند، فارغ از معادلات رگرسیونی و ضرائب همبستگی حاصله، روند کلی تغییرات محصول با آب مصرفی بیانگر بیش آبیاری در تیمارهای اعمال شده است.

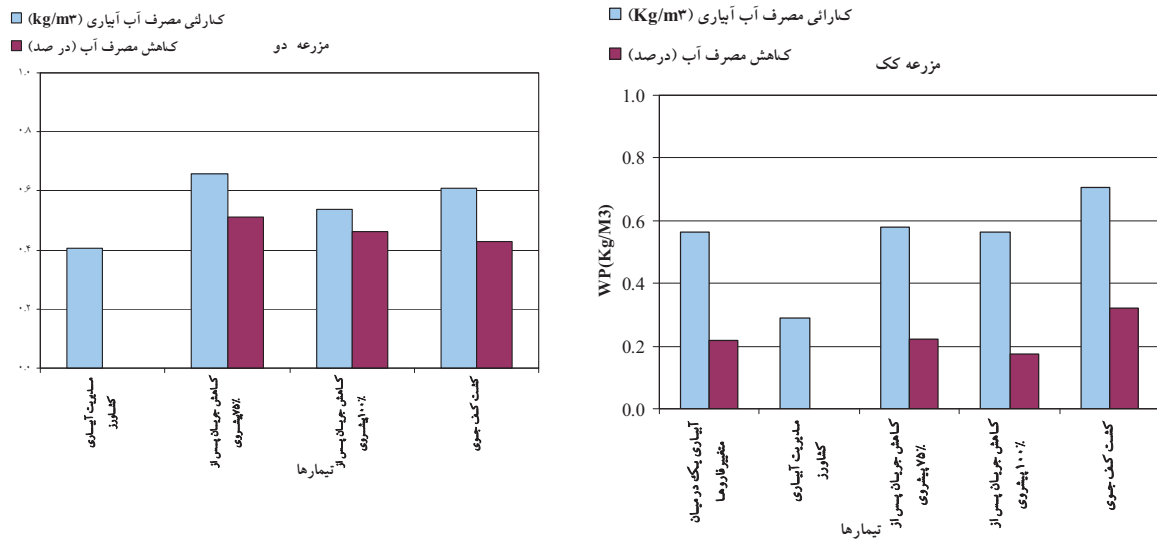


شکل ۲- تغییرات عملکرد محصول ذرت در برابر آب مصرفی

جدول ۳- حجم آب مصرفی، مقدار کاهش مصرف آب نسبت به تیمار شاهد و بازده کاربرد آب بر اساس نیاز آبی محاسباتی در هر یک از تیمارها

عامل	آب مصرفی		کاهش مصرف آب آبیاری نسبت به تیمار شاهد (کشاورز)		بازده کاربرد آب بر اساس نیاز آبی	
	(m ³ /ha)		(/.)		(/.)	
تیمار	مزرعه یک	مزرعه دو	مزرعه یک	مزرعه دو	مزرعه یک	مزرعه دو
یک	19177		22/0		31	
دو	24523	20050			24	29
سه	19058	15313	22/0	24/0	31	39
چهار	20286	15777	17/0	21/0	29	37
پنج	16632	16087	32/0	20/0	35	37

با توجه به میزان آب مصرفی تیمارهای اعمال شده نسبت به تیمار مدیریت کشاورز میزان کاهش مصرف آب در تیمار کشت کف جوی در مزرعه یک، ۳۲ و در مزرعه دو، ۲۰ و همچنین افزایش بازده کاربرد آب آبیاری ۸ الی ۱۰ درصد بدست آمد. همانگونه که در توضیح تیمارها بیان شد در مزرعه یک، همزمان با عملیات کود (سرک) دهی و کولتیواتور زنی (نوبت آبیاری پنجم) با استفاده از فاروئر، پشته‌های موجود تبدیل به جوی (و بالعکس) شدند و از این مرحله به بعد آبیاری این تیمار با روش کاهش جریان انجام شد که نتیجتاً باعث کاهش ۳۲ درصدی آب مصرفی نسبت به تیمار شاهد شد. در مزرعه دو بدلیل مشکلات موجود در مزرعه امکان اعمال تیمارهای آبیاری از آبیاری ششم میسر شد و ۲۰ درصد کاهش مصرف آب آبیاری نسبت به تیمار شاهد عملاً در شش مرحله آبیاری پایان فصل رشد گیاه بدست آمد. بنابراین تصور میزان کاهش مصرف آب در این تیمار بیش از مقادیر حاصل شده است. ضمن اینکه مقادیر کارائی مصرف آبیاری این روش نسبت به تیمار شاهد در مزرعه یک افزایش ۱۰۰ درصدی و در مزرعه دو ۵۰ درصدی بدست آمده است.



شکل ۳- کارایی مصرف آب آبیاری و درصد کاهش مصرف آب تیمارهای مختلف نسبت به تیمار

شاهد مدیریت کشاورز

نتیجه گیری و پیشنهادات:

- در منطقه دشت اوان آبیاری‌ها بیش از مقادیر مورد نیاز انجام می‌شوند که قطعاً باعث کاهش عملکرد محصول می‌شود.
- کشت کف جوی باعث کاهش بیش از ۲۰ الی ۳۰ درصدی مصرف آب آبیاری، افزایش نسبی عملکرد دانه و افزایش ۵۰ الی ۱۰۰ درصدی کارایی مصرف آب آبیاری شده و قابل توصیه است.
- با این روش می‌توان سطح زیر کشت را به میزان حداقل ۳۰ درصد افزایش داد.
- کشت کف جوی برای تولید ذرت علوفه‌ای قابل توصیه نیست.

فهرست منابع

- بهنام‌فر، ک.، س. ا. هاشمی دزفولی و س. ع. سیادت. ۱۳۷۷. مطالعه تأثیر کود پتاسیم بر ایجاد مقاومت به استرس خشکی و افزایش بازده مصرف آب در گیاه ذرت. چکیده مقالات پنجمین کنگره زراعت و اصلاح نباتات ایران. انجمن علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران. کرج.
- برزگری، م. ۱۳۸۱. گزارش پژوهشی طرح بررسی اثر الگوهای مختلف کاشت بر عملکرد دانه دو رقم ذرت دانه‌ای در خوزستان. مرکز تحقیقات کشاورزی صفی آباد دزفول.
- توکلی، ح.، م. کریمی و ف. موسوی. ۱۳۶۸. اثر رژیم‌های مختلف آبیاری بر رشد رویشی و زایشی ذرت. مجله علوم کشاورزی ایران. جلد ۲۰. شماره ۳ و ۴.

۴. حاجی آخوندی میبیدی، ه.، ح. ایران نژاد و ا. مجیدی هروان. ۱۳۷۷. بررسی مناسب‌ترین روش‌های کاشت و میزان بذر گندم در اراضی شور استان یزد. چکیده مقالات پنجمین کنگره زراعت و اصلاح نباتات ایران. انجمن علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران. کرج.
۵. خواجه عبداللهی، م. ح.، و سپاسخواه، ع. ر. (۱۳۷۵) " بررسی اقتصادی آبیاری جویچه ای یک در میان با دوره‌های مختلف برای ذرت ". خلاصه مقالات نخستین گردهمایی علمی، کاربردی اقتصاد آب، تهران، معاونت امور آب وزارت نیرو.
۶. خرمیان، م. ۱۳۸۱. بررسی اثر کم آبیاری به روش جویچه‌ای یک در میان بر عملکرد ذرت دانه‌ای در شمال خوزستان. مجله تحقیقات مهندسی کشاورزی. جلد ۳، شماره ۱۱.
۷. خواجه پور، م. ر. ۱۳۷۳. اصول و مبانی زراعت. انتشارات جهاد دانشگاهی دانشگاه صنعتی اصفهان. ۴۱۲ صفحه.
۸. صارمی، م. ۱۳۷۷. گزارش نهایی اثر دور آبیاری در عملکرد ذرت رقم ۷۰۴. مرکز تحقیقات کشاورزی خوزستان.
۹. عزیزی، ح. ۱۳۶۹. زراعت نیشکر در خوزستان. واحد انتشارات تحقیقات کشاورزی. شرکت کشت و صنعت کارون. شوشتر.
۱۰. فرشی، ع. ا.، م. شریعتی، ر. جارالهی، م. قائمی، م. شهابی فروم. تولایی. ۱۳۷۶. برآورد آب مورد نیاز گیاهان عمده زراعی و باغی کشور، جلد اول گیاهان زراعی. سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج وزارت کشاورزی.
۱۱. کاووسی، م. ۱۳۷۷. برآورد سطوح زیر کشت، تولید و عملکرد محصولات کشاورزی استان خوزستان، سال زراعی ۱۳۷۷ - ۱۳۷۶. اداره آمار و خدمات کامپیوتر سازمان کشاورزی خوزستان. سازمان کشاورزی استان خوزستان.
۱۲. مولا، غ. ۱۳۷۳. راهنمای ذرت دانه ای در خوزستان. سازمان کشاورزی خوزستان.
۱۳. وزارت جهاد کشاورزی. ۱۳۸۲. آمارنامه کشاورزی. جلد اول، سال زراعی ۸۱ - ۱۳۸۰، محصولات زراعی. دفتر آمار و فناوری اطلاعات وزارت جهاد کشاورزی. معاونت برنامه ریزی و اقتصادی. نشریه شماره: ۸۲/۰۳.

14. Fapohunda, H. O. 1992. Irrigation frequency and amount for okra and tomato using point source sprinkler system. *Sci. Hort.* 49:25-31.
15. Imtiyaz, M., N. P. Mgdla, S. K. Manase, K. Chendo, and E. O. Mothobi. 2000. Yield and economic return of vegetable crops under variable irrigation. *Irrigation Science*. 19:87-93.
16. Martin, J. H., W. H. Leonard, and D. L. Stamp. 1976. Principles of field crop production. Macmillan publishing Co. Inc. New York. U. S. A.

17. Prunty, L., B. R. Montgomery. 1991. Lysimeter study of nitrogen fertilizer and irrigation rates on quality of recharge water and corn yield. *J. Environ. Qual.* 20:373-380.
18. Steele, D. D., E. C. Stegman, and R. E. Knighton. 2000. Irrigation management for corn in the northern Great plains, U. S. A. *Irrig. Sci.* 19:107-114.
19. Stegman, E. C. 1982. Corn grain yield as influenced by timing of evapotranspiration deficits. *Irrig. Sci.* 3:75-87.
20. Stegman, E. C. 1986. Efficient irrigation timing methods for corn production. *Trans ASAE* 29:203-210.

دومین سمینار (هاکارهای بهبود و اصلاح سامانه‌های آبیاری سطحی

۲ فرورداد ماه ۱۳۸۷

بهبود راندمان‌های آبیاری سطحی با تسطیح لیزری اراضی زراعی

منصور اسفندیاری بیات^۱

چکیده

ناهمواری اراضی زراعی باعث کاهش قابل ملاحظه بازده کاربرد آب و بازده توزیع یکنواختی آب در داخل مزرعه می‌گردد. در اراضی ناهموار نقاط پست بیش از اندازه آبیاری و نقاط بلند کم آبیاری می‌شوند، آبیاری بیش از حد لزوم و آبیاری کم هر دو مضر بوده و باعث کاهش در عملکرد محصول می‌گردد. در اراضی ناهموار استفاده بهینه از نهاده‌های کشاورزی از قبیل آب، خاک، کودهای شیمیایی و ماشین‌آلات کشاورزی بعمل نمی‌آید، بنابراین تسطیح اراضی زراعی در ایران امری اجتناب ناپذیر می‌باشد. مطالعات نشان می‌دهد وزارت جهاد کشاورزی بنا به دلایلی از قبیل کمبود ماشین‌آلات سنگین (از قبیل اسکرپر)، هزینه بالای تسطیح اراضی به روش متداول و کمبود نیروی متخصص تسطیح اراضی، موفقیت چندان در تسطیح اراضی در ایران بدست نیآورده است. بکارگیری تکنولوژی لیزر در تسطیح اراضی یکی از چشمگیرترین پیشرفت‌ها در آبیاری سطحی محسوب می‌گردد. از تکنولوژی لیزر در تسطیح اراضی به طور وسیع در کشورهای توسعه یافته و کشورهای در حال توسعه در سه دهه گذشته استفاده می‌شود. همچنین دقت عملیات تسطیح در روش تسطیح مهندسی تا حدود زیادی به مهارت راننده بستگی دارد زیرا تصمیم‌گیری برای کنترل ارتفاع خاکبرداری و خاکریزی با چشم و به صورت مکانیکی انجام می‌گردد که این موضوع باعث کاهش دقت عملیات تسطیح در این روش می‌گردد. مطالعات نشان می‌دهد که خطای به میزان ± 100 میلی‌متر در تسطیح مهندسی اجتناب ناپذیر می‌باشد. بنابراین انجام تسطیح دقیق (خطای کمتر از ± 20 میلی‌متر) به وسیله روش مهندسی امکان پذیر نمی‌باشد. دقت عملیات تسطیح نقش بسزائی در بالا بردن راندمان کاربرد آب در مزرعه، راندمان یکنواختی توزیع آب در سطح مزرعه و افزایش کمی و کیفی عملکرد محصول دارد. در آبیاری سطحی امکان دست یابی به راندمان‌های بالا بدون انجام تسطیح

۱- عضو هیات علمی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان فارس

دقیق (لیزری) اراضی وجود ندارد. تسطیح لیزری مزایای فوق‌العاده‌ای نسبت به تسطیح مهندسی (روش متداول در ایران) از قبیل عدم نیاز به ماشین آلات سنگین، استفاده از تراکتورهای معمولی کشاورزی، عدم نیاز به مهارت فنی درکاربران تکنولوژی، هزینه پایین عملیات تسطیح، دقت بسیار بالا و عدم فشردگی خاک دارد. در این مقاله به تشریح اجزاء مختلف یک واحد تسطیح لیزری و نحوی کارکرد آن پرداخته می‌شود.

کلمات کلیدی: آبیاری سطحی، تسطیح لیزری، راندمان‌های آبیاری.

مقدمه

بخش کشاورزی جایگاه مهمی در اقتصاد ملی ایران دارد، به طوریکه ۲۷ درصد تولید ناخالص ملی و ۲۳ درصد نیروی کار کشور را تشکیل می‌دهد. بخاطر شرایط خاص اقلیمی حاکم بر کشور که خشکی و پراکنش نامناسب زمانی و مکانی بارشها واقعیت گریز ناپذیر آن می‌باشد، بخش اعظم تولیدات کشاورزی متکی به استفاده از آب آبیاری می‌باشد. آب آبیاری مهمترین نهاده در بخش کشاورزی می‌باشد به طوریکه ۹۵ درصد آب استحصالی در کشور به بخش فوق اختصاص دارد. مطالعات نشان می‌دهد که متاسفانه بازده آبیاری در بخش کشاورزی ۳۰ درصد می‌باشد، به عبارت دیگر از ۹۰ میلیارد مترمکعب آب که در اختیار این بخش قرار می‌گیرد فقط ۲۷ میلیارد مترمکعب آب مورد استفاده گیاه قرار گرفته و مابقی یعنی ۶۳ میلیارد مترمکعب آن به صورت تلفات از دسترس گیاه خارج می‌گردد. در ایران سالانه حدود ۷ میلیون هکتار به کشت آبی اختصاص دارد که ۹۵ درصد آن به روش آبیاری سطحی - سنتی آبیاری می‌گردد. مهمترین دلایل پایین بودن بازده آبیاری در ایران عبارتند از (اسفندیاری، ۱۳۸۳):

- ناهمواری اراضی زراعی (عدم تسطیح دقیق اراضی زراعی)
- خاکی و غیر فنی بودن مسیر انتقال و توزیع آب
- عدم برنامه‌ریزی آبیاری در مزارع توسط زارعین
- عدم طراحی و مدیریت علمی سیستمهای آبیاری

ناهمواری اراضی زراعی باعث کاهش قابل ملاحظه بازده کاربرد آب و بازده توزیع یکنواختی آب در داخل مزرعه می‌گردد. در اراضی ناهموار نقاط پست بیش از اندازه آبیاری و نقاط بلند کم آبیاری می‌شوند، آبیاری بیش از حد لزوم و آبیاری کم هر دو مضر بوده و باعث کاهش در عملکرد محصول می‌گردد. در اراضی ناهموار استفاده بهینه از نهاده‌های کشاورزی خصوصاً از آب و خاک بعمل نمی‌آید، بنابراین تسطیح دقیق اراضی زراعی در ایران امری اجتناب ناپذیر می‌باشد.

از طرفی در سال ۱۴۰۵ جمعیت کشور به ۱۰۰ میلیون نفر می‌رسد و نیاز غذایی ۱/۵ برابر نیاز فعلی خواهد شد. با توجه به محدودیت جدی کمی و کیفی آب امکان توسعه اراضی زیر کشت جهت تولید غذای مورد نیاز کشور در سال ۱۴۰۵ وجود نخواهد داشت. تنها راه ممکن، افزایش بهره‌وری نهاده‌های کشاورزی و

نتیجتاً افزایش عملکرد محصول در واحد سطح می‌باشد. به دلیل ناهمواری اراضی زراعی، بستر مناسب کشت جهت افزایش بهره‌وری نهاده‌های کشاورزی خصوصاً آب و خاک بوجود نیامده است. برای تهیه یک بستر مناسب کشت، اراضی زراعی بایستی تسطیح لیزری (دقیق) گردند. تسطیح لیزری اراضی زراعی مزایای زیادی دارد که اهم آنها در ذیل آورده می‌شود (وزارت غذا، کشاورزی و دام کشور پاکستان، ۱۹۹۶).

- افزایش بازده کاربرد آب و بازده توزیع آب در مزرعه،
- افزایش کمی و کیفی عملکرد محصول،
- فراهم نمودن بستر مناسب برای انجام کشاورزی حفاظتی (خاک ورزی حفاظتی)،
- راحت و آسان شدن عملیات آبیاری و کاهش هزینه آن،
- کاهش فرسایش سطحی اراضی زراعی،
- افزایش سطح اراضی زراعی به دلیل حذف پشته‌های اضافی و کانال‌های آبیاری،
- جلوگیری از شور و ماندابی شدن اراضی زراعی،
- کاهش اثرات شوری خاک و آب بر روی عملکرد محصول،
- کاهش آلودگی منابع آبهای زیرزمینی و سطحی و حفظ محیط زیست،
- افزایش بازده عملیات مکانیزاسیون و کاهش استهلاک ماشین‌آلات کشاورزی،
- کاهش تلفات برداشت محصول توسط دستگاه کمباین،
- کاهش سبز شدن علفهای هرز در مزرعه و کاهش هزینه مبارزه با آن،
- کاهش هزینه عملیات کاشت، داشت و برداشت،
- تامین آرامش روحی کشاورز.

بر اساس تحقیقات انجام گرفته در کشور پاکستان توسط محمد آصف و همکاران (۲۰۰۳) تاثیر تسطیح لیزری و مهندسی بر کارایی آبیاری و میزان عملکرد گندم مورد بررسی قرار گرفته. بر اساس نتایج بدست آمده در تحقیق فوق تسطیح لیزری باعث افزایش عملکرد گندم در واحد سطح به میزان ۲۸ و ۱۱ درصد به ترتیب نسبت به تیمار شاهد (قطعه زراعی تسطیح نشده) و تیمار تسطیح مهندسی شده است. همچنین در تیمار تسطیح لیزری کل مدت زمان آبیاری و کل عمق آب آبیاری داده شده به محصول به میزان ۴۷ و ۱۵ درصد به ترتیب نسبت به تیمار شاهد و تیمار تسطیح مهندسی کاهش پیدا کرده است. بازده مصرف آب (میزان محصول تولید شده به ازای مصرف هر متر مکعب آب) در تیمار تسطیح لیزری به میزان ۹۸/۷ و ۲۹/۳۶ درصد به ترتیب نسبت به تیمار شاهد و تیمار تسطیح مهندسی افزایش یافته است.

حسن عثمان (۲۰۰۲) تاثیر روش آبیاری سطحی مدرن (اراضی تسطیح لیزری شده + لوله هیدروفلوم) و آبیاری سطحی - سنتی (که توسط رارین انجام می‌گیرد) را بر روی افزایش بازده آبیاری، عملکرد محصول و بازده مصرف آب را در محصولات گندم، پنبه، ذرت و برنج را در کشور مصر در طول دو فصل زراعی ۲۰۰۰ و ۲۰۰۱ بررسی نمود. نتایج تحقیقات ایشان نشان می‌دهد که در محصولات گندم، پنبه،

ذرت و برنج، بازده آبیاری، عملکرد محصول و بازده مصرف آب در آبیاری سطحی مدرن به ترتیب ۳۰٪، ۶۵٪، ۱۳۷٪ و ۳۰٪، ۶۱٪، ۱۲۹٪ و ۱۴٪، ۱۱۶٪، ۱۵۴٪ و ۲۰٪، ۵۴٪، ۷۹٪ نسبت به آبیاری سطحی - سنتتی افزایش یافته.

همچنین بر اساس تحقیقات انجام گرفته در کشور پاکستان توسط کالون و همکاران (۲۰۰۲)، سازمان مدیریت آب در مزرعه در کشور پاکستان (۲۰۰۲) و عالم و همکاران (۲۰۰۳) تسطیح لیزری اراضی باعث صرفه جویی آب به میزان ۲۵ درصد و افزایش عملکرد گندم به میزان ۲۰ تا ۳۵ درصد در مزارع شده است. به گزارش ریکمن (۲۰۰۳) بررسی تاثیر تسطیح بر عملکرد محصول برنج در کشور کامبوج طی سال‌های ۱۹۹۶ تا ۱۹۹۹ نشان داد که عمل تسطیح باعث افزایش عملکرد محصول برنج به میزان ۲۴ درصد می‌گردد. همچنین رابطه معنی‌داری بین میزان یکنواختی شیب زمین و عملکرد محصول به دست آمد و تسطیح مناسب زمین باعث افزایش سطح زیر کشت و کاهش زمان فعالیت‌های مزرعه‌ای نظیر کاشت و برداشت گردید. تسطیح لیزری یک مزرعه ۱۳ هکتاری در سروستان در استان فارس در سال ۸۳ باعث افزایش عملکرد گندم به میزان ۳۰ درصد و کاهش زمان آبیاری خاک آب به میزان ۶۰ درصد و سایر آبیاریها به میزان ۲۰ درصد گردید. همچنین تسطیح لیزری باعث یکنواختی توزیع آب در سطح مزرعه، یکنواختی رشد گندم در سطح مزرعه، یکنواختی اندازه دانه گندمها و عملکرد در سطح مزرعه، راحتی حرکت کمباین و کاهش تلفات به زیر ۱ درصد و راحت و آسان شدن عملیات آبیاری گردید (گزارش موسسه تحقیقات فنی مهندسی). آنجر (۱۹۹۰) اهداف تسطیح را کم کردن فرسایش، افزایش ظرفیت نگهداری آب جهت استفاده گیاه، کاهش رواناب سطحی، کاهش سرعت رواناب و نرسیدن به آستانه فرسایش، بهبود شرایط کشت و کاهش رسوب در رواناب و افزایش تولید محصول ذکر کرده است. مطالعات پینگالی (۱۹۹۲) نشان می‌دهد تسطیح اراضی باعث افزایش یکنواختی توزیع آب در مزرعه می‌گردد که این مسئله می‌تواند باعث کنترل علف‌های هرز شده و عملکرد را افزایش دهد.

روش‌های انجام تسطیح اراضی

از روش‌های تسطیح مهندسی و لیزری در تسطیح اراضی زراعی استفاده می‌شود. در ایران از روش مهندسی (استفاده از دستگاه اسکرپر خود کششی) در تسطیح اراضی استفاده می‌شود. مطالعات نشان می‌دهد که وزارت جهاد کشاورزی بنا به دلایلی از قبیل کمبود ماشین آلات سنگین (از قبیل اسکرپر)، هزینه بالای تسطیح و کمبود نیروی متخصص موفقیت چندان در تسطیح اراضی در ایران بدست نیاورده است. همچنین دقت عملیات تسطیح در روش تسطیح مهندسی تا حدود زیادی به مهارت راننده بستگی دارد زیرا تصمیم‌گیری برای کنترل ارتفاع خاکبرداری و خاکریزی با چشم و به صورت مکانیکی انجام می‌گردد که این موضوع باعث کاهش دقت عملیات تسطیح در این روش می‌گردد. مطالعات نشان می‌دهد که خطای به میزان ± 100 میلی متر در تسطیح مهندسی اجتناب ناپذیر می‌باشد (واکر، ۱۹۸۹). بنابراین، انجام تسطیح دقیق (خطای کمتر از ± 20 میلی متر) به وسیله روش مهندسی امکان پذیر نمی‌باشد. دقت عملیات تسطیح

نقش بسزائی در بالا بردن راندمان کاربرد آب در مزرعه، راندمان یکنواختی توزیع آب در سطح مزرعه و افزایش کمی و کیفی عملکرد محصول دارد. در آبیاری سطحی امکان دست یابی به راندمان‌های بالا بدون انجام تسطیح دقیق اراضی وجود ندارد (کلمنز، ۲۰۰۰). ریکمن (۲۰۰۳) در تحقیقات خود یک رابطه معنی‌داری بین دقت عملیات تسطیح و عملکرد محصول به دست آورد ($y = 0.026x + 3.48$, $R^2 = 0.66$). نتایج تحقیقات ایشان نشان می‌دهد که میزان افزایش عملکرد محصول وابسته به میزان دقت عملیات تسطیح می‌باشد. تحقیقات در حال انجام پروفیسور فست و همکاران (۲۰۰۵) در ایالت میسوری امریکا نشان می‌دهد که میزان عملکرد محصول وابسته شدید به میزان یکنواختی توپوگرافی اراضی می‌باشد. در مزارعی که اراضی دارای یک توپوگرافی یکنواخت (دارای تسطیح دقیق) می‌باشد، میزان عملکرد محصول تا ۳ برابر نسبت به مزارعی که دارای اراضی با یک توپوگرافی غیر یکنواخت بوده افزایش نشان می‌دهد.

تسطیح لیزری

از فن‌آوری لیزر در تسطیح اراضی زراعی به صورت وسیع در کشورهای پیشرفته و کشورهای در حال توسعه در سه دهه گذشته استفاده شده است (اسفندیاری، ۱۳۸۳) (نگاره ۱). بکارگیری فن‌آوری لیزر در تسطیح اراضی زراعی یکی از مهمترین پیشرفت‌ها در آبیاری سطحی محسوب می‌گردد (واکر، ۱۹۸۹). انجام تسطیح دقیق (خطای کمتر از ± 20 میلی متر) به وسیله تسطیح لیزری امکان پذیر می‌باشد (لندن، ۱۹۹۵ و واکر، ۱۹۸۹)، زیرا ارتفاع خاکبرداری و خاکریزی با یک سیستم الکترونیکی - لیزری کنترل می‌گردد (آصف و همکاران، ۲۰۰۳).



نگاره ۱- یک واحد تسطیح لولر لیزری مدل رینولدز ساخت کشور امریکا.

یک واحد تسطیح لیزری شامل ۴ قسمت اصلی می‌باشد

۱- دستگاه مولد اشعه لیزر (نگاره ۲)

۲- سنسور اشعه لیزر (نگاره ۳)

۳- جعبه کنترل الکترونیکی (نگاره ۴)

۴- تراکتور و باکت تسطیح (نگاره ۵)

دستگاه مولد اشعه لیزر (نگاره ۲) دارای یک منبع تولید اشعه لیزر که توسط یک باتری کار می‌کند می‌باشد. مولد اشعه لیزر با یک سرعت نسبتاً بالا حول محور عمود بر سطح مزرعه می‌چرخد، بنابراین اشعه تولیدی لیزر در حال چرخش تشکیل یک صفحه لیزری در بالای مزرعه می‌دهد که این صفحه لیزری می‌تواند به عنوان مرجع تسطیح مورد استفاده قرار گیرد. مولدهای گوناگون تولید اشعه لیزر که به مکانیسم تنظیم خودکار مجهز می‌باشند، قادرند که صفحه لیزری تولیدی را به شیب‌های دلخواه طولی و عرضی تجهیز نمایند. صفحه لیزری مرجع یک فاکتور بسیار مفید در عملیات تسطیح است زیرا با حرکت زمین تحت تاثیر قرار نمی‌گیرد، به نقشه‌برداری زمین برای تعیین نقاط بالا و پایین و به کار گرفتن کارگر فنی برای تخمین مقدار خاکبرداری‌ها و خاکریزی‌ها نیاز ندارد. فاصله بین اشعه لیزر و سطح زمین طوری تعریف شده‌اند که میزان انحراف از این فاصله همان میزان خاکبرداری یا خاکریزی در هر نقطه می‌باشد. در تسطیح لیزری نیاز به محاسبات مهندسی میزان خاکبرداری و خاکریزی متداول در روش تسطیح مهندسی نمی‌باشد. هزینه در تسطیح لیزری براساس اجاره تجهیزات در هر ساعت برآورد می‌گردد. دستگاه مولد لیزر روی یک سه پایه دریک گوشه مزرعه در ارتفاعی قرار داده می‌شود که هیچ مانعی برسر راه اشعه تولیدی در سطح مزرعه وجود نداشته باشد.



نگاره ۲- دستگاه مولد اشعه لیزر.

اشعه لیزر متصاعد شده از دستگاه مولد لیزر توسط یک سنسور نوری (نگاره ۳) که روی دستگاه باکت تسطیح نصب شده است، دریافت می‌شود. سنسور نوری از یکسری آشکارسازها که بطور عمودی روی هم قرار گرفته‌اند، تشکیل شده است، بطوریکه با بالا و پایین شدن باکت تسطیح بر اثر حرکت روی زمین ناهموار، اشعه لیزر توسط آشکارسازهای واقع در بالا و پایین آشکارساز وسط دریافت می‌شود. اطلاعات دریافت شده توسط آشکارسازها به جعبه کنترل که در کابین تراکتور نصب شده است (نگاره ۴) منتقل می‌شود و جعبه کنترل، هیدرولیک تراکتور را وادار به بالا و پایین آوردن تیغه باکت تسطیح می‌نماید و این عمل تا زمانی که اشعه لیزر به آشکارساز وسط برخورد نماید ادامه می‌یابد. بدین روش دستگاه سنسور که روی باکت تسطیح نصب شده است به طور پیوسته توسط صفحه لیزر مسیر دهی می‌شود و به دنبال آن سیستم هیدرولیک تراکتور به طور اتوماتیک باکت تسطیح را کنترل می‌نماید. لازم به ذکر است که حساسیت سیستم لیزری حداقل ۱۰ تا ۵۰ برابر دقیق تر از قضاوت چشمی و کنترل دستی هیدرولیک تراکتور توسط راننده تراکتور می‌باشد، در نتیجه تسطیح به روش لیزری بسیار دقیق تر از سایر روش‌ها می‌باشد. برای استفاده از سیستم لیزری در تسطیح اراضی نیاز به مهارت فنی کاربر نمی‌باشد، این امر موجب شده که زارعین بتوانند براحتی از این تکنولوژی در تسطیح اراضی استفاده نمایند.



نگاره ۳- سنسور اشعه لیزر.

جعبه کنترل الکترونیکی عموماً دارای دو وضعیت عملیاتی می‌باشند. در وضعیت اول یا وضعیت مشاهده، هنگامی که راننده تراکتور، تراکتور و باکت تسطیح را روی زمین به حرکت در می‌آورد، پایه سنسور بطور خودکار مطابق با پستی و بلندی زمین به بالا و پایین حرکت می‌کند و مونیاتور جعبه کنترل ارتفاع نقاط زمین را نشان می‌دهد تا راننده تراکتور بتواند میانگین ارتفاع‌ها و شیب زمین را تعیین کند. به عبارت

دیگر، سیستم مثل یک سیستم نقشه‌برداری خودکار، کار می‌کند. در این وضعیت عملیاتی تیغه باکت تسطیح در محل خودش ثابت نگه داشته می‌شود و تنها پایه سنسور حرکت می‌کند. در وضعیت دوم عملیاتی یا وضعیت انجام عملیات تسطیح موقعیت پایه سنسور روی پاکت تسطیح ثابت می‌ماند و تیغه باکت تسطیح با توجه به پستی و بلندی زمین بالا و پایین می‌شود. صفحه لیزر تولیدی توسط دستگاه مولد لیزر در یک فاصله مناسب از مرکز ثقل مزرعه قرار دارد و دارای شیب مورد نظر می‌باشد. با تنظیم ارتفاع پایه سنسور نسبت به صفحه لیزر و مرکز ثقل مزرعه عملیات خاکبرداری و خاکریزی به سادگی با حرکت تراکتور در مزرعه انجام می‌گیرد.



نگاره ۴- سیستم جعبه کنترل.

چهارمین عنصر سیستم تسطیح لیزری مجموعه باکت تسطیح و تراکتور می‌باشد (نگاره ۵). این تجهیزات معمولاً تراکتورهای کشاورزی معمولی استاندارد و باکت تسطیح معمولی هستند که در آنها سیستم‌های کنترلی و هیدرولیکی به کار کردن تحت نظارت کنترل کننده الکترونیکی _ تجهیز شده با ابزار فرستنده لیزری و سنسور اصلاح شده‌اند. تراکتور نیاز به این دارد که با دقت انتخاب شده باشد بطوریکه کم قدرت نباشد و سیستم هیدرولیکی آن به اندازه کافی قوی باشد تا با ارتعاشات لیزری در حرکت‌ها و تنظیم‌ها کار کند. با توجه به عرض کار باکت تسطیح می‌توان از تراکتورهای با قدرت ۶۰ تا ۵۰۰ اسب بخار استفاده نمود. برای مثال جهت کشیدن لولر به عرض کار ۲ متر نیاز به تراکتور با قدرت ۷۵ اسب بخار می‌باشد. باکت تسطیح متشکل از یک تیغه و یک مخزن می‌باشد. باکت تسطیح می‌تواند یک لولر ساده، با عرض کار متفاوت (از ۲ متر تا ۵ متر) یک باکت مخزن دار کوچک (دارای ۲ متر مکعب مخزن) و یا یک باکت متوسط (دارای ۶ متر مکعب مخزن) یا بزرگ (دارای بیش از ۱۰ متر مکعب مخزن) باشد. معمولاً حجم باکت‌ها از ۲ تا ۲۰ متر مکعب می‌تواند طراحی و ساخته شود. در اراضی که نیاز به تسطیح کم عمق می‌باشد می‌توان از باکت مخزن دار کوچک و یا لولر استفاده نمود و در اراضی که نیاز به تسطیح اساسی دارد می‌توان از باکت مخزن دار بزرگ یا متوسط استفاده نمود. نگاره‌های ۵ تا ۸ عملیات تسطیح لیزری اراضی توسط لولر لیزری رینولدز ساخت شرکت رینولدز در کشور آمریکا و سایر دستگاه‌ها را در منطقه سرورستان استان فارس نشان می‌دهد. نگاره‌های ۹ تا ۱۱ مزرعه تسطیح لیزری شده در منطقه سرورستان و گندم کشت شده در آن را نشان می‌دهد.



نگاره ۵- نمای مجموعه باکت تسطیح و تراکتور.



نگاره ۶- واحد تسطیح لولر لیزری رینولدز ساخت کشور آمریکا در حین اجرای عملیات تسطیح در منطقه سروستان.



نگاره ۷- واحد تسطیح لولر لیزری مسکین ساخت کشور آمریکا در حین اجرای عملیات تسطیح در منطقه سروستان.



نگاره ۸- واحد تسطیح اسکریپر لیزری ساخت کشور استرالیا در حین اجرای عملیات تسطیح در منطقه سروستان.



نگاره ۹- نمای مزرعه تسطیح لیزری شده در منطقه سروستان.



نگاره ۱۰- نمای مزرعه گندم تسطیح لیزری شده (مزرعه نگاره ۹) در منطقه سروستان.



نگاره ۱۱- نمای مزرعه گندم تسطیح لیزری شده از نزدیک (مزرعه نگاره ۹) در منطقه سروستان.

نتیجه گیری

جهت استفاده بهینه از نهاده‌های کشاورزی تسطیح دقیق اراضی زراعی امری اجتناب ناپذیر می‌باشد. در گذشته استفاده از روش مهندسی در تسطیح اراضی بنا به دلایل مختلف با موفقیت چندانی روبرو نبوده است. استفاده از تکنولوژی لیزر در تسطیح اراضی با توجه به مزایای آن نسبت به روش مهندسی می‌تواند گزینه‌ای مناسب جهت حل مشکل تسطیح دقیق اراضی در ایران باشد. با تسطیح دقیق اراضی می‌توان راندمان‌های آبیاری را در داخل مزرعه در آبیاری سطحی بطور چشمگیری افزایش داد.

منابع

۱. اسفندیاری بیات، م.، (۱۳۸۳). معرفی تکنولوژی تسطیح لیزری اراضی زراعی به کشاورزان ایران. کنفرانس سراسری آبخیزداری و مدیریت منابع آب و خاک، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، مقاله شماره ۵۵.

2. Alam, M.M., J.M. Asim and Z.I. Raza, (2003). Economic evaluation of resource conservation technologies in rice-wheat cropping system. MREP Publication No.255(WAPDA, Pakistan).
3. Asif, M., M. Ahmed, A. Gafoor and Z. Aslam, (2003). Wheat productivity, land and water use efficiency by traditional and laser land-leveling techniques. Journal of Biological Sciences 3 (2): P. 141-146.

4. Clemmens, A.J. (2000). Measuring and improving irrigation system performance at the field level. Proceedings of National Conference and Exhibition on Irrigation, Melbourne, Australia, P. 190-199.
5. Kahlowan, M.A., M.A. Gill and M. Ashraf, (2002). Evaluation of resource conservation technologies in Rice-wheat system of Pakistan. Pakistan Council of Research in Water Resources (PCRWR), Research Report-1, (PCRWR, Islamabad, Pakistan).
6. Landon, N.J., (1995). An investigation into the impact and applicability of laser land leveling in Pakistan. Thesis M.Sc., Univer. Southampton, UK.
7. MINISTRY OF FOOD, AGRICULTURE & LIVESTOCK, Government of Pakistan, (1996). Land Development, Precision Land Levelling and Level Border Design, Volume V.
8. OFWM, (2002). Impact assessment of resource conservation technologies(rice-wheat)DFID Project 1999-2002. (Directorate General Agriculture Water Management, Lahore, Pakistan).
9. Osman, H.El-B., (2002). Evaluation of surface irrigation using gated pipes techniques in field crops and old horticultural farm. Agric. Res. Center, MOA, Dokki, Cairo, Egypt.
10. Pfost, D., A. Thompson and J. Henggeler, (2005). Annual Progress Report for Precision Agriculture and Surface Drainage. University of Missouri, USA.
11. Pingali, L. (1992). Sustaining Rice-Wheat production systems. Socio-economic and policy issue.
12. Rickman, J.F. (2002). Manual for laser land leveling. Technical Bulletin, Indian Council of Agricultural Research, New Dehli, India.
13. Unger, P. (1990). Land leveling effects on soil texture, organic matter content, and aggregate stability. Journal of Soil and Water Conservation, 412-415.
14. Walker, W.R. (1989). Guidelines for designing and evaluating surface irrigation system. FAO, Rome, chapter 6, No. 45.

دومین سمینار (اهکارهای بهبود و اصلاح سامانه‌های آبیاری سطحی

۲ فرورداد ماه ۱۳۸۷

بررسی چگونگی تغییرات هدایت هیدرولیکی اشباع خاک در نتیجه اجرای

عملیات آبیاری با فاضلاب خام شرق اهواز

اصلاحان اگردنژاد^۱، سعید برومندنسب^۲، حیدرعلی کشکولی^۳

چکیده

لزوم بهره‌گیری از منابع آبی غیرمتعارف، موضوعی است که امروزه خود را به عنوان یک ضرورت اجتناب‌ناپذیر به ویژه برای کشور ما نمایان ساخته است. این موضوع در شهرهای بزرگ و پرجمعیت به صورت خاص مطرح است. برخی کارشناسان استفاده از فاضلاب‌های خانگی در کشاورزی و فضای سبز را به عنوان راه‌حلی مناسب جهت دفع فاضلاب می‌دانند، زیرا اولاً جایگزین مناسبی برای آب‌های با کیفیت خوب بوده و دیگر آنکه عناصر و مواد غذایی مورد نیاز گیاه را در اختیار آن قرار می‌دهد. کاربرد مجدد فاضلاب‌های خانگی در مصارفی نظیر آبیاری اراضی کشاورزی، خواص فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک را به شدت تحت تأثیر قرار می‌دهد. از جمله مهم‌ترین پارامترهای فیزیکی متأثر در این شرایط، می‌توان به ساختمان خاک و به پیروی از آن هدایت هیدرولیکی یا ضریب آب‌گذری خاک اشاره نمود. از این نظر جهت بررسی تأثیر کاربرد این قبیل آب‌های نامتعارف بر میزان هدایت هیدرولیکی اشباع خاک در نتیجه اجرای عملیات آبیاری کرتی، در شرایط تحقیقات مزرعه‌ای و بدون کشت گیاه به مدت شش ماه از فاضلاب خانگی خام شرق اهواز استفاده گردید. این تحقیق با منظور نمودن آب رودخانه کارون به عنوان تیمار شاهد، در قالب طرح آماری فاکتوریل با پایه کاملاً تصادفی و در سه تکرار به اجرا درآمد. هدایت هیدرولیکی اشباع خاک قبل از شروع اجرای تحقیق، در فاصله‌های زمانی مختلف در خلال اجرای تحقیق و در خاتمه آن با روش آزمایشگاهی بارافنان اندازه‌گیری شد.

۱- کارشناس ارشد آبیاری و زهکش - دانش‌آموخته دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات اهواز

۲- استاد دانشکده مهندسی علوم آب، دانشگاه شهید چمران اهواز

۳- استاد دانشکده مهندسی علوم آب، دانشگاه شهید چمران اهواز

نتایج حاصل از این تحقیق بیانگر آن است که هدایت هیدرولیکی اشباع خاک، در اثر آبیاری با فاضلاب شرق اهواز نسبت به آب رودخانه کارون افزایش معنی‌داری ($P < 0/05$) داشته است. براین اساس مشاهده گردید که متوسط هدایت الکتریکی اشباع خاک در عمق ۴۵-۰ سانتی متر در ابتدای اجرای تحقیق معادل ۱/۴۴ سانتی متر بوده که این رقم پس از اجرای آبیاری با فاضلاب خام شرق اهواز و آب رودخانه کارون پس از پایان ۶ ماه به ترتیب معادل ۱/۷ و ۱/۴۹ سانتی متر در ساعت برآورد گردید.

واژه‌های کلیدی: فاضلاب خانگی، فاضلاب خام شهری، آبیاری کرتی، تحقیقات مزرعه‌ای، هدایت هیدرولیکی اشباع خاک، روش آزمایشگاهی بار افتان، اهواز.

مقدمه

براساس گزارش مؤسسه بین‌المللی مدیریت آب (IWMI) تا سال ۲۰۲۵، بالغ بر ۱/۸ میلیون نفر از جمعیت جهان در کشورها و نواحی با کمبود مطلق آب زندگی می‌کنند. کمبود مطلق آب به این معنی است که دستیابی به آب برای هر شخص کمتر از ۱۰۰ مترمکعب در سال می‌باشد که برای استفاده شرب و صنعت ضروری است. از طرفی، تأمین آب مورد نیاز بخش کشاورزی به منظور ایجاد امنیت غذایی بسیار ضروری می‌باشد. بخش کشاورزی بزرگ‌ترین مصرف‌کننده آب به میزان ۷۰ درصد آب شیرین جهان است. طبق گزارش فائو، ۳۰ تا ۴۰ درصد غذای جهان از زمین‌های آبی که تنها ۱۷ درصد کل اراضی زیر کشت را تشکیل می‌دهند، به دست می‌آید (Lazarova-Bahri, ۲۰۰۵).

یکی از استراتژی‌های مهم برای حل بحران آب و تأمین نیاز آبیاری در کشورهای توسعه یافته و در حال توسعه، حفظ آب، افزایش راندمان مصرف آب از طریق مدیریت بهتر و اصلاح سیاست‌ها است. در این راستا، استفاده مجدد از آب و مصرف آب‌های نامتعارف به عنوان یک منبع اساسی و عنصر کلیدی جهت مدیریت منابع آب مطرح می‌شود. آب‌های نامتعارف آب‌هایی هستند که دارای برخی از خصوصیات کیفی محدودکننده می‌باشند که ممکن است اثر معکوس روی خصوصیات خاک، کمیت و کیفیت محصول گیاه، کیفیت آب‌های سطحی و زیرزمینی داشته و یا تهدیدی برای سلامتی انسان و یا حیوان باشند (Tanji, ۱۹۹۷).

فاضلاب‌ها از جمله آب‌های نامتعارفی هستند که دارای کیفیت‌های مختلفی می‌باشند و واکنش خاک نسبت به آبیاری با فاضلاب، بستگی کاملی به کیفیت فاضلاب مصرفی دارد. کیفیت فاضلاب نیز به نوبه خود از منبع تولید آن تأثیر می‌پذیرد. هرچند مواد و عناصر موجود در فاضلاب بسیار قابل توجه بوده و بررسی کلیه آنها امری مشکل است، لیکن تعدادی از نمایه‌های شیمیایی و فیزیکی برای آن در نظر گرفته شده که قبل از استفاده از فاضلاب برای کشاورزی بایستی مورد ارزیابی قرار گیرند. یکی از مهم‌ترین شاخص‌ها نسبت جذب سدیم (SAR) است. سدیم (Na^+) از نظر اثر آن بر خاک جزو کاتیون‌های بسیار با اهمیت

می‌باشد. در شرایطی که سدیم به شکل تبادلی وجود داشته باشد، بر خصوصیات فیزیکی خاک و به ویژه ساختمان آن اثر نامطلوب می‌گذارد. وجود مقدار زیاد سدیم محلول در فاضلاب (در نتیجه کاربرد مواد شیمیایی و نمک طعام در منازل) باعث افزایش نسبت جذب سدیم و در نتیجه، پراکنده شدن ذرات خاک از یکدیگر می‌شود که در نهایت، کاهش نفوذپذیری خاک را در پی خواهد داشت (۴، ۶، ۸، ۱۴، ۱۷ و ۱۸).

در این شرایط مشکلات ثانویه‌ای نظیر ایجاد لایه سخت، به خصوص در بخش فوقانی نیمرخ خاک، رشد و افزایش علف‌های هرز، کمبود اکسیژن و فقدان تهویه مناسب نیز ممکن است به صورت همزمان و در نتیجه تخریب ساختمان در لایه سطحی خاک به وجود آید. همچنین کمبود کلسیم در مقایسه با مقادیر زیاد (نسبی) یون سدیم، این مشکل را تشدید می‌کند (۴ و ۱۳).

از دیگر شاخص‌های مهم، شوری یا غلظت املاح محلول در آب است که براساس هدایت الکتریکی آب آبیاری و یا در مورد خاک براساس هدایت الکتریکی عصاره اشباع برحسب دسی زیمنس بر متر اندازه‌گیری و گزارش می‌شود.

آب با شوری زیاد نفوذپذیری خاک را افزایش داده و حداقل حاصل شدن بخشی از مشکلاتی را که با در نظر گرفتن نسبت جذب سدیم ممکن است پیش‌بینی گردد را خنثی می‌نماید. در یک مقدار نسبت جذب سدیم معین، با افزایش شوری بر سرعت نفوذ آب به درون خاک افزوده می‌شود و بالعکس. بنابراین نسبت جذب سدیم و هدایت الکتریکی آب آبیاری بایستی به همراه یکدیگر جهت ارزیابی ایجاد مشکلات نفوذپذیری خاک مورد بررسی قرار گیرند. فاضلاب‌های شهری در شرایط عادی دارای مقادیر کافی و مناسب یون کلسیم و املاح محلول بوده، لیکن به دلیل سدیم نسبتاً زیاد و در نتیجه نسبت جذب سدیم بالا، بایستی در استفاده مجدد از آنها جهت عملیات آبیاری دقت ویژه‌ای مبذول گردد (۴، ۶، ۷، ۱۳، ۱۴، ۱۷ و ۱۸).

نتایج مطالعه چندین ساله چنگ و همکاران به سال ۱۹۸۳ نشان می‌دهد که کاربرد فاضلاب در خاک، به عنوان یک ماده مناسب اصلاح‌کننده عمل نموده و منجر به تغییر خواص فیزیکی خاک می‌گردد و بر اثر آن، ظرفیت نگهداری و هدایت هیدرولیکی خاک افزایش یافته، درحالی که جرم مخصوص ظاهری خاک کاهش می‌یابد. وجود ذرات معلق معدنی و آلی در فاضلاب خام، پساب تصفیه شده و حتی آب‌های آبیاری متعارف، ممکن است موجبات انسداد خلل و فرج خاک را به خصوص در لایه‌های سطحی آن فراهم آورد. این امر می‌تواند کاهش میزان نفوذ آب به درون خاک و نقصان هدایت هیدرولیکی خاک را به دنبال داشته باشد (۴ و ۷).

مهیدا در سال ۱۹۸۱ گزارش نمود که استفاده مجدد از فاضلاب به جای آب آبیاری موجب بهبود نفوذپذیری، افزایش تخلخل و توسعه ساختمان اسفنجی در خاک شده است (۴ و ۸).

تحقیقات پاترسون در سال ۱۹۹۶ در استرالیا نشان داد که افزایش قابل توجه نسبت جذب سدیم در پساب حاصل از تصفیه فاضلاب خانگی (در صورت ورود این نوع پساب‌ها به خاک) منجر به کاهش هدایت هیدرولیکی اشباع خاک می‌گردد (۴).

ولی‌نژاد و همکاران در تحقیقات خود بر استفاده از پساب تصفیه شده شاهین‌شهر اصفهان در آبیاری ذرت، به این نتیجه رسیدند که استفاده از پساب اثر معنی‌داری بر افزایش سرعت نفوذ نهایی آب به خاک در مقایسه با کاربرد آب چاه داشته است (۱۰).

نتایج مشابهی نیز توسط عابدی کوپایی و همکاران در سال ۲۰۰۱ در منطقه برخوار اصفهان و با استفاده از پساب تصفیه شده منطقه شاهین‌شهر، در آبیاری محصولات چغندرقد، ذرت و آفتابگردان به مدت ۱۱ سال به دست آمد (۱۱).

حسن اقلی و همکاران طی مدت دو سال به بررسی چگونگی تغییرات هدایت هیدرولیکی اشباع خاک در نتیجه اجرای عملیات آبیاری با فاضلاب خانگی و پساب تصفیه شده شهرک اکباتان پرداختند. نتایج حاصله نشان می‌دهد که کاربرد دو ساله آب آبیاری، موجب افزایش هدایت هیدرولیکی اشباع خاک در مقایسه با میزان اولیه آن گردیده است (۴).

صفاری در سال ۱۳۷۷ در مزرعه دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید باهنر کرمان به بررسی تأثیر استفاده از پساب شهری در آبیاری روناس به مدت سه سال پرداخت. در پایان سال سوم تجزیه خاک نمونه‌برداری شده از محل مذکور نشان داد که آبیاری با پساب بر خصوصیات فیزیکی خاک و خصوصیات نفوذپذیری آن هیچ‌گونه تأثیری نداشت (۲).

روحانی شهرکی و همکاران به بررسی تأثیر آبیاری با پساب تصفیه‌خانه شمال اصفهان بر خواص فیزیکی خاک منطقه به مدت ۹ سال پرداختند. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که مزارع آبیاری شده با پساب به مدت ۹ سال، نفوذ نهایی کمتری نسبت به مزارع آبیاری شده با آب چاه داشته‌اند (۲).

تحقیقات علیزاده و همکاران به سال ۲۰۰۱ نشان داد که آبیاری محصول ذرت با استفاده از پساب تصفیه شده شهر مشهد به مدت دو سال و تا پایان سال زراعی، کاهش ظرفیت نفوذپذیری خاک را در مقایسه با زمان قبل از آغاز آزمایش به دنبال داشته است. مطابق بررسی‌های به عمل آمده، دلیل اصلی این امر میزان بالای مواد جامد معلق موجود در فاضلاب بوده و کیفیت شیمیایی فاضلاب در این خصوص بدون تأثیر می‌باشد (۱۲).

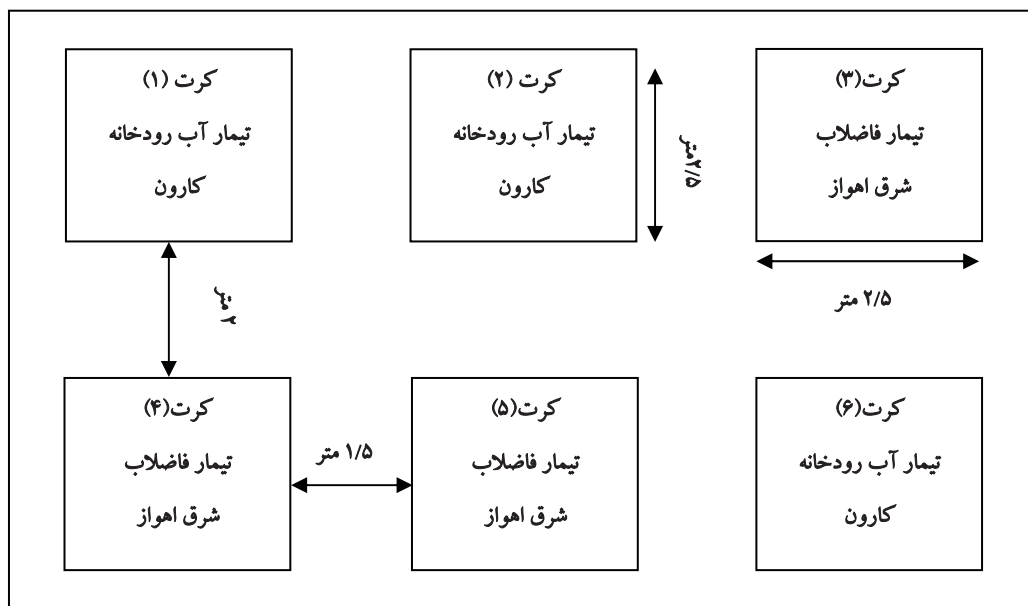
فاضلاب‌های شهری و خانگی به طور عمده حاوی مقادیر قابل توجهی از مواد آلی می‌باشند. به طور تقریبی حدود ۸۰ درصد مواد آلی فاضلاب‌های تازه، نامحلول و به شکل معلق است. محیط خاک به عنوان یک صافی مناسب و با راندمان بالای تصفیه بیولوژیکی، در حذف این نوع مواد عمل می‌نماید (۳، ۴، ۹، ۱۴، ۱۶ و ۱۸).

وجود مواد آلی در خاک موجب اصلاح ساختمان آن می‌گردد، بدین معنی که مواد آلی به صورت یک عامل اتصال، ذرات خاک را به یکدیگر پیوند داده، زمین را نرم و متخلخل نموده و برای کشاورزی مناسب می‌سازد. اصلاح نفوذپذیری خاک نسبت به آب و هوا و بهبود شرایط زهکش داخلی خاک از دیگر اثرات وجود مواد آلی است (۹).

با در نظر گرفتن کلیه موارد فوق و با توجه به حجم گسترده کاربرد فاضلاب‌های شهری و خانگی در اراضی زراعی و کشاورزی حاشیه شهرهای بزرگ کشور، امروزه تحقیقات منطقه‌ای در این زمینه و مشاهده اثرات مختلف آبیاری با فاضلاب از اهمیت بسزایی برخوردار است. به همین دلیل در جریان یک برنامه تحقیقاتی شش ماهه در استان خوزستان (شهر اهواز)، شاخص‌های قابل ذکر در آبیاری با فاضلاب‌های خانگی مورد بررسی قرار گرفت که بخشی از نتایج حاصله، طی این مقاله ارائه می‌گردد. هدف و دیدگاه این بخش از تحقیق، بررسی تأثیر کاربرد فاضلاب خانگی خام شرق اهواز بر میزان تغییرات هدایت هیدرولیکی اشباع خاک در نتیجه اجرای عملیات آبیاری کرتی با استفاده از این نوع آب‌های نامتعارف می‌باشد.

مواد و روش‌ها

در اجرای این تحقیق و به منظور دخیل نمودن کلیه عوامل مؤثر، از تحقیقات مزرعه‌ای استفاده شد. تعداد شش کرت به ابعاد $2/5 \times 2/5$ متر آماده گردید. در این تحقیق با توجه به نوع مسأله و یکسان بودن تقریبی شرایط زمین در قسمت اجرای طرح، از طرح آماری فاکتوریل با پایه کاملاً تصادفی استفاده گردید. قبل از انجام آزمایشات محل قرارگیری هر تکرار به طور تصادفی تعیین گردید. (شکل ۱)



شکل (۱): موقعیت تیمارهای مختلف طرح تحقیقاتی

تیمارهای موجود عبارت بودند از آب آبیاری در دو منبع: فاضلاب خام شرق اهواز و آب رودخانه کارون. به منظور حصول شرایط مناسب آماری، آزمایش در سه تکرار انجام پذیرفت. مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک مورد استفاده در این تحقیق در جداول (۱) و (۲) ارائه گردیده است. روش آبیاری مورد استفاده، آبیاری کرتی بوده که جهت انتقال فاضلاب به کرت‌ها، از یک لوله پلی اتیلن که به پمپی در کنار کانال وصل بود، استفاده گردید. برای انتقال آب رودخانه کارون نیز از بشکه‌های ۲۰ لیتری استفاده شد. بدین صورت که بشکه‌ها از آب رودخانه پر شده و توسط ماشینی به محل اجرای طرح حمل می‌شدند. در جداول (۳) و (۴) کیفیت تیمارهای آبی مورد استفاده در این تحقیق ارائه گردیده است.

هدایت هیدرولیکی اشباع خاک در ابتدای تحقیق و در پایان هر دوره یک، دو، چهار و شش ماهه آبیاری با تیمارهای آبی پژوهش، در عمق‌های ۰-۱۵، ۱۵-۳۰ و ۳۰-۴۵ سانتی‌متری خاک، به روش آزمایشگاهی بارافتان مورد ارزیابی قرار گرفت.

برای تهیه نمونه جهت برآورد هدایت هیدرولیکی اشباع خاک، از روش نمونه‌برداری دست نخورده می‌بایست استفاده می‌گردید. جهت تهیه نمونه از یک حلقه استوانه‌ای به قطر ۹/۹۹ سانتی‌متر و ارتفاع ۱۲/۸۵ سانتی‌متر استفاده گردید. نحوه نمونه‌برداری به گونه‌ای بود که ابتدا دو روز قبل از نمونه‌برداری، زمین آبیاری می‌شد تا در فاصله این دو روز رطوبت خاک در بین نقطه پژمردگی و ظرفیت زراعی مزرعه قرار گیرد. برای شروع هر نمونه‌برداری، استوانه‌ای از خاک تراشیده شده و حلقه همراه با یک بوش، بر روی استوانه خاک قرار داده می‌شد. سپس با کمک پا، استوانه و بوش را در داخل خاک فرو برده، بعد از درآوردن استوانه از خاک، بوش از آن جدا شده و دو طرف استوانه توسط کاردک صاف می‌گردید. برای جلوگیری از تکان خوردن خاک، دو طرف آن را با یونولیت مسدود نموده و در داخل جعبه حامل قرار داده می‌شد. این روش برای تهیه نمونه از عمق‌های مختلف مورد استفاده قرار گرفت. بعد از انتقال نمونه‌های تهیه شده به آزمایشگاه، انتهای نمونه بعد از قرار دادن یک کاغذ صافی با محیط متخلخل محکم بسته شد. سپس نمونه درون ظرف دیگری که پر از آب بود به مدت ۲۴ ساعت قرار داده شد تا به خوبی اشباع گردد. سپس قسمت‌های دیگر آزمایش بارافتان بر روی نمونه خاک نصب گردید و نمونه خاک به استوانه شیشه‌ای پر از آب وصل گردید. لازم به ذکر است که برای جلوگیری از نشست آب از درزهای استوانه‌ها، هنگام چفت کردن قسمت‌های مختلف آزمایش بارافتان، از گریس استفاده گردید (۱). اشکال شماره (۲) تا (۷) مراحل کار را نشان می‌دهند.

بعد از وصل کردن قسمت‌های مختلف آزمایش بارافتان، تحت هدفا و زمان‌های مختلف، میزان پایین افتادگی هد آب در داخل لوله اندازه‌گیری شده و از میانگین آنها و به کمک فرمول زیر هدایت هیدرولیکی اشباع خاک محاسبه گردید (ابن جلال و شفافی بچستان، ۱۳۷۱):

$$K = \frac{a.l}{A(t_2 - t_1)} \cdot \text{Ln} \left[\frac{h_1}{h_2} \right] \quad (1)$$

K: هدایت هیدرولیکی اشباع خاک (برحسب سانتی‌متر بر ثانیه)

- a : سطح مقطع لوله حاوی آب (برحسب سانتی مترمربع)
 A : سطح مقطع نمونه خاک (برحسب سانتی مترمربع)
 h_1 : هد آب (برحسب سانتی متر) در زمان t_1 (برحسب ثانیه)
 h_2 : هد آب (برحسب سانتی متر) در زمان t_2 (برحسب ثانیه)
 l : طول نمونه خاک (برحسب سانتی متر)

جدول (۱): مشخصات فیزیکی نمونه‌های خاک در سه عمق

درصد نگهداشت ویژه	درصد تخلخل مؤثر	درصد تخلخل کل	جرم مخصوص ظاهری	درصدوزنی رطوبت		بافت خاک	درصد ذرات خاک			عمق نمونه برداری (cm)
				PWP	FC		رس	سیلت	شن	
۲۷/۰۹۹	۱۸/۱۵	۴۵/۲۵	۱/۳۸۵	۶/۱۷۵	۱۳/۱۰۵	لومی	۱۴	۳۶	۵۰	۰-۱۵
۲۱/۲۱۲	۱۹/۷۸۸	۴۱	۱/۴۵۵	۶/۴۲۵	۱۳/۶	لوم رسی	۳۲	۲۶	۴۲	۱۵-۳۰
۱۷/۰۸۵	۲۲/۸۱۵	۳۹/۹	۱/۵۶	۷/۵	۱۴/۶۲۵	لوم رسی	۳۶	۲۸	۳۶	۳۰-۴۵

* برحسب گرم در سانتی مترمکعب

جدول (۲): مشخصات شیمیایی نمونه‌های خاک در سه عمق

HCO_3^- (meq/lit)	K (mg/kg)	P (mg/kg)	SAR	Ca^{2+} (meq/lit)	Mg^{2+} (meq/lit)	Na^+ (meq/lit)	pH	EC (ds/m)	عمق نمونه برداری (cm)
۲/۳۵۵	۲۳۰	۶/۷۱	۸/۵۷۶	۹/۴۶	۱۲/۱	۲۸/۱۶	۷/۵۱۵	۴/۱۷۵	۰-۱۵
۳/۴۰۵	۱۹۶/۵	۵/۷۵	۹/۲۷۴	۱۱/۱۵۵	۱۲/۳۶	۳۱/۸	۷/۴۳۵	۵/۵۲۵	۱۵-۳۰
۴/۳۷۸	۱۶۵	۴/۹۵	۱۱/۷۱۹	۱۲/۵۸	۱۴/۶۶	۴۳/۲۵	۷/۳۳	۶/۶۷۵	۳۰-۴۵

جدول (۳): کیفیت فاضلاب خام شرق اهواز (مورد استفاده در عملیات آبیاری)

Total P	Total N	TSS	Cl^-	B^+	Ni^+	Cd^+	Zn^{2+}	Mn^{2+}	Fe^{2+}	PO_4^{2-}	SO_4^{2-}	HCO_3^-	SAR	Na^+	Mg^{2+}	Ca^{2+}	EC	pH	COD	BOD_5	پارامتر مورد بررسی
mg/lit	mg/lit	mg/lit	mg/lit	mg/lit	mg/lit	mg/lit	mg/lit	mg/lit	mg/lit	mg/lit	mg/lit	meq/lit	-	meq/lit	meq/lit	meq/lit	ds/m	-	ppm	ppm	واحد
۵/۵	۴۵/۷۵	۲۰۲/۸۵	۱/۹۸	۰/۲	۰/۲	۰/۰۰۲	۰/۴	۰/۱	۱/۱	۵	۸۵۰	۴/۴	۵/۷۲	۲۲	۱۴	۱۵/۵	۵	۷/۱	۲۳۲	۱۵۴	نتیجه ارزیابی

جدول (۴): کیفیت آب رودخانه کارون (مورد استفاده در عملیات آبیاری)

SAR	SO_4^{2-}	Cl^-	pH	EC	COD	BOD_5	کدورت	فسفات	بیکربنات	سدیم	منیزیم	کلسیم	پارامتر مورد بررسی
-	meq/lit	meq/lit	-	ds/m	mg/lit	mg/lit	N.T.U	mg/lit	meq/lit	meq/lit	meq/lit	meq/lit	واحد
۴/۴۲	۵/۸۸	۷/۲۲	۷/۹۸	۱/۴۸۵	۱۶/۵	۲/۵۶	۱۸	۰/۲	۳/۲۵	۸/۲	۲/۷۷	۴/۱۱	نتیجه ارزیابی



شکل (۲): ایجاد استوانه ای از خاک جهت نمونه برداری بهتر



شکل (۳): فشار دادن حلقه با بوش توسط پا



شکل (۴): نحوه صاف کردن دو طرف نمونه خاک



شکل (۵) : بستن انتهای نمونه با صفحه متخلخل



شکل (۶) : نمای کلی از دستگاه آزمایش بار افتان



شکل (۷) : نصب کردن قسمت‌های مختلف دستگاه آزمایش بار افتان

نتایج

جهت بررسی چگونگی تأثیر عملیات آبیاری با فاضلاب خام شرق اهواز بر میزان هدایت هیدرولیکی اشباع خاک، ابتدا لازم بود تا کیفیت شیمیایی تیمارهای آبی از نظر (SAR) و (EC_w) مورد ارزیابی قرار گیرد. ملاحظه مقادیر (SAR) انواع آب‌های آبیاری مورد استفاده در تحقیق و مقایسه آنها با مقادیر مجاز ارائه شده، دلالت بر عدم ایجاد محدودیت به وسیله این پارامتر برای خاک و آبیاری گیاهان داشت. کمیت (SAR) در فاضلاب خام شرق اهواز به طور متوسط برابر با $5/7$ و در آب رودخانه کارون برابر با $4/42$ بود.

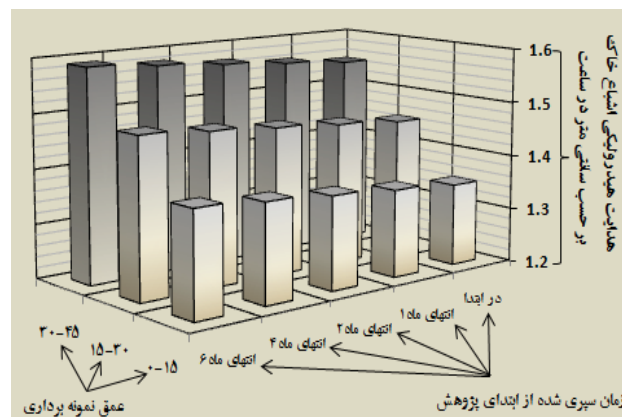
متوسط (EC_w) در فاضلاب خام شرق اهواز و آب رودخانه کارون به کار برده شده در این تحقیق به ترتیب برابر با ۵ و $1/485$ دسی‌زیمنس بر متر بوده است. درجه پیامد بد آبیاری با تیمار فاضلاب خام شرق اهواز، در حد بالا و درجه پیامد بد آبیاری با تیمار آب رودخانه کارون در حد کم تا میانه قرار داشت. این بدان معنا است که تیمار فاضلاب خام شرق اهواز از لحاظ شوری وضعیت بدتری نسبت به آب رودخانه کارون داشته و بایستی در آبیاری گیاهان با این تیمار دقت بیشتری در انتخاب نوع محصول به عمل آید و گیاهان مقاوم به شوری کشت گردد.

براساس رهنمودهای کیفیت آب سازمان خواروبار جهانی (FAO، ۱۹۸۵) برای یک مقدار ثابت (SAR)، با افزایش غلظت کل نمک، نفوذپذیری خاک افزایش می‌یابد و برای یک مقدار ثابت غلظت کل نمک خاک، با افزایش (SAR)، مقدار نفوذپذیری خاک کاهش می‌یابد (۴). بنابراین در ارتباط با ارقام (SAR) و (EC_w) انواع آب‌های آبیاری می‌توان چنین استنباط نمود که بروز تغییر در هدایت هیدرولیکی خاک در نتیجه وجود و تأثیر عوامل شیمیایی در آب آبیاری، دارای اثر قابل توجهی نبوده و محدودیتی از این نظر در عملیات آبیاری با انواع آب‌های به کار برده شده متصور نمی‌باشد.

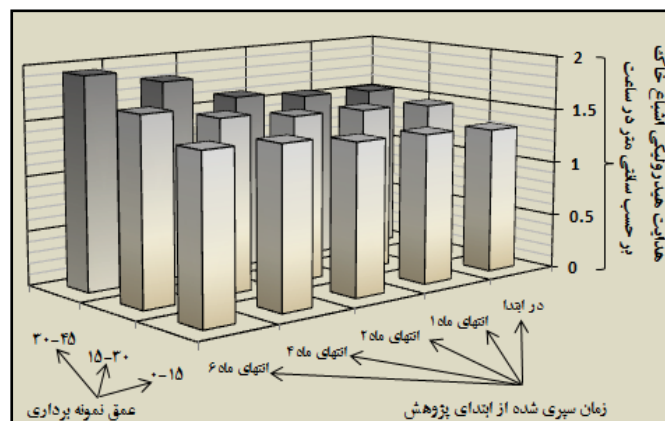
کمیتی که به عنوان هدایت هیدرولیکی یا ضریب آگذری اشباع در یک خاک لحاظ می‌گردد، در حقیقت بیانگر کمیتی است که در زمان تثبیت نسبی شدت جریان عبوری از درون خاک ثبت می‌شود. با شروع اندازه‌گیری هدایت هیدرولیکی در خاک (پس از پایان مرحله اشباع شدن خاک)، ابتدا مقدار عددی شدت جریان عبوری قابل توجه بوده و به تدریج با گذشت زمان، از میزان آن کاسته شده تا به مقدار نسبتاً ثابتی برسد (۲ و ۴).

شکل‌های شماره ۸ و ۹ نتایج حاصل از اندازه‌گیری هدایت الکتریکی اشباع خاک (برحسب سانتی متر در ساعت)، تحت شرایط آبیاری با آب رودخانه کارون و فاضلاب شرق اهواز را نشان می‌دهند.

شکل شماره ۱۰ اثر کیفیت آب آبیاری بر متوسط هدایت هیدرولیکی اشباع خاک را در عمق ۴۵-۰ سانتی متر نشان می‌دهد. این شکل بیانگر آنست که استفاده از فاضلاب شرق اهواز نسبت به آب رودخانه کارون باعث افزایش متوسط هدایت هیدرولیکی اشباع خاک شده که این افزایش از لحاظ آماری معنی‌دار ($P < 0/05$) می‌باشد. این نتیجه مشابه نتایج گزارش شده توسط مهیدا (۱۹۸۱)، چنگ و همکاران (۱۹۸۳) و حسن اقلی و همکاران (۱۳۸۳) می‌باشد. نامبردگان نیز افزایش هدایت هیدرولیکی خاک را در نتیجه کاربرد فاضلاب در خاک گزارش نموده‌اند (۱ و ۴).



شکل (۸): نتایج حاصل از اندازه‌گیری هدایت هیدرولیکی اشباع خاک (Cm/hr) تحت آبیاری با آب رودخانه کارون

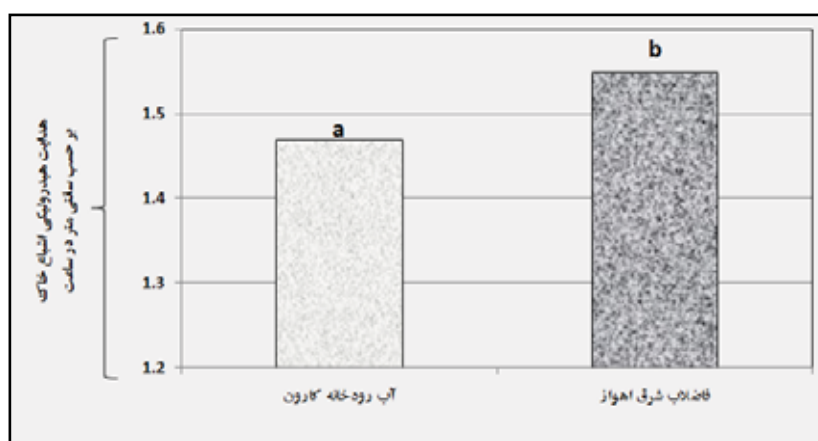


شکل (۹): نتایج حاصل از اندازه‌گیری هدایت هیدرولیکی اشباع خاک (Cm/hr) تحت آبیاری با فاضلاب شرق اهواز

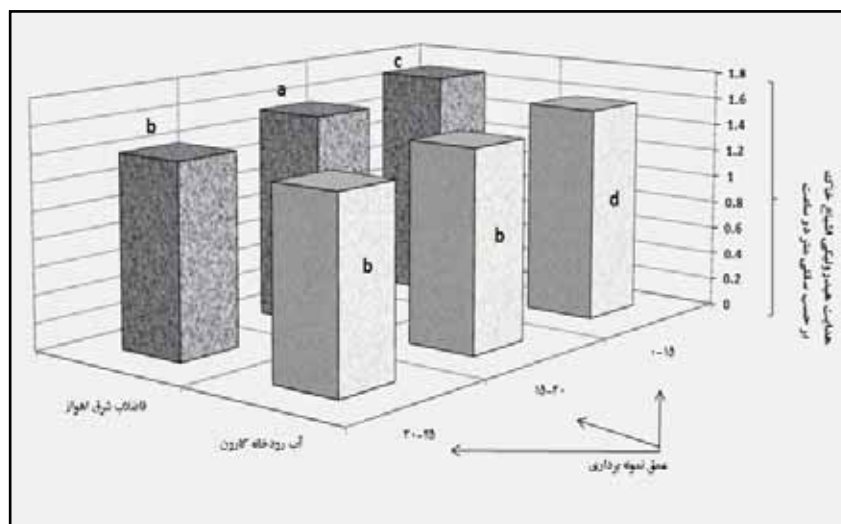
شکل شماره ۱۱ اثر کیفیت آب آبیاری بر هدایت هیدرولیکی اشباع خاک را در اعماق مختلف نشان می‌دهد. آنچه در این شکل و شکل‌های شماره ۸ و ۹ مشخص می‌باشد، آنست که هدایت هیدرولیکی اشباع خاک با افزایش عمق کاهش یافته است، که این امر ناشی از بافت ریزتر و فشرده‌تر بودن لایه‌های تحتانی در اثر فشار لایه‌های بالایی می‌باشد. شکل شماره ۱۱ نشان می‌دهد که تأثیر استفاده از فاضلاب شرق اهواز نسبت به آب رودخانه در عمق‌های ۰-۱۵ و ۱۵-۳۰ سانتی‌متری خاک یکسان نبوده و تنها در عمق ۳۰-۴۵ سانتی‌متری خاک تأثیر فاضلاب در افزایش هدایت هیدرولیکی خاک کاهش یافته است. معنی دار نبودن اختلاف بین مقادیر هدایت هیدرولیکی اشباع خاک در عمق ۳۰-۴۵ سانتی‌متری خاک را می‌توان به دلیل کوتاه بودن مدت زمان آبیاری دانست.

شکل شماره ۱۲ اثر کیفیت آب آبیاری بر متوسط هدایت هیدرولیکی اشباع خاک، در عمق ۰-۴۵ سانتی‌متری از سطح خاک را در طول مدت زمان اجرای تحقیق نشان می‌دهد، آنچه که در این شکل مشخص

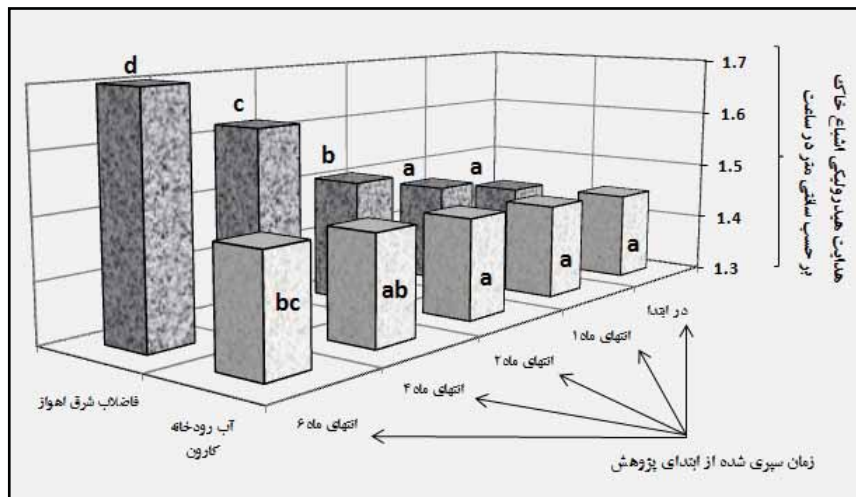
می‌باشد آنست که استفاده از فاضلاب شرق اهواز نسبت به آب رودخانه کارون در مدت زمان‌های مختلف، یکسان نبوده و اختلاف معنی داری ($P < 0.05$) با یکدیگر دارند. براین اساس اثر فاضلاب نسبت به آب رودخانه کارون در دوره‌های آبیاری ۲، ۴ و ۶ ماهه یکسان نبوده و تنها در دوره‌های ابتدایی و یک ماهه یکسان می‌باشد. این نتیجه نشان دهنده آنست که با افزایش مدت زمان آبیاری، تأثیر کاربرد فاضلاب در افزایش هدایت هیدرولیکی اشباع خاک بیشتر شده است، که این امر می‌تواند به دلیل بهبود تدریجی ساختمان خاک در اثر آبیاری با فاضلاب باشد.



شکل (۱۰): اثر کیفیت آب آبیاری بر متوسط هدایت هیدرولیکی اشباع خاک (cm/hr) در عمق ۰-۴۵ سانتی متر



شکل (۱۱): اثر کیفیت آب آبیاری بر هدایت هیدرولیکی اشباع خاک (cm/hr) در عمق‌های مختلف



شکل (۱۲): اثر کیفیت آب آبیاری بر متوسط هدایت هیدرولیکی اشباع خاک (cm/hr)

در عمق ۰-۴۵ سانتی‌متر در طی مدت زمان اجرای تحقیق

بحث

ذرات رس خاک نقش مهمی را در عمل نفوذپذیری بازی می‌کنند. قسمت رسی خاک شامل صفحه‌های رس به هم چسبیده مانند یک دسته ورق می‌باشد. این صفحات بار منفی دارند و یون‌های مثبت موجود در آب را به خود جذب می‌کنند، این عمل باعث می‌شود کاتیون‌هایی مانند سدیم، کلسیم و منیزیم، یک لایه از یون‌ها را کنار صفحات رسی تشکیل دهند. غلظت یون‌ها در نزدیکی صفحه بیشتر و هر چه از صفحه دور شویم، غلظت یون‌ها کمتر خواهد شد. هنگامی که دو صفحه رسی به یکدیگر نزدیک می‌شوند و لایه یونی آنها در مجاورت یکدیگر قرار می‌گیرند، نیروهای دافعه الکتریکی افزایش می‌یابند. این نیروها باعث می‌شوند که صفحات رسی از یکدیگر جدا مانده و در نهایت باعث تورم خاک می‌گردند. به علت اینکه یون‌های سدیم در مقایسه با یون‌های کلسیم کمتر به صفحات رسی جذب می‌شوند، لایه یون‌های سدیم بیشتر از صفحات رسی فاصله می‌گیرند و به دنبال آن صفحات رسی نیز بیشتر از هم فاصله گرفته و جدا می‌شوند که این باعث تورم بیشتر خاکدانه‌ها می‌شود. یون‌های کلسیم شدیداً به صفحات رسی می‌چسبند و در نتیجه لایه یونی در مقایسه با حالت قبل، از صفحات رسی کمتر دور می‌شود. به عبارت دیگر با وجود یون کلسیم فاصله بین صفحات و جدا شدن صفحات از یکدیگر کمتر خواهد بود و در خاک، تورم کمتر خاکدانه‌ها مشاهده خواهد شد. بنابراین جایگزینی سدیم قابل تبادل با کلسیم می‌تواند تورم را کمتر و نفوذ آب را بهبود بخشد (حکم‌آبادی و صداقت‌پور، ۱۳۸۲).

مواد آلی فاضلاب پس از ورود به خاک مورد هجوم قارچ‌ها قرار می‌گیرند و میسیلیوم قارچ‌ها در خاک افزایش می‌یابد و شبکه‌های قارچی باعث افزایش پایداری خاکدانه‌ها خواهد شد. همچنین میسیلیوم قارچ‌ها

و دیگر میکروارگانیزم‌ها در اثر رشد سریع، حفره‌هایی در سطح خاک ایجاد نموده و سبب افزایش سرعت نفوذ نهایی خاک می‌گردد.

عوامل محیطی مانند درجه حرارت نیز می‌تواند یکی از علل احتمالی روند افزایشی تأثیر فاضلاب در بهبود هدایت هیدرولیکی اشباع خاک باشد. با افزایش درجه حرارت محیط، فعالیت قارچ‌ها و سایر میکروارگانیزم‌ها شدت یافته و تأثیر بیشتری بر روی خاک خواهند گذاشت.

جمع‌بندی

ملاحظه مقادیر هدایت هیدرولیکی اشباع خاک (اندازه‌گیری شده به روش بارافتان) نشان داد که کاربرد شش ماهه انواع آب آبیاری از قبیل فاضلاب خام شرق اهواز و آب رودخانه کارون در کرت‌های پژوهش، تأثیر مثبتی را بر میزان هدایت هیدرولیکی اشباع خاک بر جای گذاشته و موجب افزایش آن در مقایسه با مقدار اولیه هدایت هیدرولیکی خاک (پیش از شروع تحقیقات) شده است (۱).

منابع و مأخذ

۱. ابن جلال، ر. شفاعی بجزستان، م، ۱۳۷۱. اصول نظری و عملی مکانیک خاک. انتشارات دانشگاه شهید چمران اهواز، ۷۲۷ صفحه.
۲. اگدرنژاد، ا. ۱۳۸۶. بررسی تأثیر فاضلاب شرق اهواز بر پارامترهای فیزیکی، شیمیایی و هیدرولیکی خاک. پایان‌نامه کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی. دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات اهواز.
۳. توکلی، م. و طباطبایی، م. ۱۳۷۸. آبیاری با فاضلاب تصفیه شده. مجموعه مقالات همایش جنبه‌های زیست محیطی استفاده از پساب‌ها در آبیاری، وزارت نیرو، کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران، ۱۱ آذر ماه ۱۳۷۸، تهران. صفحات ۱ الی ۲۶.
۴. حسن اقلی، ع. ر.، لیاقت، ع. م. و میرابزاده، م. ۱۳۸۳. بررسی چگونگی تغییرات هدایت هیدرولیکی اشباع خاک در نتیجه اجرای عملیات آبیاری با فاضلاب خانگی و پساب تصفیه شده آن. مجله علوم کشاورزی واحد علوم و تحقیقات، سال یازدهم، شماره چهارم، ۱۳۸۴، صفحات ۹۹ الی ۱۰۸.
۵. حکم‌آبادی، ح.، صداقت‌پور، ش. ۱۳۸۲. شوری و زهکشی در کشاورزی. ترجمه. معاونت امور باغبانی جهاد کشاورزی، کرج: سازمان تحقیقات و آموزش کشاورزی.
۶. شریعتی، م. ر. ۱۳۷۵. ارزیابی کیفیت شیمیایی فاضلاب و استفاده از آن در آبیاری. مجله آب، خاک و محیط زیست، شماره ۱۰، صفحات ۵۱ الی ۵۵.
۷. علیزاده، ا. ۱۳۷۶. استفاده از فاضلاب تصفیه شده در آبیاری چغندرقتند. وزارت نیرو، شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور. گزارش نهایی طرح پژوهشی.

۸. علیزاده، ا. ۱۳۷۴. استفاده از پساب تصفیه شده خانگی در آبیاری سبزیجاتی که به صورت خام مصرف می‌شوند. وزارت نیرو، معاونت امور آب و فاضلاب شهری، شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور، گزارش نهایی طرح پژوهشی.
۹. ملکوتی، م. ج. و همایی، م. ۱۳۷۳. حاصلخیزی خاک‌های مناطق خشک (مشکلات و راه‌حل‌ها). انتشارات دانشگاه تربیت مدرس، شماره ۲۲.
۱۰. ولی‌نژاد، م.، مصطفی‌زاده، ب. و میرمحمدی میبدی، س. ع. ۱۳۸۱. اثر پساب تصفیه شده شاهین‌شهر بر خصوصیات زراعی و شیمیایی ذرت تحت سیستم‌های آبیاری بارانی و سطحی. مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، سال نهم، شماره اول، بهار ۱۳۸۱، صفحات ۱۰۳ الی ۱۱۵.
11. Abedi-Koupai, J. et al. 2001. Influence of Treated Wastewater and Irrigation Systems on Soil Physical Properties in Isfahan Province. ICID International Workshop on Wastewater Reuse Management. ICID International Workshop on Wastewater Reuse Management. ICID-CIID. September 9-20, 2001. Seoul, Korea. pp : 165-173.
12. Alizadeh, A. et al. 2001. Using Reclaimed Municipal Wastewater for Irrigation of Corn. ICID International Workshop on Wastewater Reuse Management. ICID-CIID. September 19-20, 2001. Seoul, Korea. pp : 147-154.
13. California State Water Resources Control Board. 1990. Irrigation with Reclaimed Municipal Wastewater - A Guidance Manual. Edited by: G. Stuart Pettygrove and Takashi Asano. Prepared by : Department of Land, Air and Water Resources. University of California, Davis. Pub : Lewis Publishers, Inc. ISBN 0-87371-061-4.
14. FAO. 1992. Wastewater Treatment and Use in Agriculture. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, No. 47.
15. Lazarova, V. and A. Bahri. 2005. Water reuse for irrigation. CRS Press. 408 pages.
16. Matsuno, Y. et al. 2001. Management of Wastewater for Irrigation in the Southern Punjab, Pakistan. ICID International Workshop on Wastewater Reuse Management. ICID-CIID. September 19-20, 2001. Seoul, Korea. pp : 85-94.
17. McGhee, T. J. 1991. Water Supply and Sewerage. 6th Edition. McGraw-Hill, Inc. ISBN 0-07-060938-1.
18. Metcalf and Eddy Inc. 1991. Wastewater Engineering: Treatment, Disposal, Reuse. 3rd. Ed. ISBN 0-07-041677-x.
19. Tanji, K. 1997. Irrigation with marginal quality waters. Journal of Irrigation and Drainage Engineering. 123 (3): 165-169.
20. Vedry, B. et al. 2001. From Sewage Water Treatment to Wastewater Reuse. One Century of Paris Sewage Farms History. Wat. Sci. Tech. Vol 43, No. 10, pp : 101-107, IWA Pub.

دومین سمینار (هاکارهای بهبود و اصلاح سامانه‌های آبیاری سطحی

۲ فرورداد ماه ۱۳۸۷

مدیریت آبیاری در دوره گل آب کردن اراضی شالیزاری

ولی‌الله کریمی^۱

چکیده

گیاه برنج، عمدتاً به صورت نشایی کشت شده و آبیاری آن به صورت غرقابی (دائم یا متناوب) است. عملیات گل آب کردن^۲ با هدف: کاهش نفوذ عمقی، نرم کردن لایه شخم جهت نشا یا کشت مستقیم آسان، هموار نمودن سطح مزرعه، کاهش رشد علف‌های هرز و مخلوط شدن کود و خاک در لایه شخم انجام می‌شود. بخش قابل توجهی از کل آب مصرفی شالیزار، به دوره گل آب کردن مربوط می‌گردد. در این تحقیق، آب مصرفی یک کرت شالیزاری در دوره گل آب کردن و دوره رشد گیاه (از شروع نشاکاری تا زمان برداشت محصول که ۸۰ روز به طول انجامید) اندازه‌گیری شد. مقدار آنها به ترتیب ۲۵۴ و ۶۷۲ میلیمتر بوده که آب مصرف شده در دوره گل آب کردن ۲۷٪ کل آب مصرفی بوده است. با تعیین عمق لایه شخم و تهیه نمونه‌های خاک از این لایه، قبل از شروع آبیاری، راندمان گل آب کردن به دست آمد که بسیار پایین بوده است. با طراحی مناسب سازه ورودی آب به کرت، دبی ورودی، ابعاد کرت و اعمال مدیریت صحیح ماشینی می‌توان این راندمان را به مقدار خیلی زیادی افزایش داد.

واژه‌های کلیدی: عملیات گل آب کردن، راندمان گل آب کردن، آبتخت، لایه شخم، نفوذ عمقی، نشت جانبی

مقدمه

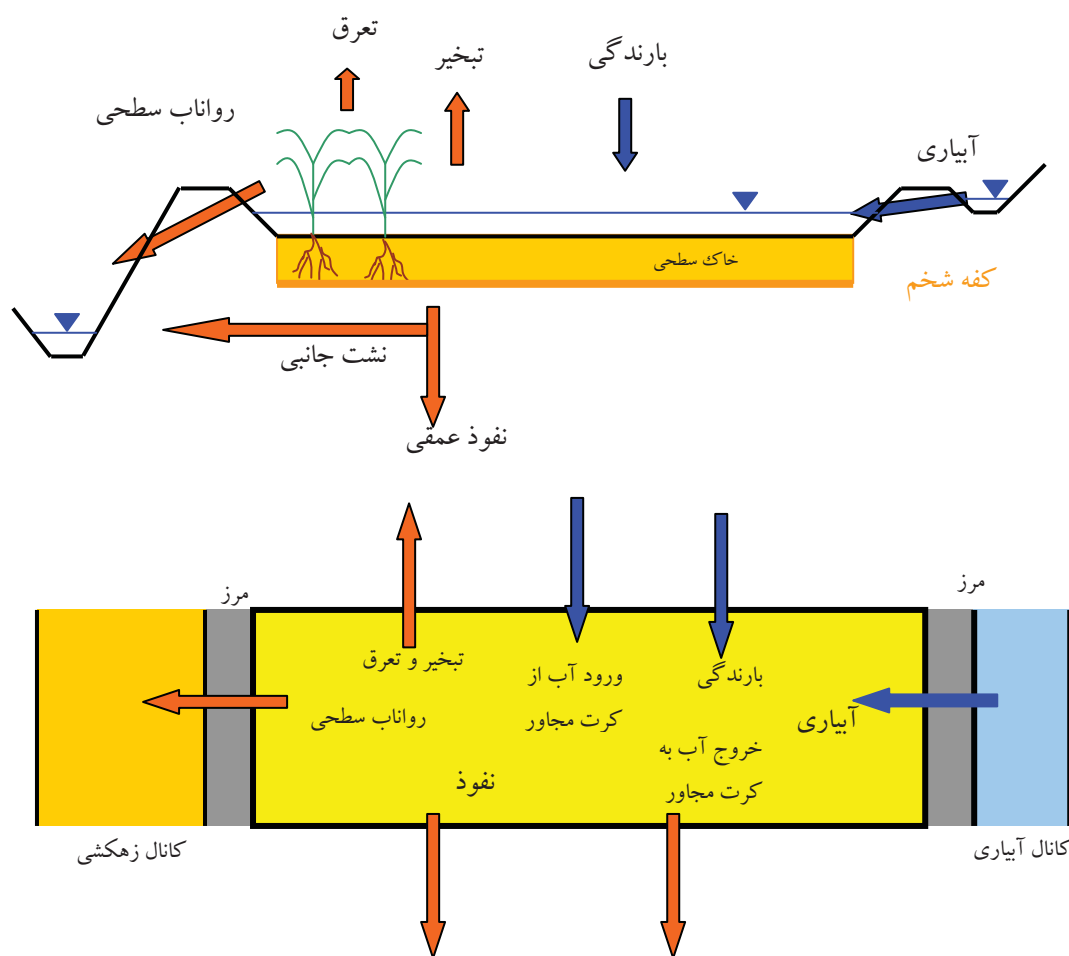
وسعت اراضی شالیزاری در ایران در حدود ۶۴۰۰۰۰ هکتار می‌باشد که روش کشت غالب آن به صورت نشایی، و آبیاری آن غرقابی است. با توجه به روش کشت و نوع آبیاری گیاه برنج، میزان آب مصرفی آن در مقایسه با اغلب محصولات زراعی بسیار زیاد می‌باشد. لذا نیاز است تا آب مورد نیاز دوره آماده

۱- کارشناس ارشد آبیاری و زهکشی و مسئول گروه فن‌آوری پایه «مرکز ترویج و توسعه تکنولوژی هراز»

سازی زمین و رشد برنج به صورت مجزا محاسبه شده تا بتوان ضمن بالا بردن راندمان آبیاری، در طراحی و ساخت کانال‌ها و همچنین برنامه ریزی آبیاری از آن استفاده کرد.

بیان آبی در یک کرت شالیزاری

کرت شالیزاری، قطعه زمین مسطح بدون شیبی است که جهت حفظ آب بر روی آن توسط مرز یا پشته احاطه می‌شود. تلفات آب در یک کرت شالیزاری شامل، تبخیر و تعرق (ET)، نفوذ عمقی، نشت جانبی و رواناب سطحی است.



شکل-۱- بیان آبی در یک کرت شالیزاری

میزان آب مصرفی اراضی شالیزاری در کشورهای مختلف بسیار متغیر می‌باشد که مقدار آن در یک فصل زراعی برای برخی از کشورها در جدول (۱) ارائه شده است.

جدول-۱- آب مصرفی شالیزار در یک فصل زراعی

ردیف	کشور	کل آب مصرفی	توضیحات
۱	سنگال	۵۰۰-۱۰۰۰ میلیتر	مقدار نفوذ تقریباً صفر
۲	شمال چین	۹۰۰-۱۵۰۰ میلیتر	۱۲۰۰-۱۵۰۰ میلیتر برای کشت مستقیم و ۹۰۰-۱۰۵۰ میلیتر برای نشاکاری
۳	هند	۱۶۸۰ میلیتر	مقدار نفوذ ۱۲۰۰ میلیتر
۴	مصر	۱۸۰۰-۲۲۰۰ میلیتر	
۵	ژاپن	۱۵۰۰-۲۵۰۰ میلیتر	دامنه وسیع نفوذ: بین صفر تا ۵۰ میلیتر در روز
۶	مالزی	۲۸۱۰ میلیتر	میزان تبخیر و تعرق ۱۵۷۰ میلیتر
۷	تگزاس آمریکا	۱۲۰۰ میلیتر	۷۵۹ میلیتر آبیاری و ۴۳۲ میلیتر بارندگی
۸	ایتالیا	۱۶۰۰ میلیتر	
۹	برزیل	۱۰۰۰ میلیتر	معادل ۸/۶ میلیتر در روز
۱۰	استرالیا	۱۵۰۰-۱۷۰۰ میلیتر	میزان تبخیر و تعرق ۱۲۰۰ میلیتر

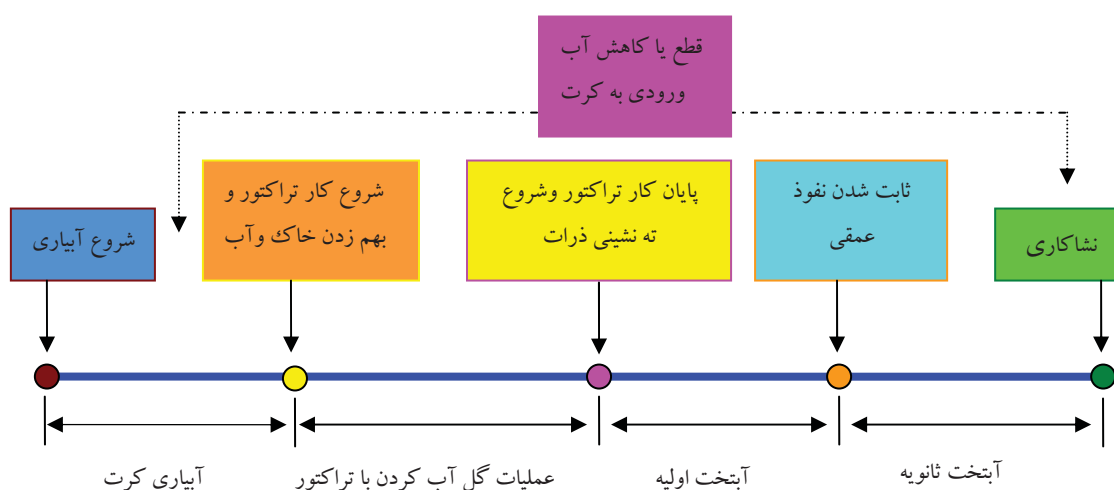
مقدار آب مورد نیاز جهت گل آب کردن (تا قبل از نشاکاری) اراضی شالیزاری در کشور ژاپن بسیار متغیر است. به گونه ای که در اراضی دارای سطح ایستابی بالا این کمیت بین ۸۰ تا ۱۲۰ میلیتر و در اراضی دارای سطح ایستابی پائین بین ۱۰۰ تا ۱۸۰ میلیتر در نوسان است. در حالی که در مطالعات امکان سنجی دشت هراز، مقدار آب مورد نیاز جهت اشباع نمودن لایه شخم (۳۰ سانتیمتر)، ۷۵ میلیتر، ارتفاع آب روی سطح زمین، ۵۰ میلیتر، مقدار نفوذ در ۳ روز اول، ۱۵ میلیتر (۵ میلیتر در روز) و در ۲۲ روز بعدی ۴۴ میلیتر (۲ میلیتر در روز)، میزان تبخیر و تعرق در مجموع ۲۵ روز، ۱۲۰ میلیتر محاسبه شد که مجموع این مقدار ۳۰۴ میلیتر می باشد. این محاسبات برای شرایط موجود (مدت زمان گل آب کردن ۲۵ روزه) انجام گرفت. چنانچه کل مدت زمان گل آب کردن به ۳ روز کاهش یابد، آب مورد نیاز ۱۵۵ میلیتر به دست می آید.

گل آب کردن: به عملیاتی اطلاق می گردد که در آن لایه شخم از آب اشباع شده و با به هم زدن خاک و آب به وسیله ادوات کشاورزی، ذرات متلاشی شده و به حالت روان در می آیند که در نتیجه آن بستر مناسب جهت نشاکاری آماده شده و تلفات آب به حداقل می رسد. دوره گل آب کردن، از آبیاری کرت تا قبل از شروع نشاکاری به طول می انجامد، و شامل آبیاری کرت، عملیات بهم زدن خاک و آب، پایان کار تراکتور یا تیلر که زمان شروع ته نشینی ذرات پراکنده شده است، قطع یا کاهش آب ورودی به کرت، آبتخت اولیه که از زمان شروع ته نشینی ذرات (خروج تراکتور یا تیلر از زمین) تا ثابت شدن نفوذ عمقی خاک ادامه دارد و آبتخت ثانویه می باشد. ممکن است بین شروع آبیاری و بهم زدن خاک و آب فاصله بیفتد که با

توجه به بالابودن نفوذ عمقی در این دوره، تلفات آبی زیادی را به همراه خواهد داشت. همچنین طولانی شدن آبتخت ثانویه باعث بالا رفتن مصرف آب در یک کرت می‌گردد.

فواید گل آب کردن عبارت است از: ۱- کاهش نفوذ عمقی ۲- نرم کردن لایه شخم جهت نشا یا کشت مستقیم آسان ۳- هموار نمودن سطح مزرعه ۴- کاهش رشد علف‌های هرز ۵- مخلوط شدن کود و خاک لایه شخم

حفظ آبتخت: پس از پایان عملیات بهم زدن خاک و آب و خروج ماشین از کرت آغاز شده و تا شروع نشاکاری طول می‌کشد. فاصله زمانی بین خروج ماشین از کرت و ثابت شدن نفوذ عمقی به عنوان آبتخت اولیه و از آن زمان تا قبل از نشاکاری به عنوان آبتخت ثانویه تعریف می‌گردد. ضمناً عمق مشخصی از آب بر روی سطح زمین حفظ می‌گردد تا از رشد علف‌های هرز جلوگیری کرده و خاک برای بستر نشاکاری آماده گردد.



شکل ۲- دیاگرام شماتیک عملیات مربوط به دوره گل آب کردن کرت شالیزار

نفوذ عمقی و نشت جانبی: نفوذ عمقی و نشت جانبی بخش قابل توجهی از آب مصرفی شالیزار را به خود اختصاص می‌دهد. نفوذ عمقی به آن قسمت از آب نفوذ یافته در خاک اطلاق می‌گردد که به صورت عمودی از سطح خاک به اعماق حرکت کرده و از منطقه توسعه ریشه گیاه خارج شده به آب‌های زیر زمینی می‌پیوندد. اما نشت جانبی بخشی از آب نفوذ یافته به داخل خاک است که حرکت افقی یا شعاعی داشته و از طریق مرز یا زهکش از داخل کرت خارج می‌گردد، که می‌توان در پائین دست مجدداً از آن استفاده نمود. هر دو پارامتر را به عنوان تلفات در نظر می‌گیرند، اما برای رشد برنج، یک حداقل نفوذ عمقی نیاز است تا بهترین عملکرد حاصل شود.

مطالعات انجام شده توسط ژاپنی‌ها و همکاران ایرانی در مطالعات امکان‌سنجی و همچنین کریمی و همکاران (۱۳۸۳) نشان می‌دهد که پیک مصرف آب در زمان گل‌آب کردن می‌باشد. گل‌آب کردن باعث

کاهش منافذ بزرگ خاک نظیر ترک‌های حاصل از خشک شدن و متلاشی‌کردن خاکدانه‌ها می‌گردد. تغییر میزان نفوذ عمقی بعد از عمل گل‌آب کردن به بافت خاک خصوصاً ذرات ریز خاک که با گل‌آب کردن پراکنده می‌شوند بستگی دارد. آداچی (۱۹۹۲) میزان تغییرات نفوذ عمقی را که از دبی زهکش‌ها اندازه‌گیری کرده بود مورد بررسی قرار داد (جدول ۲-).

جدول ۲- تغییرات میزان نفوذ (میلیمتر در روز) نسبت به زمان

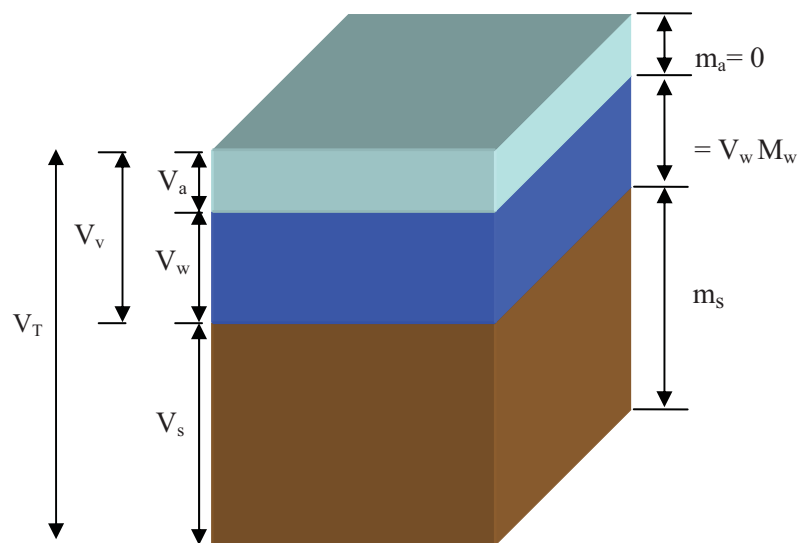
مزرعه			زمان
خاک لومی رسی	خاک رسی سبک	خاک رسی سنگین	
۵۷٫۱	۵۷٫۹	۵۲٫۳	قبل از گل‌آب کردن
۱۲	۴۳٫۴	۲۲٫۶	۵ ساعت بعد
۶٫۸	۳۸٫۵	۹٫۲	۲ روز بعد
۱۲٫۶ - ۸	-	۳٫۳	۴ روز بعد

مواد و روش‌ها

این تحقیق، در دوره زمانی عملیات گل‌آب کردن منطقه، بر روی کرت شالیزای یک هکتاری مرکز ترویج و توسعه تکنولوژی هراز انجام گرفت. این کرت دارای یک سازه ورودی آب بوده که با قرار دادن پارشال فلوم ۳ اینچی، مقدار آب ورودی به آن دقیقاً اندازه‌گیری شد. تمام خروجی‌ها و ورودیهایی دیگر آب موجود در مرزها (پشته‌ها) بسته شدند. با دو روش استفاده از نفوذ سنج مخروطی و وزن مخصوص ظاهری خاک عمق لایه شخم تعیین گردید.

با تعیین نسبت حجمی و وزنی عناصر اصلی تشکیل دهنده خاک (ذرات جامد خاک، آب و هوا)، می‌توان ارتفاع آب لازم برای اشباع کردن لایه شخم را به دست آورد. با به کار بردن حلقه‌های فلزی ۱۰۰ سانتیمتر مکعبی که در دسته نمونه گیر خاک قرار می‌گیرد، نمونه‌های دست نخورده‌ای از لایه‌های مختلف، در سطح مزرعه گرفته شد. با مشخص بودن حجم (۱۰۰ سانتیمتر مکعب) و به دست آوردن وزن مرطوب و خشک (پس از خشک شدن در آون الکتریکی) نمونه خاک و همچنین تعیین وزن مخصوص دانه‌ای یا حقیقی خاک (Gs) مورد نظر در آزمایشگاه، مقدار ارتفاع آب مورد نیاز برای اشباع کردن لایه شخم (به میلیمتر) به دست می‌آید.

با توجه به توضیحات ذکر شده در بالا و شکل (۳)، وزن ذرات جامد خاک (m_s) و آب موجود در خاک (m_w) از وزن نمونه مرطوب و تفاضل آن با نمونه خشک به دست می‌آید. حجم آب موجود در خاک (V_w) با وزن آن (m_w) برابر است. برای تعیین درصد هوای موجود در خاک (که نشان دهنده آب مورد نیاز برای اشباع نمودن خاک است) نیاز است تا با محاسبه وزن مخصوص دانه‌ای خاک، حجم ذرات جامد خاک تعیین و پس از آن، حجم هوا مشخص گردد.



شکل ۳- عناصر اصلی تشکیل‌دهنده خاک

روابط زیر برای محاسبه ارتفاع آب لازم جهت اشباع نمودن عمق مشخصی از خاک به کار می‌روند.

$$\rho_b(t) = \frac{M_t}{V_T} \quad (۱)$$

$$\rho_b(d) = \frac{M_S}{V_T} \quad (۲)$$

$$\theta_s(v) = n = \frac{V_V}{V_T} \quad (۳)$$

$$\theta_t(v) = n = \frac{V_w}{V_T} \quad (۴)$$

$$\theta_s(m) = \frac{V_V}{m_S} \quad (۵)$$

$$\theta_t(m) = \frac{m_w}{m_S} \quad (۶)$$

$$G_s = \frac{m_s}{V_s} \quad (۷)$$

$$V_v = V_T - \frac{m_s}{G_s} \quad (۸)$$

$$\rho_b(d) = \frac{\rho_b(t)}{1 + \theta_t(m)} \quad (۹)$$

$$\theta_s(v) = \theta_s(m) \times \rho_b(d) \quad (۱۰)$$

$$(\theta_s(v) - \theta_t(v)) \times D = d \longrightarrow (\theta_s(m) - \theta_t(m)) \times \rho_b(d) \times D = d \quad (۱۱)$$

n: تخلخل (درصد)

V_a : حجم هوای موجود در خاک (سانتیمتر مکعب)

V_s : حجم ذرات جامد خاک (سانتیمتر مکعب)

V_w : حجم آب موجود در خاک (سانتیمتر مکعب)

V_v : حجم خلل و فرج خاک (سانتیمتر مکعب)

V_T : حجم کل خاک (۱۰۰ سانتیمتر مکعب)

m_T : وزن کل خاک (گرم)

m_s : وزن ذرات جامد خاک (گرم)

m_w : وزن آب موجود در خاک (گرم)

m_a : وزن هوای موجود در خاک (گرم)

$\theta_s(v)$: رطوبت حجمی اشباع (%)

$\theta_s(m)$: رطوبت وزنی اشباع (%)

$\theta_t(v)$: رطوبت حجمی موجود (%)

$\theta_t(m)$: رطوبت وزنی موجود (%)

G_s : وزن مخصوص دانه ای خاک (بدون بعد)

$\rho_b(d)$: وزن مخصوص ظاهری خشک (گرم بر سانتیمتر مکعب)

$\rho_b(t)$: وزن مخصوص ظاهری مرطوب (گرم بر سانتیمتر مکعب)

D: عمق لایه شخم (میلیمتر)

d: عمق آب مورد نیاز برای اشباع نمودن لایه شخم (میلیمتر)

با بدست آمدن مقدار آب مورد نیاز جهت اشباع نمودن لایه شخم و تقسیم آن بر کل آب مصرف شده در زمان گل آب کردن (البته مقدار ارتفاع آب روی کرت در نظر گرفته نمی‌شود) راندمان گل آب کردن به دست می‌آید.

همچنین مقدار آب مصرفی و نفوذ عمقی در طول دوره رشد اندازه گیری شد.

بحث و نتیجه‌گیری

عمق لایه غیر قابل نفوذ با نفوذ سنج مخروطی^۱ (شکل (۴)) و تهیه نمونه‌های خاک دست نخورده اندازه گیری شد که میانگین آن ۲۵ سانتیمتر بوده است (شکل (۶) و شکل (۷)). با تهیه نمونه‌های خاک دست نخورده از عمق ۰ تا ۲۵ سانتیمتری و انتقال آن به آزمایشگاه پارامترهای دیگر اندازه گیری و محاسبه شد (جدول (۳)).

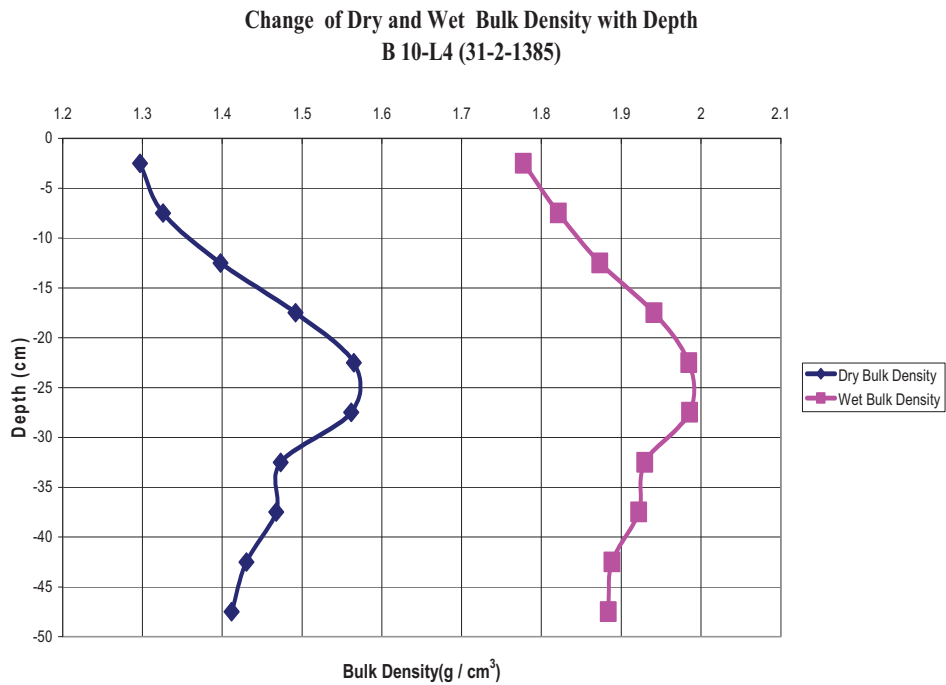
پارشال فلوم ثبات نصب شده در ورودی کرت، دبی ورودی را در دوره گل آب کردن به صورت تابعی از زمان رسم نموده که با انتقال آن به رایانه به صورت شکل (۸) در آمده است.



شکل ۴ - نفوذ سنج مخروطی (Cone Penetrometer)

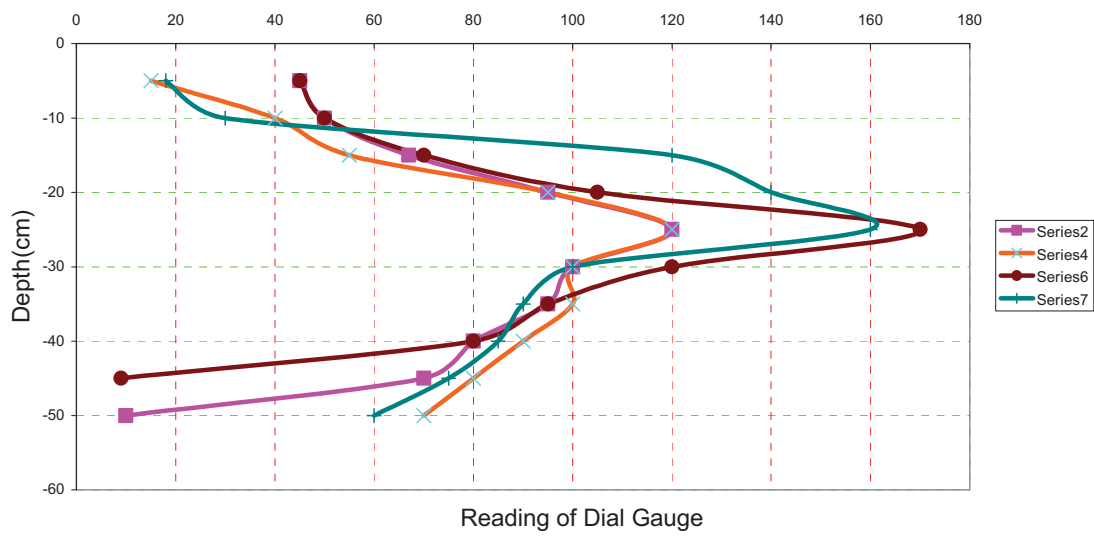


شکل ۵- پارشال فلوم نصب شده در ورودی کرت شالیزاری



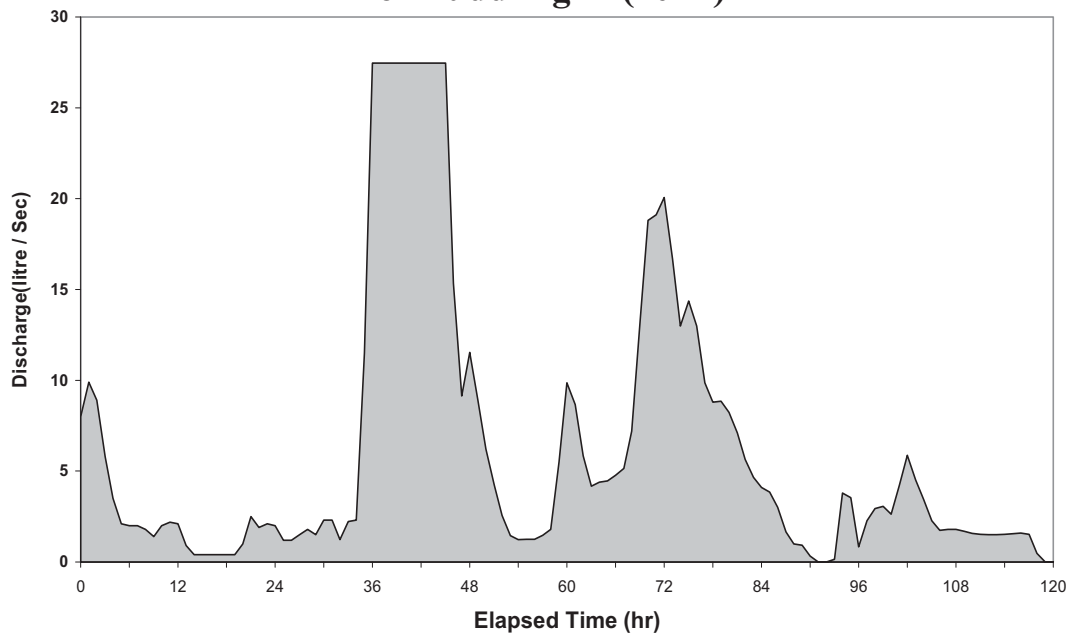
شکل ۶- تعیین لایه شخم با استفاده از وزن مخصوص ظاهری خاک

Dial Gauge type cone penetrometer



شکل ۷- تعیین لایه شخم با استفاده از نفوذ سنج مخروطی

Inlet Water Discharge - Time Curve For Puddling in (10- 4)



شکل ۸- هیدروگراف دبی ورودی به کرت در زمان گل آب کردن

جدول ۳- محاسبه آب مورد نیاز جهت اشباع نمودن لایه شخم

Sr	θs(m)	psub	psat	n	e	Gs	چگالی خشک	چگالی مرطوب	حجم سیلندر	درصد رطوبت وزنی	وزن آب	وزن نمونه خشک	وزن نمونه مرطوب	وزن نمونه خشک با ظرف و درپوش	وزن نمونه مرطوب با ظرف و درپوش	وزن ظرف با درپوش	عمق
۰۷۵	۵۰۰۵	۰۷۰	۱۷۰	۰۵۷	۱۳۲	۲۶۳	۱۱۴	۱۵۶	۱۰۰	۳۷۵	۴۲۶	۱۱۳۵	۱۵۶۲	۲۰۶۲۰	۲۴۸۸۳	۹۲۶۶	۰-۵
۰۹۳	۴۳۸۴	۰۷۶	۱۷۶	۰۵۴	۱۱۵	۲۶۳	۱۲۲	۱۷۳	۱۰۰	۴۰۵	۴۹۵	۱۲۲۲	۱۷۱۷	۲۲۲۱۲	۲۷۱۶۲	۹۹۹۶	۵-۱۰
۰۹۸	۳۸۸۴	۰۸۱	۱۸۱	۰۵۱	۱۰۲	۲۶۳	۱۳۰	۱۷۹	۱۰۰	۳۷۹	۴۹۴	۱۳۰۱	۱۷۹۵	۲۳۰۱۴	۲۷۹۵۱	۱۰۰۰۳	۱۰-۱۵
۱۰	۳۱۰۳	۰۹۰	۱۹۰	۰۴۵	۰۸۲	۲۶۳	۱۴۵	۱۹۰	۱۰۰	۳۱۲	۴۵۲	۱۴۴۸	۱۹۰۰	۲۳۷۸۳	۲۸۲۹۵	۹۲۹۱	۱۵-۲۰
۱۰	۲۸۱۹	۰۹۴	۱۹۴	۰۳۳	۰۷۴	۲۶۳	۱۵۱	۱۹۴	۱۰۰	۲۸۲	۴۲۶	۱۵۱۰	۱۹۳۶	۲۴۴۱۷	۲۸۶۷۴	۹۳۱۴	۲۰-۲۵
	۳۸۳۹						۱۳۲										میانه

رطوبت اشباع ۰/۳۸
 رطوبت موجود ۰/۳۲
 وزن مخصوص ظاهری خشک ۱/۳۲
 عمق شخم ۲۵۰
 آب مورد نیاز برای اشباع کردن لایه شخم ۱۹۸ (mm)
 عمق شخم ۲۵۰

نتایج بدست آمده از بررسی‌ها و اندازه‌گیری‌های مزرعه‌ای و آزمایشگاهی نشان می‌دهد که آب مورد نیاز جهت اشباع نمودن لایه شخم در حدود ۲۰ میلیمتر بوده در حالی که ۲۵۴ میلیمتر آب به کرت داده شده

است با احتساب ۵۰ میلیمتر ارتفاع آب روی کرت راندمان گل آب کردن برای این کرت در حدود ۱۰٪ بوده است. کل آب مصرف شده در داخل کرت ۹۲۶ میلیمتر بوده که با توجه به پایین بودن نفوذ عمقی (۲-۱ میلیمتر در روز) و نشت جانبی (با پلاستیک زدن مرزها، مقدار آن بسیار کم می‌شود) در صورتی که آبیاری غرقابی اعمال شود، تلفات آب بیشتر در زمان آماده سازی زمین اتفاق می‌افتد. لازم به ذکر است که در مدت زمان اندازه‌گیری، تمام بارندگی‌های اتفاق افتاده زیر ۳ میلیمتر و تنها در یک مورد، آنهم در زمان رشد برنج ۸ میلیمتر بوده است. در صورت طراحی مناسب ابعاد کرت، سازه ورودی آب، دبی ورودی، سرعت جریان آب سطحی روی کرت (وجود بقایای گیاهی) و به کارگیری به موقع ادوات کشاورزی و.... می‌توان راندمان گل آب کردن را به مقدار خیلی زیاد افزایش داد.

منابع

۱. نجفی، غ.، م. ر. باباتبار، و. کریمی و ف. غلامی. ۱۳۸۰، طراحی سیستم‌های آبیاری. مرکز توسعه منابع انسانی کشاورزی هراز. ۱۶۲ صفحه.
۲. کریمی، و.، ع. کیا و ف. غلامی. ۱۳۸۳. تاثیر مدت زمان گل آب کردن بر طراحی کانال‌های آبیاری در پروژه‌های یکپارچه سازی اراضی. اولین کارگاه آموزشی «مبانی طراحی در تجهیز و نوسازی اراضی شالیزاری». دانشگاه گیلان. رشت
3. Adachi, k., Effect of rice-soil puddling on water percolation. Trans. 14th Int.Cong.Soil Sci. vol.1: 146-151.
4. Japan International cooperation Agency, 1993. The feasibility study on the Irrigation and drainage development project in the Haraz River Basin. Appendixes (A , B), P: (B2-73)-(B2-79) and Main Report. P: (4-38) – (4-43).
5. JSIDRE, 1999. Advanced paddy field engineering. Shizan- Sha. Sci & Tech. P: 71-88.
6. Watanbe, T., 1995.Paddy Irrigation and Drainage System. In: T. Tabuchi and S. Hasegawa(Eds.). Paddy Fields in World. Japanese Society of Irrigation, Drainage and Reclamation Engineering, Tokyo: pp. 281-302.

دومین سمینار (راهکارهای بهبود و اصلاح سامانه‌های آبیاری سطحی)

۲ فرورداد ماه ۱۳۸۷

بررسی اثر پلیمر سوپرچاذب استاکوسورب بر فرآیند نفوذ

آب در آبیاری شیاری

علی اصغر منتظر^۱، محمدهادی نظری فر^۲

چکیده

استفاده از پلیمرهای سوپرچاذب از جمله راهکارهای افزایش بهره‌وری آب کشاورزی بوده که نه تنها شرایط بهبود عملکرد کیفی محصول را فراهم نموده، باعث افزایش قابل توجه کارایی مصرف آب نیز می‌گردد. هدف از انجام این تحقیق، بررسی تاثیر پلیمر سوپرچاذب استاکوسورب بر مقدار و روند تغییرات ضرایب معادله نفوذ کوستیاکوف- لوییز در آبیاری شیاری می‌باشد. آزمایش در قالب آزمون فاکتوریل با طرح بلوک تصادفی با استفاده از چهار سطح ترکیبی پلیمر سوپرچاذب استاکوسورب با خاک به عنوان تیمار اصلی و برای دو میزان شدت جریان به عنوان تیمار فرعی با سه تکرار انجام گرفت. تیمارهای مربوط به مقدار پلیمر افزوده شده به خاک عبارت بودند از ۰، ۵، ۷ و ۹ گرم پلیمر در متر مربع در عمق ۲۵ سانتی متر خاک و مقادیر شدت جریان معادل ۰/۵ و ۰/۷۰ لیتر بر ثانیه در نظر گرفته شد. آزمایش در طول ۴ آبیاری انجام شد. نتایج تجزیه واریانس تاثیر پلیمر سوپرچاذب بر مقدار نفوذ تجمعی نشان داد که تکرارهای آزمایش اختلاف معنی داری ندارند و کلیه فاکتورها اعم از شدت جریان شیاری، تیمار مقدار پلیمر اضافه شده به خاک، اثر متقابل شدت جریان و تیمار مقدار پلیمر اضافه شده به خاک در سطح ۱ درصد معنی دار هستند. در این رابطه با افزایش مقدار پلیمر ترکیبی به خاک، نفوذ تجمعی افزایش یافت. مقدار نفوذ تجمعی در تیماری که دارای ۹ گرم در متر مربع در عمق ۲۵ سانتی متر خاک پلیمر، طول ۹۰ متر و شدت جریان ۰/۵۰ لیتر بر ثانیه بود نسبت به تیمار شاهد آن حدود ۶۷ درصد افزایش نشان داد. همچنین کاهش شدت جریان باعث افزایش نفوذ تجمعی شیاری می‌گردد.

واژه‌های کلیدی: آبیاری شیاری، پلیمر سوپرچاذب استاکوسورب، مدل کوستیاکوف- لوییز، نفوذ

۱- استادیار گروه مهندسی آبیاری و زهکشی پردیس ابوریحان دانشگاه تهران

۲- کارشناس گروه مهندسی آبیاری و زهکشی پردیس ابوریحان دانشگاه تهران

۱- مقدمه

بهبود کارایی مصرف و استفاده بهینه از منابع آب به عنوان یکی از محورهای اصلی کشاورزی پایدار در مناطق خشک و نیمه خشک مطرح می‌باشد. اختلاط برخی مواد افزودنی نظیر بقایای گیاهی، کود دامی، کمپوست و مواد پلیمری سوپرجاذب (Super absorption polymer-SAP) می‌توانند مقادیر متفاوتی آب را در خود ذخیره نموده و قابلیت نگهداری آب خاک را افزایش دهد. ترکیب این مواد با خاک، خصوصیات فیزیکی شیمیایی خاک و به تعبیری پارامترهای طراحی و مدیریتی آبیاری را متاثر نموده و امکان افزایش بهره‌وری مصرف آب را فراهم می‌نماید.

کاربرد مواد جاذب رطوبت در کشورهای آمریکا، آلمان، استرالیا و ژاپن دارای قدمت زیادی است. شروع تحقیقات علمی بر روی این مواد به دهه ۱۹۸۰ میلادی بر می‌گردد. پس از شناخت تاثیر سوپرجاذبها روی خصوصیات خاک و رشد گیاهان، تولید تجاری و انبوه آن از اواخر دهه ۱۹۸۰ و اوایل دهه ۱۹۹۰ آغاز گردید و حدود سال ۲۰۰۰ میلادی اغلب کشورها بخصوص مناطق خشکی نظیر آفریقا، آمریکای جنوبی، خاورمیانه و برخی مناطق خاور دور نسبت به آن شناخت بیشتری پیدا نمودند. در کشاورزی از سوپرجاذبها به عنوان یک ماده افزودنی به خاک به منظور مخزن عناصر غذایی، در تولید گیاهان دارویی (۷) و نیز به عنوان ابر ذخیره کننده آب در خاک و کاهش اثرات سوء تنش خشکی استفاده می‌شود.

شرفا تاثیر مواد سوپرجاذب را بر تخلخل، ظرفیت نگهداری و آبگذری دو نوع خام ریز دانه و درشت دانه مورد آزمون قرار داد (۲). کریمی اثر ماده پلیمری ایگیتا را بر روی خصوصیات فیزیکی خاک و رشد گیاه بررسی کرده و به این نتیجه رسید که کاربرد این ماده باعث افزایش تخلخل خاک و افزایش ظرفیت نگهداری رطوبت و آب قابل استفاده می‌گردد (۴). نتایج حاصل از بررسی تغییرات رطوبت خاک با زمان در خاک‌های مختلف نشان داد که با گذشت زمان، قابلیت حفظ رطوبت در خاک لوم شنی از خاک لومی بیشتر می‌شود (۶). گنجی خرمدل تاثیر پلیمر جاذب رطوبت PR300SA را بر روی برخی خصوصیات فیزیکی بستر کشت (ظرفیت نگهداری آب، تخلخل و ضریب آبگذری) مورد بررسی قرار داد (۵). نتایج این تحقیق نشان داد که میزان استفاده از پلیمر بر میزان افزایش تخلخل خاک تاثیر چندانی ندارد. کوپایی و سهراب مطالعه ای را به منظور تعیین مناسب ترین میزان سطح استفاده ماده جاذب رطوبت Super AB A100 با هدف افزایش راندمان آبیاری به شیوه طولانی کردن فواصل آبیاری و استفاده بهینه از آب در مناطق خشک انجام دادند (۳). نتایج این تحقیق نشان داد که کاربرد هیدروژل در سطوح ۲ تا ۸ کیلو گرم در خاک، میزان رطوبت قابل استفاده خاک را ۱ تا ۲/۶ برابر تیمار شاهد افزایش داد. پینر تحقیقی بر روی احتمال افزایش دور آبیاری در درختان میوه با کمک پلی آکریل آمید ژله‌ای انجام داد (۱۲).

سیلبربوش و همکاران از یک پلی آکرید آمیل (Polyacrylamide-PAM) جاذب رطوبت برای افزایش ظرفیت نگهداری آب در شن‌های روان استفاده نمودند (۱۱). نتایج کاربرد این پلیمر باعث امکان پذیری

جایگزینی اجرای یک سیستم آبیاری قطره‌ای پر خرج با یک سیستم معمولی آبیاری بارانی گردید. لیتنز و سوچکا از این مواد پلیمری برای کنترل فرسایش و نفوذ آبیاری شیاری استفاده کردند (۱۰). در تحقیقی که زیرهان و همکاران بر روی پلیمرهای پلی آکریل امید انجام دادند، ضرایب هدایت هیدرولیکی نمونه‌هایی از خاک که دارای درصد سدیم قابل تبادل کمتر از ۱۵ بود، افزایش نشان داد ولی نمونه‌هایی که ESP بزرگتر از ۱۵ داشتند تغییرات معنی داری نشان نداد (۱۴).

لیتنز و همکاران پیشنهاد کردند که به دلیل وقوع فرسایش در سطوح شیاریها، فقط محیط خیس شده شیاری نیاز به کنترل دارد (۹). بنابراین به منظور کنترل تلفات خاک و فرسایش در شیاریها، آب آبیاری با غلظت کم مورد نیاز می‌باشد. بر اساس این پیشنهاد، در کاربرد PAM با آب آبیاری، مقدار این ماده نسبت به کاربرد آن به صورت پخش در سطح مزرعه و مخلوط نمودن با خاک سطحی به مقدار قابل توجهی کاهش می‌یابد. آنها ابراز کردند که مقدار ۵ تا ۱۰ میلی گرم بر لیتر PAM در آب آبیاری، میزان تلفات خاک در شیاری را حدود ۷۰ تا ۹۹ درصد کاهش می‌دهد. لیتنز و سوچکا گزارش کردند که به کارگیری PAM به مقدار ۰/۷ کیلو گرم، فرسایش را به طور متوسط ۹۴ درصد کاهش داده و مقدار نفوذ را به طور متوسط ۱۵ درصد افزایش می‌دهد (۱۰). سهرابی و همکاران در تحقیقی که به منظور بررسی اثر PAM بر تلفات خاک و نفوذ آب در خاک در روش آبیاری شیاری انجام دادند به این نتیجه رسیدند که با ترکیب PAM به مقدار ۱۰ ppm با آب آبیاری، میزان تلفات خاک حدود ۷۸ درصد کاهش و مقدار نفوذ کل در شیاری حدود ۴۶ درصد افزایش می‌یابد (۱).

از آنجا که نفوذ مهمترین پارامتر موثر بر الگوی توزیع آب و به بیانی عملکرد سیستم‌های آبیاری سطحی و از جمله آبیاری جویچه‌ای است، بدون تردید مطالعه این پارامتر در خاک‌های ترکیب شده با مواد پلیمری سوپرجاذب که با هدف بهبود کارایی مصرف آب مورد استفاده قرار می‌گیرند، یک ضرورت تحقیقاتی است. هدف اصلی این تحقیق، بررسی تاثیر افزایش پلیمر سوپرجاذب استاکوسورب به خاک بر ضرایب معادله نفوذ کوستیاکوف- لوییز در روش آبیاری شیاری به ازای شدت جریان‌های مختلف است. پلیمر استاکوسورب از پلی اکریلات پتاسیم و کوپلیمر اکریلیک اسید ساخته شده که دارای ظرفیت بالایی در جذب و نگهداری آب می‌باشد. این سوپرجاذب از نظر اسیدیته (PH) خنثی بوده و از اینرو در کاربردهای متوالی هیچگونه تغییری در اسیدیته خاک بوجود نمی‌آورد. ارزیابی تاثیر افزایش این پلیمر به خاک در آبیاری‌های متفاوت نیز هدف دیگر این تحقیق می‌باشد.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- اندازه‌گیری‌های صحرائی

این تحقیق در دو پلات آزمایشی از مزرعه آموزشی پردیس ابوریحان دانشگاه تهران واقع در شهرستان پاکدشت در شرایط بدون کشت انجام گردید. سطح مزرعه مسطح و دارای شیب یکنواخت ۰/۸ درصد بود. بافت خاک مزرعه لومی، اسیدیته خاک بین ۷/۵ تا ۷/۸، نسبت جذب سدیم (SAR) بین ۰/۷۳ تا ۰/۸۹ و هدایت الکتریکی (EC_e) بین ۰/۷ تا ۰/۹ دسی زیمنس بر متر متغیر بود. به منظور انجام آزمایش، ۲ پلات (پلات I و II) در مجاورت یکدیگر ابتدا شخم و سپس دیسک زده شده و ماله کشی گردید. ابعاد هریک از پلات‌های I و II بترتیب معادل ۶۰ متر طول و ۲۵ متر عرض و ۹۰ متر طول و ۲۵ متر عرض در نظر گرفته شده و در هر یک از آنها جویچه‌هایی به عرض ۷۵ سانتی متر ایجاد گردید. به منظور حذف اثر حاشیه ای در هر یک از پلات‌های آزمایشی، اندازه‌گیری‌ها در دو شیار مابین دو پلات انجام گردید. در هر یک از پلات‌های I و II، آزمایش در قالب آزمون فاکتوریل با طرح بلوک تصادفی با استفاده از چهار سطح ترکیبی پلیمر سوپرجاذب استاکوسورب با خاک (شاهد بدون افزایش ماده پلیمر و افزایش مقدار ۵، ۷ و ۹ گرم در متر مربع در عمق ۲۵ سانتی متر خاک) به عنوان تیمار اصلی و برای دو میزان شدت جریان ۰/۵ و ۰/۷۰ لیتر بر ثانیه به عنوان تیمار فرعی با سه تکرار انجام گرفت. افزودن پلیمر به خاک با دستگاه بذر پاش انجام گردید. آزمایش برای چهار نوبت آبیاری انجام شد. انتخاب شدت جریان بر اساس حد بالای شدت جریان غیر فرسایشی شیار که ۰/۷۵ لیتر بر ثانیه برآورد گردید، صورت گرفت. در جدول (۱) خلاصه‌ای از مشخصات تیمارهای آزمایشی ارائه شده است. تیمارهای T4-T1 و T4'-T1' مربوط به پلات با طول ۶۰ متر بوده که در تیمارهای T-TT و T'-TT' بترتیب شدت جریان ورودی شیار ۰/۷۰ و ۰/۵ لیتر در ثانیه بوده است. طول شیار در تیمارهای TT4-TT1 و TT4'-TT1' نیز ۹۰ متر در نظر گرفته شد.

به منظور ارزیابی پارامترهای هیدرولیکی آبیاری شیارها از روش اندازه‌گیری شدت جریان ورودی-خروجی استفاده گردید. اندازه‌گیری شدت جریان ورودی و خروجی شیارها به کمک فلوم‌های WSC تیپ ۱ و ۲ انجام شد. نهر بالاسری شیارها، یک کانال خاکی دارای شیب طولی صفر بوده که بستر آن با پلاستیک عایق بندی شده بود. آبیگری توسط لوله‌های پلیکا که در جداره کانال بالاسری تعبیه گردیده بود، انجام شد. با نصب میخ‌های چوبی در طول جویچه با فواصل ۲ متری و اندازه‌گیری زمان پیشروی، منحنی‌های پیشروی اندازه‌گیری شد. انجام آزمایش در هر شیار براساس پایش رطوبت در طول جویچه‌ها و در رطوبت مشخص و ثابتی در طول آزمایش صورت پذیرفت. شمای پلاتهای آزمایشی و سیستم توزیع آب آن در شکل (۱) ارائه شده است.

۲-۲- معادلات مورد استفاده

در این تحقیق از معادله کوستیاکوف-لوویز که یکی از مهمترین مدل‌های تجربی برآورد نفوذ است، استفاده گردید. شکل عمومی این معادله به صورت زیر نمایش داده می‌شود:

$$Z = kt^a + f_0 t \quad (1)$$

که در آن Z مقدار نفوذ تجمعی، t فرصت نفوذ، k ، a ضرایب ثابت تجربی معادله نفوذ و f_0 سرعت نفوذ نهایی خاک می‌باشد.

به منظور برآورد ضرایب ثابت معادله نفوذ از روش دو نقطه ای الیوت و واکر (۸) استفاده شد. در این روش بر اساس رابطه توانی بین فاصله و زمان پیشروی آب در شیار ($x=pt^r$) معادله عمومی زیر برای محاسبه ضرایب ثابت به صورت زیر می‌باشد:

$$qt_x = \sigma_y A_0 x + \sigma_z kt_x^a + \frac{f_0 t_x x}{1+r} \quad (2)$$

که در آن qt_x حجم متوسط آب نفوذ یافته در واحد طول در زمان t ، σ_z فاکتور شکل تحت الارضی، A_0 سطح مقطع جریان در مقطع ابتدای شیار و r ثابت توانی معادله پیشروی است. روابط برآورد σ_z ، a و k به صورت زیر می‌باشد:

$$\sigma_z = \frac{(1+a) + r(1-a)}{(1+a)(1+r)} \quad (3)$$

$$k = \frac{V_l}{\sigma_z t_l^a} \quad (4)$$

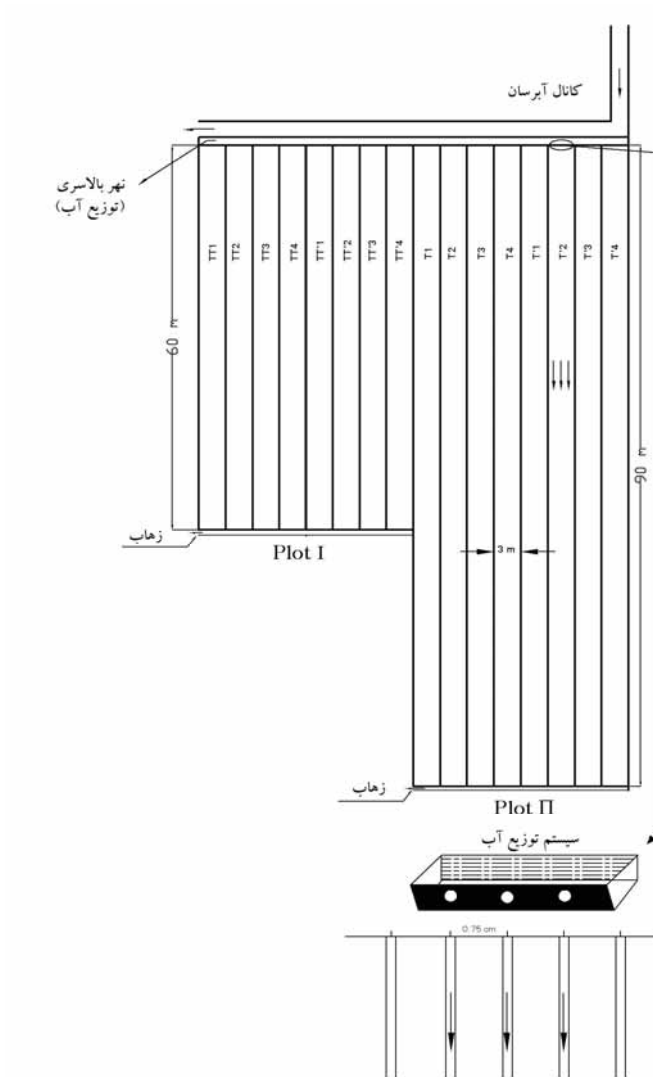
$$V_l = \frac{Q_0 t_l}{L} - \sigma_y A_0 - \frac{f_0 t_l}{1+r} \quad (5)$$

$$V_{l/2} = \frac{2Q_0 t_{l/2}}{L} - \sigma_y A_0 - \frac{f_0 t_{l/2}}{1+r} \quad (6)$$

در روابط فوق T_l زمان پیشروی در فاصله l ، $T_{l/2}$ زمان پیشروی در طول $l/2$ حجم جریان در شیار در فاصله l ، $V_{l/2}$ حجم جریان در شیار در فاصله $l/2$ و Q_0 شدت جریان ورودی به شیار می‌باشد. σ_y فاکتور شکل پروفیل جریان سطحی بوده که بین ۰/۵ و ۱ متغیر است. در این تحقیق مقدار آن ۰/۸ در نظر گرفته شد (۱۲).

جدول (۱) خلاصه مشخصات تیمارهای آزمایشی

II								I								پلات آزمایشی
TT4'	TT4	TT3'	TT3	TT2'	TT2	TT1'	TT1	T4'	T4	T3'	T3	T2'	T2	T1'	T1	تیمار
۴۶-۴۸	۲۲-۲۴	۴۲-۴۵	۱۹-۲۱	۴۰-۴۲	۱۶-۱۸	۳۷-۳۹	۱۲-۱۵	۳۴-۳۶	۱۰-۱۲	۳۱-۳۳	۷-۹	۲۸-۳۰	۴-۶	۲۵-۲۷	۱-۳	شماره شیار
۹۰								۶۰								طول شیار (متر)
۰/۵۰	۰/۷۰	۰/۵۰	۰/۷۰	۰/۵۰	۰/۷۰	۰/۵۰	۰/۷۰	۰/۵۰	۰/۷۰	۰/۵۰	۰/۷۰	۰/۵۰	۰/۷۰	۰/۵۰	۰/۷۰	شدت جریان (لیتر در ثانیه)
۹		۷		۵		۰		۹		۷		۵		۰		مقدار پلیمر استاکوسورب ترکیبی با خاک (گرم در متر مربع در عمق ۲۵ سانتی متر خاک)



شکل (۱) شمای قطعات آزمایشی و سیستم توزیع آب

به منظور برآورد f_o نیز از رابطه زیر استفاده گردید:

$$f_o = \frac{Q_{in} - Q_{out}}{L} \quad (7)$$

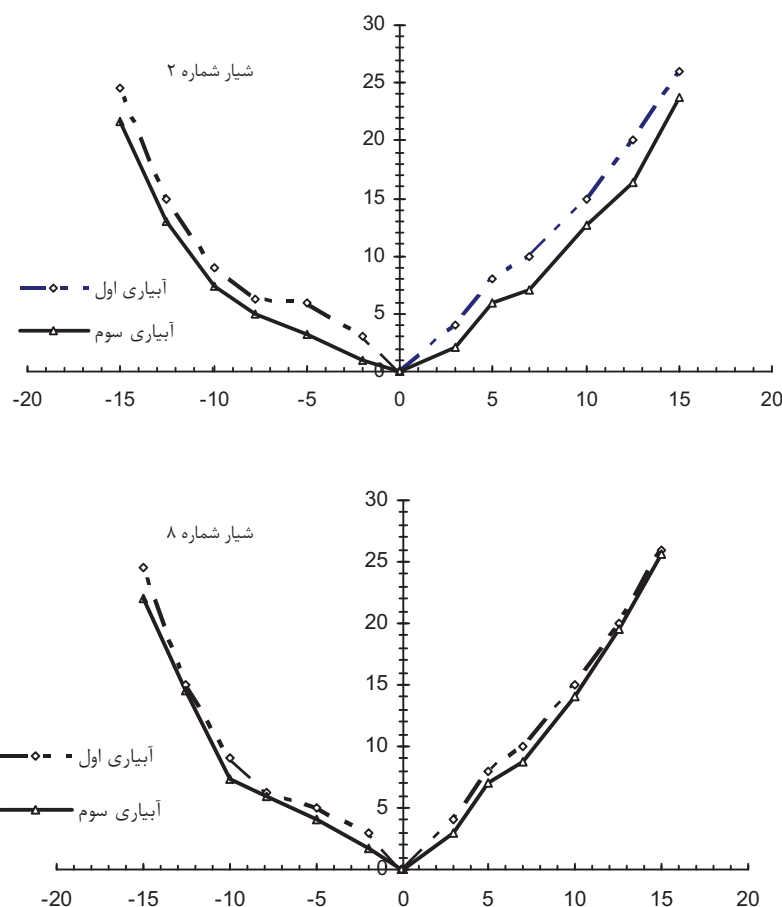
در رابطه فوق، پارامترهای Q_{in} ، Q_{out} و L بترتیب شدت جریان ورودی، شدت جریان خروجی و طول شیار می باشد.

۳- نتایج و بحث

۳-۱- پارامترهای هندسی و هیدرولیکی شیاریها

سطح مقطع (میانگین سه مقطع ابتدا، میانی و انتها) شیاریهای شماره ۲ و ۸ بترتیب مربوط به تیمار T1 و T3 (به ازای شدت جریان ۰/۷۰ لیتر بر ثانیه) برای دو حالت پس از اولین آبیاری و سومین آبیاری در شکل (۲) ارائه شده است. همانطور که در شکل نیز مشاهده می شود، در شیار شماره ۲ بطور نسبی مقدار فرسایش و رسوب گذاری در مقطع شیار پس از اولین آبیاری و آبیاری سوم بیشتر از شیار شماره ۸ بوده است. با توجه به اینکه شدت جریان ورودی کمتر از شدت جریان آستانه فرسایش شیار بوده، مقدار فرسایش و رسوبگذاری نسبتاً زیاد نمی باشد. مقایسه سطح مقطع شیار شماره ۸ پس از آبیاری اول و سوم بیانگر آن است که مقدار فرسایش در طول سه آبیاری برای این تیمار (۷ گرم در متر مربع در عمق ۲۵ سانتی متر خاک) قابل ملاحظه نمی باشد. علت بروز چنین شرایطی را می توان در ویژگی پلیمر سوپرجاذب جستجو نمود. نتایج نشان می دهد که با افزایش مقدار پلیمر مورد استفاده، شرایط پایداری بستر شیار بهبود می یابد. پلیمر استاکوسورب با افزایش ظرفیت نگهداری آب خاک و ایجاد چسبندگی بین خاکدانه ها، باعث کاهش فرسایش سطحی بستر شیار می گردد.

هیدروگرافهای جریان ورودی-خروجی شیاریهای شماره ۹ و ۳۲ مربوط به تیمار T3 و T3' در شکل (۳) نشان داده شده است. نتایج نشان می دهد که تنظیم جریان ورودی به شکل مناسبی انجام گرفته است بطوری که تغییرات زیادی در طول مدت زمان آبیاری در شدت جریان ورودی مشاهده نمی شود. همانطور که در شکل نیز دیده می شود با توجه به کوتاه بودن طول شیاریها، مقدار شدت جریان و مدت زمان آبیاری، نسبت حجم جریان رواناب به حجم جریان ورودی به شیار قابل توجه است. این نسبت برای تیمار T1 بیشترین مقدار را در بین تیمارهای مورد مطالعه داشته است (حدود ۰/۷۰). نسبت مذکور برای تیمار T4' که در آن شدت جریان ۰/۵۰ لیتر در ثانیه، طول شیار ۹۰ متر و مقدار پلیمر سوپرجاذب فزودنی به خاک بیشترین مقدار را داشته است، بین تیمارهای مورد مطالعه کمترین مقدار را به خود اختصاص داده است (حدود ۰/۳۸). بررسی نتایج نشان می دهد که تغییرات شدت جریان ورودی در مدت آبیاری در تیمارها و شیاریهای مختلف، متفاوت است (دامنه ضریب تغییرات شدت جریان در آزمایشات بین ۰/۰۵۵ و ۰/۱۷ بود). بیشترین تغییرات در تیمار T1' در آبیاری شماره ۴ بوقوع پیوست.

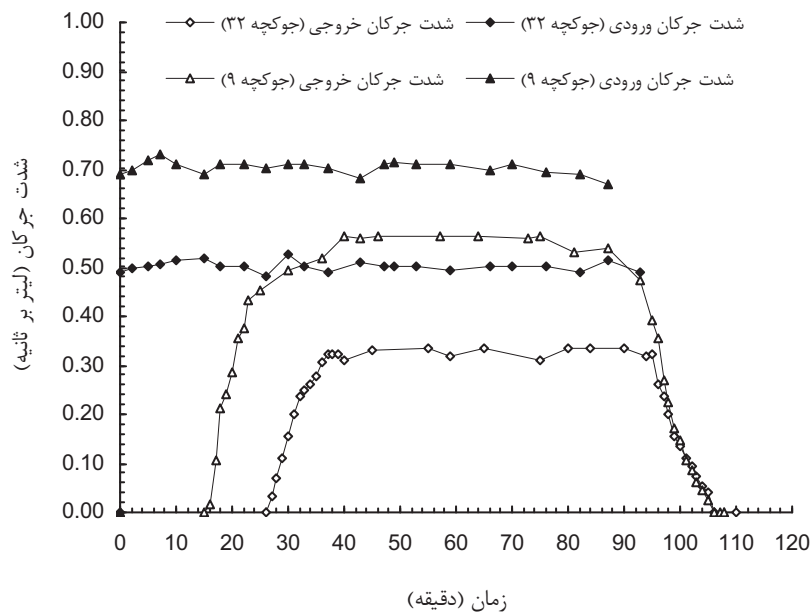


شکل (۲) مقایسه سطح مقطع شیار پس از آبیاری اول و آبیاری سوم
(شیار شماره ۲ و ۸ مربوط به تیمارهای T1 و T3)

۳-۲- ارزیابی ضرایب معادله نفوذ

مقادیر پارامترهای نفوذ a و k برای هر یک از تیمارها در آبیاریهای متفاوت با استفاده از روابط ۳ تا ۶ محاسبه گردید. شدت نفوذ پذیری نهایی خاک نیز با استفاده از اختلاف منحنی‌های جریان ورودی و خروجی (رابطه ۷) محاسبه گردید. نتایج برای تیمارهای T و T' در جدول (۲) ارائه شده است. مقایسه مقادیر نفوذپذیری نهایی و پارامترهای نفوذ کوستیاکوف- لوییز تیمارهای مختلف بیانگر تاثیر مقدار ماده سوپرجاذب بر خصوصیات نفوذ در شیارها می‌باشد. در این رابطه با افزایش درصد اختلاط ماده سوپرجاذب با خاک، مقدار نفوذپذیری نهایی خاک افزایش می‌یابد. نتایج نشان می‌دهد که مقادیر میانگین پارامترهای نفوذ در آبیاری آخر نسبت به اولین آبیاری بیشترین تفاوت را دارند. به عنوان مثال در

تیمار T4 مقادیر f_0 در آبیاری اول معادل $0.000217 m^3/(min m)$ بوده که در آبیاری آخر به $0.000231 m^3/(min m)$ افزایش یافته است. در این رابطه تغییرات پارامترهای a و k نیز از همین روند تبعیت می‌کند. نتایج بیانگر آن است که مقدار این ضرایب با کاهش شدت جریان ورودی به شیار افزایش می‌یابد. برای مثال در تیمار T4' مقادیر f_0 ، a و k در آبیاری شماره ۱ به ترتیب معادل 0.000269 ، 0.00079 و 0.288 و در آبیاری شماره ۴ معادل 0.000291 ، 0.00088 و 0.345 برآورد شدند. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که افزایش طول شیار باعث افزایش نسبی این ضرایب می‌گردد.



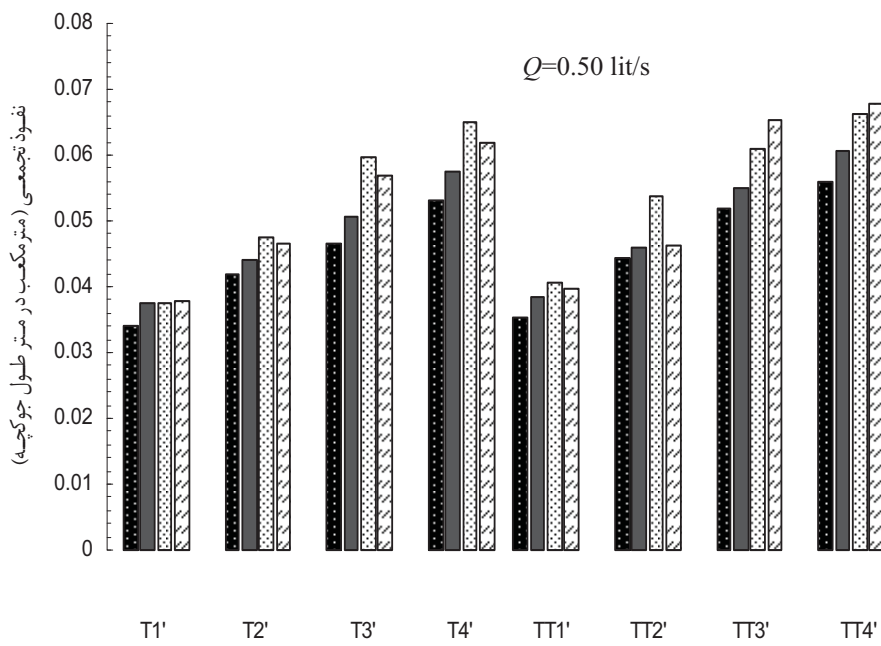
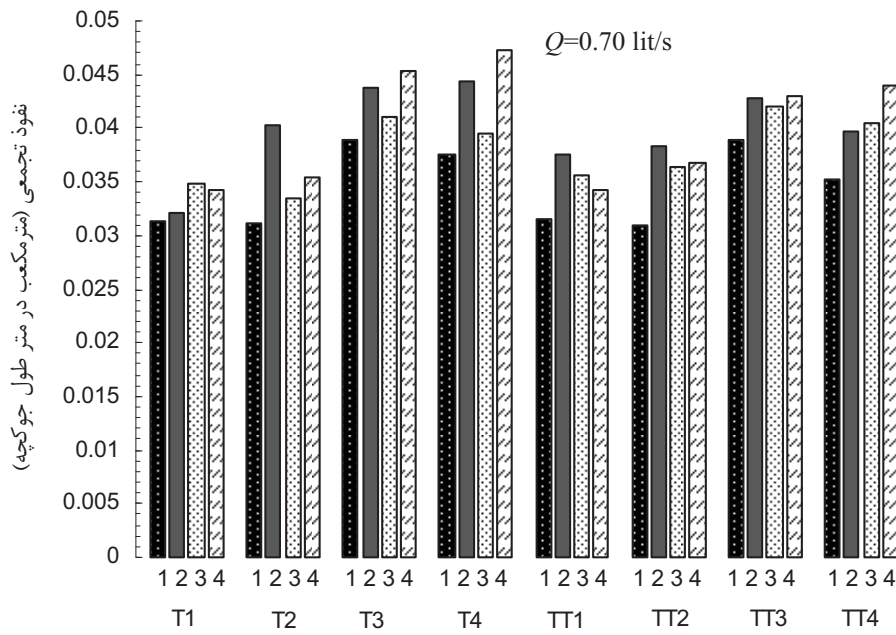
شکل (۳) هیدروگراف‌های جریان ورودی-خروجی (شیار شماره ۹ و ۳۲ مربوط به تیمار T3 و T3')

شکل (۴) تغییرات میانگین نفوذ جمعی شیارهای هر یک از تیمارهای آزمایشی را در آبیاری‌های مختلف نشان می‌دهد. در این شکل محور افقی تیمار و شماره آبیاری را نشان داده و محور قائم بیانگر مقدار نفوذ جمعی در واحد طول شیار می‌باشد. مقایسه مقادیر نفوذ جمعی تیمارهای مختلف نشان می‌دهد که مقدار نفوذ با افزایش میزان اختلاط پلیمر سوپرجاذب استاکوسورب افزایش می‌یابد. این افزایش در آبیاری‌های پس از آبیاری اول به دلیل فراهم آمدن شرایط لازم جهت بروز بهتر و بیشتر ویژگی‌های این پلیمر بارزتر می‌باشد. همچنین با کاهش شدت جریان، مقدار نفوذ جمعی افزایش چشمگیری داشته بطوری که در تیمار T4' مقدار نفوذ نسبت به تیمار شاهد TT1 حدود ۶۷ درصد افزایش نشان می‌دهد. نتایج تجزیه واریانس تاثیر پلیمر سوپرجاذب بر مقدار نفوذ جمعی شیار نشان می‌دهد که تکرارهای آزمایش اختلاف معنی‌داری ندارند و کلیه فاکتورها اعم از شدت جریان شیار، تیمار مقدار پلیمر اضافه شده به خاک، اثر متقابل شدت

جریان و تیمار مقدار پلیمر اضافه شده به خاک و اشتباه کل آزمایش‌ها در سطح ۱ درصد معنی دار هستند. در مقایسه میانگین اثر تیمار مقدار پلیمر بر نفوذ تجمعی به روش دانکن نشان داد که هر چه مقدار پلیمر ترکیبی به خاک افزایش یابد، میزان نفوذ تجمعی در شیار بیشتر می‌شود. مقایسه اثر متقابل میانگین شدت جریان نشان می‌دهد که هر چه مقدار پلیمر ترکیبی با خاک بیشتر شود و شدت جریان کمتر گردد مقدار کمی نفوذ تجمعی افزایش می‌یابد.

جدول (۲) پارامترهای معادله نفوذ کوستیاکوف- لوییز برای تیمارهای T و T' در آبیاری‌های مختلف

تیمار		T1	T2	T3	T4	T1'	T2'	T3'	T4'
میانگین	$f_0(m^3/(min \cdot m))$	۰/۰۰۰۱۹۵	۰/۰۰۰۲۱۵	۰/۰۰۰۲۱۵	۰/۰۰۰۲۲۵	۰/۰۰۰۲۰۲	۰/۰۰۰۲۳۷	۰/۰۰۰۲۶۲	۰/۰۰۰۲۷۷
	$k(m^3/(min^a \cdot m))$	۰/۰۰۰۵۱۷	۰/۰۰۰۴۸۵	۰/۰۰۰۵۶	۰/۰۰۰۶۰	۰/۰۰۰۵۹	۰/۰۰۰۷۰	۰/۰۰۰۷۷	۰/۰۰۰۸۵
	a	۰/۲۴۴	۰/۲۶۴	۰/۲۹۱	۰/۲۹۰	۰/۲۵۵	۰/۲۷۷	۰/۳۰۳	۰/۳۱۴
۱	$f_0(m^3/(min \cdot m))$	۰/۰۰۰۱۸۱	۰/۰۰۰۱۸۷	۰/۰۰۰۱۹۴	۰/۰۰۰۲۱۷	۰/۰۰۰۱۹۲	۰/۰۰۰۲۱۲	۰/۰۰۰۲۴۷	۰/۰۰۰۲۶۹
	$k(m^3/(min^a \cdot m))$	۰/۰۰۰۵۳	۰/۰۰۰۴۷	۰/۰۰۰۵۵	۰/۰۰۰۵۷	۰/۰۰۰۵۷	۰/۰۰۰۶۹	۰/۰۰۰۷۲	۰/۰۰۰۷۹
	a	۰/۲۳۲	۰/۲۴۸	۰/۲۸۸	۰/۲۷۲	۰/۲۴۲	۰/۲۶۸	۰/۲۷۲	۰/۲۸۸
۲	$f_0(m^3/(min \cdot m))$	۰/۰۰۰۱۹۳	۰/۰۰۰۲۲۳	۰/۰۰۰۲۲۳	۰/۰۰۰۲۱۱	۰/۰۰۰۲۱۳	۰/۰۰۰۲۴۱	۰/۰۰۰۲۶۶	۰/۰۰۰۲۸۹
	$k(m^3/(min^a \cdot m))$	۰/۰۰۰۵۱	۰/۰۰۰۴۲	۰/۰۰۰۶۲	۰/۰۰۰۶۸	۰/۰۰۰۵۸	۰/۰۰۰۶۶	۰/۰۰۰۷۳	۰/۰۰۰۸۳
	a	۰/۲۳۶	۰/۲۶۳	۰/۲۶۳	۰/۲۸۸	۰/۲۵۸	۰/۲۷۱	۰/۲۸۹	۰/۲۹۶
آبیاری	$f_0(m^3/(min \cdot m))$	۰/۰۰۰۲۱۷	۰/۰۰۰۲۲۶	۰/۰۰۰۲۳۵	۰/۰۰۰۲۳۱	۰/۰۰۰۲۱۶	۰/۰۰۰۲۴۹	۰/۰۰۰۲۵۹	۰/۰۰۰۲۶۱
	$k(m^3/(min^a \cdot m))$	۰/۰۰۰۵۲	۰/۰۰۰۶۲	۰/۰۰۰۵۴	۰/۰۰۰۵۹	۰/۰۰۰۶۱	۰/۰۰۰۷۲	۰/۰۰۰۸۳	۰/۰۰۰۹۰
	a	۰/۲۳۹	۰/۲۶۱	۰/۲۷۲	۰/۲۷۵	۰/۲۴۱	۰/۲۷۹	۰/۳۱۸	۰/۳۲۷
شماره	$f_0(m^3/(min \cdot m))$	۰/۰۰۰۱۸۹	۰/۰۰۰۲۲۴	۰/۰۰۰۲۱۱	۰/۰۰۰۲۳۱	۰/۰۰۰۱۸۹	۰/۰۰۰۲۴۸	۰/۰۰۰۲۲۷	۰/۰۰۰۲۹۱
	$k(m^3/(min^a \cdot m))$	۰/۰۰۰۵۱	۰/۰۰۰۴۳	۰/۰۰۰۵۴	۰/۰۰۰۵۷	۰/۰۰۰۶۲	۰/۰۰۰۷۴	۰/۰۰۰۸۱	۰/۰۰۰۸۸
	a	۰/۲۷۱	۰/۲۸۳	۰/۳۴۲	۰/۳۲۵	۰/۲۷۹	۰/۲۹۱	۰/۳۳۵	۰/۳۴۵



شکل (۴) میانگین نفوذ تجمعی چویچه‌های تیمارهای آزمایشی در آبیاری‌های متفاوت

نتیجه‌گیری

افزودن بقایای گیاهی، کود دامی، کمپوست و مواد پلیمری سوپرچاذب از جمله راهکارهای بهبود شرایط فیزیکی شیمیایی خاک می‌باشد. در این بین پلیمرهای سوپرچاذب در سال‌های اخیر مورد توجه بیشتری قرار گرفته‌اند. این پلیمرها ضمن برخورداری از سرعت و ظرفیت زیاد جذب آب همانند آب انبارهای مینیاتوری عمل کرده و در موقع نیاز ریشه به راحتی آب را در اختیار آن قرار می‌دهد. تحقیق حاضر با هدف بررسی تاثیر پلیمر سوپرچاذب استاکوسورب بر مقدار و روند تغییرات ضرایب معادله نفوذ کوستیاکوف - لوییز آبیاری شیاری با طول کوتاه انجام گرفت. یافته‌های این تحقیق نشان داد که افزودن پلیمر سوپرچاذب به خاک بر نفوذ تجمعی در شیارها تاثیر می‌گذارد. در این رابطه با افزایش مقدار پلیمر ترکیبی به خاک، مقدار نفوذ تجمعی افزایش می‌یابد. همچنین دو عامل کاهش شدت جریان و افزایش مقدار پلیمر سوپرچاذب باعث افزایش نفوذ تجمعی شیارها می‌شوند. بدین ترتیب در آبیاری‌های پس از آبیاری اول که میزان نفوذ تجمعی به مقدار قابل توجهی کاهش می‌یابد، کاربرد این پلیمر می‌تواند وضعیت نفوذپذیری خاک را به حد قابل قبولی بهبود بخشد. نتایج تحقیق نشان می‌دهد که مدیریت آبیاری در اراضی که مواد پلیمری به آن افزوده می‌گردد متفاوت از مدیریت و برنامه‌ریزی آبیاری در سایر اراضی خواهد بود.

سپاسگزاری

این مقاله از نتایج طرح تحقیقاتی مصوب دانشگاه تهران به شماره ۷۳۰۵۰۰۲/۱/۰۳ استخراج شده است که بدینوسیله از حمایت‌های مالی معاونت پژوهشی دانشگاه تهران تشکر و قدردانی می‌شود. همچنین از آقایان مهندس محمد دلقندی و احمد آلی که در برخی از فعالیتهای صحرایی همکاری داشته‌اند، سپاسگزاری به عمل می‌آید.

منابع

۱. سهرابی، ت.، جهان جو، ب.، کشاورز، ع. ۱۳۸۴. تاثیر ماده شیمیایی پلی اکریل آمید بر تلفات خاک و نفوذ آب در خاک در روش آبیاری شیاری. مجله تحقیقات مهندسی کشاورزی، جلد ۶، شماره ۲۴.
۲. شرفا، م. ۱۳۶۶. اثر پرلیت و هیدروپلاس در تخلخل ظرفیت نگهداری رطوبت و آبگذری خاکها. پایان نامه کارشناسی ارشد خاکشناسی، دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران، ۱۴۴ ص.
۳. عابدی کوپایی، ج.، سهراب، ف. ۱۳۸۵. بررسی تغییرات آب قابل استفاده خاکهای مختلف در اثر افزودن هیدروژل و کمپوست. همایش ملی مدیریت شبکه‌های آبیاری و زهکشی، دانشگاه شهید چمران اهواز، ۱۴-۱۲ اردیبهشت.

۴. کریمی، ا. ۱۳۷۲. بررسی تاثیر ماده اصلاحیه ایگتا روی برخی از خصوصیات فیزیکی خاک و رشد گیاه. پایان نامه کارشناسی ارشد خاکشناسی، دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران، ۱۹۶ ص.
۵. گنجی خرمدل، ن. ۱۳۷۸. تاثیر پلیمر جاذب رطوبت PR3005A بر روی خصوصیات فیزیکی خاک. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس، ۱۶۵ ص.
۶. نادری، ف. ۱۳۷۵. بررسی رفتار تورمی هیدروژلها در محیط متخلخل. پایان نامه کارشناسی ارشد شیمی، دانشکده فنی و مهندسی دانشگاه تربیت مدرس.

7. Chatzopoulos, F., Fugit, J.L., Ouillon, I., Rodriguez, F. and Taverdet, J.L. 2000. Etude, en fonction de differents parameters, de l'absorption et de la desorption d'eau par un copolymere acrylamide-acrylate de sodium reticule. European Polymer journal, 36: 51-60.
8. Elliott, R.L., Walker, W.R. 1982. Field evaluation of furrow infiltration and advance functions. Trans. ASAE 25(2), 396-400.
9. Lentz, R.D., Shainberg, I. Sojka, R.E., Carter, D.L. 1992. Preventing irrigation furrow erosion with small application of polymers. Soil Sci. Soc. of Am. J. 56 (6), 126-132.
10. Lentz, R.D., Sojka, R.E. 1994. Net in filtration and soil erosion effect of a few ppm. Poly crylamid in farrow irrigation water Proc of the zed. Int. symp. On sealing crusting and hard setting soil productivity and conversation univ. of Queen sland. Brisbane. Australia.
11. Silberbush, M., Adar, E. Malach, Y., De – Malach, Y. 1993. Use of a hydrophilic polymer improve water storage and availability to crops grown in sand dunes. Agriculture water Management. 23(1), 122-134.
12. Strelkoff, T.S., Souza, F. 1984. Modeling effect of depth on furrow infiltration. J. Irrigation Drainage Eng. ASCE 110 (4), 375-387.
13. Piner, G. 1985. Possibilities for extention of irrigation cycle in citrus nur series using a gel-forming polyacriamide. Citrus and Sub Tropical Fruit Journal.
14. Zerihun. D., Feyen, J., Reddy, J.M. 1996. Sensitivity analysis of furrow irrigation performance parameters. J. of Irrigation and Drainage. ASCE. 122(1): 49-57.

دومین سمینار (راهکارهای بهبود و اصلاح سامانه‌های آبیاری سطحی

۲ فرورداد ماه ۱۳۸۷

تأثیر تغییرات زمانی نفوذ در مدیریت آبیاری جویچه‌ای

و راندمان کاربرد آب

محمد رضا امداد

چکیده

مدیریت و طراحی مناسب روش‌های آبیاری، مستلزم آگاهی از جزئیات نفوذ آب به خاک است که بایستی تعیین شود. یکی از مشخصه‌های فیزیکی خاک که مدیریت آبیاری را تحت تأثیر قرار می‌دهد مسئله نفوذ و تغییرات آن می‌باشد که در طراحی و ارزیابی سیستم‌های آبیاری مهم می‌باشد و تعیین معادله‌ای که حاکم بر این فرآیند است نقش مهمی در موفقیت یک آبیاری دارد. وقتی به علت تغییرات خواص سطحی خاک، میزان نفوذ آب به خاک چنان کاهش یابد که آب کافی در اختیار گیاه قرار نگرفته و عملکرد محصول کاهش یابد، مشکل نفوذپذیری پیش آمده است. نفوذ نهایی خاک از جمله خواص فیزیکی خاک بوده که تغییرات آن موجب تغییرات نفوذ تجمعی می‌گردد. در این راستا نفوذ نهایی و تجمعی خاک در آبیاری جویچه‌ای و تغییرات آن با دفعات آبیاری در زراعت ذرت در مزرعه دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران بررسی گردید. نفوذ نهایی خاک از روش ورودی - خروجی و نفوذ تجمعی با استفاده از معادله کوستیاکوف - لوئیز تعیین شد. نتایج نشان داد که نفوذ نهایی خاک در انتهای فصل کشت نسبت به ابتدای دوره به میزان ۳۴ درصد کاهش یافت. در این راستا راندمان کاربرد آب به میزان ۱۰ درصد نسبت به ابتدای دوره کاهش یافت. با توجه به تغییرات راندمان کاربرد، به منظور نفوذ عمق مشخص آب در ابتدا و انتهای دوره، زمان آبیاری در انتهای فصل بایستی نسبت به ابتدای فصل افزایش یابد که این بیانگر تغییرات کاهشی نفوذ در طول فصل و حاکی از افزایش زمان آبیاری به منظور نفوذ عمق مشخص آب جهت حصول به راندمان کاربرد بالا می‌باشد.

کلید واژه‌ها: نفوذ نهایی خاک، جویچه، راندمان

مقدمه

کمبود منابع آب مناسب یکی از مشکلات مهم در مناطق خشک و نیمه‌خشک است که اکثر نقاط ایران را شامل می‌شود. در بسیاری از نقاط جهان منابع آب مناسب برای بهره‌برداری رو به کاهش است و با توجه به مصارف روزافزون آن در جوامع شهری، صنعتی و افزایش سرانه، تدریجاً کاهش می‌یابد (Martinez, ۱۹۹۹). در این راستا اعمال مدیریت مناسب آبیاری سهم بسزایی در کیفیت و کمیت این منابع داشته و می‌تواند با کم کردن تلفات آب و رواناب و رساندن آب مورد نیاز به منطقه ریشه گیاهان، موجبات نیل به پتانسیل تولید و عملکرد را فراهم نماید.

نفوذپذیری خاک یکی از مشخصات فیزیکی آن است که در آبیاری اهمیت خاص دارد. فرآیند ورود آب را به خاک از سطح خاک و بطور عمودی نفوذ (Infiltration) گویند (بای‌وردی، ۱۳۷۲). به مفهوم دیگر نفوذپذیری استعداد و توانایی خاک برای عبور آب می‌باشد. نفوذ از پارامترهای بسیار مهم در طراحی و هیدرولیک سیستم‌های آبیاری است که مدیریت سیستم آبیاری و برنامه‌ریزی بر آن اساس انجام می‌گردد، لذا ارزیابی آن از کارهای ضروری است که بایستی صورت پذیرد. نفوذ نهایی خاک از مشخصات هر خاک بوده و مقدار نفوذی است که خاک در زمان طولانی از خود نشان می‌دهد.

معادلات نفوذ کوستیاکوف، SCS، هورتون، فیلیپ و کوستیاکوف - لوئیز از جمله معادلات متداول در آبیاری سطحی می‌باشند که به منظور تعیین نفوذ آب در خاک بکار می‌روند. کلمنز، معادلات مختلفی را به منظور استفاده در آبیاری سطحی مورد مطالعه قرار داد و نتیجه گرفت که نتایج معادلات تجربی بهتر از معادلات فیزیکی با داده‌های صحرائی مطابقت می‌کند و استفاده از معادله کوستیاکوف - لوئیز را توصیه نمود (محمودیان شوشتری، ۱۳۷۶). معادله نفوذ کوستیاکوف - لوئیز به صورت رابطه (۱) می‌باشد (Hartley, ۱۹۹۲).

$$Z = Kt^{\alpha} + f_0 t \quad (1)$$

که در آن:

Z : نفوذ تجمعی (m^3/m)

t : فرصت زمان نفوذ (min)

α و K : پارامترهای تجربی

f_0 : نفوذ نهایی خاک ($m^3/m/min$)

نفوذ آب به خاک با زمان تغییر می‌کند. در ابتدا که آب شروع به نفوذ به خاک می‌نماید، سرعت نفوذ زیاد بوده و به تدریج در زمان طولانی، مقدار آن کاهش پیدا می‌کند تا به یک مقدار تقریباً ثابت برسد. این مقدار ثابت را نفوذ نهایی (Basic Infiltration Rate) می‌گویند. خاک‌ها در انتهای آبیاری (زمان طولانی) سرعت

نفوذ ثابتی را از خود نشان می‌دهند که این سرعت در معادله کوستیاکوف - لوئیز به صورت f_0 ملحوظ است. معادله کوستیاکوف - لوئیز بهتر از معادلات دیگر نفوذ با وضعیت خاک هماهنگی داشته و عموماً در طراحی سیستم‌های آبیاری از این معادله استفاده می‌شود (Walker و Elliott، ۱۹۸۲).

روش‌های مختلفی برای تعیین نفوذ نهایی خاک (f_0) ارائه شده است. یکی از این روش‌ها، استفاده از نتایج آزمایش نفوذ با شیار مسدود (Blocked Furrow) می‌باشد. در این روش از اطلاعات شیار مسدود شده استفاده می‌کنند. پس از اینکه آزمایش نفوذ برای چند ساعت انجام شد، سرعت نفوذ ثابت را می‌توان به عنوان f_0 در نظر گرفت (Walker و Elliott، ۱۹۸۲؛ Walker و Skogerboe، ۱۹۸۷). روش دیگر استفاده از اطلاعات پیشروی (Wet Advance) است. در این روش پس از مشاهده پیشروی در جویچه، مجدداً آب به داخل جویچه هدایت شده و با استفاده از معادلات موازنه حجمی آب و زمان پیشروی نسبت به تعیین نفوذ نهایی خاک اقدام می‌شود. روش سوم تعیین نفوذ نهایی خاک، برآورد این مقدار با استفاده از نوع خاک و جداول ارائه شده در این زمینه می‌باشد. روش چهارم به منظور اندازه‌گیری نفوذ نهایی خاک روش جریان ورودی-خروجی (Inflow-Outflow) می‌باشد. در این روش کل جویچه به عنوان نفوذپذیرسنج مورد استفاده واقع می‌شود. به منظور اندازه‌گیری بایستی دبی ورودی و خروجی (در ابتدا و انتهای جویچه) اندازه‌گیری شوند. مقدار نفوذ نهایی خاک از رابطه (۲) بدست می‌آید (Fattah و Upadhyaya، ۱۹۹۶).

$$f_0 = \frac{Q_{in} - Q_{out}}{L} \quad (2)$$

که در آن:

Q_{in} : دبی ورودی بر حسب m^3/min .

Q_{out} : دبی خروجی بر حسب m^3/min .

L : طول جویچه به m .

f_0 : نفوذ نهایی بر حسب $m^3/m/min$.

Walker و Elliott (۱۹۸۲) و Raine (۱۹۹۹) اظهار کردند که این روش (ورودی - خروجی) مناسبترین روش اندازه‌گیری نفوذ نهایی خاک در سیستم‌های جویچه‌ای می‌باشد.

عمق نفوذ در هر منطقه تابعی از فرصت نفوذ، محیط خیس شده و خواص نفوذپذیری خاک می‌باشد و تغییرات هر کدام از این فاکتورها موجب تغییرات نفوذ می‌شود (Oyonarte و Mateos، ۲۰۰۲). Elliott و Walker (۱۹۸۲ و ۱۹۸۳) برای ارزیابی پارامترهای معادله نفوذ کوستیاکوف - لوئیز روش دو نقطه‌ای را پیشنهاد کردند. روش آنها پس از تعیین و اندازه‌گیری نفوذ پایه (توسط روش ورودی - خروجی) و با استفاده از اندازه‌گیری‌های سرعت پیشروی برای دو نقطه (نقطه میانی و انتهای جویچه) و با استفاده از

روابط لوئیز میلن (رابطه ۳) و کوستیاکوف لوئیز (رابطه ۱) می‌باشد. با تلفیق دو رابطه ۱ و ۳ ضرایب معادله نفوذ کوستیاکوف - لوئیز حاصل می‌شود.

$$Q_{in} \cdot t = C \cdot X(t) + \int_0^t Z(t - t_s) ds \quad (3)$$

که در آن:

Q_{in} : دبی ورودی

t : زمان و t_s : زمان در نقطه مورد نظر

C : متوسط سطح مقطع جریان

Z : حجم نفوذ یافته

s : مسافت تا نقطه مشخص و X : طول پیشروی

Smith و Evans (۱۹۹۰)، میزان نفوذ را با روش نفوذپذیرسنج گردشی برای خاک Red-Brown تعیین نمودند. آنها از معادله کوستیاکوف استفاده کرده و کاهش سی تا پنجاه درصدی نفوذ را در طول فصل زراعی گزارش کردند. آنها کاهش نفوذ را به تغییرات خواص شیمیایی خاک، تغییرات ساختمانی و دیگر تغییرات فیزیکی خاک مرتبط دانستند.

خیس‌شدگی سریع (Rapid Wetting) خاک‌های خشک به علت محبوس شدن هوا، سبب متلاشی شدن خاکدانه‌ها و افزایش فرسایش می‌گردد. خیس شدن سریع در جویچه‌ها یکی از عوامل مهم در تخریب خاکدانه‌ها و کاهش نفوذ می‌باشد (Sojka و Bjorneberg، ۲۰۰۲).

در آبیاری سطحی جریان آب روی سطح خاک یک جریان ناپایدار متغیر مکانی (Unsteady spatially varied flow) است که به سرعت نفوذ آب به خاک که خود با زمان و مکان تغییر می‌نماید، بستگی دارد (Maheshwari و Esfandiari، ۱۹۹۷). سرعت جریان در هر نقطه به علت تغییرات مشخصه‌های نفوذپذیری خاک تغییر می‌کند.

مسئله تغییرات زمانی و مکانی نفوذ باعث گردیده است تا دسترسی به سطوح مناسب یکنواختی آبیاری کمتر شده و اعمال راندمان‌های بالا در شرایط مزرعه میسر نباشد (Austin و Prendergast، ۱۹۹۷). حل مدل‌های شبیه‌سازی شده آبیاری سطحی بستگی به استفاده معادله نفوذ خاصی دارد که از اطلاعات مزرعه‌ای بدست آمده باشد.

دبی جریان و زمان کاربرد دو عامل اصلی در طراحی آبیاری سطحی قلمداد می‌شود. نفوذپذیری در طول فصل تغییر کرده و بایستی این تغییرات در طراحی آبیاری سطحی لحاظ شود. تغییرات نفوذ به فاکتورهای متعددی چون زمان کاربرد، هندسه جویچه، شیب و تغییرات خاک نسبت داده می‌شود (Wallender و Childs، ۱۹۹۳).

Maheshwari و Esfandiari (۱۹۹۸)، معادلات نفوذ را با استفاده از تکنیک بهینه‌سازی و مدل بیلان حجمی و با کاربرد اطلاعات پیشروی بسط و توسعه دادند. تغییرات زمانی و مکانی نفوذپذیری از عوامل تأثیرگذار بر غیریکنواختی آب و عدم حصول به راندمان‌های بالا در مزرعه می‌باشد. نفوذپذیری در طول فصل تغییر کرده و علت این تغییرات در طول فصل، تغییرات ساختمانی خاک و سله سطحی می‌باشد. استفاده از متوسط تغییرات زمانی نفوذ (به منظور بهینه‌سازی مدیریت‌های آبیاری) می‌تواند سبب افزایش یکنواختی کاربرد آب به اندازه ۲۵ تا ۳۰ درصد شود. همچنین گزارش شده است که تشکیل قشر سله سطحی ناشی از تخریب ساختمان خاک سطحی موجب کاهش ۴۶ درصدی نفوذ در جویچه شده است (Raine و McClymont، ۱۹۹۷ و Raine، ۱۹۹۹). Raine و McClymont (۱۹۹۶)، تغییرات زمانی نفوذپذیری را در طول فصل زراعی ۴۶ درصد برآورد کردند. مقدار نفوذ در ابتدای فصل ۰/۲۴ متر بود که به ۰/۱۳ متر در انتهای فصل کاهش یافت. Gates و Clyma (۱۹۸۴)، تأکید کردند که تغییرات زمانی نفوذ در طراحی بایستی منظور گردد. محققان بسیاری تغییرات زمانی نفوذ را گزارش کرده‌اند و اظهار داشته‌اند این تغییرات در طول فصل معنی‌دار بوده است (Zapata و Playan، ۲۰۰۰).

معمولاً در آبیاری سطحی، تابع نفوذ در طول فصل و در کل مزرعه ثابت فرض می‌شود، در حالیکه این تابع با زمان و مکان تغییر می‌کند (Medina و Martin، ۱۹۹۸). در مطالعات مختلف عوامل سله سطحی و تغییرات سطحی خاک، فاکتور مهم و تأثیرگذار بر نفوذ و تغییرات آن ذکر شده است (Raghuwanshi و Wallender، ۱۹۹۹؛ Trout و Mackey، ۱۹۸۸؛ Wallender، ۱۹۸۶).

شایان ذکر است که با توجه به بررسی منابع انجام شده، غالب مطالعات و تحقیقات مربوط به نفوذ و نفوذپذیری در شرایط آزمایشگاهی و خاک دست‌خورده و یا به صورت نقطه‌ای و توسط استوانه‌های مضاعف و در شرایط بدون گیاه انجام پذیرفته است. این پژوهش تغییرات نفوذ را در مزرعه و در حضور گیاه مورد بررسی قرار می‌دهد که میانگین‌های نفوذ بدست آمده در این پژوهش نسبت به روش‌های نقطه‌ای از اعتبار بیشتری برخوردار هستند.

مواد و روش‌ها

به منظور اندازه‌گیری و تعیین تغییرات زمانی نفوذ و بررسی تغییرات راندمان کاربرد، آزمایشی در مزرعه دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران واقع در کرج انجام شد. این آزمایش در مزرعه دانشکده کشاورزی کرج واقع در ۳۵ درجه و ۵۶ دقیقه عرض شمالی و ۵۰ درجه و ۵۸ دقیقه طول شرقی انجام شد. این منطقه از نظر آب و هوایی جزو آب و هوای مدیترانه‌ای گرم و خشک با تابستان‌های گرم و خشک و زمستان‌های سرد محسوب می‌شود. ارتفاع منطقه از سطح دریا ۱۳۱۲/۵ متر و میزان بارندگی متوسط سالانه حدود ۲۷۱ میلی‌متر و معدل حداکثر درجه حرارت در تیر ماه معادل ۳۵ و معدل حداقل درجه حرارت در دی ماه ۴ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. این منطقه بر اساس سیستم طبقه‌بندی دومارتن جزو اقلیم خشک به حساب می‌آید.

در ابتدا خاک مورد تجزیه واقع شد و خواص فیزیکی و شیمیایی آن اندازه‌گیری گردید. برخی مشخصات شیمیایی و فیزیکی خاک مزرعه در جدول ۱ ارائه گردیده است.

جدول ۱- برخی خصوصیات شیمیایی و فیزیکی خاک قبل از آزمایش

شماره	سیلت %	رس %	پتاسیم mg/kg	فسفر mg/kg	CEC (meq/100g Soil)	pH	EC (dS/m)	عمق (cm)
۲۹/۲	۴۵/۴	۲۵/۴	۲۰۴	۸/۲	۱۳/۰	۷/۹	۰/۵۶	۰-۳۰
۲۵/۲	۴۷/۴	۲۷/۴	۱۲۸	۳/۶	۱۳/۴	۷/۹	۰/۹۵	۳۰-۶۰

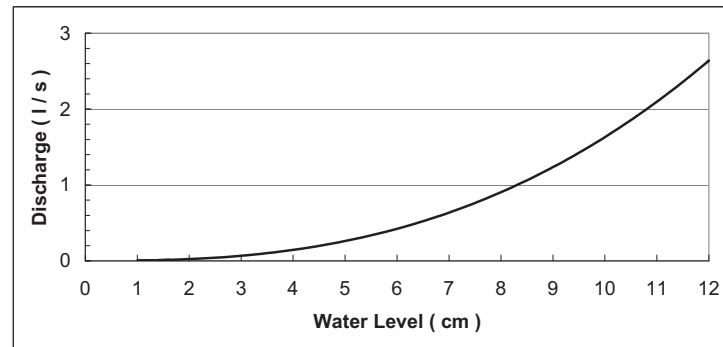
SAR	آنیون‌ها meq/l			کاتیون‌ها meq/l			عمق (cm)
	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ⁼	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	
۰/۹۲	۵/۰	۲/۸	۰/۷	۳/۶	۳/۲	۱/۷	۰-۳۰
۱/۱۶	۴/۰	۲/۴	۸/۰	۶/۴	۵/۲	۲/۸	۳۰-۶۰

بطوری که از جدول ۱ ملاحظه می‌گردد، خاک منطقه آزمایش لوم رسی، بدون محدودیت شوری، با قلیابیت کم و از نظر حاصلخیزی ضعیف می‌باشد. ظرفیت زراعی و نقطه پژمردگی خاک موردنظر به ترتیب ۲۲/۳ و ۹/۲ درصد وزنی در مکش‌های به ترتیب برابر ۰/۳ و ۱۵ اتمسفر و در آزمایشگاه اندازه‌گیری شدند. آب آبیاری مورد مصرف از چاه مزرعه دانشکده کشاورزی تأمین شده و خصوصیات شیمیایی آن در جدول ۲ ارائه شده است. درجه سدیمی بودن این آب کم می‌باشد و می‌توان از این آب برای آبیاری اغلب اراضی و گیاهان استفاده نمود و جزو آب‌های خوب محسوب می‌شود.

جدول ۲- مشخصات شیمیایی آب آبیاری

کاتیون‌ها (meq/l)			آنیون‌ها (meq/l)			EC (dS/m)	SAR	pH
Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ⁼			
۳/۲	۲/۴	۱/۵	۱/۶۰	۲/۰	۳/۵	۰/۶۲	۰/۹۰	۷/۹۵

مقدار نفوذ نهایی خاک با اندازه‌گیری دبی ورودی و خروجی (رابطه ۲) برای تمامی آبیاری‌ها و به صورت جداگانه اندازه‌گیری و تغییرات آن با دفعات آبیاری بررسی گردید. دبی ورودی به صورت حجمی و دبی خروجی توسط فلوم WSC تیپ ۲ اندازه‌گیری شد که منحنی دبی - ارتفاع فلوم مربوطه در شکل ۱ ارائه شده است.



شکل ۱- منحنی دبی - ارتفاع فلوم WSC

به منظور تعیین تغییرات نفوذ تجمعی با استفاده از معادلات بیلان حجمی، مقادیر دبی ورودی و خروجی و اطلاعات پیشروی در هر آبیاری اندازه‌گیری گردید. نفوذ تجمعی با استفاده از معادلات بیلان حجمی و معادله نفوذ کوستیاکوف - لوئیز به روش دو نقطه‌ای تعیین شد. تعداد جویچه‌ها ۹ عدد (۳ بلوک) و اندازه‌گیری نفوذ نهایی در جویچه وسطی صورت پذیرفت. فاصله جویچه‌ها ۰/۷۵ متر و جویچه‌ها دارای شیب ۰/۰۱ درصد بودند و دو جویچه به صورت بافر در نظر گرفته شد.

با توجه به تجزیه شیمیایی خاک در ابتدای دوره، توصیه‌های کودی طبق نظر کارشناسان مؤسسه تحقیقات خاک و آب صورت پذیرفت. کود فسفر (سوپرفسفات تریپل) و پتاس (سولفات پتاسیم) به مقدار به ترتیب ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار به خاک اضافه گردید و کود اوره به مقدار ۳۵۰ کیلوگرم در هکتار و بطور تقسیم در اختیار خاک قرار گرفت.

بذر ذرت از مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر تهیه گردید. پس از انجام عملیات خاک‌ورزی و احداث جویچه‌ها، بذر ذرت علوفه‌ای در عمق ۵ سانتی‌متری و به فواصل ۱۵ تا ۲۰ سانتی‌متری کاشته شد. تعداد دوازده نوبت آبیاری در طول فصل انجام شد. زمان آبیاری بر مبنای رطوبت خاک قبل از آبیاری تعیین گردید. زمان آبیاری بر اساس تخلیه ۵۰٪ آب قابل استفاده (نقاط FC و PWP اندازه‌گیری شده در آزمایشگاه) تعیین و به عبارت دیگر آبیاری زمانی انجام شد که مقدار ۵۰٪ آب قابل استفاده مصرف شده باشد. مقدار رطوبت خاک توسط نوترون متر (DIDCOT, I.H3, 1.85-GBq.AmBe) اندازه‌گیری و عمق آب آبیاری بر اساس رساندن رطوبت خاک به حد ظرفیت زراعی مزرعه محاسبه و اعمال گردید. اندازه‌گیری رطوبت در دو عمق (۰-۳۰) و (۳۰-۶۰) سانتی‌متری انجام شد.

نتایج و بحث

میانگین نفوذ نهایی خاک در ابتدای دوره برابر $14/5 \times 10^{-5}$ مترمکعب بر متر بر دقیقه اندازه‌گیری شد که این مقدار در انتهای دوره به $9/57 \times 10^{-5}$ مترمکعب بر متر بر دقیقه کاهش یافت (۳۴ درصد کاهش).

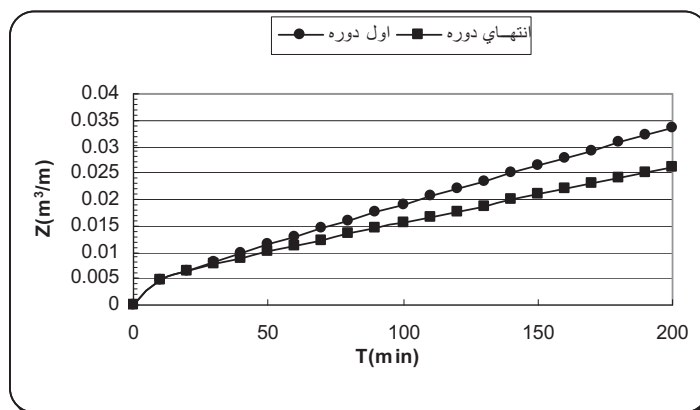
تغییرات نفوذ نهایی خاک با دفعات آبیاری در تمام آبیاری‌ها مورد تجزیه و تحلیل آماری واقع شد. نتایج آزمون t استیودنت تغییرات نفوذ نهایی خاک در جدول ۳ ارائه شده است.

جدول ۳- تغییرات زمانی نفوذ نهایی خاک با دفعات آبیاری با استفاده از آزمون t استیودنت

T.V. = ۰/۰۰۰۱۴۵ m ³ /m/min						
تغییرات نفوذ نهایی	t	درجه آزادی	معنی داری	میانگین تفاوت‌ها	فواصل اطمینان ۹۵ درصد	
					حد پایینی	حد بالایی
	-۱۲/۳۱۲	۳۵	۰/۰**	-۳/۵۸۳×۱۰ ^{-۵}	-۴/۱۷۴×۱۰ ^{-۵}	-۲/۹۹۲×۱۰ ^{-۵}

** معنی دار در سطح یک درصد

با توجه به جدول ۳، ملاحظه می‌گردد که تغییرات نفوذ نهایی خاک نسبت به ابتدای دوره در سطح یک درصد معنی دار شده است. به عبارت دیگر مقدار نفوذ نهایی خاک در طول فصل زراعی از روند کاهشی برخوردار بوده است. همچنین روند تغییرات نفوذ تجمعی در ابتدا و انتهای فصل نیز با استفاده از معادله کوستیاکوف - لوئیز تعیین گردید. شکل ۲ تغییرات نفوذ تجمعی خاک را در انتهای و ابتدای دوره با زمان ارائه می‌کند.



شکل ۲- روند تغییرات نفوذ تجمعی محاسبه شده خاک در ابتدا و انتهای دوره با زمان

همانطوری که از شکل ۲ ملاحظه می‌گردد، نفوذ تجمعی محاسبه شده در انتهای فصل نسبت به ابتدای دوره کاهش یافته است. کاهش میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها در انتهای دوره نسبت به ابتدای دوره به اندازه ۱۳ درصد و افزایش جرم مخصوص ظاهری اندازه‌گیری شده در انتهای دوره (۱/۴۴ گرم بر

سانتی متر مکعب) نسبت به ابتدای دوره (۱/۳۸ گرم بر سانتی متر مکعب) در این پژوهش بیانگر تخریب لایه سطحی خاک و تغییرات خواص فیزیکی خاک در نتیجه تماس و برخورد آب با خاک بوده است. به منظور تعیین چگونگی تغییرات نفوذ تجمعی در ابتدا و انتهای دوره با زمان، از آزمون نمونه‌های جفتی (paired sample statistics) استفاده و اطلاعات جمع‌آوری شده مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت. نتایج در جداول ۴ و ۵ ارائه شده است.

جدول ۴- نتایج نمونه‌های جفتی نفوذ تجمعی خاک

میانگین خطای استاندارد	انحراف معیار	تعداد	میانگین	
$2/111 \times 10^{-3}$	$9/672 \times 10^{-3}$	۲۱	$1/867 \times 10^{-3}$	ابتدای فصل
$1/575 \times 10^{-3}$	$7/218 \times 10^{-3}$	۲۱	$1/518 \times 10^{-3}$	انتهای فصل

جدول ۵- آزمون آماری نمونه‌های جفتی نفوذ تجمعی خاک ابتدا و انتهای دوره

معنی‌داری جفت‌ها	درجه آزادی	t	تفاوت جفت‌ها					
			تفاوت‌ها در سطح احتمال ۹۹ درصد		میانگین خطای استاندارد			
			حد بالایی	حد پایینی				
۰/۰**	۲۰	۶/۴۴۴	$5/035 \times 10^{-3}$	$1/950 \times 10^{-3}$	$5/420 \times 10^{-4}$	$2/484 \times 10^{-3}$	$3/492 \times 10^{-3}$	نفوذ تجمعی

** معنی‌دار در سطح یک درصد

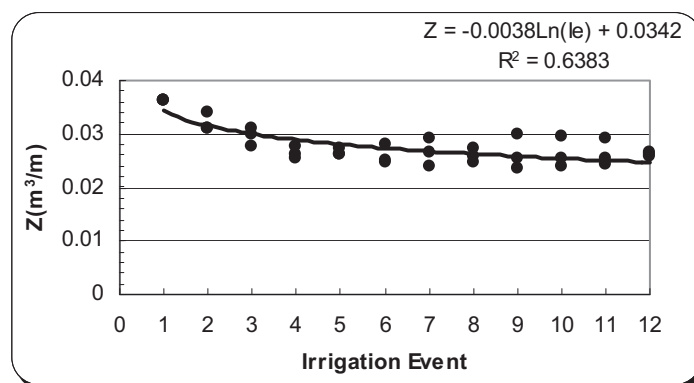
همانگونه که از جدول ۵ ملاحظه می‌گردد، تغییرات نفوذ تجمعی در ابتدا و انتهای دوره در سطح یک درصد معنی‌دار شده است که حاکی از کاهش نفوذ تجمعی در انتهای فصل نسبت به ابتدای فصل است. به منظور تعیین چگونگی تغییرات نفوذ تجمعی با دفعات آبیاری در طول دوره، مقادیر نفوذ تجمعی حاصل شده در طول فصل با مقدار اولیه آن مورد تجزیه و تحلیل آماری (آزمون t استیودنت) واقع شد و نتایج در جدول ۶ ارائه شده است.

جدول ۶- تغییرات زمانی نفوذ تجمعی با دفعات آبیاری با استفاده از آزمون t استیودنت

T.V. = ۰/۰۳۶۲		m ³ /m		فواصل اطمینان ۹۵ درصد		
تغییرات نفوذ تجمعی	t	درجه آزادی	سطح معنی‌داری	میانگین تفاوت‌ها	حد پایینی	حد بالایی
					$-9/5 \times 10^{-3}$	$-7/2 \times 10^{-3}$
	-۱۴/۲۵۰	۳۵	۰/۰**	$-8/35 \times 10^{-3}$		

** معنی‌دار در سطح یک درصد

تغییرات نفوذ تجمعی تیمارها نسبت به ابتدای دوره در سطح یک درصد معنی‌دار شده است (جدول ۶). مدل‌های مختلفی به منظور تعیین بهترین برآزش رگرسیونی بین مقادیر نفوذ تجمعی و دفعات آبیاری مورد ارزیابی قرار گرفت که بهترین مدل رگرسیونی با بیشترین ضریب همبستگی، مدل لگاریتمی حاصل شد $(Z = -0.0038 \ln(Ie) + 0.0342)$. شکل ۳، تغییرات نفوذ تجمعی خاک را با دفعات آبیاری به همراه روابط رگرسیونی مربوطه نشان می‌دهد.



شکل ۳- روند تغییرات نفوذ تجمعی تیمارها با دفعات آبیاری

روند تغییرات نفوذ تجمعی تیمارها از یک الگوی لگاریتمی (کاهش) در طول فصل تبعیت کرده است. همچنین نتایج اندازه‌گیری‌های نفوذ نهایی خاک (f_0) نشان داد که روند تغییرات نفوذ نهایی نیز به صورت کاهش بوده است. مقدار نفوذ نهایی خاک در انتهای دوره به میزان ۳۴ درصد نسبت به ابتدای دوره کاهش یافت که نهایتاً موجب کاهش نفوذ تجمعی گردید. معمولاً کاهش در مقدار نفوذپذیری در یک فصل زراعی اتفاق می‌افتد که این مدلول برخورد آب با خاکدانه‌ها، سله سطحی و تخریب ساختمان سطحی خاک است.

در این راستا، راندمان کاربرد در ابتدا و انتهای دوره مورد مقایسه قرار گرفت. راندمان کاربرد آب در انتهای دوره نسبت به ابتدای دوره به میزان ۱۰ درصد کاهش داشت که بیانگر کاهش عمق نفوذ آب به داخل خاک در انتهای دوره نسبت به ابتدای فصل است. در ابتدای فصل و در مدت زمان ۲۰۰ دقیقه، عمق آب نفوذ کرده به خاک ۵ سانتی‌متر بود که در انتهای فصل و در همین زمان به ۳/۵ سانتی‌متر کاهش یافت. با توجه به کاهش راندمان کاربرد آب در انتهای فصل، به منظور نفوذ عمق مشخص آب در خاک، بایستی زمان آبیاری در انتهای فصل افزایش یابد. به عبارت دیگر به منظور رساندن آب مورد نیاز به محیط ریشه در انتهای دوره و مدیریت مناسب آبیاری، بایستی زمان آبیاری در انتهای دوره نسبت به ابتدای فصل افزایش یابد. به منظور افزایش راندمان کاربرد آب در آبیاری سطحی، بایستی تغییرات نفوذ در طول فصل در نظر گرفته شده تا با توجه به تغییرات نفوذ، زمان مناسب و مورد نیاز آبیاری برای در اختیار قرار دادن آب کافی در منطقه ریشه گیاه برآورد شود.

وقتی در طول دوره رشد مشخص گردید که نفوذ از یک روند کاهشی برخوردار است، بایستی دید که این روند چه تأثیری در مدیریت آب در مزرعه خواهد داشت و چه اصلاحاتی می‌توان در این ارتباط انجام داد. یکی از راهکارهای آن افزایش زمان آبیاری می‌باشد. از راهکارهای مدیریتی دیگر می‌توان به کوتاه کردن فواصل آبیاری‌ها و استفاده مؤثر و بهینه از خروجی (رواناب) اشاره نمود. چون نفوذ در طول فصل از یک الگوی کاهشی پیروی کرده، لذا حجم رواناب تولید شده در انتهای فصل بیشتر از ابتدای فصل خواهد گردید که با برگرداندن این رواناب و استفاده مجدد از آن می‌توان کاهش حجم آب نفوذ کرده را از طریق افزایش زمان آبیاری جبران نمود.

منابع مورد استفاده

۱. بای‌بوردی، محمد. ۱۳۷۲. فیزیک خاک. انتشارات دانشگاه تهران. ۶۷۱ ص.
۲. محمودیان شوشتری، محمد. ۱۳۷۶. پارامترهای معادله نفوذ کوستیاکوف - لوئیز معادل با پارامترهای معادل نفوذ SCS، مجله خاک و آب، جلد ۱۱، شماره ۱.
3. Austin, N and J. B. prendergast. 1997. Use of kinematic wave theory to model irrigation on craking soil. *Irrigation Science*. 18(1): 1-10.
4. Bjerneberg, R and E. Sojka. 2002. Pre-wetting effect on furrow irrigation erosion. *Transations of the ASAE*. 45(3): 717-722.
5. Childs. L and W. Wallender. 1993. Spatial and seasonal variation of furrow infiltration. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*. 119(1): 74-90.
6. Elliott, R and W. R. Walker. 1982. Field evaluation of furrow infiltration and advance functions. *Transaction of the ASAE*. 25(2): 396-400.
7. Elliott, R and W. R. Walker. 1983. Infiltration parameters from furrow irrigation advance data. *Transactions of the ASAE*. 26(6): 1726-1731.
8. Esfandiari, M and B. L. Maheshwari. 1997. Field values for estimating surface storage on clay soil. *Irrigation Science*. 17: 159-161.
9. Evans, R. G and C. J. Smith. 1990. Saline water application effects of red-brown earths. *Transactions of the ASAE*. 33(5): 1563-1572.
10. Fattah. H. and S. K. Upadhyaya. 1996. Effect of soil crust and soil compaction on infiltration in yolo loam soil. *Transactions of the ASAE*. 39(1): 79-84.
11. Gates, K and W. Clyma. 1984. Designing furrow irrigation systems for improved seasonal Performance. *Transaction of the ASAE*. 27(6): 1817-1824
12. Hartley, D. M. 1992. Interpretation of Kostiaikov infiltration parameters for borders. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*. 118(1):156-165.
13. Maheshwari, B and M. Esfandiari. 1998. Volume balance irrigation advance equation. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*. 124(6): 322-329.
14. Martinez, J. 1999. Irrigation with Saline water :benefits and environmental impact. *Agricultural Water Management*. 40: 183-194.

15. McClymont, D. and R. Raine. 1996. The predication of furrow irrigation performance using the surface irrigation model Sirmod. Australian Solutions. Adelaide Convention and Exhibition centre South Australia. 14-16 May 1996: 1-10.
16. Medina, J. and D. Martin. 1998. Infiltration model for furrow irrigation. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*. 124(2): 73-80.
17. Oyonarte, N. and L. Mateos. 2002. Infiltration variability in furrow irrigation. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*. 128(1): 26-33.
18. Raghuwanshi, N, and W. Wallender. 1999. Forecasting and optimizing furrow irrigation management decision variables. *Irrigation Science*. 19: 1-6.
19. Raine, R. 1999. Research, development and extension in irrigation. National Centre for Engineering in Agriculture. NCEA Publication, 179743/2: 1-12.
20. Raine, R. and J. McClymont. 1997. The development of guidelines for surface irrigation in areas with variable infiltration. *Proceeding of Australian Society of Sugarcane Technologists*: 293-301.
21. Trout, T and E. Mackey. 1988. Furrow inflow and infiltration variability. *Transactions of the ASAE*. 31(2): 531-537.
22. Walker, W and V. Skogerboe, 1987. *Surface irrigation theory and practice*. Prentice Hall, NJ: 386 p.
23. Wallender, W. 1986. Furrow model with spatially varying infiltration. *Transactions of the ASAE*. 29(4): 1012-1016.
24. Zapata, N and E. Playan. 2000. Elevation and infiltration in a level basin. *Irrigation Science*. 19(4): 155-164.

دومین سمینار (راهکارهای بهبود و اصلاح سامانه‌های آبیاری سطحی)

۲ فرورداد ماه ۱۳۸۷

تأثیر دبی ورودی بر روی تغییرات شکل مقطع جویچه

ابوالفضل ناصری^۱

چکیده

آبیاری جویچه‌ای یکی از روش‌های آبیاری سطحی است که برای آبیاری گیاهان ردیفی کاربرد دارد. برای طراحی، الگوبندی و ارزیابی این روش آبیاری ضرورت دارد که پارامترهای هندسی جویچه مشخص گردد. تحقیق حاضر به منظور بررسی تأثیر مقادیر مختلف دبی جریان و شامل ۵۰، ۷۰ و ۱۱۰ درصد حداکثر دبی غیر فرسایشی بر روی پارامترهای هندسی جویچه در فاصله‌های مختلف از طول جویچه در یک مزرعه زرت در دشت مغان ارزیابی گردید. شکل هندسی مقطع جویچه در دو زمان، قبل و بعد از آبیاری با کاربرد دبی‌های یاد شده با دستگاه مقطع سنج چوبی و در فاصله‌های ۵ متر از طول جویچه اندازه گیری شد. طول جویچه‌های مورد آزمایش ۷۵ متر بود. برای بیان شکل هندسی جویچه‌ها، از تقریب سازی شکل استاندارد آنها استفاده شد. بین مقادیر پارامترهای هندسی جویچه در قبل و بعد از آبیاری و در فاصله‌های ۲۵ متر اول، دوم و سوم و طول ۷۵ متر در نوبت‌های آبیاری در ۸۹ درصد موارد، تفاوت معنی‌داری مشاهده شد. تفاوت میانگین مقادیر پارامترهای هندسی در قبل و بعد از آبیاری با کاربرد دبی‌های ۵۰ و ۷۰ درصد حداکثر دبی غیر فرسایشی معنی‌دار نشد، ولی تفاوت میانگین مقادیر عرض بالای جویچه و پیرامون تر شده در جویچه با دبی ۱۱۰ درصد حداکثر دبی غیر فرسایشی معنی‌دار شد

واژه‌های کلیدی: شکل جویچه، سطح مقطع جویچه، پیرامون تر شده، عرض بالای جویچه، آبیاری جویچه‌ای

۱- استادیار پژوهش مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی آذربایجان شرقی

نشانی: تبریز صندوق پستی شخصی ۱۳۶۳-۵۱۳۸۵ پست الکترونیک: ab-nasseri@azaran.org.ir همراه: ۰۹۱۴۳۱۰۸۴۷۱

مقدمه

روش‌های آبیاری سطحی یکی از قدیمی‌ترین و متداول‌ترین طریق کاربرد آب در مزرعه بوده و در حال حاضر نیز بیش از ۹۵ درصد از اراضی فاریاب دنیا، با این روش‌ها آبیاری می‌شوند. یکی از این روش‌ها، آبیاری جویچه‌ای است که روش بسیار مناسبی برای آبیاری گیاهان ردیفی از قبیل سبزیجات، پنبه، چغندرقد و ذرت بوده و در مواردی برای آبیاری باغات نیز می‌توان از آن استفاده کرد [۵]. در این روش، شکل بستر جریان از اهمیت خاصی برخوردار است. میزان آب نفوذ یافته، پیشروی و پسروی جریان از خصوصیات بستر متأثر شده و هر گونه تغییر در شکل هندسی جویچه می‌تواند برخی عوامل طراحی را تغییر داده و در نتیجه بر روی کاربرد کارای توزیع آب در مزرعه تأثیر بگذارد [۷]. شکل بستر جریان با پارامترهای هندسی جویچه نمایانده می‌شود و عمده‌ترین پارامترهای هندسی جویچه شامل سطح مقطع افقی جریان، پیرامون تر شده، عرض بالای جویچه و شعاع هیدرولیکی است [۷].

پارامترهای هندسی جویچه در الگوبندی و ارزیابی آبیاری جویچه‌ای مورد نیاز است. به گونه‌ای که سطح مقطع عرضی در محاسبه ذخیره سطحی آب و سرعت جریان کاربرد داشته، از عمق جریان در محاسبه ارتفاع سطح آب و در نتیجه در کاربرد مدل‌های هیدرولیک آبیاری سطحی از جمله: اینرسی صفر، هیدرودینامیک استفاده می‌شود. شدت نفوذ به مقدار پیرامون تر شده مربوط بوده طوری که تغییرپذیری پیرامون تر شده حدود یک سوم تغییرپذیری نفوذ را شامل می‌گردد و شعاع هیدرولیکی در محاسبه نیروی کششی در مدل‌های فرسایش لازم است [۹]. با اینکه آگاهی از مقدار پارامترهای یاد شده ضروری است. برآورد تغییرات شکل هندسی سطح مقطع افقی جویچه به دلیل تأثیرپذیری از مجموعه عواملی چون تورم و تحکیم خاک، فرسایش و رسوبگذاری پیچیده است.

برای توصیف شکل هندسی مقطع جویچه در الگوبندی و ارزیابی آبیاری جویچه‌ای از هر دو صورت بیان تجربی و شکل هندسی استاندارد استفاده می‌شود. گرچه استفاده از بیان تجربی سطح مقطع افقی جویچه در بیشتر فرمول‌بندی‌های الگوها اغلب به منظور کاهش تعداد متغیرهای حل است (۶)، ولی نباید از نظر دور داشت که برآزش روابط تجربی با استفاده از تحلیل رگرسیون (یا روش دو نقطه‌ای) با داده‌های به دست آمده از اندازه‌گیری با سطح احتمال معینی صورت می‌گیرد. بدیهی است معادله به دست آمده، برای برآورد مقادیر تابع مورد نظر، دارای خطای مشخصی است. در صورتی که بتوان با خطایی مورد قبول شکل هندسی مقطع جویچه را به یکی از شکل‌های شناخته شده استاندارد مانند شکل‌های مثلثی یا سهموی یا دوزنقه‌ای تقریب ساخت، پارامترهای برآزش مفهوم ملموس‌تری یافته و مقایسه شکل‌های جویچه‌ها نیز از جنبه‌های مختلف به آسانی ممکن خواهد شد. مطالعات انجام یافته در مورد ارزیابی اثرات آبیاری بر روی شکل هندسی جویچه نشان داده که بعد از اولین آبیاری، شکل مثلثی اولیه شیار به شکلی تقریباً دوزنقه‌ای (در بالا دست مزرعه [۷]) تغییر یافته و در همین نقاط، سطح شیار با کاربرد آبیاری افزایش پیدا کرده است [۷]. قهرمان و هاشمی نیا (۱۳۷۵) گزارش نموده‌اند که تفاوت بین خصوصیات هیدرولیکی سطح مقطع (پیرامون تر شده، سطح مقطع، شعاع هیدرولیکی و عرض بالا) در دو حالت قبل و بعد از آبیاری در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار بوده و دلیل آن نبود فرصت کافی برای رسوبگذاری و

تحکیم لایه سطحی و در نتیجه تشکیل لایه رسوبی سله بوده است [۲]. تیمارهای مختلف آبیاری هیچگونه اختلاف معنی‌داری را بین خصوصیات هیدرولیکی مقطع‌های جویچه‌ها در هیچ فاصله‌ای از ابتدای جویچه‌ها باعث نشده‌اند [۲]. مصطفی زاده و واکر (۱۹۸۷) اعلام نمودند که شکل هندسی مقطع افقی جویچه و مشخصه‌های هیدرولیکی آن از یک آبیاری به آبیاری دیگر تغییر یافته، و بیشترین تغییرات در اولین آبیاری بوده است [۷]. هدف از تنظیم مقاله حاضر عبارت است از:

- (۱) بررسی تاثیر آبیاری بر روی پارامترهای هندسی جویچه (عرض بالای جویچه، پیرامون تر شده و سطح مقطع جویچه) با کاربرد دبی‌های مختلف در فاصله‌های مختلف از طول جویچه.
- (۲) بررسی کاربرد دبی‌های مختلف جریان بر روی تغییر احتمالی شکل هندسی جویچه.

مواد و روش‌ها

مواد

در این تحقیق، برای انجام آزمایش‌ها از جویچه‌هایی با طول ۷۵ متر و به فاصله ۰/۷۵ متر استفاده شد. مواد مورد استفاده شامل فلوم‌های W. S. C. تپ یک [۱]، دوربین نقشه‌برداری، دستگاه مقطع سنج چوبی با طول عمق سنج‌های برابر ۳۰ سانتی‌متر و فواصل عمق سنج‌های برابر ۵ سانتی‌متر [۴] (معادل یک پانزدهم عرض جویچه‌ها)، متر نواری، میخ چوبی، زمان سنج، چکش، بیل و مواد لازم برای عملیات کاشت، داشت و برداشت گیاه نرت علوفه‌ای بود. دبی ورودی به جویچه‌ها برابر ۵۰، ۷۰ و ۱۱۰ درصد حداکثر دبی غیر فرسایشی (۰/۷۷ لیتر بر ثانیه) بود. مشخصات برخی پارامترهای اندازه‌گیری شده مربوط به تحقیق حاضر به شرح جدول ۱ بود.

روش‌ها

شکل‌های هندسی استاندارد مختلفی را می‌توان برای شکل جویچه‌ها تقریب کرد، در این بررسی سه شکل ۱- دوزنقه‌ای، ۲- سهموی و ۳- مثلثی مورد نظر هستند، و این به جهت تبعیت داده‌های مقطع سنجی از این شکل‌ها می‌باشد.

شکل دوزنقه‌ای [۶]:

برای هر عمق جریان، سطح جریان از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$A = 2by + \frac{y^2}{m} \quad (۱)$$

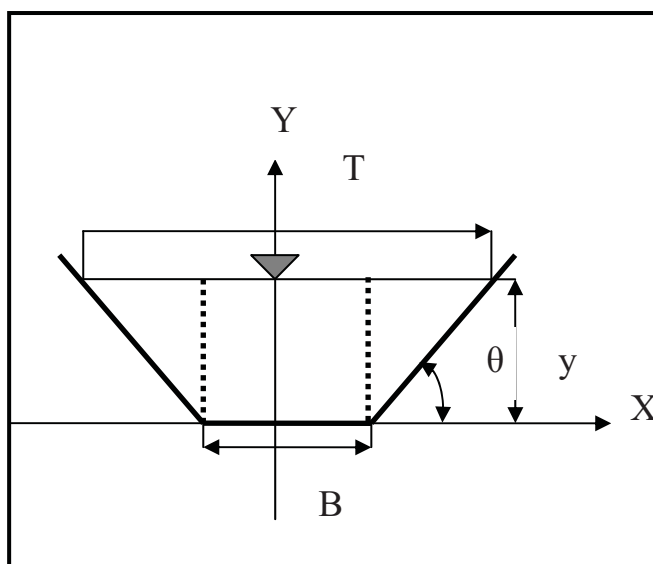
که در آن A = سطح جریان، y = عمق جریان، b = نصف مقدار عرض کف و m = شیب جانبی است. پیرامون تر شده مقطع W_p از رابطه زیر

$$W_p = 2b + 2\left(y^2 + \frac{y^2}{m^2}\right)^{1/2} \quad (۲)$$

و عرض بالای جویچه در هر عمق از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$T = 2b + \frac{2y}{m} \quad (۳)$$

که در آن T = عرض بالای جویچه است (شکل ۱).



شکل ۱- شکل هندسی دوزنقه‌ای جویچه

شکل سهموی [۶ و ۸]:

معادله شکل نیمرخ سهموی جویچه به صورت

$$y = \begin{cases} b_1 x^2 & y \leq 0 \\ b_2 x^2 & y \geq 0 \end{cases} \quad (۴)$$

است. عرض بالای جویچه از رابطه

$$T = \left(\frac{\sqrt{b_1} + \sqrt{b_2}}{\sqrt{b_1 b_2}} \right) \sqrt{y} \quad (۵)$$

و سطح مقطع جریان از رابطه زیر

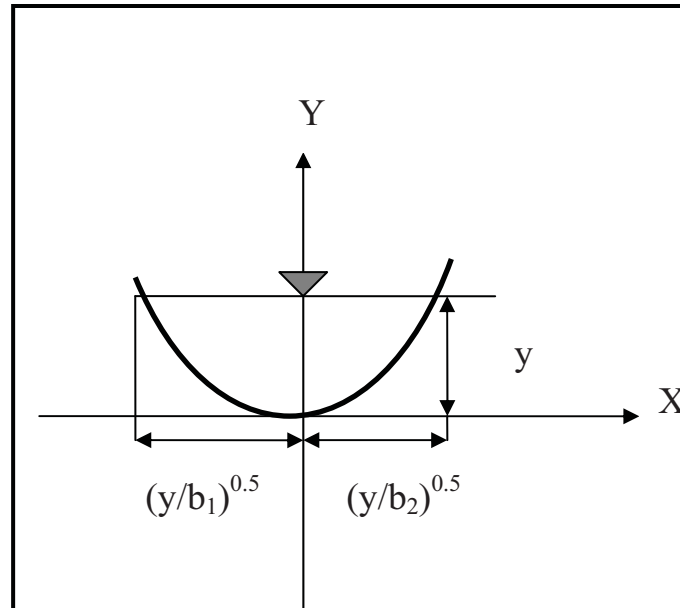
$$A = \frac{4}{3} y^{3/2} \left(\frac{\sqrt{b_1} + \sqrt{b_2}}{2\sqrt{b_1 b_2}} \right) \quad (۶)$$

و پیرامون تر شده از رابطه $W_P = W_{P\text{راست}} + W_{P\text{چپ}}$ حاصل می‌شود. که در آن:

$$W_p = \sqrt{\frac{y}{4b}} \cdot \sqrt{1+4yb} + \frac{1}{4b} \text{Arcsinh } 2\sqrt{by} \quad (7)$$

(راست یا چپ)

برای پیرامون‌تر شده برای سمت راست مرکز جویچه $b=b_2$ و جهت پیرامون‌تر شده سمت چپ $b=b_1$ اعمال می‌شود (شکل ۲).



شکل ۲- شکل هندسی سهموی جویچه

شکل مثلثی [۶]:

شکل مثلثی جویچه با استفاده از دو معادله خطی زیر قابل بیان است:

$$y = m_1x + b_1 \quad \text{و} \quad y = m_2x + b_2 \quad (8)$$

سطح مقطع جریان نظیر هر عمق y از رابطه زیر:

$$A = \frac{y^2}{2} \left(\frac{1}{m_1} + \frac{1}{m_2} \right) \quad (9)$$

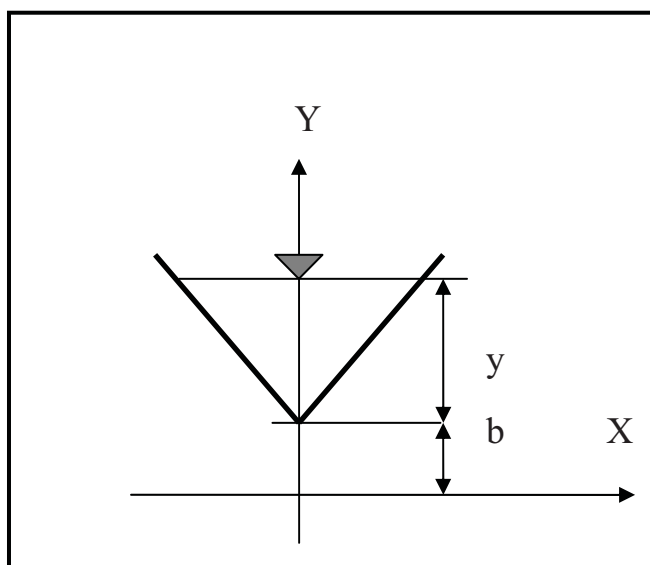
و پیرامون‌تر شده از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$W_p = \sqrt{\left(\frac{y}{m_1}\right)^2 + y^2} + \sqrt{\left(\frac{y}{m_2}\right)^2 + y^2} \quad (10)$$

عرض بالای جویچه مثلثی از رابطه زیر حاصل می‌شود:

$$T = \frac{y}{m_1} + \frac{y}{m_2} \quad (11)$$

که در آن m_1 و m_2 شیب جانبی راست و چپ شکل مثلثی هستند (شکل ۳).



شکل ۳- شکل هندسی مثلثی جویچه

برای نیل به اهداف یادشده، آزمایش‌های لازم در مزرعه تحقیقاتی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی مغان انجام شد. برای انجام آزمایش‌ها قطعه زمینی انتخاب و در آن ذرت علوفه‌ای رقم ۷۰۴ کشت شد. فاصله ردیف‌های کاشت برابر ۰/۷۵ متر و طول ردیف‌ها ۷۵ متر بود. شیب طولی جویچه‌ها با یک دستگاه دوربین نقشه‌برداری برابر ۰/۰۷۸ اندازه‌گیری شد. آبیاری‌ها، با روش جویچه‌ای و با جریان پیوسته انجام شد. برای اندازه‌گیری دبی جریان ورودی و خروجی از جویچه تحت آبیاری از فلوم W. S. C. تیپ یک استفاده شد [۱]. در حین آبیاری، زمان‌های پیشروی، پسروی و عمق آب در فاصله‌های ۵ متر از طول جویچه اندازه‌گیری و ثبت شد. شکل هندسی مقطع جویچه در دو زمان، قبل و بعد از آبیاری و در نوبت‌های آبیاری دوم، سوم و پنجم با استفاده از دستگاه مقطع سنج چوبی که به این منظور طراحی و ساخته شده بود اندازه‌گیری شد. فواصل مقطع سنجی در طول جویچه برابر ۵ متر بود [۴]. برای بیان شکل هندسی جویچه‌ها، تقریب‌سازی شکل استاندارد آنها بکار رفت. برای بررسی تاثیر آبیاری در تغییر شکل هندسی جویچه‌ها در نوبت‌های آبیاری، از آزمون علامت‌ها برای دو نمونه وابسته استفاده شد [۳]. به منظور مقایسه مقادیر و میانگین مقادیر پارامترهای هندسی جویچه‌ها در قبل و بعد از آبیاری به ترتیب از آزمون t جفت شده و آزمون t استفاده شد [۳].

نتایج و بحث

با داده‌های به دست آمده از مقطع سنجی در قبل و بعد از آبیاری، نیمرخ مقاطع جویچه در محورهای مختصات رسم گردید. با مشاهده نیمرخ‌های حاصل، شکل استاندارد جویچه نزدیک به آن مشخص و پارامترهای شکل هندسی جویچه تقریب‌سازی گردید. در جدول ۲ شکل استاندارد تقریب‌سازی شده برای مقطع‌های اندازه‌گیری شده در قبل و بعد از آبیاری در هر یک از تیمارهای دبی ورودی به جویچه (نوبت‌های آبیاری دوم، سوم و پنجم) ارائه شده است. بیشترین تعداد شکل استاندارد در جویچه‌های مورد آزمایش برابر ۴۰ با شکل سهموی (و با تعداد برابر در قبل و بعد از آبیاری) و کمترین تعداد از آن شکل دوزنقه‌ای با ۷ مورد در قبل از آبیاری و ۱۳ مورد بعد از آبیاری بود.

جدول ۱- مقادیر برخی از مشخصه‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه مورد آزمایش

مشخصه‌های شیمیایی		مشخصه‌های فیزیکی	
۱۶/۰۰	Ca ²⁺ +Mg ²⁺	رسی سیلتی	بافت خاک
۷/۵۰	Na ⁺	۴/۸۶	شن
۲۳/۵	مجموع	۴۱/۲۴	سیلت
۲/۰۰	HCO ₃ ⁻	۵۳/۹۰	رس
۱۰/۰۰	Cl ⁻	۲۱/۷۴	نقطه پژمردگی (درصد وزنی)
۵/۶۲	SO ₄ ²⁻	۲۹/۹۹	ظرفیت زراعی (درصد وزنی)
۱۷/۶۲	مجموع	۱/۷۰	هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر)
		۷/۲۲	اسیدیته

برای بررسی تاثیر کاربرد دبی‌های مختلف در تغییر شکل هندسی جویچه در نوبت‌های آبیاری با تخصیص نمره‌های ۱، ۲ و ۳ برای شکل‌های استاندارد مثلثی، سهموی و دوزنقه‌ای از آزمون علامت‌ها برای دو نمونه وابسته استفاده شد. مقادیر آماره کی‌دو^۲ (χ^2) برای تیمارهای ۵۰، ۷۰ و ۱۱۰ درصد حداکثر دبی غیر فرسایشی به ترتیب برابر ۱، ۸ و ۰/۱۴ به دست آمد. بررسی مقادیر آماره یادشده نشان داد که در تیمارهای ۵۰ و ۱۱۰ درصد حداکثر دبی غیر فرسایشی در سطح احتمال ۵ درصد تغییر شکل جویچه‌های مورد آزمایش معنی‌دار نبود، ولی تغییر شکل جویچه‌ها در تیمار ۷۰ درصد حداکثر دبی غیر فرسایشی معنی‌دار بود و این تغییر، بیشتر از شکل مثلثی به سهمی و از شکل سهمی به دوزنقه‌ای بود. نتایج نشان داد که کمترین تغییرات در ۲۵ متر دوم و سوم و با کاربرد دبی‌های ۵۰ و ۱۱۰ درصد حداکثر دبی غیر فرسایشی و بیشترین تغییر شکل جویچه در ۲۵ متر سوم با کاربرد دبی ۷۰ درصد حداکثر دبی غیر فرسایشی بود. برای نمونه، در جدول ۳، مقادیر عرض بالا، پیرامون تر شده و سطح مقطع هر عمق جریان، برای شکل‌های استاندارد جویچه‌ها ارائه شده است.

به منظور بررسی تاثیر آبیاری بر روی پارامترهای هندسی جویچه از جمله عرض بالای جویچه، پیرامون تر شده و سطح مقطع جریان با کاربرد دبی‌های مختلف و فاصله‌های مختلف از طول جویچه به صورت جویچه به صورت زیر عمل شد: با استفاده از نتایج نظیر آنچه در جدول ۳ ارائه شده و به ازاء حداکثر عمق آب اندازه‌گیری شده در هر مقطع در فاز پیشروی و میانگین عمق جریان در مقطع‌های اندازه‌گیری شده و میانگین عمق جریان حاصل از کاربرد دبی‌های مختلف، مقادیر پارامترهای هندسی جویچه به دست آمد. با محاسبه و دید داشت تفاوت مقادیر پارامترها در قبل و بعد از آبیاری برای فاصله‌های ۲۵ متر اول، ۲۵ متر دوم و ۲۵ متر سوم و فاصله ۷۵ متر از طول جویچه، مقادیر میانگین، واریانس و آماره t برای هر یک به دست آمد.

جدول ۲- شکل استاندارد مقطع جویچه‌ها، در قبل و بعد از آبیاری با کاربرد دبی‌های مختلف.

شماره مقطع	شکل مقطع در جویچه دارای ۵۰ درصد حداکثر دبی غیر فرسایشی		شکل مقطع در جویچه دارای ۷۰ درصد حداکثر دبی غیر فرسایشی		شکل مقطع در جویچه دارای ۱۱۰ درصد حداکثر دبی غیر فرسایشی	
	قبل از آبیاری	بعد از آبیاری	قبل از آبیاری	بعد از آبیاری	قبل از آبیاری	بعد از آبیاری
۱	سه‌موی	دوزنقه‌ای	سه‌موی	سه‌موی	سه‌موی	مثالی
۲	مثالی	مثالی	مثالی	مثالی	سه‌موی	دوزنقه‌ای
۳	مثالی	سه‌موی	دوزنقه‌ای	دوزنقه‌ای	دوزنقه‌ای	مثالی
۴	—	—	مثالی	دوزنقه‌ای	سه‌موی	دوزنقه‌ای
۵	مثالی	مثالی	سه‌موی	دوزنقه‌ای	دوزنقه‌ای	سه‌موی
۶	سه‌موی	سه‌موی	دوزنقه‌ای	دوزنقه‌ای	سه‌موی	سه‌موی
۷	مثالی	سه‌موی	سه‌موی	دوزنقه‌ای	سه‌موی	سه‌موی
۸	مثالی	مثالی	دوزنقه‌ای	دوزنقه‌ای	سه‌موی	سه‌موی
۹	مثالی	مثالی	مثالی	سه‌موی	مثالی	دوزنقه‌ای
۱۰	مثالی	مثالی	سه‌موی	سه‌موی	سه‌موی	سه‌موی
۱۱	مثالی	مثالی	مثالی	سه‌موی	مثالی	دوزنقه‌ای
۱۲	سه‌موی	سه‌موی	مثالی	دوزنقه‌ای	سه‌موی	سه‌موی
۱۳	سه‌موی	سه‌موی	مثالی	مثالی	سه‌موی	سه‌موی
۱۴	دوزنقه‌ای	دوزنقه‌ای	مثالی	سه‌موی	دوزنقه‌ای	سه‌موی
۱۵	دوزنقه‌ای	سه‌موی	سه‌موی	دوزنقه‌ای	سه‌موی	سه‌موی

توضیح: تغییر شکل مقاطع در جویچه‌های دارای دبی ورودی ۵۰ و ۷۰ درصد حداکثر دبی غیر فرسایشی از عوامل غیر قابل کنترل و عملیات زراعی ناشی شده که امکان تفکیک اثرات آنها مقدور نشد.

جدول ۳- رابطه عرض بالا، پیرامون تر شده و سطح مقطع با عمق جریان برای شکل‌های استاندارد در جویچه دارای دی ورودی ۷۰ درصد حداکثر دی غیر فرسایشی (برای نمونه).

شماره مقطع	عرض بالای جویچه (سانتی‌متر)		سطح مقطع (سانتی‌متر مربع)		پیرامون تر شده (سانتی‌متر)	
	قبل از آبیاری	بعد از آبیاری	$A = (5 + 7/1023) y$	$A = (5 + 7/1023) y$	$W_p = 5 + 7.0443 y$	$W_p = 5 + 4.8959 y$
۸	قبل از آبیاری	$T = 5 + 7/244 y$	$A = 7/5428 y^{10}$	$A = 7/27746 y^{10}$	$W_p = 5.5087 y$	$W_p = 5.5087 y$
	بعد از آبیاری	$T = 5 + 7/244 y$	$A = 7/5428 y^{10}$	$A = 7/27746 y^{10}$	$W_p = \sqrt{y} \sqrt{1 + 0.2514y} + 3.9773 \text{Arcsinh} 2\sqrt{0.06285y} + \sqrt{y} \sqrt{1 + 0.136y}$ 0.5014	$W_p = \sqrt{y} \sqrt{1 + 0.2514y} + 3.9773 \text{Arcsinh} 2\sqrt{0.06285y} + \sqrt{y} \sqrt{1 + 0.136y}$ 0.5014
۹	قبل از آبیاری	$T = 10/4112 y^{10}$	$A = 7/105136 y^{10}$	$A = 7/105136 y^{10}$	$W_p = 7.3529 \text{Arcsinh} 2\sqrt{0.0340y}$	$W_p = 7.3529 \text{Arcsinh} 2\sqrt{0.0340y}$
	بعد از آبیاری	$T = 10/4112 y^{10}$	$A = 7/105136 y^{10}$	$A = 7/105136 y^{10}$	$W_p = \sqrt{y} \sqrt{1 + 0.09068y} + 11.02779 \text{Arcsinh} 2\sqrt{0.0227y} + \sqrt{y} \sqrt{1 + 0.2114y}$ 0.3014	$W_p = \sqrt{y} \sqrt{1 + 0.09068y} + 11.02779 \text{Arcsinh} 2\sqrt{0.0227y} + \sqrt{y} \sqrt{1 + 0.2114y}$ 0.3014
۱۰	قبل از آبیاری	$T = 9/579 y^{10}$	$A = 9/3860 y^{10}$	$A = 9/3860 y^{10}$	$W_p = 4.7295 \text{Arcsinh} 2\sqrt{0.05286y}$	$W_p = 4.7295 \text{Arcsinh} 2\sqrt{0.05286y}$
	بعد از آبیاری	$T = 9/579 y^{10}$	$A = 9/3860 y^{10}$	$A = 9/3860 y^{10}$	$W_p = \sqrt{y} \sqrt{1 + 0.1147y} + 8.7184 \text{Arcsinh} 2\sqrt{0.02867y} + \sqrt{y} \sqrt{1 + 0.1884y}$ 0.3387	$W_p = \sqrt{y} \sqrt{1 + 0.1147y} + 8.7184 \text{Arcsinh} 2\sqrt{0.02867y} + \sqrt{y} \sqrt{1 + 0.1884y}$ 0.3387
۱۱	قبل از آبیاری	$T = 7/4232 y^{10}$	$A = 7/3716 y^{10}$	$A = 7/3716 y^{10}$	$W_p = 7.5359 y$	$W_p = 7.5359 y$
	بعد از آبیاری	$T = 7/4232 y^{10}$	$A = 7/3716 y^{10}$	$A = 7/3716 y^{10}$	$W_p = \sqrt{y} \sqrt{1 + 0.2514y} + 3.9778 \text{Arcsinh} 2\sqrt{0.06285y} + \sqrt{y} \sqrt{1 + 0.128y}$ 0.5014	$W_p = \sqrt{y} \sqrt{1 + 0.2514y} + 3.9778 \text{Arcsinh} 2\sqrt{0.06285y} + \sqrt{y} \sqrt{1 + 0.128y}$ 0.5014

توضیح: در این جدول T = عرض بالای جویچه (سانتی‌متر)، W_p = پیرامون تر شده (سانتی‌متر)، A = سطح مقطع (سانتی‌متر مربع) و y = عمق جریان (سانتی‌متر) است.

جدول ۴- مقادیر میانگین، واریانس و آماره t برای تفاوت مقادیر عرض بالای جویچه در قبل و بعد از آبیاری

با کاربرد دبی ورودی						
فاصله از طول						
۵۰ درصد حداکثر دبی غیر فرسایشی						
۷۰ درصد حداکثر دبی غیر فرسایشی						
۱۱۰ درصد حداکثر دبی غیر فرسایشی						
Y _{mean}	Y _{max}	Y _{mean}	Y _{max}	Y _{mean}	Y _{max}	جویچه
۴/۹۶۱	۱۲/۱۴۹	۲/۵۱۳	۷/۰۷۹	۷/۱۴۶	۱۴/۹۸۱	میانگین
۸/۳۵۳	۹۷/۳۱۲	۲/۱۱۵	۴/۰۱۱	۱۹/۵۹۳	۱۱۲/۹۵۰	واریانس
۳/۸۳۸	۲/۷۵۴	۳/۸۶۴	۷/۹۰۴	۳/۶۱۰	۲/۸۱۹	آماره t
درصد ۱	درصد ۵	درصد ۱	درصد ۱	درصد ۲/۵	درصد ۵	سطح احتمال
۶/۰۹۹	۲۲/۳۹۵	۳/۴۸۹	۷/۸۷۷	۱/۹۴۹	۳/۵۱۳	میانگین
۲۰/۹۹۵	۱۸۳/۶۶۷	۶/۹۳۸	۴۳/۱۵۴	۳/۸۵۹	۱۳/۴۱۴	واریانس
۲/۹۷۶	۳/۶۹۵	۲/۹۶۲	۲/۶۸۱	۲/۲۱۹	۲/۱۴۴	آماره t
درصد ۲/۵	درصد ۲/۵	درصد ۲/۵	ns	درصد ۵	درصد ۵	سطح احتمال
۵/۶۸۹	۱۲/۰۸۶	۴/۹۷۸	۱۶/۷۹۸	۳/۰۷۳	۱/۵۴۹	میانگین
۳۳/۰۱۸	۶۴/۶۳۲	۱۴/۹۰۱	۱۳۴/۲۰۵	۱۶/۸۵۹	۲۳/۰۹۴	واریانس
۲/۲۱۴	۳/۳۶۱	۲/۸۶۶	۳/۲۴۲	۱/۶۷۳	۰/۷۲۱۱	آماره t
درصد ۵	درصد ۲/۵	درصد ۲/۵	درصد ۵	ns	ns	سطح احتمال
۵/۵۸۳	۱۵/۵۴۳	۳/۶۴۹	۱۰/۵۸۴	۳/۸۳۶	۷/۸۶۳	میانگین
۱۸/۰۵۶	۱۲۳/۸۹۵	۷/۹۱۷	۷۲/۶۱۲	۱۵/۸۶۰	۷۶/۸۸۳	واریانس
۵/۰۸۹	۵/۴۰۸	۵/۰۲۴	۴/۸۱۰	۳/۷۳۰	۴۳/۴۷۳	آماره t
درصد ۰/۰۵	درصد ۰/۰۵	درصد ۰/۰۵	درصد ۰/۱	درصد ۰/۵	درصد ۰/۵	سطح احتمال
طول ۷۵ متر جویچه						

توضیح: در این جدول: (با Y_{max}) و (با Y_{mean}) به ترتیب به مفهوم محاسبه تفاوت مقادیر عرض بالا با اعمال حداکثر عمق آب اندازه‌گیری شده و میانگین عمق جریان در مقطع‌ها بوده و نتایج ردیفی شامل میانگین، واریانس و مقدار آماره t و سطح احتمال معنی‌دار بودن است و ns به مفهوم عدم معنی‌داری تفاوت‌ها در سطح احتمال ۵ درصد یا کمتر است.

جدول ۵- مقادیر میانگین، واریانس و آماره t برای تفاوت مقادیر پیرامون تر شده در قبل و بعد از آبیاری

با کاربرد دبی ورودی						
فاصله از طول						
۵۰ درصد حداکثر دبی غیر فرسایشی		۷۰ درصد حداکثر دبی غیر فرسایشی		۱۱۰ درصد حداکثر دبی غیر فرسایشی		جویچه
Y_{mean}	Y_{max}	Y_{mean}	Y_{max}	Y_{mean}	Y_{max}	
۸/۲۳۲	۱۳/۱۴۹	۲/۴۸۱	۶/۴۶۱	۶/۷۶۷	۱۳/۱۲۳	میانگین
۴۱/۲۳۵	۱۰۲/۵۱	۱/۱۹۶	۱/۷۲۸	۱۷/۷۳۶	۹۵/۰۳۸	واریانس
۲/۸۶۶	۲/۹۰۰	۵/۰۷۳	۱۰/۹۹۲	۳/۲۳۱	۲/۶۹	آماره t
۲/۵ درصد	۲/۵ درصد	۰/۵ درصد	۰/۵ درصد	۲/۵ درصد	۵ درصد	سطح احتمال
۴/۶۲۸	۱۳/۶۷	۵/۱۶۴	۷/۱۴۷	۱/۹۰۰	۳/۲۴۴	میانگین
۱۱/۵۷۹	۳۵/۳۲	۹/۴۶۳	۳۵/۴۹۱	۳/۷۵۵	۱۴/۳۳۶	واریانس
۳/۰۴۱	۵/۱۴۱	۳/۷۵۴	۲/۶۸۲	۲/۱۹۲	۱/۹۱۶	آماره t
۲/۵ درصد	۰/۵ درصد	۱ درصد	۲/۵ درصد	۵ درصد	ns	سطح احتمال
۵/۲۹۶	۱۰/۵۴۱	۴/۷۰۴	۱۴/۵۴۲	۳/۱۹۵	۶/۹۰۲	میانگین
۲۳/۹۰۹	۲۲/۰۳۴	۱۱/۷۸۲	۱۳۵/۸۰۰	۱۴/۵۱۱	۵۳/۵۲۴	واریانس
۲/۴۲۲	۵/۰۲۱	۳/۰۶۴	۲/۷۹۰	۱/۸۷۵	۱/۸۸۷	آماره t
۵ درصد	۰/۵ درصد	۲/۵ درصد	۲/۵ درصد	ns	ns	سطح احتمال
۶/۰۵۲	۱۲/۴۵۲	۴/۱۱۶	۹/۳۸۳	۳/۷۵۳	۷/۳۷۳	میانگین
۲۴/۵۴۷	۴۷/۶۸	۷/۸۸۲	۶۳/۷۷۳	۱۳/۹۴۸	۵۹/۶۳	واریانس
۴/۷۳۱	۶/۹۸۴	۵/۶۷۸	۴/۵۵۱	۳/۷۵۹	۳/۵۷۳	آماره t
۰/۰۵ درصد	۰/۰۵ درصد	۰/۰۵ درصد	۰/۰۵ درصد	۰/۵ درصد	۲/۵ درصد	سطح احتمال

توضیح: در این جدول: (با Y_{max}) و (با Y_{mean}) به ترتیب به مفهوم محاسبه تفاوت مقادیر پیرامون تر شده با اعمال حداکثر عمق آب اندازه‌گیری شده و میانگین عمق جریان در مقطع‌ها بوده و نتایج به صورت میانگین، واریانس و مقدار آماره t و سطح احتمال معنی‌دار بودن به صورت ستونی ارائه شده است و ns به مفهوم عدم معنی‌داری تفاوت‌ها در سطح احتمال ۵ درصد یا کمتر است.

در جداول ۴ و ۵ مقادیر میانگین، واریانس و آماره t برای تفاوت مقادیر عرض بالایی جویچه، پیرامون تر شده و سطح مقطع در قبل و بعد از آبیاری با اعمال حداکثر عمق آب اندازه‌گیری شده در هر مقطع در فاز پیشروی و میانگین عمق جریان حاصل از کاربرد دبی‌های مختلف در مقطع‌های اندازه‌گیری شده ارائه شده است. بررسی جدول‌های یاد شده به نتایج زیر منجر شد:

۱- تفاوت مقادیر عرض بالایی جویچه در قبل و بعد از آبیاری با کاربرد دبی‌های مختلف در فاصله‌های ۲۵ متر اول، ۲۵ متر دوم و ۲۵ متر سوم و ۷۵ متر، در سطح احتمال مساوی یا کمتر از ۵ درصد معنی‌دار

بود. این تفاوت در ثلث آخر (یا ۲۵ متر سوم) طول جویچه دارای دبی ورودی ۵۰ درصد حداکثر دبی غیر فرسایشی در سطح احتمال یاد شده معنی‌دار نبود.

۲- به جز در ۲۵ متر دوم در جویچه دارای دبی ورودی ۵۰ درصد دبی فرسایشی با اعمال حداکثر عمق آب اندازه‌گیری شده و ۲۵ متر سوم در جویچه دارای دبی ورودی ۵۰ درصد حداکثر دبی غیر فرسایشی، در سایر حالت‌ها یعنی در فاصله‌های ۲۵ و ۵۰ و ۷۵ متر و سراسر طول ۷۵ متر در جویچه‌های با دبی‌های ۵۰، ۷۰ و ۱۱۰ درصد حداکثر دبی غیر فرسایشی تفاوت مقادیر پیرامون تر شده در قبل و بعد از آبیاری در سطح احتمال مساوی یا کمتر از ۵ درصد معنی‌دار بود.

۳- براساس میانگین عمق جریان در مقطع‌ها، به جز در ۵۰ و ۷۵ متر در جویچه دارای دبی ورودی ۵۰ درصد حداکثر دبی غیر فرسایشی، در حالت‌های دیگر یعنی در ۲۵ و ۵۰ و ۷۵ متر در جویچه‌های با دبی‌های ۵۰، ۷۰ و ۱۱۰ درصد حداکثر دبی غیر فرسایشی تفاوت سطح مقطع در قبل و بعد از آبیاری در سطح احتمال مساوی یا کمتر از ۵ درصد معنی‌دار بود. با اعمال حداکثر عمق آب اندازه‌گیری شده در هر مقطع در فاز پیشروی به جز در طول ۷۵ متر از طول جویچه دارای دبی ورودی ۷۰ درصد حداکثر دبی غیر فرسایشی در سایر حالت‌ها، تفاوت‌های به دست آمده برای سطح مقطع جویچه در قبل و بعد از آبیاری در سطح احتمال یاد شده، معنی‌دار بود.

با اعمال میانگین عمق جریان (y_{mean}) حاصل از کاربرد دبی‌های مختلف در فاصله‌های ۲۵ متر اول، دوم و سوم و فاصله ۷۵ متر از ابتدای جویچه‌ها و برای حالت ترکیب دبی‌های مختلف (ترکیب تیمارها یعنی صرف نظر از تاثیرپذیری تغییر شکل پارامترهای هندسی جویچه کلیه نتایج قبل و بعد از آبیاری در مقاطع مختلف جویچه بررسی یا مقایسه شده‌اند). در مقادیر میانگین، واریانس و آماره t برای تفاوت مقادیر عرض بالای جویچه، پیرامون تر شده و سطح مقطع در قبل و بعد از آبیاری محاسبه و جدول ۷ ارائه شده است. نتایج زیر از بررسی داده‌های جدول ۷ یاد شده به دست آمد:

۱- تفاوت عرض بالای جویچه در قبل و بعد از آبیاری، در سطح احتمال ۵ درصد در ۲۵ متر دوم و سوم از طول جویچه تحت آبیاری معنی‌دار نبود، ولی برای فاصله‌های ۲۵ متر اول، دوم و سوم و طول ۷۵ متر از ابتدای جویچه‌های تحت تیمارهای ۵۰، ۷۰ و ۱۱۰ درصد حداکثر دبی غیر فرسایشی و ترکیب تیمارهای دبی ورودی، تفاوت‌ها در سطح احتمال برابر یا کمتر از ۵ درصد معنی‌دار بود (جدول ۷).

۲- تفاوت مقادیر پیرامون تر شده در قبل و بعد از آبیاری، در سطح احتمال ۵ درصد، در ۲۵ متر سوم از جویچه‌ها در تیمارهای ۵۰ و ۱۱۰ درصد حداکثر دبی غیر فرسایشی معنی‌دار نبود، در حالی که در فاصله‌های ۲۵ متر اول، دوم و سوم و طول ۷۵ متر از ابتدای جویچه‌های تحت تیمارهای ۵۰، ۷۰ و ۱۱۰ درصد حداکثر دبی غیر فرسایشی و ترکیب تیمارهای دبی ورودی، تفاوت یاد شده در سطح احتمال برابر یا کمتر از ۵ درصد معنی‌دار بود (جدول ۷).

۳- در فاصله ۲۵ متر دوم و سوم از جویچه تحت تیمار ۵۰ درصد حداکثر دبی غیر فرسایشی و فاصله ۲۵ متر سوم از جویچه تحت تیمار ۷۰ درصد حداکثر دبی غیر فرسایشی، تفاوت سطح مقطع جویچه در قبل و بعد از آبیاری در سطح احتمال ۵ درصد، معنی دار نبود، ولی در فاصله‌های ۲۵ متر اول، دوم، سوم و طول ۷۵ متر از ابتدای جویچه‌های تحت تیمارهای ۵۰، ۷۰ و ۱۱۰ درصد حداکثر دبی غیر فرسایشی و ترکیب تیمارهای دبی ورودی، تفاوت یاد شده در سطح احتمال برابر یا کمتر از ۵ درصد معنی دار بود (جدول ۷).

در اکثر موارد، بین مقادیر پارامترهای هندسی در قبل و بعد از آبیاری تفاوت معنی داری مشاهده شد، ولی در مواردی، بین مقادیر یاد شده تفاوتی یافت نشد. پراکنش این عدم تفاوت به صورت زیر بود:

از مجموع ۱۴۴ مورد، در ۱۶ مورد یعنی حدود ۱۱/۱ درصد، بین مقادیر پارامترهای هندسی در قبل و بعد از آبیاری در جویچه‌های با دبی‌های ۵۰، ۷۰ و ۱۱۰ درصد حداکثر دبی غیر فرسایشی و در فاصله‌های ۲۵ متر اول، دوم و سوم و طول ۷۵ متر تفاوتی مشاهده نشد. حدود ۷۵ درصد از ۱۱/۱ درصد یاد شده مربوط به جویچه دارای دبی ورودی ۵۰ درصد حداکثر دبی غیر فرسایشی و ۱۸/۷ درصد از آن مربوط به جویچه دارای دبی ورودی ۷۰ درصد حداکثر دبی غیر فرسایشی بود. حدود ۶۷ درصد از ۷۵ درصد فوق در ۲۵ متر سوم از طول جویچه و ۳۳ درصد از آن مربوط به ۲۵ متر دوم از جویچه دارای دبی ورودی ۵۰ درصد حداکثر دبی غیر فرسایشی بود. به نظر می‌رسد که مقاطع مختلف جویچه دارای دبی ورودی ۵۰ درصد حداکثر دبی غیر فرسایشی به ویژه در ۲۵ متر سوم و دوم حالت نسبتاً تغییرناپذیری داشته و پارامترهای هندسی آن از دبی ورودی، کمتر متاثر بوده‌اند. حدود ۳۷/۵ درصد از نامتفاوت بودن مقادیر پارامترهای هندسی در قبل و بعد از آبیاری مربوط به عرض بالای جویچه، ۳۷/۵ درصد از آن مربوط به سطح مقطع جریان و ۲۵ درصد آن مربوط به پیرامون تر شده بود.

با اعمال میانگین عمق جریان در مقطع‌ها و میانگین عمق جریان حاصل از کاربرد دبی‌های مختلف، میانگین مقادیر پارامترهای هندسی جویچه در قبل و بعد از آبیاری، در جویچه‌های با دبی‌های ۵۰، ۷۰ و ۱۱۰ درصد حداکثر دبی غیر فرسایشی محاسبه شد. سپس، میانگین‌های به دست آمده با آزمون t مقایسه شد.

جدول ۶- مقادیر میانگین، واریانس و آماره t برای تفاوت مقادیر سطح مقطع در قبل و بعد از آبیاری

با کاربرد دبی ورودی						
۱۱۰ درصد حداکثر دبی غیر فرسایشی		۷۰ درصد حداکثر دبی غیر فرسایشی		۵۰ درصد حداکثر دبی غیر فرسایشی		فاصله
Y_{mean}	Y_{max}	Y_{mean}	Y_{max}	Y_{mean}	Y_{max}	از طول
						جویچه
۱۰/۶۹۶	۴۸/۹۵۲	۱۵/۵۰۹	۲۸/۵۴۵	۱۸/۴۲۵	۶۳/۲۵۵	میانگین
۵۴/۸۱۰	۸۸۶/۹۴۷	۴۲۸/۲۳۱	۳۷/۶۱۲	۱۳۸/۷۹۷	۲۳۶۶/۸۹	واریانس
۳/۲۳	۳/۶۷۵	۲/۹۰۳	۱۰/۴۰۸	۳/۱۲۸	۲/۶	آماره t
۲/۵ درصد	۲/۵ درصد	۲/۵ درصد	۰/۵ درصد	۵ درصد	۵ درصد	سطح احتمال
۱۰/۵۶۹	۹۲/۱۶۶	۷/۳۰۵	۲۵/۲۱۴	۵/۸۱۸	۱۴/۰۰۶۶	میانگین
۴۴/۱۵۸	۱۴۸۴/۳۸	۱۲/۶۲۹	۱۴۵/۵۵۱	۶۰/۸۰۵	۲۰۷/۵۶۷	واریانس
۳/۵۵۶	۵/۳۴۹	۴/۵۹۶	۴/۶۷۳	۱/۶۶۸	۲/۱۷۴	آماره t
۲/۵ درصد	۰/۵ درصد	۱ درصد	۰/۵ درصد	ns	۵ درصد	سطح احتمال
۱۲/۲۲۶	۶۸/۵۱۱	۱۰/۱۵۸	۵۷/۱۴۰	۶/۵۹۰	۳۷/۱۵	میانگین
۹۶/۷۸۲	۱۹۰۰/۴۹۷	۳۷/۸۵۹	۴۱۳۳/۹۲	۷۷/۵۱۹	۸۹۲/۳۰۲	واریانس
۲/۷۷۹	۳/۵۱۴	۳/۶۹۱	۱/۹۸۷	۱/۶۷۴	۲/۷۸	آماره t
۲/۵ درصد	۲/۵ درصد	۲/۵ درصد	۱۵ درصد	ns	۲/۵ درصد	سطح احتمال
۱۲/۲۲۶	۶۹/۸۷۶	۱۰/۹۹۱	۳۶/۹۶۶	۹/۶۹۶	۳۶/۳۴۳	میانگین
۹۶/۷۸۱	۱۵۵۴/۹۹۴	۱۴۹/۱۷۰	۱۴۵۳/۴۶	۱۰۷/۵۳	۱۲۹۹/۶۲	واریانس
۴/۸۱	۶/۸۶۳	۳/۴۸۵	۳/۷۵۵	۳/۶۲	۳/۷۷۲	آماره t
۰/۵ درصد	۰/۵ درصد	۰/۵ درصد	۰/۵ درصد	۰/۵ درصد	۰/۵ درصد	سطح احتمال

توضیح: در این جدول: (با Y_{max}) و (با Y_{mean}) به ترتیب به مفهوم محاسبه تفاوت مقادیر عرض بالا با اعمال حداکثر عمق آب اندازه‌گیری شده و میانگین عمق جریان در مقطع‌ها بوده و نتایج ردیفی شامل میانگین، واریانس و مقدار آماره t و سطح احتمال معنی‌دار بودن است و ns به مفهوم عدم معنی‌داری تفاوت‌ها در سطح احتمال ۵ درصد یا کمتر است.

جدول ۷- مقادیر میانگین، واریانس و آماره t برای تفاوت مقادیر عرض بالا، پیرامون تر شده و سطح مقطع با اعمال میانگین عمق جریان با کاربرد دبی‌های مختلف

فاصله از ابتدای جویچه		۵۰ درصد حداکثر دبی غیر فرسایشی		۷۰ درصد حداکثر دبی غیر فرسایشی		۱۱۰ درصد حداکثر دبی غیر فرسایشی		ترکیب تیمارهای دبی ورودی	
عرض بالا	پیرامون تر شده	عرض بالا	سطح مقطع	عرض بالا	سطح مقطع	عرض بالا	سطح مقطع	پیرامون تر شده	سطح مقطع
۶/۷۸	۶/۴۳۱	۲/۵۰۲	۲/۵۳۲	۱۵/۹۳۸	۱۲/۱۳۹	۱۵/۹۳۸	۱۲/۱۳۹	۶/۴۳۱	۶/۷۸
۱۶/۰۱۵	۱۵/۱۷۴	۲/۵۳۲	۲/۵۳۲	۱۱۲/۱۳۹	۱۵/۱۷۴	۱۵/۹۳۸	۱۲/۱۳۹	۱۵/۱۷۴	۱۶/۰۱۵
۳/۳۸۷	۳/۳۰۲	۲/۵۱	۲/۵۱	۲/۹۸۴	۳/۳۰۲	۲/۹۸۴	۳/۳۰۲	۳/۳۰۲	۳/۳۸۷
۲/۵	۲/۵	۲/۵	۲/۵	۵ درصد	۲/۵	۵ درصد	۲/۵	۲/۵	۲/۵
۱/۹۴۹	۲/۱۳۰۲	۲/۵۱۸	۲/۵۱۸	۵/۰۸۰	۲/۱۳۰۲	۲/۵۱۸	۲/۱۳۰۲	۲/۵۱۴	۲/۵۱۴
۴/۲۰۲	۳/۲۷۷	۷/۸۰۲	۷/۸۰۲	۵۰/۹۶۳	۳/۲۷۷	۷/۸۰۲	۳/۲۷۷	۷/۹۴۲	۷/۹۴۲
۷/۱۲۶	۷/۱۲۶	۱/۵۹۱	۱/۵۹۱	۱/۵۹۱	۷/۱۲۶	۱/۵۹۱	۷/۱۲۶	۴/۱۷۶	۴/۱۷۶
۵ درصد احتمال	۵ درصد	۲/۵	۲/۵	۵ درصد	۲/۵	۵ درصد	۲/۵	۰/۰۵	۰/۰۵
میانگین	میانگین	میانگین	میانگین	میانگین	میانگین	میانگین	میانگین	میانگین	میانگین
۲۵ متر	۲۵ متر	۲۵ متر	۲۵ متر	۲۵ متر	۲۵ متر	۲۵ متر	۲۵ متر	۲۵ متر	۲۵ متر
۱۱/۸۳۱	۵/۷۶۷	۴/۷۳۶	۱۱/۹۸۹	۷/۴۵۶	۵/۳۳۸	۷/۷۷۸	۵/۳۳۸	۱۱/۹۸۹	۵/۷۶۷
۶۲/۲۲۴	۱۸/۶۱۱	۱۰/۰۶۷	۶۷/۳۶۱	۲۸/۶۰	۷/۳۱۵	۱۹/۹۸۴	۱۰/۳۳۵	۶۷/۳۶۱	۱۸/۶۱۱
۵/۶۱۲	۵/۰۰۲	۵/۵۸۶	۳/۲۶۶	۳/۱۲۰	۴/۴۱	۳/۸۹۶	۲/۴۶۷	۳/۲۶۶	۵/۰۰۲
۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵
۸/۱۸۵	۳/۵۱۴	۴/۰۲۸	۱۱/۷۷۶	۵/۱۳۳	۶/۶۱۸	۷/۶۹۸	۲/۶۳۵	۳/۵۱۴	۳/۵۱۴
۴۴/۹۲	۷/۹۴۲	۱۳/۹۵۶	۶۴/۱۴۲	۱۷/۳۰۶	۲۲/۷۷۵	۱۳/۶۴۹	۴/۱۸۹	۷/۹۴۲	۷/۹۴۲
۴/۷۷۹	۴/۸۲۹	۴/۱۷۶	۳/۳۸۸	۳/۲۷۰	۳/۱۰۴	۴/۶۵۹	۳/۹۷۱	۴/۸۲۹	۴/۸۲۹
۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵
۱۱/۵۲۵	۸/۶۵۶	۴/۵۶۹	۱۲/۵۰۵	۶/۱۲۴	۵/۹۳۴	۱۰/۷۸۱	۴/۸۲۵	۴/۵۶۹	۴/۵۶۹
۱۰۰/۲۲۵	۶۴/۰۷۷	۲۰/۹۵۳	۱۴۱/۵۱۸	۴۲/۰۵۴	۳۶/۳۱۶	۴۰/۱۳۴	۱۳/۴۴۲	۲۰/۹۵۳	۲۰/۹۵۳
۴/۴۵۸	۴/۰۴۶	۳/۷۳۴	۲/۳۵	۲/۱۱	۲/۲۰	۳/۸۰۵	۲/۹۴۲	۳/۷۳۴	۳/۷۳۴
۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵	NS	۵ درصد	NS	۵ درصد	۰/۰۵	۰/۰۵
۱۴/۴۴۶	۴/۶۳۶	۴/۳۲۸	۱۲/۰۹۰	۶/۲۳۸	۵/۹۶۳	۸/۹۵۶	۳/۸۱۷	۴/۶۳۶	۴/۶۳۶
۳۰/۳۵۸	۱۶/۳۷۳	۱۴/۵۰	۷۸/۱۰۶	۲۴/۶۷۴	۱۹/۲۵۳	۲۲/۲۵۱	۹/۵۲۸	۱۶/۳۷۳	۱۶/۳۷۳
۱۷/۸۱۷	۱۳/۲۶۳	۷/۷۳	۵/۲۹۸	۴/۸۶۳	۵/۲۶۴	۷/۳۵۳	۲/۷۹	۱۳/۲۶۳	۱۳/۲۶۳
۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵
۷۵	۷۵	۷۵	۷۵	۷۵	۷۵	۷۵	۷۵	۷۵	۷۵
میانگین	میانگین	میانگین	میانگین	میانگین	میانگین	میانگین	میانگین	میانگین	میانگین
۲۵ متر	۲۵ متر	۲۵ متر	۲۵ متر	۲۵ متر	۲۵ متر	۲۵ متر	۲۵ متر	۲۵ متر	۲۵ متر

توضیح: در این جدول نتایج ستونی به ترتیب شامل میانگین، واریانس و مقدار آماره t و سطح احتمال معرفی‌ناری است.

جدول ۸- نتیجه مقایسه میانگین پارامترهای هندسی جویچه‌های تحت آبیاری در قبل و بعد از آبیاری

سطح مقطع (سانتی‌متر)		پیرامون تر شده (سانتی‌متر)		جویچه (سانتی‌متر)		معرض بالای جویچه (سانتی‌متر)						
$y = 3/170$	$y = 3/550$	$y = 3/170$	$y = 3/550$	$y = 3/170$	$y = 3/550$	$y = 3/170$	$y = 3/550$					
۳۳/۸۶۷	۳۱/۸۳۵	۳۷/۲۸۹	۳۸/۱۶۰	۱۷/۹۳۵	۱۷/۸۰۴	۱۹/۸۳۳	۱۹/۱۸۶	۱۶/۶۱۶	۱۶/۲۰۸	۱۸/۱۵۷	۱۷/۴۹۰	میانگین
۲۲۵/۲۱۲	۲۳۰/۳۲۲	۱۷۵/۷۷۳	۲۹۵/۹۱۷	۱۶/۶۸۰	۲۹/۸۱۷	۱۷/۵۸۴	۲۰/۹۲۸	۱۷/۶۸۴	۳۲/۳۳۵	۱۸/۲۷۹	۳۳/۷۲۶	واریانس
$t = 0/163$	$t = 0/150$	$t = 0/101$	$t = 0/293$	$t = 0/223$	$t = 0/317$	$t = 0/317$	$t = 0/317$	$t = 0/317$	$t = 0/317$	$t = 0/317$	$t = 0/317$	t
NS		NS		NS		NS		NS		NS		عمق جریان
$y = 3/170$	$y = 3/053$	$y = 3/170$	$y = 3/053$	$y = 3/170$	$y = 3/053$	$y = 3/170$	$y = 3/053$	$y = 3/170$	$y = 3/053$	$y = 3/170$	$y = 3/053$	عمق جریان
۳۶/۱۶۵	۳۴/۵۱۶	۳۶/۳۳۲	۳۷/۵۵۱	۲۱/۰۰۰	۱۹/۶۲۰	۱۹/۸۴	۱۹/۳۹۹	۱۹/۸۲۸	۱۷/۷۵۱	۱۹/۱۶۴	۱۷/۳۰۹	میانگین
۱۰۳/۲۶۶	۶۰/۷۸۵	۲۷۷/۸۶۱	۵۵۲/۸۴	۱۶/۳۰۰	۱۹/۳۶۵	۱۸/۷۶	۱۹/۳۸۲	۱۷/۵۴۷	۱۳/۲۵۶	۱۷/۰۲۳	۱۲/۷۷۸	واریانس
$t = 0/468$	$t = 0/8022$	$t = 0/894$	$t = 0/251$	$t = 1/517$	$t = 1/316$	$t = 1/316$	$t = 1/316$	$t = 1/316$	$t = 1/316$	$t = 1/316$	$t = 1/316$	t
NS		NS		NS		NS		NS		NS		عمق جریان
$y = 3/170$	$y = 2/900$	$y = 3/170$	$y = 2/900$	$y = 3/170$	$y = 2/900$	$y = 3/170$	$y = 2/900$	$y = 3/170$	$y = 2/900$	$y = 3/170$	$y = 2/900$	عمق جریان
۳۸/۸۳	۳۳/۷۹۹	۳۳/۷۷۴	۳۸/۲۸۷	۲۲/۱۵۸	۱۷/۳۳۷	۲۱/۵۷۶	۱۶/۳۳۳	۲۱/۵۶۷	۱۶/۸۱۱	۲۰/۳۸	۱۵/۶۷	میانگین
۱۴۱/۰۰۶	۱۱۷/۱۶۱	۱۱۵/۳۷۴	۷۶/۲۵۳	۵۰/۶۹۵	۲۹/۸۵۹	۵۳/۹۱۸	۱۹/۲۲۴	۳۷/۴۵۵	۵۲/۱۲۶	۴۰/۳۷	۴۳/۰۹	واریانس
$t = 1/213$	$t = 1/523$	$t = 2/080$	$t = 2/102$	$t = 1/885$	$t = 1/49$	$t = 1/49$	$t = 1/49$	$t = 1/49$	$t = 1/49$	$t = 1/49$	$t = 1/49$	t
NS		NS		NS		NS		NS		NS		عمق جریان
$y = 3/170$	$y = 3/170$	$y = 3/170$	$y = 3/170$	$y = 3/170$	$y = 3/170$	$y = 3/170$	$y = 3/170$	$y = 3/170$	$y = 3/170$	$y = 3/170$	$y = 3/170$	عمق جریان
۳۵/۸۸۷	۳۳/۳۸۳	۲۰/۳۶۴	۱۸/۲۵۴	۲۰/۳۶۴	۱۸/۲۵۴	۱۹/۳۰۴	۱۶/۸۹۰	۱۹/۳۰۴	۱۶/۸۹۰	۱۹/۳۰۴	۱۶/۸۹۰	میانگین
۱۵۶/۴۹۵	۱۳۶/۰۸۹	۲۷/۸۹۲	۲۶/۳۴۷	۲۷/۵۶۲	۳۲/۵۷۶	۳۷/۵۶۲	۳۲/۵۷۶	۳۷/۵۶۲	۳۲/۵۷۶	۳۷/۵۶۲	۳۲/۵۷۶	واریانس
$t = 1/357$	$t = 2/657$	$t = 2/657$	$t = 2/657$	$t = 2/657$	$t = 2/657$	$t = 2/657$	$t = 2/657$	$t = 2/657$	$t = 2/657$	$t = 2/657$	$t = 2/657$	t
NS		NS		NS		NS		NS		NS		عمق جریان
$y = 3/170$	$y = 3/170$	$y = 3/170$	$y = 3/170$	$y = 3/170$	$y = 3/170$	$y = 3/170$	$y = 3/170$	$y = 3/170$	$y = 3/170$	$y = 3/170$	$y = 3/170$	عمق جریان

توضیح: در این جدول، نتایج ستونی شامل میانگین، واریانس، مقدار آماره t و سطح احتمال منی‌داری تقارن‌ها است. $y =$ عمق جریان بوجه (سانتی‌متر) و NS = معنی‌دار نبودن تفاوت‌ها در سطح احتمال ۵ درصد است.

دبی ورودی، کمتر متاثر بوده‌اند. حدود ۳۷/۵ درصد از نامتفاوت بودن مقادیر پارامترهای هندسی در قبل و بعد از آبیاری مربوط به عرض بالای جویچه، ۳۷/۵ درصد از آن مربوط به سطح مقطع جریان و ۲۵ درصد آن مربوط به پیرامون تر شده بود.

با اعمال میانگین عمق جریان در مقطع‌ها و میانگین عمق جریان حاصل از کاربرد دبی‌های مختلف، میانگین مقادیر پارامترهای هندسی جویچه در قبل و بعد از آبیاری، در درجیچه‌های با دبی‌های ۵۰، ۷۰ و ۱۱۰ درصد حداکثر دبی غیر فرسایشی محاسبه شد. سپس، میانگین‌های به دست آمده با آزمون t مقایسه شد. نتیجه این مقایسه در جدول ۸ ارائه شده است. داده‌های جدول یاد شده نشان داد که تفاوت میانگین مقادیر عرض بالای جویچه و پیرامون تر شده در جویچه دارای دبی ورودی ۱۱۰ درصد حداکثر دبی غیر فرسایشی در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار بود. در حالی که تفاوت یاد شده در دیگر حالت‌های تیمارهای ۵۰، ۷۰ و ۱۱۰ درصد حداکثر دبی غیر فرسایشی، در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار نبود.

نتیجه‌گیری

بررسی تاثیر آبیاری با دبی‌های مختلف جریان بر روی پارامترهای هندسی جویچه نتایج زیر را به دست داده است:

۱- نتایج تحقیق حاضر نشان داد از مجموع ۴۴ مقطع اندازه‌گیری شده، در ۱۹ مورد (حدود ۴۳/۱۸ درصد) از آن، تغییر شکل هندسی در جویچه‌ها مشاهده شده که از این تعداد، در ۴ مورد آن (۹/۰۹ درصد از کل تعداد مقطع‌های مورد آزمایش) تغییر شکل از شکل مثلثی به نوزنقه‌ای بود و تغییرات معنی‌دار به ویژه در ۲۵ متر سوم از جویچه دارای دبی ورودی ۷۰ درصد حداکثر دبی غیر فرسایشی بوده و تغییر شکل به طور عمده، از شکل مثلثی به سهمی و از شکل سهمی به نوزنقه‌ای بود.

۲- نتایج مقایسه میانگین پارامترها نشان داد که تفاوت میانگین مقادیر عرض بالای جویچه و پیرامون تر شده در جویچه دارای دبی ورودی ۱۱۰ درصد حداکثر دبی غیر فرسایشی معنی‌دار بود ولی تفاوت میانگین مقادیر پارامترهای هندسی در درجیچه‌های با دبی‌های ۵۰ و ۷۰ درصد حداکثر دبی غیر فرسایشی معنی‌دار نبود.

۳- با اعمال حداکثر عمق آب اندازه‌گیری شده در هر مقطع، میانگین عمق جریان در مقطع‌ها و ترکیب تیمارها، در ۸۹ درصد موارد، بین مقادیر پارامترهای هندسی جویچه در قبل و بعد از آبیاری و در فاصله‌های ۲۵ متر اول، دوم و سوم و طول ۷۵ متر، درجیچه‌های با دبی‌های ۵۰، ۷۰ و ۱۱۰ درصد

حداکثر دبی غیر فرسایشی تفاوت معنی‌داری مشاهده شد. نتایج حاصل مشابه نتایجی است که در تحقیق پیشین [۲] به دست آمده است.

توصیه و پیشنهاد

با توجه به این که کاربرد دبی ۱۱۰ درصد حداکثر دبی غیر فرسایشی حتی در میانگین مقادیر عرض بالایی جویچه و پیرامون ترشده تفاوت معنی‌داری ایجاد نموده است و از سوی دیگر چون پیرامون تر شده از پارامترهای موثر در نفوذ پذیری است. بنا براین کاربرد دبی بیشتر از حداکثر دبی غیر فرسایشی موجب تغییر در مقدار نفوذ آب به جویچه شده و آن نیز احتمالاً راندمان کاربرد آب را تحت تاثیر قرار خواهد داد. به نظر می‌رسد که عوامل چندی از جمله نوع خاک، دبی جریان، فشردگی بستر جریان، شیب زمین در میزان تغییرپذیری پارامترهای هندسی جویچه‌ها موثر باشند. بنابراین، پیشنهاد می‌شود در صورت امکان، بررسی‌هایی به منظور الگوبندی میزان تغییرات به صورت تابعی از متغیرهای یاد شده انجام گیرد. در حین انجام محاسبات، تفاوت‌هایی در مقادیر پارامترهای هندسی در مقطع‌های مختلف از طول جویچه مشاهده شد. مطالعه تغییرات مکانی پارامترهای هندسی مفید به نظر می‌رسد.

منابع مورد استفاده

۱. اشرفی، ش.، حیدری، ن. عباسی، ف. ۱۳۷۵. طراحی، ساخت و واسنجی فلوهای W. S. C. مجموعه مقالات دومین گنکره ملی مسایل آب و خاک کشور، ۲۷-۳۰ بهمن. سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، صفحه ۲۰۶-۲۱۶.
۲. قهرمان، ب. و هاشمی‌نیا، س. م. ۱۳۷۵. ارزیابی اثرات آبیاری جویچه‌ای به روش پیوسته و موجی بر روی شکل هندسی جویچه. مجله علوم و صنایع کشاورزی، جلد ۱۲ (۲): ۳-۱۳.
۳. مقدم، م. ۱۳۷۸. آمار مهندسی پیشرفته (جزوه درسی دوره دکترای علوم و مهندسی آبیاری)، دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز.
۴. ناصری، ا. عباسی، ف. ۱۳۸۰. تعیین و ارزیابی ضریب زبری مانینگ در مزارع آبیاری. گزارش نهایی طرح ملی شماره ثبت ۱۱۸۵. شورای پژوهش‌های علمی کشور و موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی.

5. Booher, L. J., 1974. Surface irrigation, F. A. O. Agricultural development, paper 95, Rome, Italy.
6. Cahoon, J. E., 1994. Defining furrow cross section. J. Irrig. Drain. Engrg., 1994. ASCE, 121 (1): 114-119.

7. Mostafazadeh, B. and W. R. Walker, 1987. Furrow geometry under surge and continuous flow, Iran Agric. Res., 6: 51-57.
8. Schmitz, G. H. and G. J. Seus. 1992. Mathematical zero-Inertia modeling of surface irrigation: Advance in furrows. . J. Irrig. Drain. Engrg., ASCE, Vol. 118, No. 1, 1-18.
9. Trout, T. J. 1991. Furrow geometric parameters. J. Irrig. Drain. Engrg., ASCE, 117(5): 613-634.

دومین سمینار (راهکارهای بهبود و اصلاح سامانه‌های آبیاری سطحی

۲ فرورداد ماه ۱۳۸۷

اثر فرصت زمان، رطوبت اولیه خاک و نوبت آبیاری بر نفوذ آب از جویچه

محمد رضا نیشابوری^۱، ابوالفضل ناصری^۲

چکیده

فرآیند نفوذ در شبیه سازی، طراحی، ارزیابی و مدیریت آبیاری جویچه‌ای، نقش و اهمیت اساسی دارد. با وجودی که مقادیر نفوذ به میزان رطوبت اولیه و سابقه قبلی مرطوب شدن خاک بستگی دارد، ولی تاکنون، نقش و تاثیر این متغیرها در معادلات تجربی نفوذ آب از جویچه‌های آبیاری اعمال نشده است. بر این اساس، پژوهش حاضر با هدف بررسی جهت تغییرات نفوذ جمعی از جویچه آبیاری در اثر تغییر در فرصت زمان، مقدار رطوبت اولیه و نوبت آبیاری و تنظیم یک الگوی مناسب رگرسیونی برای بیان نفوذ جمعی از جویچه به صورت تابعی از متغیرهای یادشده انجام شده است. آزمایش نفوذ پذیری با جریان پیوسته و با روش جویچه‌های مسدود شده در پنج نوبت آبیاری اول تا پنجم با فاصله هفت روز و در ایستگاه تحقیقات کشاورزی دانشگاه تبریز انجام شده است. نتایج نشان داد با حذف اثر مقدار رطوبت اولیه خاک، با گذشت زمان و نوبت آبیاری، مقدار نفوذ جمعی افزایش یافت. در هر نوبت آبیاری، با بالا رفتن ضریب تغییرات رطوبت اولیه ضریب تغییرات نفوذ جمعی نهائی افزایش یافت. برای برآورد مقادیر نفوذ جمعی الگوهای مختلف و به صورت تابعی از متغیرهای زمان، رطوبت اولیه و نوبت آبیاری تنظیم شد. الگوهای برازش شده بیش از ۹۹ درصد از تغییرات نفوذ جمعی را توجیه می‌کنند.

واژه‌های کلیدی: نفوذ جمعی، رطوبت اولیه خاک، نوبت آبیاری، آبیاری جویچه‌ای.

۱- استاد دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز

تبریز-دانشگاه تبریز- دانشکده کشاورزی تلفن ۰۴۱۱-۳۳۴۰۰۸۱-۹

۲- استادیار پژوهش مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی آذربایجان شرقی

تبریز- صندوق پستی ۵۱۳۸۵-۱۳۶۳ تلفن ۰۴۱۲-۲۶۶۳۹۱۵ همراه ۰۹۱۴۳۱۰۸۴۷۱ ، پست الکترونیک ab-nasseri @ azran.org.ir

مقدمه

روش‌های آبیاری سطحی از قدیمی‌ترین و متداول‌ترین روش‌های کاربرد آب در مزارع است. در حال حاضر بیش از ۹۵ درصد از اراضی فاریاب دنیا با این روش‌ها آبیاری می‌شوند [۵]. استفاده گسترده از آن در مقایسه با روش‌های آبیاری تحت فشار به سبب داشتن هزینه اولیه کم و نیاز کم آن به انرژی است [۱۱]. یکی از روش‌های آبیاری سطحی، آبیاری جویچه‌ای است که روشی بسیار مناسب برای آبیاری گیاهان ردیفی از قبیل سبزیجات، پنبه، چغندر قند، ذرت و... بوده و در مواردی، برای آبیاری باغات نیز می‌توان از آن استفاده کرد [۳]. در اغلب اوقات راندمان کاربرد این روش بین ۴۰ تا ۶۰ درصد بوده، در حالی که بطور نظری با این روش، دست یابی به راندمانی در حدود ۷۰-۸۵ درصد امکان پذیر است [۴]. دلیل عدم نیل به این درصد از راندمان چندین عامل مختلف است. تحلیل حساسیت انجام شده بر روی پارامترهای عملکرد آبیاری جویچه‌ای نشان داده که راندمان کاربرد آب به تغییرات پارامترهای معادله نفوذ بسیار حساس است [۱۶].

نفوذ فرآیند ورود آب از «سطح خاک» به «داخل آن» است. این «سطح» می‌تواند به صورت کم و بیش افقی در سطح خاک یا بستر یک جویچه یا مسیر طبیعی یا مصنوعی جریان یا دیوارهای یک تونل یا گودال طبیعی یا دست ساخت باشد [۱۰]. در تحلیل نفوذ آب از یک جویچه آبیاری، سطح یاد شده شامل بستر جویچه است که معبر جریان در موقع آبیاری است. نفوذ فرآیند پیچیده‌ای است که به خواص فیزیکی خاک و میزان رطوبت اولیه خاک و سابقه قبلی مرطوب شدن خاک بستگی دارد. در مزارعی که آبیاری آن با روش‌های سطحی انجام می‌شود، تابع نفوذ برای هر آبیاری تغییر یافته و به ازاء یک فرصت زمان نفوذ ثابت در نوبت‌های متوالی آبیاری، نفوذ جمعی کاهش می‌یابد. در یک خاک خشک، سرعت اولیه نفوذ بسیار زیاد بوده و با گذشت زمان سریعاً کاهش یافته و نهایتاً به حد نسبتاً ثابتی می‌رسد که به آن سرعت نفوذ پایه گفته می‌شود. مقدار آن، به هدایت هیدرولیکی اشباع خاک سطحی بسیار نزدیک است.

برای توصیف نفوذ آب، معادلات مختلفی ارائه گردیده که آنها را می‌توان به سه دسته کلی و به صورت زیر تقسیم نمود [۱۵]:

الف- معادلاتی مبنای آنها روابط جریان آب در محیط متخلخل است، ب- معادلاتی که بر اساس مدل فیزیکی به دست آمده اند. ج- معادلاتی که بر اساس داده‌های آزمایشی در مزرعه به دست آمده‌اند و به معادلات تجربی موسوم هستند.

این نوع معادلات نتیجه برازش سرعت نفوذ مشاهده شده، با توابع وابسته به زمان است. از انتگرال‌گیری این توابع، معادلات نفوذ جمعی بدست می‌آید، که در آن، ضرائب معادلات مفهوم فیزیکی ندارند. یکی از اولین معادلات تجربی نفوذ، معادله کاستیاکف (Kostikov, 1932) است. مزیت آن در این است که این معادله، نفوذ واقعی و تئوریک را برای زمان‌های کوتاه تا متوسط، بسیار خوب بیان می‌کند [۱۵]. معایب آن در این است که شرایط مختلف مزرعه‌ای از جمله رطوبت اولیه خاک را نمی‌توان در این معادله دخالت داد [۱۵]. همچنین، سرعت نفوذ برآورد شده در زمان طولانی به صفر نزدیک می‌شود که این با واقعیت

سازگاری ندارد. برای استفاده از آن لازم بود که تعدیلی در آن انجام گیرد و شکل تعدیل یافته آن معادله کاستیاکف- لوئیس (Kostiakov-Lewis, 1938) می‌باشد [۱۰]. کالیبره نمودن این معادله با داده‌های مزرعه ای و یا استفاده در الگوهای برآورد، به سبب وجود یک متغیر اضافی نسبت به معادله کاستیاکف نسبتاً مشکل است [۱۰].

با توجه به نقش و اهمیت اساسی فرآیند نفوذ در شیبه سازی، طراحی، ارزیابی و مدیریت آبیاری جویچه ای، بررسی جنبه‌های مختلف نفوذ با منظور نهائی کاربردی در برآورد درست میزان راندمان کاربرد آب در مزرعه و بهبود مدیریت آبیاری ضروری به نظر می‌رسد. از سوی دیگر، چون مقادیر نفوذ به میزان رطوبت اولیه خاک و نیز به سابقه قبلی مرطوب شدن خاک بستگی داشته و تابع نفوذ متأثر از نوبت آبیاری نیز می‌باشد، ولی تا حال، نقش نوبت آبیاری و رطوبت اولیه خاک در معادلات نفوذ آب از جویچه‌های آبیاری و بخصوص در معادلات پر کاربرد اعمال نشده است، بنابراین، هدف پژوهش حاضر الف) بررسی روند تغییرات نفوذ جمعی از جویچه آبیاری در مقابل تغییرات زمان، رطوبت اولیه خاک و نوبت آبیاری و ب) تنظیم یک الگوی مناسب رگرسیونی برای بیان نفوذ جمعی از جویچه به صورت تابعی از متغیرهای یادشده و ج) بررسی تغییر پذیری نفوذ جمعی و سرعت نفوذ پایه در نوبت‌های آبیاری بوده است.

مواد و روش‌ها

آزمایش‌ها در ایستگاه تحقیقات کشاورزی دانشگاه تبریز واقع در اراضی کرکج در دوازده کیلومتری شرق تبریز انجام شد. آزمایش نفوذپذیری با روش جویچه‌های مسدود شده و با استفاده از دو صفحه فلزی به ابعاد ۹۰×۶۰ سانتی‌متر و به ضخامت ۲ میلی‌متر، با جریان پیوسته و به مدت زمان ۲۴۰ دقیقه در پنج نوبت آبیاری اول، دوم، سوم، چهارم و پنجم با فاصله دقیقاً هفت روز و در سه تکرار انجام شده است (در آبیاری اول مدت زمان برابر ۲۱۰ دقیقه بود). به منظور انجام هر آزمایش نفوذ پذیری، سه جویچه از جویچه‌های سمت غربی مزرعه انتخاب شد. میانگین شیب مزرعه برابر $۱/۵۶$ درصد و فاصله جویچه‌ها از هم برابر ۶۵ سانتی‌متر بود. از جویچه میانی به عنوان جویچه اندازه‌گیری یا جویچه اصلی و از دو جویچه جانبی یا کناری به عنوان جویچه‌های محافظ استفاده شد. مقطعی از طول جویچه اصلی و جویچه‌های کناری به اندازه ۸۵ سانتی‌متر انتخاب شد. در جویچه اصلی دو صفحه فلزی با مشخصات یاد شده در مقطع انتخاب شده کوبیده شد. بمنظور استفاده در محاسبه حجم آب آبیاری در زمان صفر، مقطع سنجی از نیمرخ عرضی جویچه با سه تکرار انجام شد. عمق آب آبیاری بر اساس رطوبت اولیه خاک، رطوبت در حد ظرفیت مزرعه، چگالی ظاهری خاک و عمق توسعه ریشه محاسبه شد، در این محاسبه برای سه نوبت آبیاری عمق توسعه ریشه به ترتیب برابر ۴۰، ۲۰ و ۶۰ سانتی‌متر و راندمان کاربرد آب برای تمام آزمایش‌ها برابر ۷۰ درصد در نظر گرفته شد. یک صفحه پلاستیکی در داخل هر جویچه و یک میله اندازه‌گیری به همراه پایه نگهدارنده در شانه جویچه اصلی قرار داده شد. حجم معینی از آب به درون مقطع مسدود جویچه ریخته شد آزمایش با کشیدن سریع پلاستیک از جویچه شروع و

به آب اجازه ورود به خاک داده شد. برای ثابت ماندن سطح آب به هر سه جویچه پی در پی آب اضافه شد و حجم آب نفوذ یافته به ازاء زمان یادداشت و برای تحلیل آماده شد [۱۴ و ۱۵].

نتایج و بحث

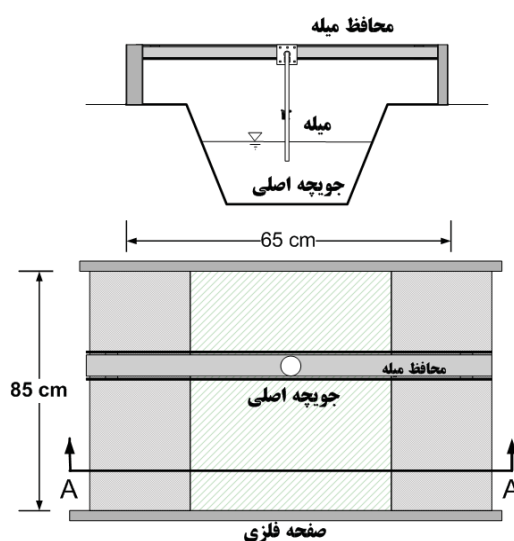
مقادیر نفوذ تجمعی (میلی لیتر بر متر طول جویچه) به ازاء زمان (دقیقه) و مقادیر رطوبت اولیه خاک بستر جویچه (درصد) که از انجام آزمایش‌ها بدست آمده بود، در شکل شماره ۲ به ترتیب برای نوبت‌های آبیاری اول تا پنجم ارائه شده است.

به منظور بررسی میزان همبستگی نفوذ تجمعی با متغیرهای زمان، رطوبت اولیه خاک و نوبت آبیاری، همبستگی ساده و جزئی متغیرهای یاد شده محاسبه شد [۹]. درجه آزادی در بررسی همبستگی ساده و جزئی به ترتیب برابر ۳۰۹۵ و ۳۰۹۴ بوده و همه مقادیر همبستگی در سطح احتمال کمتر از یک درصد معنی‌دار بود. خلاصه نتایج به دست آمده به شرح زیر است:

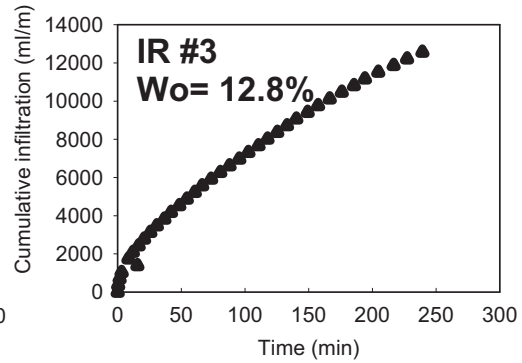
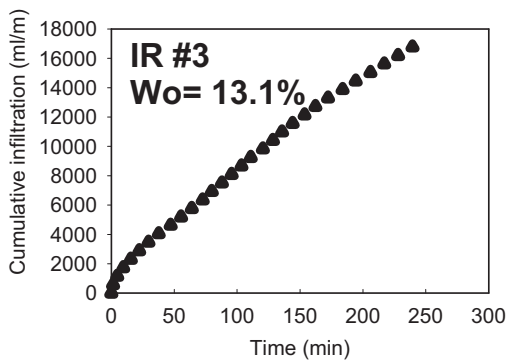
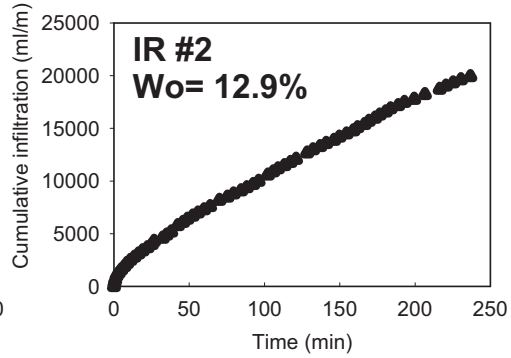
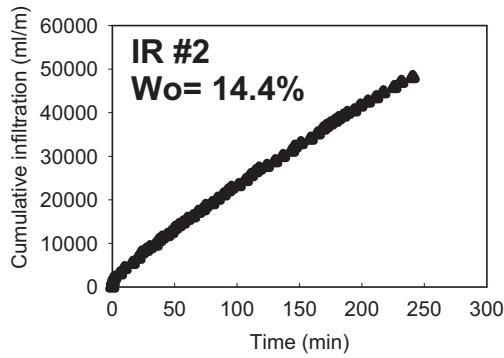
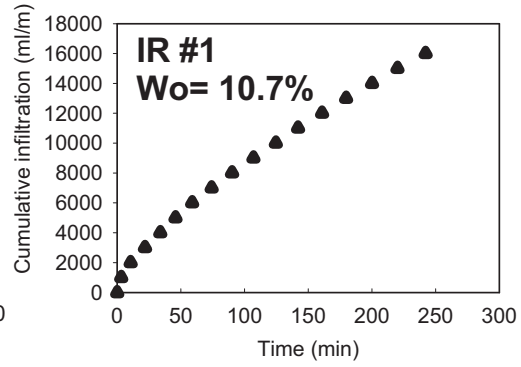
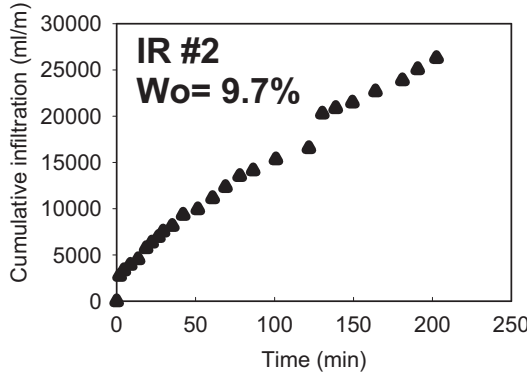
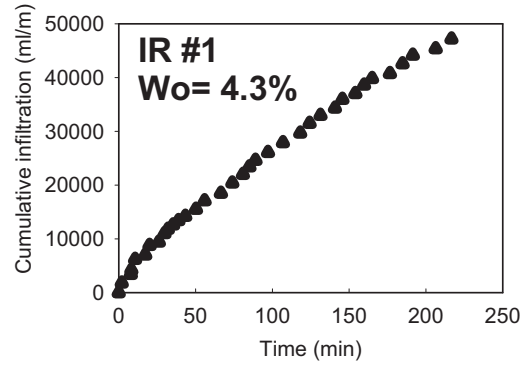
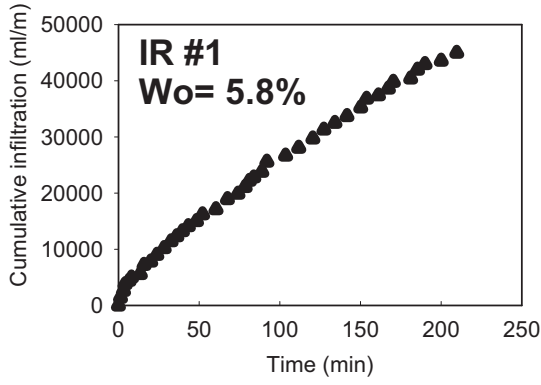
(الف) - همبستگی ساده نفوذ تجمعی با زمان، رطوبت اولیه خاک و نوبت آبیاری به ترتیب برابر ۰/۵۰۴، ۰/۳۵۵، -۰/۱۰۳ - به دست آمد. بنابراین، در حالت تغییر متغیرها، با سپری شدن زمان، مقدار نفوذ تجمعی افزایش یافت. با افزایش مقادیر رطوبت اولیه خاک و نوبت آبیاری، مقدار نفوذ تجمعی کاهش یافت.

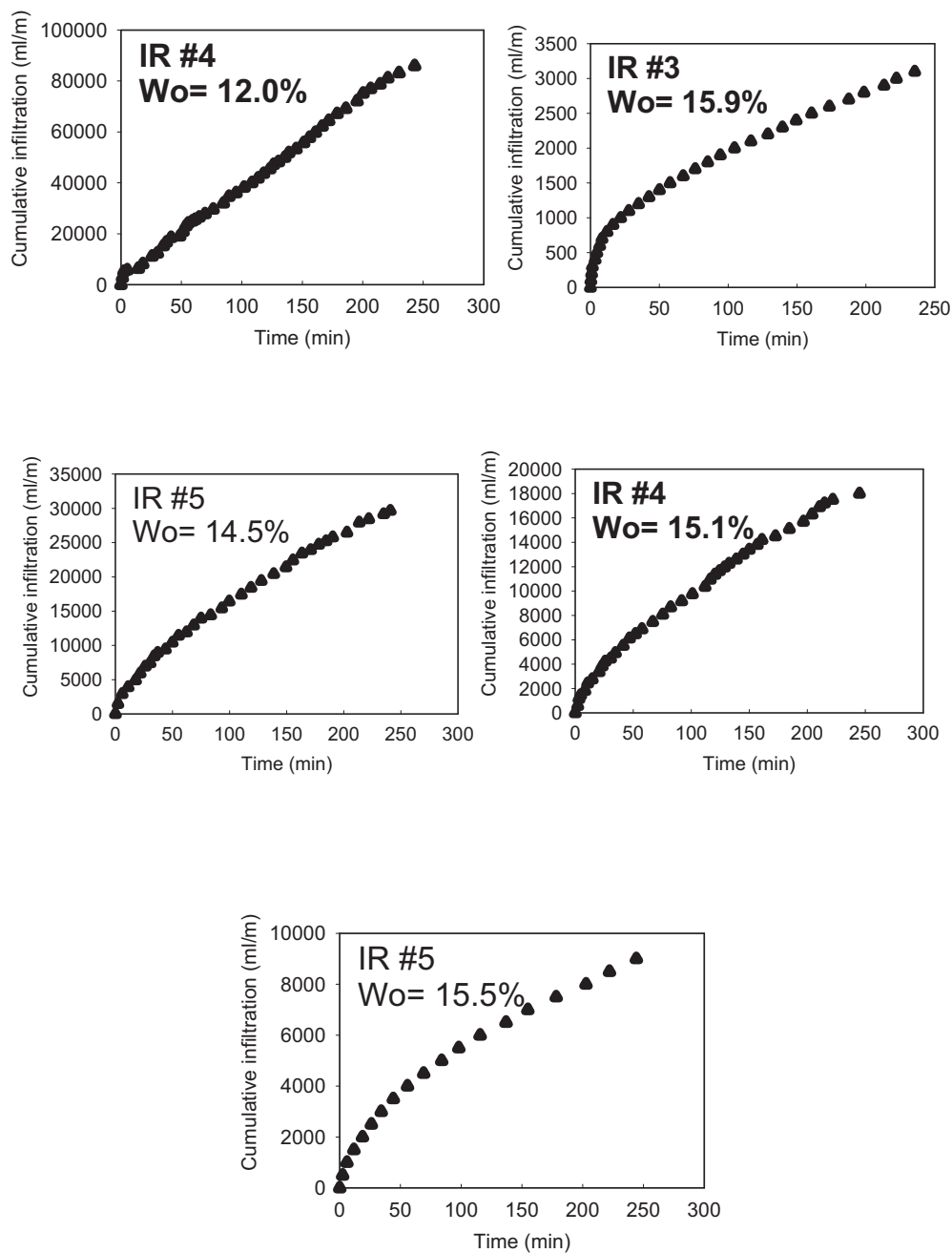
(ب) در صورت ثابت ماندن مقدار رطوبت اولیه خاک در تمام نوبت‌های آبیاری، همبستگی جزئی نفوذ تجمعی با زمان و نوبت‌های آبیاری به ترتیب برابر ۰/۵۵۳ و ۰/۲۳۶ به دست آمد. بنابراین، با افزوده شدن زمان و نوبت آبیاری، مقدار نفوذ تجمعی افزایش یافت. موضع کاربرد این یافته هنگامی است که زمان شروع آبیاری در همه نوبت‌های آبیاری، رسیدن رطوبت خاک به مقدار معینی، بوده باشد

(ج) در یک نوبت آبیاری، همبستگی جزئی نفوذ تجمعی با زمان و مقدار رطوبت اولیه بترتیب برابر ۰/۵۰۹ و ۰/۴۰۸ - به دست آمد.



شکل شماره ۱ - شمای اندازه‌گیری نفوذ با روش جویچه مسدود در هر واحد آزمایشی.





شکل شماره ۲- نفوذ تجمعی به ازاء زمان در شرایط رطوبت اولیه متفاوت در آبیاری‌های اول تا پنجم

جدول ۱- نتایج آزمایش‌های فیزیکی خاک مزرعه محل اجرای آزمایش (۱)

پارامترهای هیدرولیکی خاک		پارامترهای فیزیکی خاک				دانه بندی خاک					
رطوبت در حد ظرفیت مزرعه (درصدوزنی)	آب اشباع (درصدوزنی)	تخلخل کل (درصد)	جرم مخصوص حقیقی (gm/cm ³)	جرم مخصوص ظاهری (gm/cm ³)	بافت خاک	رس (درصد)	سیلت (درصد)	شن (درصد)	سنگریزه (درصد)	عمق (cm)	افق
۱۲/۲	۲۱/۷	۳۵/۶	۲/۵۰	۱/۶۱	لوم شنی	۶/۵	۲۴/۰	۶۹/۵	۸/۴	۰-۲۵	A _p
۱۸/۲	۳۵/۱	۴۶/۵	۲/۵۶	۱/۳۷	لوم شنی	۱۴/۸	۲۹/۷	۵۵/۵	۱۴/۳	۲۵-۳۸	BK ₁
۲۳/۲	۳۹/۳	۵۰	۲/۵۶	۱/۲۸	لوم شنی	۸/۴	۲۷/۸	۶۳/۸	-	۳۸-۶۵	BK ₂
۱۷/۱	۲۵/۷	۳۷/۲	۲/۵۰	۱/۵۷	شنی لوم	۳/۴	۱۶/۲	۸۰/۴	۱۲/۰	۶۵-۹۰	C ₁
-	-	-	۲/۵۰	-	شنی	۰/۳	۶/۶	۹۳/۱	۳۹/۵	>۹۰	C ₂

لذا با افزایش زمان و کاهش مقدار رطوبت اولیه، مقدار نفوذ تجمعی افزایش یافت. بنابراین به منظور داشتن مقدار نفوذ تجمعی معین در هر نوبت آبیاری، می‌توان نسبت ب تعیین رطوبت اولیه و زمان نفوذ بهینه با استفاده از یکی از روش‌های بهینه سازی اقدام نمود.

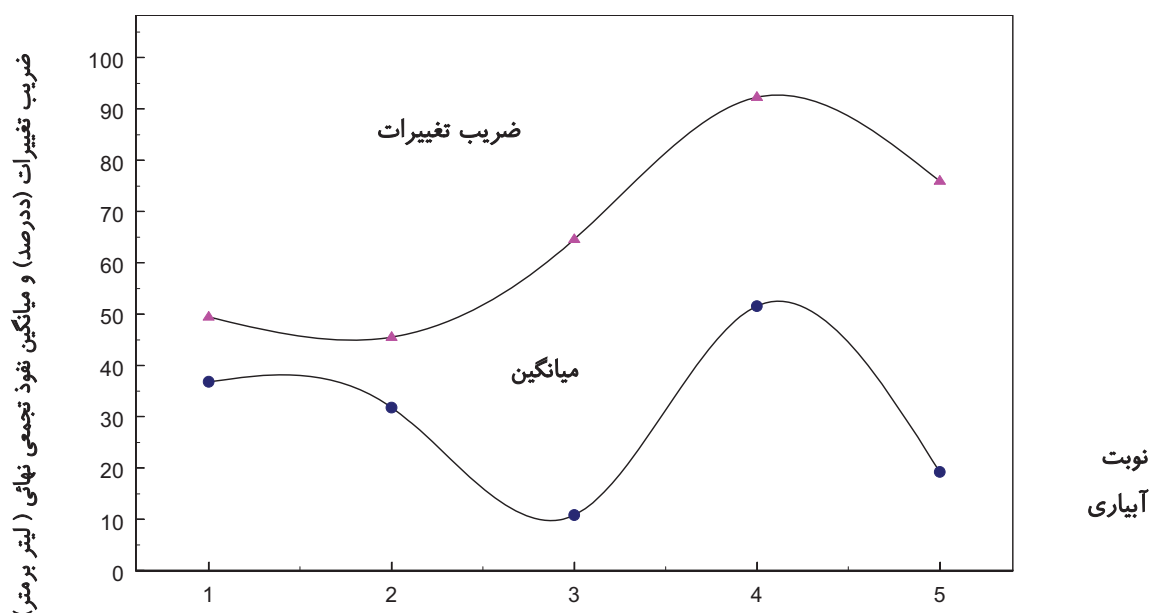
د) در یک فرصت زمان ثابت، همبستگی جزئی نفوذ تجمعی با مقدار رطوبت اولیه و نوبت آبیاری به ترتیب برابر ۰/۴۳۲- و ۰/۱۳۳- به دست آمد. بنا براین به ازاءیک زمان ثابت، با افزایش مقدار رطوبت اولیه خاک و نوبت آبیاری، مقدار نفوذ تجمعی کاهش یافت.

برای برآورد و پیش بینی مقادیر نفوذ تجمعی بر مبنای داده‌های زمان، مقدار رطوبت اولیه و نوبت آبیاری حاصل از انجام آزمایش‌ها، الگوهایی تنظیم شد. برای تنظیم این الگو از تحلیل رگرسیون چندگانه خطی با روش کمترین مربعات خطاها و از فنّ پسر و استفاده شد [۹]. از میان انواع مختلف مدل‌ها، مدل‌های انتخاب شده به دلیل داشتن ضریب تبیین بالا و اشتباه استاندارد پائین‌تر در برآورد، در جدول ۲ ارائه گردیده‌اند. در تحلیل واریانس مدل‌های یاد شده از آماره F و در ارزیابی تأثیر متغیرهای مستقل بر روی متغیر وابسته از آماره T استفاده گردید. هر دو در سطح احتمال کمتر از یک درصد معنی دار شدند. بر پایه نتایج حاصل می‌توان گفت معادله‌های برازش شده بیش از ۹۹ درصد از تغییرات نفوذ تجمعی را توجیه می‌کنند. دقت برآورد نفوذ تجمعی با مدل‌های یاد شده متفاوت بود. مدل ۲ با اشتباه استاندارد برابر با ۰/۵۱ و مدل اول با اشتباه استاندارد برابر با ۰/۶۸، دقیق‌ترین مدل‌ها تشخیص داده شدند. از بین دو مدل تابع زمان (مدل‌های سوم و چهارم) دقیق‌تر است. بنابراین برای الگوبندی و برآورد نفوذ تجمعی از جویچه‌های آبیاری استفاده از شکل مدل‌های اول یا دوم توصیه می‌گردد.

جدول شماره ۲- مدل‌های تجربی نفوذ تجمعی به صورت تابعی از متغیرهای مستقل

شماره	شکل مدل	ضریب تبیین (R^2)	اشتباه استاندارد برآورد
۱	$Z = t^{0.806} W_o^{2.9384} N^{1.521}$	۰/۹۹۵	۰/۶۸
۲	$Z = t^{0.6829} \exp(6.4086 \cos(\ln N))$	۰/۹۹۷	۰/۵۱
۳	$Z = \frac{932522.1297 + 111749.5t^{0.9877}}{638.9325 + t^{0.9877}}$	۰/۹۹۸	۳۰۱/۷۶
۴	$Z = 508.9408t^{0.7028} + 26.9607t$	۰/۹۹۸	۳۴۸/۰۶

برای بررسی میزان تغییرپذیری نفوذ تجمعی نهایی (نفوذ در زمان ۲۴۰ دقیقه) در نوبت‌های آبیاری از ضریب تغییرات که یکی از شاخص‌های پراکندگی در تحلیل آماری است استفاده گردید. به همین منظور، مقادیر آن برای نفوذ تجمعی در هر نوبت آبیاری و برای تکرارهای درون هر نوبت محاسبه گردید. نمودار نتایج در شکل شماره ۴ ارائه شده است. بیشترین و کمترین مقدار ضریب تغییرات نفوذ تجمعی برابر ۹۲/۳۲ و ۴۵/۵۴ درصد و به ترتیب در نوبت‌های آبیاری چهارم و دوم اتفاق افتاده است. باتیستا و والندر ضریب تغییرات حجم آب نفوذ یافته را برابر ۵۳ درصد گزارش نموده‌اند که با میانگین مقادیر به دست آمده (۶۵/۵۸) سازگاری دارد.



شکل ۳- میانگین و ضریب تغییرات نفوذ تجمعی نهایی در پنج نوبت متوالی آبیاری

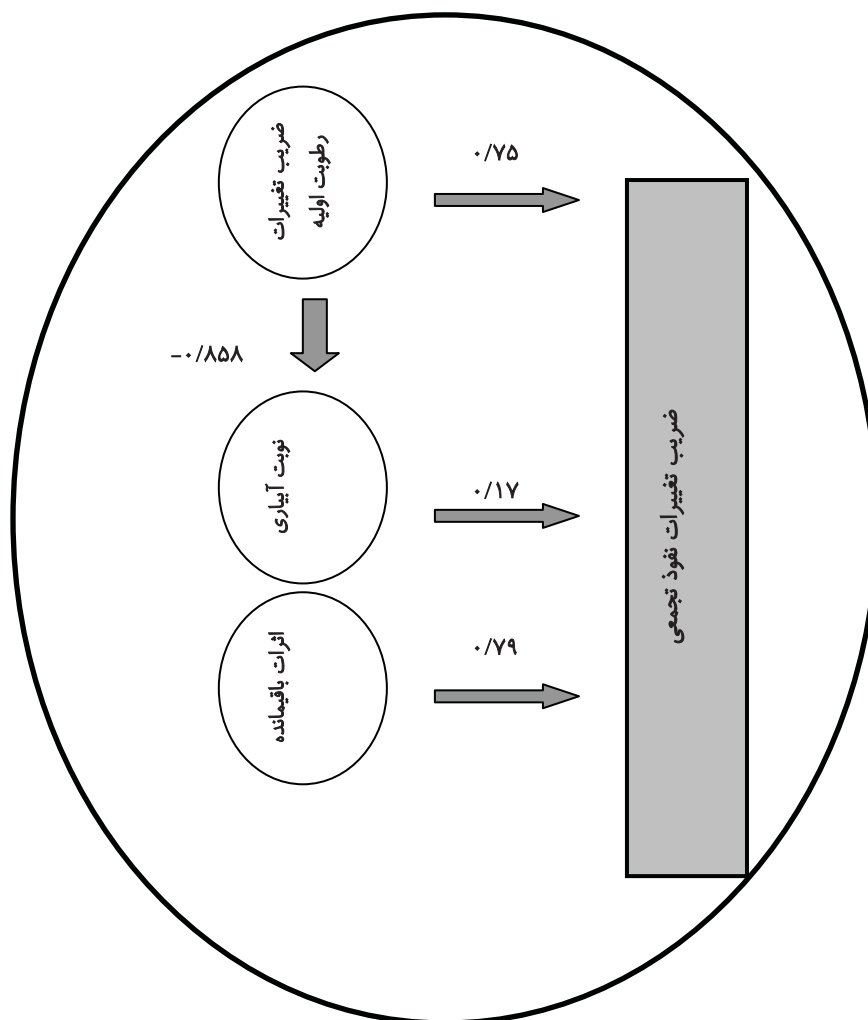
برای پی بردن به علت تغییرات نفوذ تجمعی در نوبت‌های آبیاری، از تحلیل علیت استفاده شد. نتایج در جدول شماره ۳ و دیاگرام ضرایب علیت در شکل ۴، به منظور تشریح روابط میان مشخصه‌ها ارائه شده است. در تحلیل علیت اثر همه عوامل وارد نشده و اشتباه آزمایشی به عنوان اثرات باقیمانده در نظر گرفته شده است. اندازه این اثرات برابر $0/79$ (شکل ۴) به دست آمد. اثر مستقیم ضریب تغییرات رطوبت اولیه بر روی ضریب تغییرات نفوذ تجمعی نهایی مثبت ($0/75$) و بالا می‌باشد. یعنی افزایش مستقیم ضریب تغییرات رطوبت اولیه موجب افزایش ضریب تغییرات نفوذ تجمعی نهایی گردید. اثر غیرمستقیم این مشخصه از طریق نوبت آبیاری منفی ($-0/14$) است، یعنی افزایش ضریب تغییرات رطوبت اولیه از طریق نوبت آبیاری سبب کاهش ضریب تغییرات نفوذ تجمعی نهایی گردید. اندازه مجموع اثرات مستقیم و غیر مستقیم ضریب تغییرات رطوبت اولیه بیشتر از نوبت آبیاری بود.

جدول ۳- تجزیه همبستگی به اثرات مستقیم و غیر مستقیم برای ضریب تغییرات نفوذ تجمعی

مشخصه اول: ضریب تغییرات رطوبت اولیه	
اثر مستقیم	$0/75$
اثر غیر مستقیم از طریق نوبت آبیاری	$-0/14$
جمع اثرات	$0/61$
مشخصه دوم: نوبت آبیاری	
اثر مستقیم	$0/17$
اثر غیر مستقیم از طریق نوبت آبیاری	$-0/64$
جمع اثرات	$-0/47$
اثرات باقیمانده	$0/792$
ضریب تبیین تصحیح شده	$0/979$

از جدول ۳ مشاهده می‌شود که اثر مستقیم نوبت آبیاری بر روی ضریب تغییرات نفوذ تجمعی نهایی نسبتاً کم ($0/17$) و اثر غیر مستقیم آن به طور نسبی زیادتر ($-0/64$) بود. این متأثر از ضریب همبستگی منفی بین نوبت آبیاری و ضریب تغییرات رطوبت اولیه بوده است. با این همه، مقدار بالای ضریب تبیین بیانگر نقش بارز مشخصه‌های مورد بررسی بر روی ضریب تغییرات نفوذ تجمعی نهایی بوده است. در یک نوبت آبیاری افزایش ضریب تغییرات رطوبت اولیه سبب از زیاد ضریب تغییرات نفوذ تجمعی نهایی شده است. اثر مستقیم ضریب تغییرات رطوبت اولیه حدود $4/41$ برابر (حاصل نسبت مقدار $0/75$ به $0/17$ از جدول ۳)

اثر مستقیم نوبت آبیاری بر روی ضریب تغییرات نفوذ جمع‌ی نهایی بود. این موضوع، بیانگر اهمیت نسبی ضریب تغییرات رطوبت اولیه نسبت به نوبت آبیاری بوده و در نتیجه در هر نوبت آبیاری تغییرات نفوذ جمع‌ی به تغییرات رطوبت اولیه خاک حساس می‌باشد.

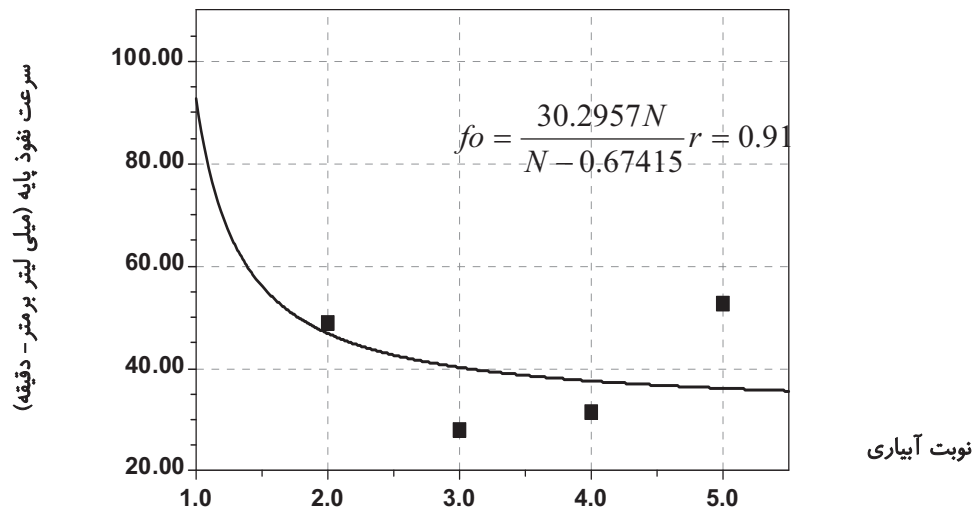


شکل ۴- دیاگرام علیت برای بیان روابط بین مشخصه‌های موثر بر ضریب تغییرات نفوذ جمع‌ی

برای بیان تغییرات سرعت نفوذ پایه به صورت تابعی از نوبت آبیاری از تحلیل رگرسیون استفاده شد. معادله تغییرات آن در شکل ۶ ارائه شده است. ضریب همبستگی رابطه حاصل بابر ۰/۹۱ بوده و نزدیک به ۸۳ درصد از تغییرات سرعت نفوذ پایه با این الگو قابل توجیه است. این رابطه در سطح احتمال ۵ درصد معنی دار شد.

برای بررسی تغییر پذیری سرعت نفوذ پایه در نوبت‌های آبیاری، از شاخص ضریب تغییرات استفاده شد. این شاخص در هر نوبت آبیاری برای تکرارهای درون هر نوبت آبیاری به طور مجزا محاسبه شد. نتایج در شکل ۷ ارائه شده است. بیشترین، میانگین و کمترین مقدار آن به ترتیب برابر ۹۶/۲ و ۷۹ و ۵۹/۷ درصد

به دست آمد. باتیستا و والنر (گزارش شده توسط شوانکل و همکاران (۱۱)) ضریب تغییرات سرعت نفوذ پایه را بین ۱۰ تا ۱۰۰ و میانگین آن را ۲۵ درصد گزارش نموده‌اند. یافته این بررسی در دامنه ذکر شده توسط نامبردگان قرار داشته ولی میانگین حاصل زیادتر بوده است.



شکل ۵- تغییرات سرعت نفوذ پایه (fo) و نوبت آبیاری (N).

تغییر پذیری قابل ملاحظه نفوذ تجمعی و سرعت نفوذ پایه در مزرعه می‌تواند موجب غیر یکنواختی کاربرد آب در مزرعه گردیده و از سوی دیگر، وجود تعدد مقادیر برای برخی پارامترها مثلاً برای سرعت نفوذ پایه موجب برآورد ناصحیح عوامل طراحی گردد.

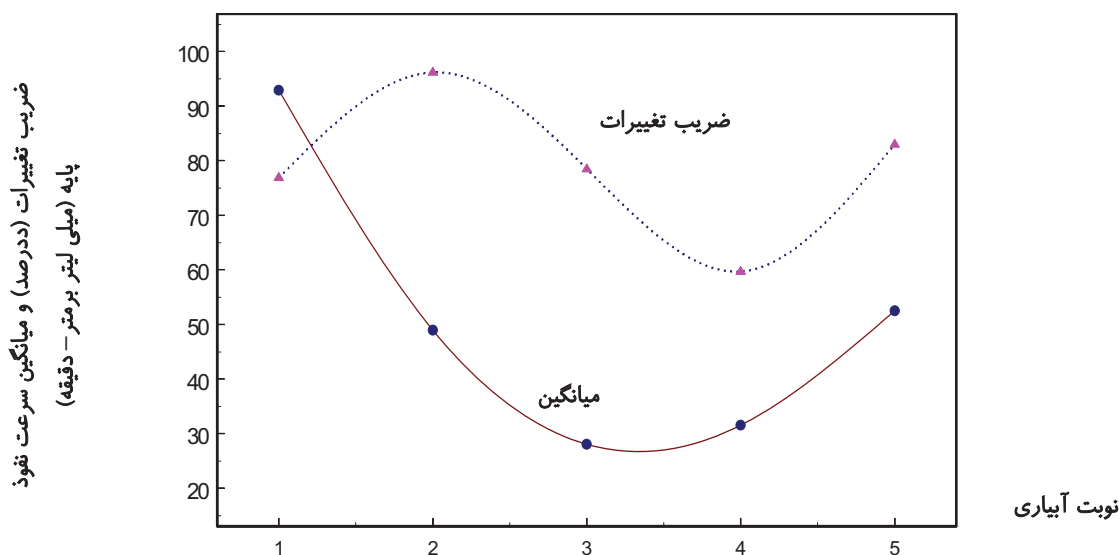
نتیجه‌گیری و پیشنهاد

بررسی‌های انجام شده نشان داد که:

الف- در صورت ثابت ماندن مقدار رطوبت اولیه، نفوذ تجمعی با زمان و نوبت آبیاری رابطه مستقیم و در هر نوبت آبیاری، نفوذ تجمعی با زمان رابطه مستقیم و با رطوبت اولیه رابطه معکوس دارد. بنابراین برای دستیابی به مقدار معینی از نفوذ تجمعی در هر نوبت آبیاری، با استفاده از یکی از روش‌های دینامیک بهینه‌سازی مقدار رطوبت اولیه و زمان نفوذ مقدور است.

ب- نتیجه وارد نمودن اثرات رطوبت اولیه و نوبت آبیاری در الگوی نفوذ تجمعی، موجب کاهش اشتباه استاندارد برآورد و در نتیجه سبب افزایش دقت برآورد نفوذ تجمعی نسبت به معادله کاستیاکف - لوئیس گردید. وارد نمودن اثرات متغیرهای یاد شده مالا به برآورد دقیق راندمان کاربرد آب منجر خواهد شد.

ج) میانگین ضریب تغییرات نفوذ تجمعی نهائی و سرعت نفوذ پایه به ترتیب برابر ۶۵/۵۸ و ۷۹ درصد به دست آمد. رطوبت اولیه خاک در تغییر پذیری نفوذ و سرعت نفوذ پایه موجب غیر یکنواختی کاربرد آب در مزرعه می‌گردد. شناخت عوامل تغییر پذیری رطوبت اولیه خاک در مزرعه ضروری است.



شکل ۶- میانگین و ضریب تغییرات سرعت نفوذ پایه در پنج نوبت متوالی آبیاری

منابع مورد استفاده

۱. جعفرزاده، ع.ا.، ر. کسرائی، و م.ر. نیشابوری، (۱۳۷۲)، «گزارش نهائی طرح تحقیقاتی مطالعات تفصیلی ۱۸ هکتار از اراضی و خاک‌های ایستگاه کرکج»، انتشارات اداره کل امور پژوهشی دانشگاه تبریز.
۲. غازان شاهی، ج. (۳۷۴). «فیزیک خاک». انتشارات دانشگاه تهران. تهران.

3. Booher, L.J. (1974). " Surface irrigation". F.A.O. Agricultural Development, Paper 5. Rome.
4. Camacho, E.C., C. Perez-Lucena, J. Roldan-Canas, and M. Alcaide, (1997). "IPE: Model for management and control of furrow irrigation in real time". J. Irrig. and Drain. Engrg., ASAE, 123(4):264-269.
5. F.A.O. (1981). "Agriculture: Toward 2000". F.A.O., Rome.
6. Fonteh, M.F. and T. Podmore. (1993). "A physically based infiltration model for furrow irrigation". Agricultural Water Management, 23:271-284.
7. Gardner, W. H. (1976). "Water content. In Methods of Soil Analysis. Part 1: Physical and Mineralogical Properties". 4th Ed., ed. C.A. Black, D.D. Evans, L. E. Ensminger, J. L. White, F. E. Clark, and R.C. Dinauer. 82- 127. Madison, WI.: Agronomy Society.

8. Izadi, B. and W.W. Walender. (1985). "Furrow hydraulic characteristics and infiltration". *Trans. ASAE*, 28(6):1901-1908.
9. Kohler, H. (2002). "Statistics for business and economics". Thomson Learning, Inc. 1226 pp.
10. Philip, J.R. (1969), "Theory of infiltration", a part of *Advances in hydrosciences*, ed. V.T. Chow, 215-297. Academic Press, INC.
11. Sepaskhah, A.R. and H. Afshar-Chamanabad. (2002). "Determination of infiltration rate for every-other furrow irrigation". *Biosystems Engineering*: 82(4):479-484.
12. Scaloppi, E.j., G.P. Merkle and L.S. Willardson. (1995). "Intake parameters from advance and wetting phases of surface irrigation". *Journal of irrigation and Drainage Engineering*. 121(1):57-69.
13. Tarbotan, K., and W.W. Wallender, (1989). "Field-wide furrow infiltration variability". *Transactions of the ASAE*, 32(3):913-918.
14. Walker, W. R. (1989). "Guidelines for designing and evaluating surface irrigation systems". F.A.O. Paper No.45. Rome.
15. Walker, W.R., and G.V. Skogerboe, (1987). "Surface irrigation: Theory and Practice". Prentice-Hall, Inc., New Jersey, 386 pp.
16. Zerihun, D., J. Feyen, and J. Reddy, (1996). "Sensitivity analysis of furrow-irrigation performance parameters". *J. Irrig. and Drain. Engrg. ASCE*, 122(1):49-57.

دومین سمینار (هاکارهای بهبود و اصلاح سامانه‌های آبیاری سطحی

۲ فرورداد ماه ۱۳۸۷

برآورد پارامترهای نفوذ برای شبیه‌سازی جریان پیشروی آب در جویچه

حسن اوجاقلو^۱، مهدی قبادی‌نیا^۲، بیژن مجدزاده^۳،

تیمور سهرابی^۴، فریبرز عباسی^۵

چکیده:

در آبیاری سطحی تعیین معادله نفوذ مناسب از اساسی‌ترین پارامترهای طراحی و ارزیابی سامانه‌های آبیاری است. معادله کوستیاکوف کاربردی‌ترین معادله‌ای است که برای این منظور مورد استفاده قرار می‌گیرد. روش‌های مختلفی برای برآورد پارامترهای معادله کوستیاکوف با توجه به شیوه آبیاری ارائه شده است. در این تحقیق چهار روش دونقطه‌ای، یک نقطه‌ای، نقطه انتهایی و بهینه‌سازی برای تعیین ضرایب معادله کوستیاکوف برای سه مجموعه جویچه مورد استفاده قرار گرفت. با استفاده از پارامترهای بدست آمده شبیه‌سازی جریان پیشروی روی سه مجموعه جویچه با استفاده از دو نرم‌افزار شبیه‌سازی *WinSRFR2.1* و *NRCS-Surface* انجام شد. نتایج نشان داد که روش‌های دونقطه‌ای و بهینه‌سازی برآورد مناسب‌تری برای پارامترهای معادله نفوذ داشتند و روش یک نقطه‌ای برآورد کمتر از حد و روش نقطه انتهایی برآورد بیش از حد داشت.

کلمات کلیدی: مدل‌های نفوذ-آبیاری جویچه‌ای- شبیه‌سازی - منحنی پیشروی

مقدمه

مهمترین مشخصه فیزیکی خاک از نظر آبیاری نفوذ است. نفوذ یکی از حساسترین پارامترهای هیدرولیکی موثر بر آبیاری سطحی و یکی از مشکل‌ترین پارامترهای قابل اندازه‌گیری در مزرعه است. ورود آب به

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد گروه آبیاری و آبادانی دانشکده کشاورزی کرج

۲- دانشجوی دکتری گروه آبیاری و آبادانی دانشکده کشاورزی کرج

۳- دانشجوی کارشناسی ارشد سابق گروه آبیاری و آبادانی دانشکده کشاورزی کرج

۴- استاد گروه آبیاری و آبادانی دانشکده کشاورزی- دانشگاه تهران

۵- عضو هیأت علمی مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی (کرج)

داخل خاک در نتیجه تأثیر توأم نیروهای ثقل و جذب سطحی صورت می‌گیرد. اهمیت دانستن معادله نفوذ جهت طراحی هیدرولیکی آبیاری سطحی، همراه با مشکلات تعیین تخمین‌های قابل اطمینان این پارامتر، به معنی این است که محققین وقت و هزینه زیادی را باید صرف کنند قبل از اینکه بتوانند وارد مرحله طراحی سیستم آبیاری گردند. تعیین پارامترهای نفوذ در تعیین اجرایی بودن آبیاری جویچه‌ای در زمان پیشروی و زمان آبیاری بسیار مؤثر است. مدل‌های ریاضی مختلفی برای تشریح جریان کلی در محیط‌های متخلخل و مخصوصاً نفوذ عمودی توسعه یافته‌اند. معادلات نفوذ را می‌توان بطور کلی به سه دسته مدل‌هایی که بر اساس روابط جریان در محیط‌های متخلخل بنا شده‌اند، معادلات فیزیکی و معادلات تجربی تقسیم کرد. مدل‌های تجربی کوستیاکوف و کوستیاکوف لوئیس معادله‌های ساده‌ای هستند که امروزه زیاد مورد استفاده قرار می‌گیرند. معادله کوستیاکوف به دلیل ساده بودن و بدست آمدن ساده ضرایب معادله کاربرد زیادی دارد.

$$Z = kt^a \quad (\text{کوستیاکوف}) \quad (1)$$

$$Z = kt^a + f_0 t \quad (\text{کوستیاکوف - لوئیس}) \quad (2)$$

که در آن Z نفوذ تجمعی (m^3/m)، t زمان تماس آب با خاک (فرصت زمان نفوذ)، a (بدون بعد) و k ($m^3/min^a/m$) پارامترهای تجربی هستند و f_0 ($m^3/min/m$) نفوذ نهایی است. این دو معادله برای اکثر خاکها مناسب است (Hanson 1990). روش‌های مختلفی برای محاسبه ضرایب این معادله‌ها در آبیاری جویچه‌ای وجود دارد از جمله این روش‌ها می‌توان روش‌های ورودی و خروجی، دونقطه‌ای، یک نقطه‌ای، بهینه سازی، نقطه انتهایی را نام برد که با استفاده از داده‌های پیشروی و میزان جریان ورودی و به کمک معادله بیلان حجمی ضرایب معادله نفوذ را تعیین می‌کنند.

هدف از این تحقیق بدست آوردن ضرایب معادله‌های نفوذ در آبیاری جویچه‌ای با استفاده از چهار روش دونقطه‌ای، یک نقطه‌ای، بهینه سازی، نقطه انتهایی و سپس شبیه سازی هیدرولیکی جریان با استفاده از دو مدل WinSRFR2.1 و NRCS-Surface برای تعیین معادله مناسب می‌باشد.

مواد و روش‌ها

۱- اصول تئوری

روش دو نقطه‌ای^۱: الیوت و واکر (۱۹۸۲) برای محاسبه ضرایب معادله کوستیاف برای آبیاری جویچه‌ای با استفاده از معادله بیلان حجمی روشی را ارائه کردند. در این روش با استفاده از میزان جریان ورودی مساحت سطح مقطع جریان در ابتدای شیار و دو نقطه منحنی پیشروی، ضرایب تعیین می‌گردند. روابط زیر برای محاسبه ضرایب معادله نفوذ بدست می‌آید:

$$a = \frac{\ln(V_L / V_{0.5L})}{\ln(t_L / t_{0.5L})} \quad (۳)$$

$$k = \frac{V_L}{T_L^a \sigma_z} \quad (۴)$$

$$\sigma_z = \frac{a + r(1 - a) + 1}{(1 + a)(1 + r)} \quad (۵)$$

$$f_0 = \frac{Q_{in} - Q_{out}}{L} \quad (۶)$$

در روابط فوق، $t_{0.5L}$ زمان پیشروی آب تا نیمه زمین (min)، t زمان پیشروی آب تا انتهای زمین (min)، L طول جویچه (m)، Q_{in} و Q_{out} به ترتیب دبی ورودی و خروجی از جویچه بر حسب (m^3/min) می‌باشد. روش بهینه سازی^۲: مک‌کلایمونت و اسمیت^۳ (۱۹۹۵) با استفاده از معادله بیلان حجمی و روش بهینه سازی روشی را برای تعیین پارامترهای نفوذ ارائه کردند. در این روش داده‌های ورودی شامل، دبی ورودی و داده‌های پیشروی است. در روش فوق تابع هدف، حداقل کردن مجموع مربعات خطای بین اندازه‌گیری‌ها و پیش‌بینی بر پایه معادله بیلان حجمی است. برای بدست آوردن پارامترهای نفوذ از روش مک‌کلایمونت و اسمیت نیاز به چهار حدس اولیه برای مقادیر a, k, f_0, σ_z, A_0 می‌باشد که توسط کاربر تعیین می‌گردد و برنامه با تغییر این پارامترها به تابع هدف می‌رسد. برای حل معادله بیلان حجمی بر پایه تابع هدف که حداقل کردن مجموع مربعات خطا بین مقادیر پیش‌بینی و اندازه‌گیری پیشروی می‌باشد:

1- Two Point Method
2- Optimization Method
3- McClymont & Smith

$$x = \frac{Q_0 t}{\sigma_y A_0 + \sigma_z k t_i^a + \frac{f_0 t_i}{1+r}} \quad (7)$$

بنابراین تابع هدف بصورت زیر می‌آید:

$$SSE = \sum_i^n \left[x_i - \frac{Q_0 t}{\sigma_y A_0 + \sigma_z k t_i^a + \frac{f_0 t_i}{1+r}} \right]^2 = \text{minimum} \quad (8)$$

که در آن x_i مسافت‌های اندازه‌گیری شده، t_i زمان‌های پیشروی تا نقطه i و n تعداد نقاط پیشروی است. برای تعیین پارامترهای نفوذ با استفاده از این روش مک‌کلایمونت و اسمیت بسته نرم‌افزاری را با عنوان *Infilt V5* ارائه نمودند. ضرایب معادله با استفاده از این نرم‌افزار بدست آمد. روش یک نقطه‌ای^۱: روش یک نقطه‌ای که توسط شپارد و همکاران^۲ (۱۹۹۳) ارائه گردید مشابه روش دو نقطه‌ای است با این تفاوت که در این روش مقدار توان r در معادله پیشروی برابر ۰/۵ فرض می‌شود ($x=pt^r$). داده‌های ورودی شامل، میزان جریان ورودی، یک نقطه پیشروی جریان (نقطه انتهای جویچه) و مساحت مقطع متوسط جریان در طول فارو می‌باشد. عیب این روش اینست که مقدار ضریب r معادله پیشروی ۰/۵ فرض شده که به ندرت این مقدار حاصل می‌گردد. این روش مقدار متوسط سرعت نفوذ را در طول جویچه محاسبه می‌کند. ضرایب معادله نفوذ طبق روابط زیر تعیین می‌گردند:

$$a = \frac{\ln(Q_0 t_{L/2} / (L/2)) / (Q_0 t_L / L)}{\ln(t_{0.5L} / t_L)} \quad (9)$$

$$k = \frac{(Q_0 t_{L/2} / L) - A_0}{T_{L/2}^a \sigma_z} \quad (10)$$

در روابط فوق، Q_0 دبی جریان ورودی (m^3/min)، t_L زمان پیشروی آب تا انتهای جویچه (min)، L طول جویچه (m)، A_0 سطح مقطع جریان در ابتدا (m^2) می‌باشد.

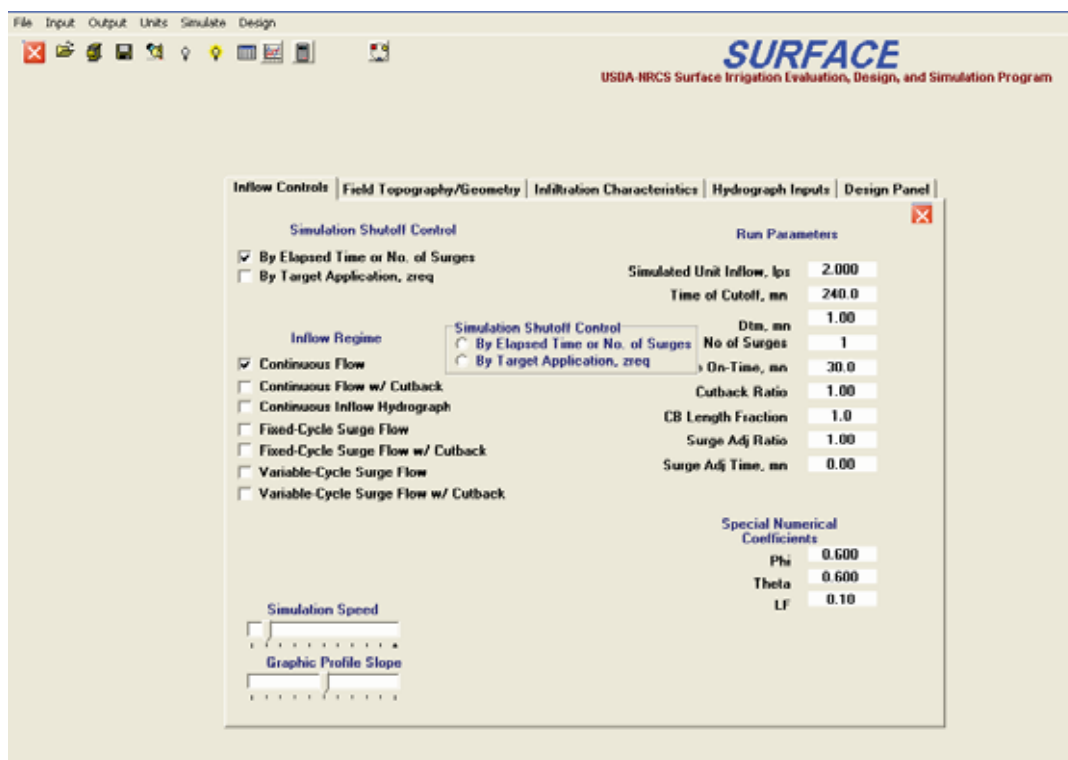
روش نقطه انتهایی^۱: ولیانزس و همکاران^۲ (۲۰۰۱) برای محاسبه ضرایب معادله نفوذ روشی ارائه کردند که مشابه روش یک نقطه‌ای است، با این تفاوت که مقدار توان معادله پیشروی در این روش برابر ۰/۵ نبوده و متناسب با مشخصات فیزیکی فارو و مقدار جریان ورودی متفاوت است. داده‌های ورودی در این روش شامل میزان جریان ورودی، یک نقطه پیشروی جریان (نقطه انتهایی جویچه) و مساحت مقطع متوسط جریان در طول فارو می باشد. این روش فقط از یک نقطه منحنی پیشروی (نقطه انتها) برای بدست آوردن ضرایب معادله نفوذ استفاده می‌کند روند محاسبات در این روش شبیه روش دونقطه‌ای بوده با این تفاوت که ضرایب معادله نفوذ با آزمون و خطا بدست می‌آیند و همچنین رابطه تحلیلی بین a و k که با استفاده از آنالیز رگرسیونی بدست آمده موجب می شود تا تنها مجهول برای محاسبه فقط توان معادله نفوذ (a) باشد.

$$k(a) = \frac{14088a^{45} + 0.148(-\ln a)^{-1.652}}{1000} \quad (11)$$

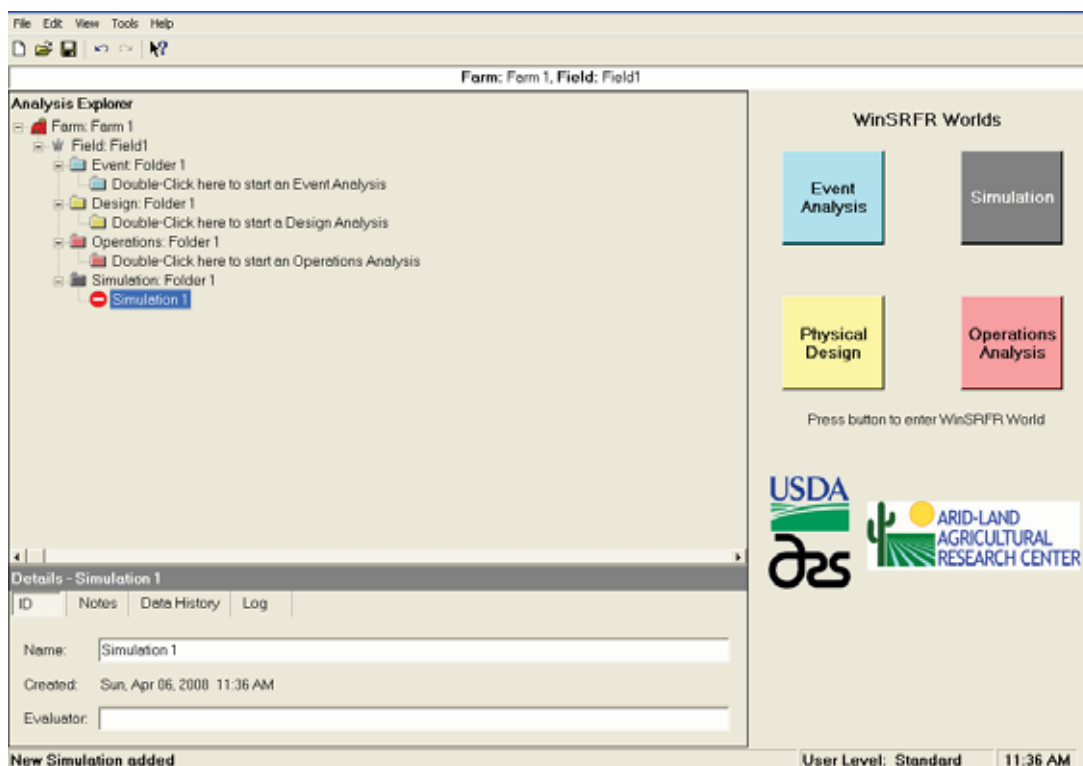
$$D = \frac{(Q_0 t_2 - \sigma_y A_0 x_2 - c p x_2)}{p x_2} \quad (12)$$

$$f(a) = \sigma_z^a k(a) t_2^a - D = 0 \quad (13)$$

معادله خطی بدست آمده را با استفاده از روش نیوتون رافسون حل کرده و ریشه معادله که همان ضریب a می باشد بدست می آید سپس مقدار ضریب k از رابطه تحلیلی ذکر شده بدست خواهد آمد. برای شبیه سازی جریان پیشروی در جویچه از دو مدل *WinSRFR2.1* و *NRCS-Surface* استفاده شد. مدل *WinSRFR* با استفاده از مدل موج کینماتیک و مدل *NRCS-Surface* با استفاده از مدل هیدرودینامیک شبیه سازی را انجام می دهد. شکل های ۱ و ۲ نمایی از پنجره شروع برنامه نشان داده شده است.



شکل ۱. شمایی از نرم‌افزار NRCS-SURFACE



شکل ۲. شمایی از نرم‌افزار Win-SRFR

۲- آزمون روش‌ها

آزمایش‌های مزرعه‌ای برای جمع آوری داده‌های مورد نظر در دو مرحله و در مزرعه دانشکده کشاورزی (طول جغرافیایی $35^{\circ}48'16''$ و عرض جغرافیایی $50^{\circ}57'14''$) در شهرستان کرج و در شرایط بدون کشت انجام گردید. آب و هوای منطقه، مدیترانه‌ای با تابستانهای گرم و خشک و زمستانهای نسبتاً سرد تعیین شده است. متوسط بارندگی سالانه ۲۷۱ میلیمتر و میانگین بیشینه درجه حرارت ماهانه در تیرماه ۲۶/۱ سانتیگراد و میانگین کمینه درجه حرارت در دی ماه یک درجه سانتیگراد برآورد شده است. مشخصات عمومی آزمایش‌های انجام شده در جدول ۱ آورده شده است. آب و هوای منطقه، مدیترانه‌ای با تابستانهای گرم و خشک و زمستانهای نسبتاً سرد تعیین شده است. متوسط بارندگی سالانه ۲۷۱ میلیمتر و میانگین بیشینه درجه حرارت ماهانه در تیرماه ۲۶/۱ سانتیگراد و میانگین کمینه درجه حرارت در دی ماه یک درجه سانتیگراد برآورد شده است. خاک منطقه دارای بافت شنی لومی رسی است. آزمایش‌ها روی سه مجموعه مختلف جویچه در مزرعه با شکل، طول و شیب متفاوت اجرا گردید در جدول (۱) مشخصات جویچه‌ها آمده است (قبادی نیا ۱۳۸۳ و مجدزاده ۱۳۸۵).

جدول ۱- مشخصات کلی جویچه‌ها

تیمارها	عرض جویچه (m)	طول جویچه (m)	دبی (L/S)	بافت خاک	Pwp (%)	FC (%)	شیب (m/m)
جویچه ۱	۰/۶۵	۱۲۰	۱	سیلتی لومی	۹	۲۰/۴	۰/۰۰۸۶
جویچه ۲	۰/۶۵	۱۲۰	۱/۳	سیلتی لومی	۹	۲۰/۴	۰/۰۰۹۴
جویچه ۳	۰/۷۵	۲۵۰	۰/۶	شنی لومی رسی	۸/۳	۲۱/۶	۰/۰۱

نتایج و بحث

۱- انتخاب معادله نفوذ: با استفاده از روابط ارائه شده در بخش تئوری، ضرایب معادله کوستیاکوف و کوستیاکوف-لوییس محاسبه گردید. نتایج نشان داد که در مواردی ضرایب معادله کوستیاکوف-لوییس (k و a) منفی شده و بنابراین معادله کوستیاکوف برای شبیه سازی جریان در جویچه‌ها انتخاب گردید. این نکته نیز قابل توجه است که چون در زمان پیشروی نفوذ نهایی هنوز حاصل نشده است لذا می‌توان از معادله کوستیاکوف استفاده نمود.

۲- تعیین ضرایب معادله نفوذ: ضرایب بدست آمده برای معادله کوستیاکوف با استفاده از روش‌های مورد استفاده در جدول (۲) آمده است.

جدول ۲ - ضرایب نفوذ بدست آمده برای معادله کوستیاکوف با استفاده از چهار روش تعیین معادله نفوذ

		نقطه انتهایی		دو نقطه ای		بهینه سازی		یک نقطه‌ای	
		<i>k</i>	<i>a</i>	<i>k</i>	<i>a</i>	<i>k</i>	<i>a</i>	<i>k</i>	<i>a</i>
آبیاری اول	جویچه ۱	۰/۰۰۴۲۰	۰/۷۳۷	۰/۰۰۵۴۵	۰/۲۷۸	۰/۰۰۵۴۷	۰/۲۷۷	۰/۰۰۲۰۹	۰/۱۹۹
	جویچه ۲	۰/۰۰۵۳۰	۰/۷۵۶	۰/۰۰۶۸۴	۰/۳۰۳	۰/۰۰۶۹۵	۰/۲۹۷	۰/۰۰۳۱۳	۰/۲۱۹
	جویچه ۳	۰/۰۰۲۳۰	۰/۶۴۱	۰/۰۰۶۹۵	۰/۰۵۱	۰/۰۰۵۳۲	۰/۲۰۸	۰/۰۰۰۵۵	۰/۰۳۹
آبیاری دوم	جویچه ۱	۰/۰۰۱۸۲	۰/۶۰۴	۰/۰۰۱۱	۰/۵۶۱	۰/۰۰۱۱۱	۰/۵۵۲	۰/۰۰۰۴۶	۰/۱۱۴
	جویچه ۲	۰/۰۰۲۲۷	۰/۶۴۴	۰/۰۰۰۸۹	۰/۷۴	۰/۰۰۰۰۹	۰/۷۳۷	۰/۰۰۰۵۴	۰/۲۶۱
	جویچه ۳	۰/۰۰۱۷۸	۰/۶۰۱	۰/۰۰۳۳۹	۰/۱۴	۰/۰۰۴۷۴	۰/۱۳۹	۰/۰۰۲۴۳	۰/۰۹۹

۳- مقایسه روش‌های تعیین ضرایب: نتایج شبیه سازی پیشروی جریان در نمودارهای ۱۴-۲ نشان داده شده است همانگونه که از نمودارها مشخص است شبیه سازی با استفاده از معادلات بدست آمده از روش‌های دو نقطه‌ای و بهینه‌سازی توانسته است برآورد مناسب‌تری برای منحنی پیشروی آب در جویچه داشته باشد در نتیجه این دو روش ضرایب معادله نفوذ را مناسب‌تر از دو روش دیگر برآورد می‌نمایند. روش نقطه انتهایی زمان پیشروی را بیش از زمان پیشروی مشاهداتی برآورد کرده است. این تفاوت برای آبیاری اول بیشتر از آبیاری دوم است همانگونه که از نمودارها مشخص است در تمام حالات منحنی بدست آمده از این روش تنها در نقاط ابتدای جویچه منطبق بر داده‌های مزرعه است. روش یک نقطه‌ای زمان پیشروی را کمتر از زمان پیشروی داده‌های مشاهداتی برآورد کرده است. این تفاوت برای تمام آبیاری‌ها و همه جویچه‌ها یکسان است و به جز جویچه سوم می‌توان جواب‌های این روش را قابل قبول دانست. می‌توان بیان داشت که فرض روش یک نقطه‌ای ($r=0.5$) نسبت به روش نقطه انتهایی به واقعیت نزدیک‌تر است. همانگونه که از جدول (۲) مشخص است ضرایب بدست آمده از روش‌های بهینه‌سازی و دو نقطه‌ای برای سه مجموعه جویچه، به جز مجموعه سوم آبیاری اول، تقریباً یکسان است. در این مورد نیز نتایج شبیه سازی منحنی پیشروی جریان تقریباً یکسان است. همانگونه که از جدول مشاهده می‌شود روش نقطه انتهایی توان a را بیش از سایر روش‌ها برآورد می‌کند و روش یک نقطه‌ای کمتر از سایر روش‌ها برآورد می‌کند.

۴- تأثیر مرتبه آبیاری: همانگونه که از نتایج مشخص است شبیه‌سازی‌ها برای آبیاری دوم مناسب‌تر از آبیاری اول است. در آبیاری دوم روش یک نقطه‌ای جواب مناسب‌تری نسبت به روش‌های دیگر داشته است. شبیه‌سازی انجام شده بوسیله روش نقطه انتهایی اگر چه بهتر از آبیاری اول می‌باشد اما همچنان برآورد بیش از حد دارد. روند شبیه‌سازی با استفاده از روش‌های بهینه‌سازی و دو نقطه‌ای برای آبیاری اول بهتر از آبیاری دوم می‌باشد.

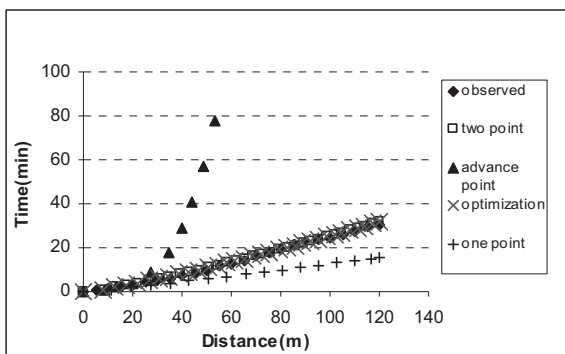
۵- تأثیر طول شیار: بررسی نتایج نشان می‌دهد که با افزایش طول شیار منحنی‌های شبیه‌سازی شده با استفاده از روشهای مختلف از منحنی واقعی فاصله می‌گیرد. با این وجود منحنی بدست آمده از روش دو نقطه‌ای برآورد مناسب‌تری نسبت به سایر روشها داشته است. از جدول (۲) مشاهده می‌شود که با افزایش طول جویچه در تمام روشها توان a کاهش می‌یابد.

در نهایت روشی مناسب است که نیاز به داده‌های کمتری داشته باشد و در عین حال اندازه‌گیری این داده‌ها ساده‌تر باشند و بتواند برآورد دقیق‌تری از میزان نفوذ داشته باشد. از میان روشهای فوق، سه روش دو نقطه‌ای، یک نقطه‌ای و نقطه انتهایی برای برآورد ضرایب نفوذ نیاز به تعیین سطح مقطع جریان در ابتدای جویچه دارند در حالی که در روش بهینه‌سازی سطح مقطع جریان توسط مدل بدست می‌آید و داده‌های ورودی در این مدل تنها منحنی پیشروی و دبی جریان است که اندازه‌گیری آنها در مزرعه ساده‌تر می‌باشد. در نتیجه با توجه به داده‌های ورودی مورد نیاز، روش بهینه‌سازی روشی است که نیاز به داده‌هایی دارد که اندازه‌گیری آنها در مزرعه ساده است و نیاز به ابزار خاصی ندارد و همچنین با توجه به نتایج این روش می‌تواند تخمین مناسبی از پارامترها داشته باشد. بنابراین به عنوان روشی مناسب برای محاسبه ضرایب معادله نفوذ کوستیاکوف در آبیاری جویچه‌ای می‌توان توصیه نمود.

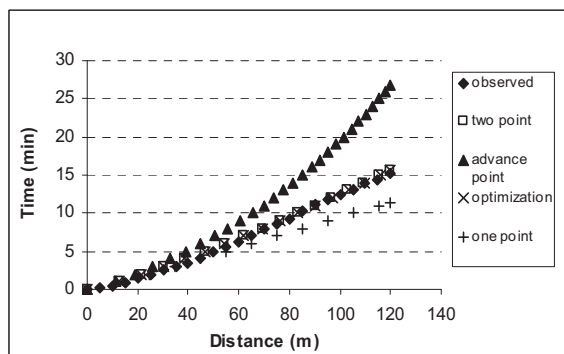
جمع‌بندی

در این تحقیق پارامترهای معادله کوستیاکوف با استفاده از چهار روش دوقطه‌ای، یک نقطه‌ای، نقطه انتهایی، بهینه‌سازی محاسبه گردید سپس شبیه‌سازی جریان پیشروی جریان آب در جویچه به کمک دو مدل رایانه‌ای *WinSRFR2.1* و *NRCS-Surface* انجام شد. نتایج حاصل از شبیه‌سازی نشان داد:

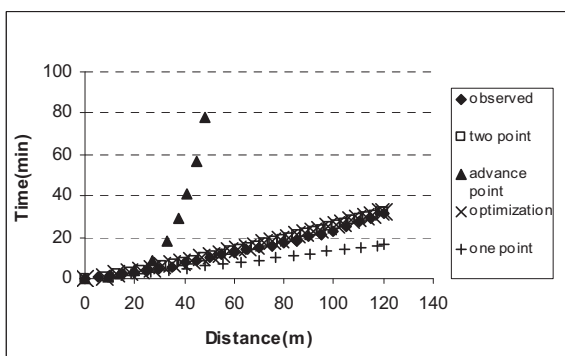
- ۱- روش دوقطه‌ای و بهینه‌سازی برآورد مناسب‌تری از ضرایب معادله نفوذ داشتند و در نتیجه شبیه‌سازی منحنی پیشروی جریان به داده‌های مزرعه‌ای نزدیک‌تر بودند.
- ۲- روش یک نقطه‌ای برآورد کمتر از حد داشت بدین معنی که ضرایب نفوذ را کمتر از میزان واقعی برآورد می‌کند.
- ۳- روش نقطه انتهایی برآورد بیشتر از حد دارد. بدین معنی که ضرایب نفوذ را بیشتر از میزان واقعی برآورد می‌کند.
- ۴- روش‌های دو نقطه‌ای و بهینه‌سازی در آبیاری اول بهتر از آبیاری دوم ضرایب را برآورد نمودند در حالیکه روشهای یک نقطه‌ای و نقطه‌انتهایی برای آبیاری دوم برآورد مناسب‌تری نسبت به آبیاری اول داشتند.
- ۵- روش بهینه‌سازی روشی مناسب برای تخمین پارامترهای نفوذ در آبیاری جویچه‌ای می‌باشد.



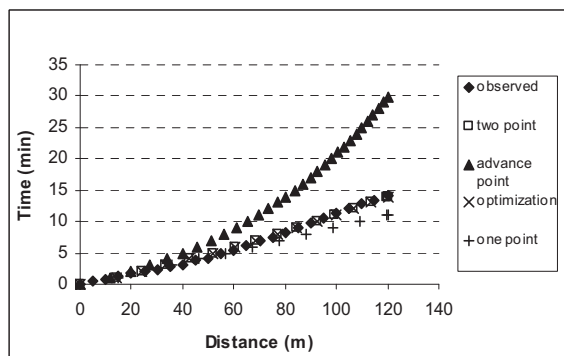
شکل ۴. منحنی‌های پیشروی جویچه ۱ در آبیاری اول (مدل Surface)



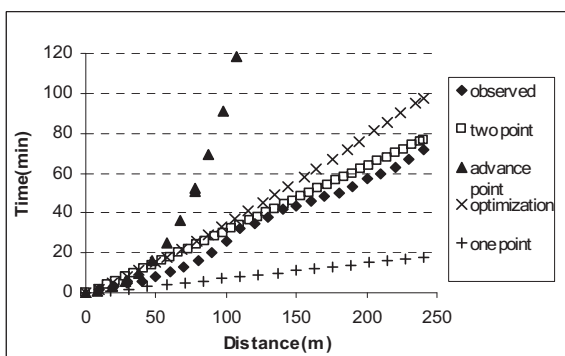
شکل ۵. منحنی‌های پیشروی جویچه ۱ در آبیاری دوم (مدل Surface)



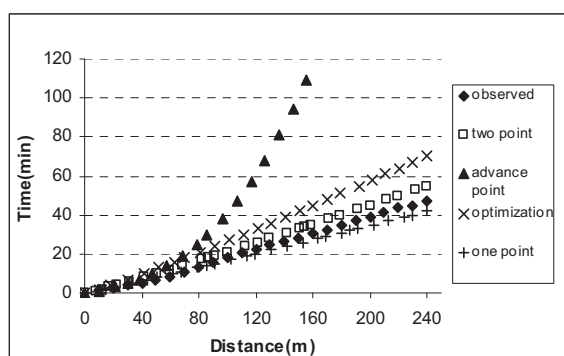
شکل ۶. منحنی‌های پیشروی جویچه ۲ در آبیاری اول (مدل Surface)



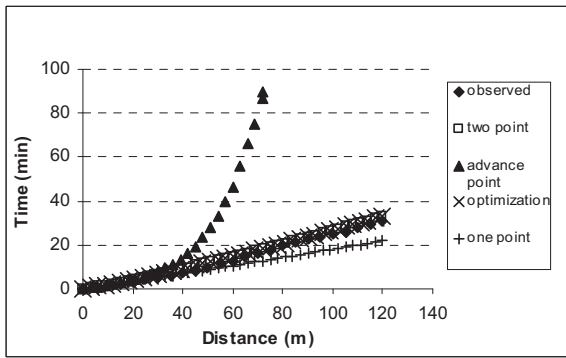
شکل ۷. منحنی‌های پیشروی جویچه ۲ در آبیاری دوم (مدل Surface)



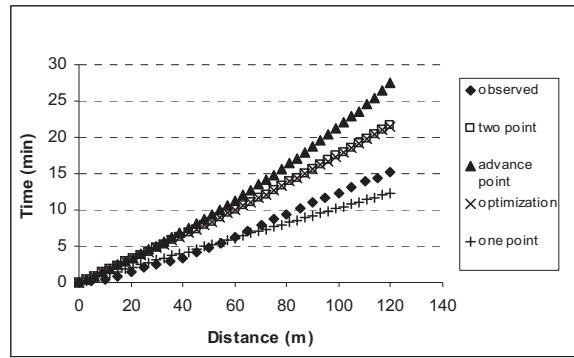
شکل ۸. منحنی‌های پیشروی جویچه ۳ در آبیاری اول (مدل Surface)



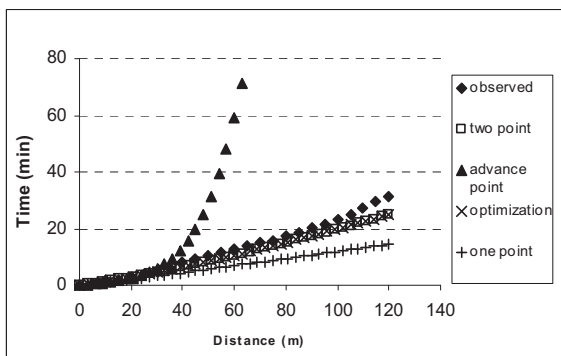
شکل ۹. منحنی‌های پیشروی جویچه ۳ در آبیاری دوم (مدل Surface)



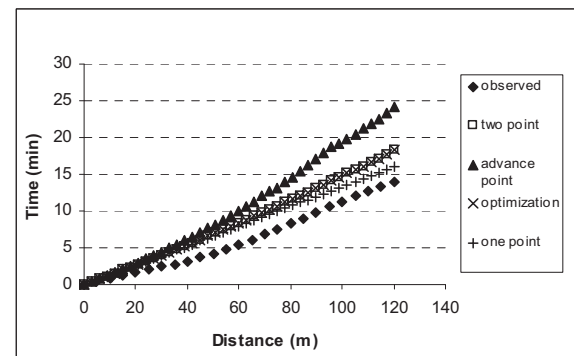
شکل ۱۰. منحنی‌های پیشروی جویچه ۱ در آبیاری اول
(مدل Win SRFR)



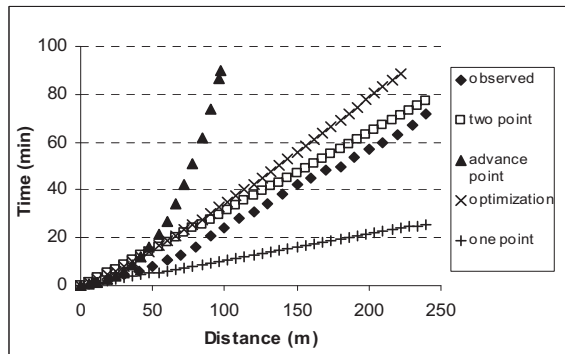
شکل ۱۱. منحنی‌های پیشروی جویچه ۱ در آبیاری دوم
(مدل Win SRFR)



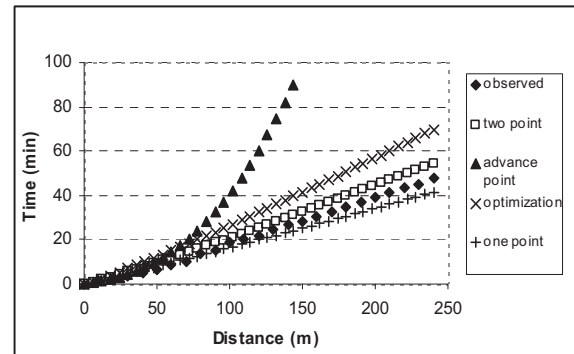
شکل ۱۲. منحنی‌های پیشروی جویچه ۲ در آبیاری اول
(مدل Win SRFR)



شکل ۱۳. منحنی‌های پیشروی جویچه ۲ در آبیاری دوم
(مدل Win SRFR)



شکل ۱۴. منحنی‌های پیشروی جویچه ۳ در آبیاری اول
(مدل Win SRFR)



شکل ۱۵. منحنی‌های پیشروی جویچه ۳ در آبیاری دوم
(مدل Win SRFR)

منابع

- ۱- قبادی‌نیا، م. (۱۳۸۳). " آبیاری موجی با تغییر دبی " پایان نامه کارشناسی ارشد. گروه مهندسی آبیاری و آبادانی. دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران
- ۲- مجدزاده، ب. (۱۳۸۶). "بررسی عملکرد آبیاری جویچه‌ای تحت تغییرات سطح مقطع جریان " پایان نامه کارشناسی ارشد. گروه مهندسی آبیاری و آبادانی. دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران.
- 3- Elliott, R.L. and Walker, W.R., 1982. Field evaluation of furrow infiltration advance functions. Trans ASAE 25: 396 – 400
- 4- Hanson BR, Prichard TL, Schulbach H (1990) Estimating furrow intake. Visions of the Future – Proc Third National Irrigation Symposium held in conjunction with the 11th Annual International Irrigation Exposition, American Society of Agricultural Engineers, Michigan
- 5- Holzapfel, E.A., Jara, J., Zuniga, C., Marino, M.A., Paredes, J. and Billib, M., 2004. Infiltration parameters for furrow irrigation. Agricultural Water Management 68: 19-32
- 6- INFILT software version 5 (1995-1999). "Help menu" National center for engineering in Agriculture University of southern Queensland. Australia. <http://www.ncea.org.au/>
- 7- McClymont, D. J. and Smith, R. J., 1996. Infiltration parameters from optimisation on furrow irrigation advance data. J. Irrigation Science: 15-22
- 8- Shepard, J.S., Wallender, W.W. and Hopmans, J.W., 1993. One-point method for estimating furrows infiltration. Trans. ASAE 36: 395–404.
- 9- Valiantzas J.D., Aggelides, S. and Sassalou, A., 2001. Furrow infiltration estimation from time to a single advance point. Agricultural Water Management 52:17-32
- 10- Walker, W. R. and Skogerboe, G.V., 1982. surface irrigation , Theory and practice . Prentice-Hall New Jersey
- 11- Walker, W. R., 1989. Guideline for desiging and evaluatin surface irrigation systems. FAO. Corporate document repository, <http://www.fao.org/docrep/T0231E/t0231e00.HTM>
- 12- Walker, W. R., 2003. SIRM0D III Surface Irrigation Simulation Evaluation and Design; Guide and Technical Documentation. Utah State University.
- 13- WINSRFR 2.1 User Manual-DRAFT. 2006. U.S. Department of Agriculture, Agricultural Research Service, Arid-Land Agricultural Research Center, 21881 N. Cardon Lane, Maricopa, AZ 85239. <http://www.uswcl.ars.ag.gov/>

دومین سمینار (هاکارهای بهبود و اصلاح سامانه‌های آبیاری سطحی

۲ فرورداد ماه ۱۳۸۷

بررسی اثر آبیاری جویچه‌ای یک در میان بر کارایی مصرف آب

در گیاهان ردیفی

هادی افشار^۱، حسنعلی شهبازی^۲، حمید رضا مهرآبادی^۳

چکیده

کمبود منابع آب مهمترین عامل محدود کننده سطح زیر کشت محصولات زراعی آبی کشور است. راندمان آبیاری تعیین کننده الگوی کشت در هر مزرعه می‌باشد و در روش‌های مختلف آبیاری مقدار آن متفاوت است. در روش آبیاری سطحی بدلیل ماهیت آن عمدتاً راندمان آبیاری کم است. یک از روش‌هایی که می‌توان راندمان آبیاری را افزایش داد، روش آبیاری یک در میان می‌باشد. این روش می‌تواند در زراعت‌های مختلف و خاک‌های با بافت متوسط تا سنگین بکار گرفته شود. از جمله در این مقاله کاربرد آن را در دو محصول زراعی چغندر قند و پنبه که دارای خصوصیات فیزیولوژیکی متفاوتی می‌باشند بررسی گردید. بکارگیری آبیاری یک‌درمیان در هر یک از محصولات متناسب با شروع فصل آبیاری آنها منافع جالب توجهی را ببار آورد. آبیاری یک‌درمیان با صرفه جویی در مصرف آب توانست سرعت آبیاری را افزایش داده و از تأخیر تاریخ کاشت جلوگیری نماید. نتایج نشان داد که در زراعت پنبه، اجرای الگوهای مختلف آبیاری یک‌درمیان علیرغم کاهش معنی‌دار آب مصرفی به میزان ۳۰/۱۲٪ و ۲۷/۰۶٪ بترتیب در سال اول و دوم اجرای طرح در کل دوره رشد، کاهش عملکرد از نظر آماری معنی‌دار نبود. بدین لحاظ اعمال تیمارهای آبیاری یک‌درمیان موجب افزایش کارایی مصرف آب بمیزان ۲۴/۸۶٪ و ۳۵/۹۸٪ بترتیب در سال اول و دوم طرح شد. بطور کلی نتایج بدست آمده حاکی از برتری آبیاری یک‌درمیان (ثابت) در مقایسه با

۱- عضو هیئت علمی بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان

تلفن ۴-۳۸۲۲۳۰۱-۰۵۱۱، دورنگار ۳۸۲۲۳۹۰ E mail:afsharch@Yahoo.com

۲- عضو هیئت علمی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان

۳- عضو هیئت علمی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان - ایستگاه کاشمر

دیگر تیمارهای اعمال شده بود. در کشت چغندر قند کارایی مصرف آب براساس عملکرد ریشه، عملکرد قند، عملکرد ماده خشک محاسبه گردید. بین تیمارها از نظر این صفت اختلاف زیادی مشاهده شد. بالاترین کارایی مصرف آب مربوط به تیمارهای کشت ۶۰ سانتی متر و ۵۰ سانتی متر با آبیاری یک در میان بود. عملکرد ریشه به ازای واحد آب مصرفی (WUE) در روش آبیاری یک در میان نسبت به سایر تیمارها بیشتر بود. در این تیمار کارایی مصرف آب با تیمار مشابه حدود ۳۶ درصد افزایش یافت. در تیمار آبیاری یک‌درمیان با فاصله فاروهای ۵۰ سانتی‌متری نسبت به تیمار آبیاری شیاری معمولی با عرض ۵۰ سانتیمتر کارایی مصرف آب حدود ۴۴ درصد افزایش یافت.

کلمات کلیدی: آبیاری جویچه‌ای یک‌درمیان، پنبه، چغندر قند

مقدمه

کمبود آب و خشکسالی در مناطق خشک ایران پدیده‌ای تازه نیست بلکه این موضوع از زمانهای قدیم گریبان‌گیر مردم این دیار بوده است. در گذشته مقدار آب موجود جوابگوی تولید محصولات کشاورزی برای تامین غذای جمعیت کم آن زمان بوده اما در حال حاضر رشد سریع جمعیت و نیاز به تولید بیشتر، باعث شده است که کمبود آب بیشتر احساس شود. لذا برای افزایش تولیدات کشاورزی راهی جز افزایش کارایی مصرف آب نیست. برای رسیدن به این امر مهم راه‌های مختلفی وجود دارد، از جمله روش‌های بهزراعی و به‌نژادی را می‌توان نام برد. آنچه در این تحقیق به آن پرداخته شد تغییر در آرایش کاشت و روش آبیاری شیاری است که در زمره روش‌های بهزراعی محسوب می‌شوند. آرایش کاشت و الگوی آبیاری شیاری عواملی هستند که از نقطه نظرات مختلف می‌توانند قابل توجه باشند. یکی از روش‌هایی که می‌تواند مصرف آب را کم کند استفاده از روش آبیاری جویچه‌ای یک‌درمیان است. پنبه و چغندر قند از جمله گیاهان زراعی پر اهمیت در کشاورزی ایران هستند. پنبه به عنوان یک گیاه تولید کننده الیاف طبیعی و روغن و چغندر قند در تولید شکر از اهمیت فراوانی برخوردار است. اما این دو گیاه از جمله گیاهانی هستند که آب مصرفی آنها زیاد می‌باشد. روش آبیاری شیاری معمولی که تمام شیارها در آن آبیاری می‌گردد، از راندمان آبیاری پایین‌تری برخوردار است بخصوص در آبیاری‌های اولیه که رشد گیاه کم است. طی این دوره بدلیل عدم توسعه کافی ریشه‌ها در خاک جهت جذب حداکثر آب و نیز عدم توسعه کافی اندام هوایی جهت کاهش تبخیر سطحی خاک، مقداری از آب آبیاری در هر نوبت، بصورت نفوذ عمقی و تبخیر از سطح خاک تلف شده و از دسترس گیاه خارج می‌شود. بنابر این به نظر می‌رسد اجرای روش‌های بهینه مصرف آب بتواند بدون کاهش قابل ملاحظه عملکرد از تلفات آب بکاهد. ماسیک و داسک (Musick and Dusek, 1974) نشان دادند که در روش آبیاری یک‌درمیان مقدار نفوذ عمقی در هر آبیاری از ۱۳۰ میلی متر به ۶۰ میلی متر کاهش یافته است. آبیاری شیاری یک‌درمیان به علت کم کردن

سطح مرطوب خاک منجر به کاهش تبخیر می شود و از طرفی بعلت دارا بودن پتانسیل بیشتر برای نفوذ جانبی از نفوذ عمقی نیز به مقدار قابل ملاحظه ای جلوگیری می کند. استون و همکاران (Stone, et . 1982) نشان دادند که کاهش تبخیر در آبیاری شیاری یکدرمیان ممکن است ناشی از کاهش مقدار سطح مرطوب باشد. آنها همچنین ابراز داشتند، آبیاری شیاری یکدرمیان در خاکهای با بافت متوسط تا سنگین کاربرد دارد. دیگر مطالعات بعمل آمده نشان دادند، در آبیاری شیاری یکدرمیان بر روی چغندر قند و ذرت عملکرد بالاتری نسبت به روش معمولی حاصل گردید (سپاسخواه و کامکار حقیقی ۱۳۷۳) و (Sepaskhah, and Kamkar Haghghi. 1997). آبیاری جویچه‌ای یک درمیان بر روی چغندر قند و پنبه عملکرد بالاتری نسبت به روش معمولی حاصل گردید (هوجز و همکاران ۱۹۸۹ الف و ب، سپاسخواه ۱۳۷۵). در تحقیقی که توسط سپاسخواه و کامکار حقیقی در سال ۱۳۷۰ در مورد روش آبیاری شیاری یک در میان بر روی چغندر قند انجام گرفت. تأثیر متقابل آبیاری شیاری معمولی و یک درمیان بر روی چغندر قند با دوره‌های آبیاری ۶، ۱۰ و ۱۴ روز بر عملکرد ریشه و میزان مصرف آب مورد بررسی قرار گرفت. نتایج این تحقیق نشان داد که آبیاری نشتی یک در میان با دور ۶ روزه قادر است با مصرف کمتر آب آبیاری، محصولی برابر با آبیاری شیاری با دور ۱۰ و با مصرف بیشتر تولید کند (سپاسخواه و کامکار حقیقی ۱۳۷۳).

با توجه به اهمیت آب در بخش کشاورزی در مناطق خشک ایران در این پژوهش روشی دنبال گردید که بتواند کارایی مصرف آب را تا حد امکان برای روشهای آبیاری سطحی افزایش دهد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش به منظور بررسی کاربرد آبیاری جویچه‌ای یک در میان بر روی گیاهان پنبه و چغندر قند در منطقه کاشمر و مشهد در طی سالهای ۱۳۷۸ تا ۱۳۸۰ انجام شد. در پنبه چهار تیمار آبیاری اعمال گردید. که عبارت بودند از

I1 = آبیاری متداول شیارهای با فاصله ۷۰ سانتیمتر، I2 = آبیاری یکدرمیان شیارهای با فاصله ۷۰ سانتیمتر تا آبیاری پنجم و بعد از آن آبیاری تمام شیارها I3 = آبیاری یکدرمیان شیارهای با فاصله ۶۰ سانتیمتر و I4 = آبیاری یکدرمیان شیارهای با فاصله ۷۰ سانتیمتر تا انتهای دوره آبیاری.

اندازه‌گیری‌های بعمل آمده شامل:

- اندازه‌گیری دبی ورودی به شیار به روش حجمی با سیفون و دبی خروجی از شیار با استفاده از فلوم.
- اندازه‌گیری و ثبت مشخصات فنولوژیکی و اجزاء عملکرد گیاه چون: ارتفاع، تعداد بوته در واحد سطح، تعداد شاخه‌های رویشی و زایشی، تعداد غوزه، وزن و ش غوزه. در این ارتباط تعداد ۱۰ بوته بطور تصادفی از هر کرت انتخاب و بجز تعداد بوته در واحد سطح، بقیه صفات تعیین و ثبت گردید. جهت تعیین عملکرد بجز دو خط کناری و نیم متر ابتدا و انتهای ردیفهای کاشت که به عنوان اثر حاشیه حذف شده بود،

بقیه کرت طی دو چین برداشت گردید. طرح آماری مورد استفاده طرح بلوک‌های کامل تصادفی بود و میانگین تیمارها براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن گروه‌بندی شدند.

در کشت چغندر قند ۶ تیمار مختلف در قالب آزمون آماری با نمونه‌گیری تصادفی در داخل تیمارها اجرا شد و سپس میانگین تیمار با آزمون t مورد مقایسه قرار گرفت، در این مقایسه سال‌ها بعنوان تکرار نمونه‌ها در نظر گرفته شد و هر مقایسات بر روی متوسط سه سال آزمایش انجام گرفت. جهت سهولت در اجرای آزمایش و استفاده از ماشین‌آلات و هم چنین سهولت در اندازه‌گیری آب در تیمارهای آزمایش، تیمارها بصورت نواری پیاده شدند. تیمارهای آزمایش عبارتند از: ۱- فاصله خطوط کاشت ۶۰ سانتی متر که آبیاری از طریق تمام جویچه‌ها تا آخر دروه رشد بطور معمول انجام شد (T1). ۲- فاصله خطوط کاشت ۶۰ سانتی متر که آبیاری از طریق جویچه‌ها بطور یک در میان متناوب تا آخر دوره رشد انجام شد (T2). ۳- فاصله خطوط کاشت ۵۰ سانتی متر که آبیاری از طریق تمام جویچه‌های آخر دوره رشد بطور معمول انجام شد (T3). ۴- فاصله خطوط کاشت ۵۰ سانتی متر که آبیاری از طریق تمام جویچه‌ها بطور یک در میان متناوب تا آخر دوره رشد انجام شد (T4). ۵- در این تیمار فاصله خطوط کاشت از یکدیگر ۱۰۰ سانتی متر که بر روی هر پشته دو ردیف کشت با فاصله ۴۰ سانتی متر از یکدیگر قرار گرفت. فاصله خطوط کاشت روی پشته‌ها ۴۰ سانتی متر بوده ولی فاصله خطوط کاشت که بین آنها جویچه قرار می‌گیرد ۶۰ سانتی متر می‌باشد (T5). ۶- در این تیمار فاصله خطوط کاشت از یکدیگر ۹۰ سانتی متر می‌باشد که بر روی هر پشته دو ردیف کاشت قرار می‌گیرد. فاصله خطوط کشت بر روی پشته‌ها ۴۰ سانتی متر می‌باشد و فاصله خصوص کاشت بین آنها جویچه قرار می‌گیرد ۵۰ سانتی متر می‌باشد (T6).

هر کرت شامل ۸ ردیف کشت با طول تقریبی ۱۰۰ متر بود. بذر مورد استفاده رقم IC1 کشت گردید مقدار آب آبیاری کلیه تیمارها بر اساس نیاز آبی با استفاده از طشتک تبخیر و ضریب گیاهی مربوط تعیین و اعمال شد. بمنظور استفاده بهینه از آب، آبیاری جویچه‌ای با کاهش جریان پس از رسیدن آب به انتهای فارو استفاده گردید بدین منظور پس از تکمیل جویچه پیشروی شدت جریان ورودی به هر تیمار آزمایشی به ۵۰ درصد مقدار اولیه کاهش یافت. جهت بالا بردن یکنواختی در آبیاری سعی شد که شدت جریان اولیه در حداکثر دبی و بصورت غیر فرسایش اعمال گردد. جویچه‌های یک تیمار آزمایش همزمان با هم آبیاری و دبی ورودی و خروجی همه آنها توسط دو دستگاه فلوم W.S.C اندازه‌گیری شد. در هنگام برداشت نهایی از هر کرت ۲۰ نمونه به طول ۱۰ متر انتخاب و برداشت شد. از هر نمونه خمیری جهت تجزیه کیفی نیز تهیه شد. بر روی خمیر تهیه شده به کمک دستگاه بتالایزر تجزیه کیفی انجام گرفت. درصد قند ناخالص و میزان سدیم، پتاسیم و ازت مضره اندازه‌گیری شد و بر اساس آنها میزان درصد قند خالص، قند ملاس، راندمان استحصال و عملکرد قند خالص و ناخالص بر آورد گردید.

نتایج و بحث

در این نوشتار نتایج بدست آمده از اجرای طرح آبیاری جویچه‌ای یک‌درمیان بر روی دو محصول پنبه و چغندر قند در ذیل ارائه گردیده است.

- عملکرد پنبه

نتایج بدست آمده از دو سال مطالعه بر روی روش آبیاری شیاری یک در میان نشان داد که علیرغم کاهش معنی دار آب مصرفی در تیمارهای یک درمیان، عملکرد کاهش معنی‌داری پیدا نکرد (جدول‌های ۱ و ۲). این موضع احتمالاً ناشی از تحمل بیشتر خشکی در نتیجه سازگاری پنبه در اوایل فصل به کم آبی بوده است (Cutler and Rains 1977). میزان کاهش عملکرد در تیمارهای یک‌درمیان در مقایسه با تیمار شاهد برای سال اول و دوم اجرای طرح به ترتیب ۱۳/۲۲٪ و ۸/۳٪ بود.

- میزان آب مصرفی در هکتار پنبه

نتایج بدست آمده از اندازه‌گیری‌های دبی ورودی و خروجی که در جدول‌های (۱ و ۲) آمده است، بیانگر تفاوت معنی‌دار مقادیر آب مصرفی در آبیاری شیاری معمولی و تیمارهای آبیاری شیاری یک‌درمیان در هر دو سال اجرای طرح بود. براساس نتایج بدست آمده، استفاده از الگوی آبیاری شیاری یک‌درمیان ضمن کاهش ناچیز عملکرد، میزان آب مصرفی در هکتار را، در کل دوره رشد پنبه در سال‌های اول و دوم اجرای طرح به ترتیب ۳۰/۱۲٪ و ۲۷/۰۶٪ کاهش داد (جدول‌های ۱ و ۲). در سال نخست، میزان کاهش آب مصرفی در تیمارهای I2 ، I3 ، I4 در مقایسه با شاهد به ترتیب برابر: ۱۹/۵۷٪ ، ۳۴/۷۷٪ و ۳۶/۰۳٪ بود. در سال دوم اجرای طرح، مقادیر کاهش آب مصرفی در تیمارهای I2 ، I3 ، I4 و I5 در مقایسه با شاهد به ترتیب برابر: ۴۱/۴۵٪ ، ۱۶/۸۱٪ ، ۰/۲۹٪ و ۴۹/۶۱٪ بود (شکل‌های ۱ و ۲). با توجه نتایج بدست آمده در سال نخست طرح بنظر می‌رسد، آبیاری شیاری به فاصله ۷۰ سانتیمتر به صورت یک در میان تا آبیاری پنجم (تیمار I2) توانست بدون کاهش عملکرد، از کاهش قابل ملاحظه آب مصرفی در مقایسه با شاهد برخوردار شود. از طرف دیگر این نتایج گواهی دیگر بر کارایی پایین آب مصرف شده در آبیاری‌های متداول بخصوص در اوایل دوره رشد (حداکثر ۱ تا ۲ ماه بعد از کاشت) می‌باشد. با اینحال در سال دوم آزمایش این ویژگی در مورد آبیاری یک در میان شیاری به فاصله ۶۰ سانتیمتر تا ششمین آبیاری (تیمار I4) مصداق نداشت.

جدول ۱- اثر الگوهای مختلف آبیاری بر عملکرد، اجزاء عملکرد و مقادیر آب مصرفی (۱۳۷۹)

تیمارهای آبیاری	تعداد بوته در متر مربع	تعداد غوزه در بوته	وزن غوزه	ارتفاع	عملکرد	آب مصرفی	کارایی مصرف آب (kg/m ³)
(I1)	6.24 a	10 ab	6.26 a	66.66 a	1841.75 a	10534.57 a	0.1748 a
(I2)	6.03 a	11.15 a	6.22 a	69.73 a	1844.59 a	8472.67 b	0.2171 a
(I3)	5.34 a	6.48 c	5.46 a	57.16 a	1321.39 a	6871.43 c	0.1923 a
(I4)	6.35 a	8.47 bc	5.8 a	58.63 a	1628.38 a	6738.73 c	0.2416 a

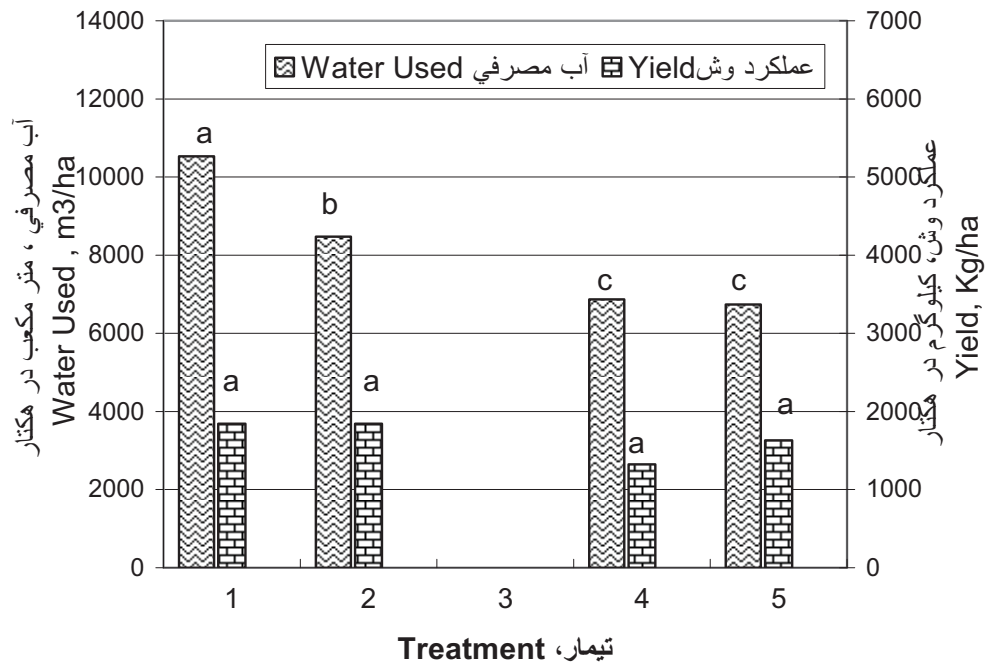
میانگین‌ها باحروف مشابه در هر ستون از نظر آماری (در سطح احتمال ۵٪) اختلاف معنی‌داری ندارند.

جدول ۲- اثر الگوهای مختلف آبیاری بر عملکرد، اجزاء عملکرد و مقادیر آب مصرفی (۱۳۸۰)

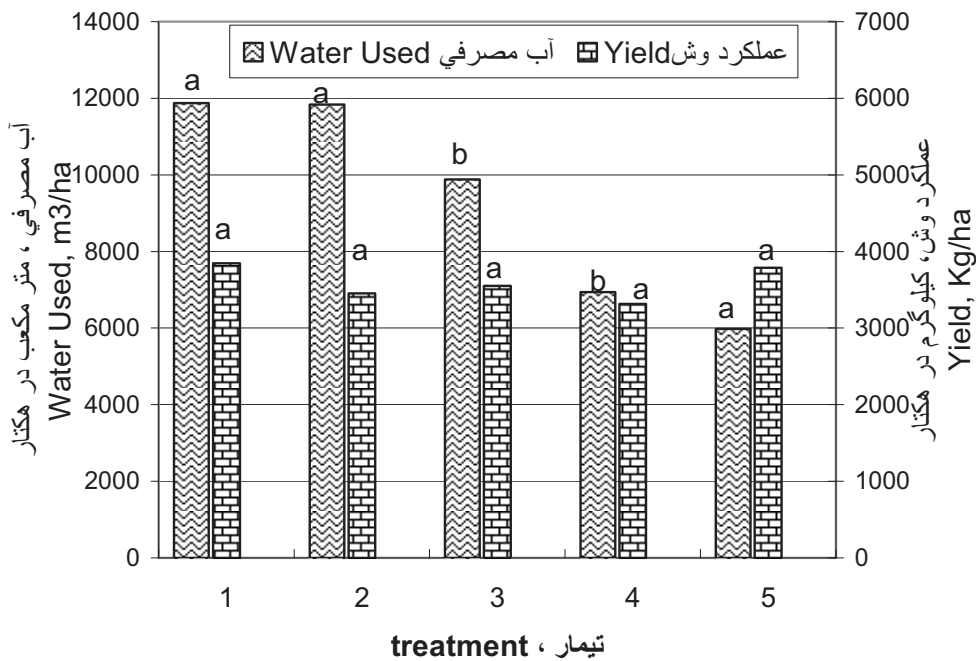
تیمارهای آبیاری	تعداد بوته در متر مربع	تعداد غوزه در بوته	وزن غوزه	ارتفاع	عملکرد	آب مصرفی	کارایی مصرف آب
(I1)	4.48 a	13.70 a	6.20 a	75.26 a	3846.1 a	11873 a	0.3239 bc
(I2)	4.60 a	15.43 a	5.58 b	70.80 a	3314.8 a	6941 b	0.4775 ab
(I3)	5.18 a	16.43 a	6.01 ab	75.76 a	3550 a	9877 a	0.3594 bc
(I4)	4.78 a	14.46 a	5.91 ab	69.53 a	3454.4 a	11838 a	0.2918 c
(I5)	4.61 a	14.06 a	5.89 a	67.56 a	3787.7 a	5982 b	0.6331 a

میانگین‌ها باحروف مشابه در هر ستون از نظر آماری (در سطح احتمال ۵٪) اختلاف معنی‌داری ندارند.

از این نظر بر اساس نتایج حاصله از دو سال اجرای طرح، استفاده از الگوی آبیاری شیاری یک‌درمیان با فواصل شیارهای ۷۰ سانتیمتر (کاشت دو ردیف گیاه روی پشته‌های پهن ۱۴۰ سانتیمتری) می‌تواند ضمن کاهش قابل توجه آب آبیاری در کل دوره زراعت پنبه، از عملکرد قابل قبولی نیز برخوردار باشد. کاهش مقدار آب مصرفی در روش آبیاری شیاری یک‌درمیان ناشی از کاهش تلفات آب از طریق تبخیر از سطح خاک، کاهش نفوذ عمقی از زیر ناحیه ریشه، کاهش تعرق از طریق جلوگیری از رشد علف‌های هرز در بین ردیف‌های کاشت است. بنابراین روش آبیاری یک‌درمیان با تامین مقدار آب مورد نیاز پنبه تا حد زیادی باعث افزایش راندمان آبیاری می‌گردد.



شکل ۱: اثر الگوهای مختلف آبیاری یک‌درمیان بر عملکرد و ش پنبه و مقدار آب مصرفی (سال ۱۳۷۹)



شکل ۲: اثر الگوهای مختلف آبیاری یک‌درمیان بر عملکرد و ش پنبه و مقدار آب مصرفی (سال ۱۳۸۰)

- کارایی مصرف آب پنبه

میانگین کارایی مصرف آب در تیمارهای مختلف آبیاری یک‌درمیان نسبت به روش آبیاری شیاری معمولی در دو سال اجرای طرح به ترتیب ۲۴/۱۴٪ و ۳۵/۹۸٪ افزایش نشان داد. تفاوت بین میانگین تیمارها تنها در سال دوم اجرای طرح، براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح ۵٪ معنی‌دار بود (جدول‌های ۱ و ۲). در سال نخست اجرای طرح، استفاده از روش آبیاری یک‌درمیان موجب افزایش کارایی مصرف آب در تیمارهای (I2)، (I3) و (I4) بترتیب به میزان ۲۴/۱۹٪، ۱۰/۰۱٪ و ۳۸/۲۱٪ در مقایسه با شاهد (II) شد. میزان افزایش کارایی مصرف آب در سال دوم اجرای طرح، برای تیمارهای (I2)، (I3)، (I4) و (I5) به ترتیب برابر ۴۷/۴۲٪، ۱۰/۹۶٪، ۹/۹۱٪ و ۹۵/۴۶٪ بود.

- اجزاء عملکرد پنبه

تعداد بوته: نتایج بدست آمده طی سالهای اول و دوم اجرای طرح نشان داد که آبیاری یکطرفه در تیمارهای آبیاری شده بصورت یک‌درمیان بر تعداد بوته در واحد سطح تاثیر معنی‌دار ندارد (جدول‌های ۱ و ۲). میزان کاهش درصد سبز در تیمارهای آبیاری شده بصورت یکطرفه (میانگین تیمارها) در مقایسه با آبیاری متداول در سال اول اجرای طرح تنها ۰/۴۳ درصد بود. در صورتیکه در سال دوم اجرای طرح، درصد سبز در تیمارهای آبیاری شده بصورت یکطرفه در مقایسه با شاهد بمیزان ۶/۹۷ درصد افزایش نشان داد. با اینحال در هیچیک از سالها تفاوت بین میانگین تیمارها معنی‌دار نبود (جدول‌های ۳ و ۴). عدم تاثیر روش آبیاری بر میزان سبز بذور پنبه در مزرعه، حاکی از این نکته است که حتی آبیاری‌های انجام شده به صورت یک طرفه نیز علی‌رغم حرکت و پخش یک جهته آب به سمت پشته‌های کاشت توانسته، رطوبت لازم را برای خیس خوردن کامل پشته‌های کاشت و در نتیجه آبنوشی کامل و جوانه زنی بذور پنبه فراهم آورد. نتیجه آنکه آبیاری یک‌درمیان در زراعت پنبه (کشت پنبه در ردیفهای پشته پهن) می‌تواند رطوبت لازم را برای جوانه زنی بذور فراهم آورد.

تعداد غوزه: یکی از مهمترین عوامل موثر بر عملکرد، تعداد غوزه در هر بوته است. نتایج بدست آمده نشان داد کاهش محتوای آب خاک موجب کاهش اندام‌های بارده چون گل، غنچه و غوزه و در نتیجه کاهش تعداد غوزه برداشت شده گردید. این کاهش در سال نخست اجرای طرح از نظر آماری معنی‌دار بود (جدول ۱). در سال نخست بطور کلی صرفنظر از روش آبیاری، تعداد غوزه در تیمارهای آبیاری شده بصورت یک‌درمیان در مقایسه با شاهد ۱۲/۹۳ درصد کاهش نشان داد (جدول ۳). در آبیاری یک‌درمیان، بویژه زمانی که جویچه‌ها در هر آبیاری تغییر می‌نمایند، تنش بوجود آمده ناشی از کاهش محتوای آب خاک سبب اضمحلال ریشه‌های مویین سطحی در بین آبیاری‌ها و تولید مجدد آنها پس از آبیاری می‌گردد (Ball, et al. 1994).

وزن غوزه: در این خصوص نتایج بدست آمده نیز حاکی از کاهش ۶/۴۷ درصدی و ۵/۶۸ درصدی وزن غوزه در تیمارهای آبیاری شده بصورت یک‌درمیان در سال‌های اول و دوم اجرای طرح در مقایسه با تیمار شاهد بود. کاهش غیر معنی دار وزن غوزه در تیمارهای آبیاری شده به صورت یک‌درمیان حکایت از کارآمدی روش آبیاری یک‌درمیان در زراعت این نوع گیاه ردیفی است.

ارتفاع: نتایج بدست آمده نشان داد که میزان کاهش ارتفاع بوته در تیمارهای آبیاری شده بصورت یک‌درمیان برای سال اول و دوم اجرای طرح به ترتیب برابر ۷/۲۳٪ و ۵/۷۷٪ در مقایسه با تیمار شاهد بود (جدول‌های ۱ و ۲). با اینحال این کاهش در هر دو سال اجرای طرح از نظر آماری معنی‌دار نبود. بطور کلی استراتژی گیاه برای بقاء تولید اندام‌های بارده و حفظ آنها است، و نه افزایش جثه یا بیوماس گیاهی. بدین لحاظ در شرایط تنش رطوبتی، بویژه در دوره رشد رویشی، اولین جزئی که تحت تاثیر قرار می‌گیرد، رشد طولی ساقه است.

چغندر قند

آب مصرفی چغندر قند

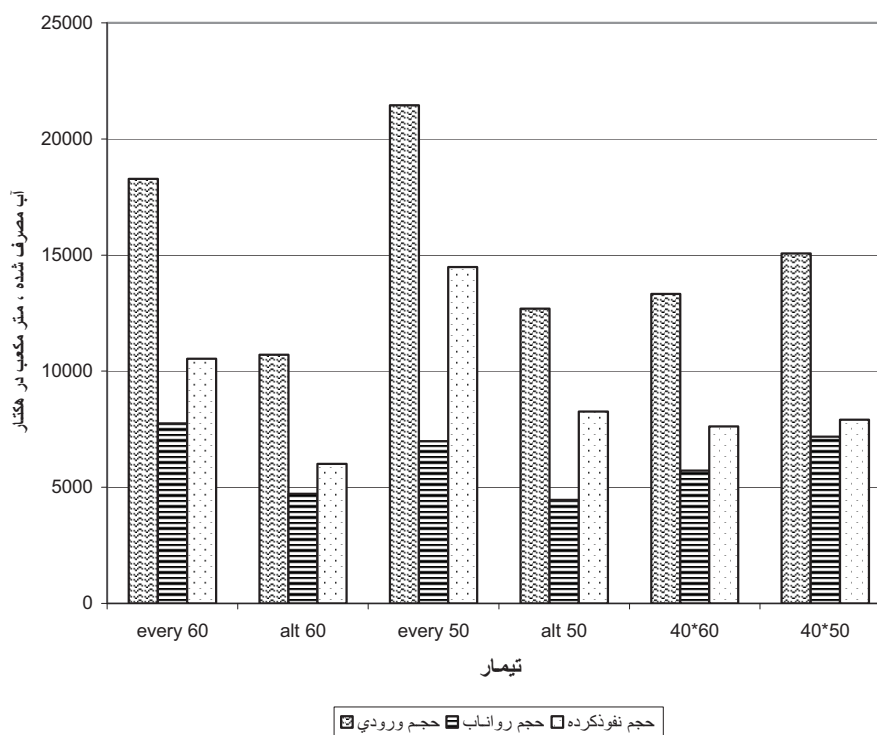
مقدار آب مصرف شده در تیمارهای مختلف اندازه‌گیری شد که مقادیر آنها در جدول ۳ آورده شده است. نتایج نشان می‌دهد که بیشترین مقدار مصرف آب مربوط به تیمار آبیاری شیاری ۵۰ سانتیمتر معمولی و کمترین آن مربوط به تیمار آبیاری شیاری ۶۰ سانتیمتر یک‌درمیان بود. و بعد از آن تیمارهای آرایش کاشت ۴۰*۶۰ و ۴۰*۵۰ کمترین مقادیر را به خود اختصاص دادند. شکل ۳ نمودار مقدار آب مصرف شده در تیمارهای مختلف را نشان می‌دهد.

عملکرد ریشه

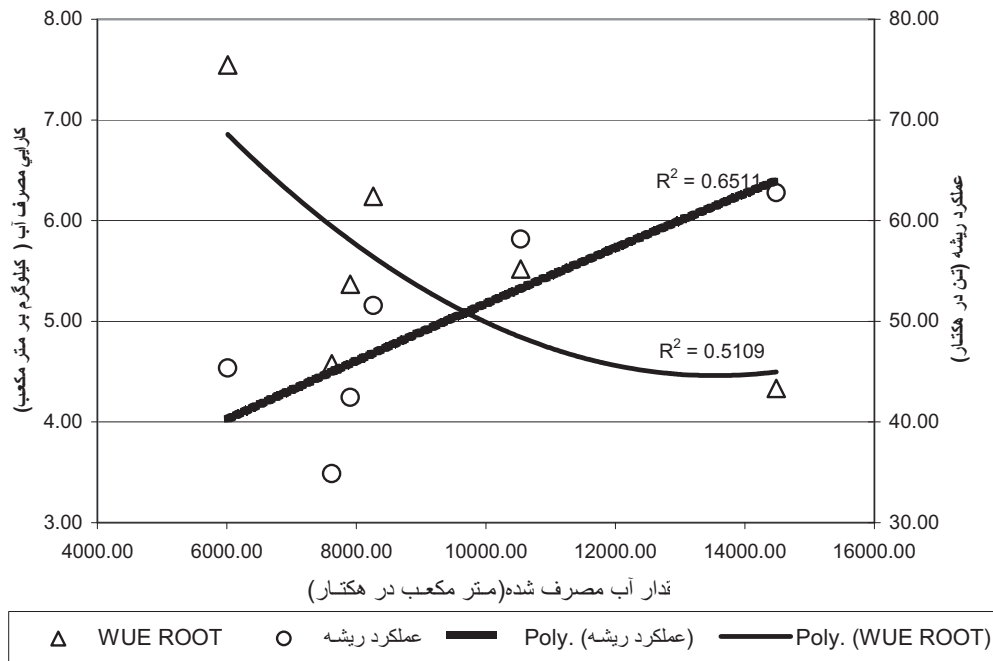
بین تیمارها از نظر عملکرد ریشه اختلاف معنی داری وجود داشت. بالاترین عملکرد ریشه مربوط به تیمار کاشت ۵۰ سانتی متر و آبیاری کامل با حدود ۶۲/۸ تن در هکتار بود. تیمار کشت با عرض ۶۰ سانتی متر با آبیاری کامل در مرحله بعدی قرار داشت (شکل ۴). بطورکلی تیمارهایی که آب بیشتری مصرف کردند. عملکرد بالاتری نیز داشتند. رابطه بین عملکرد ریشه و مصرف آب نشان می‌دهد که با مصرف آب عملکرد ریشه نیز افزایش یافت. بالاترین میزان عملکرد در مصرف آب ۱۳۰۰۰ متر مکعب بدست آمد ولی بر عکس در همین میزان مصرف آب راندمان مصرف آب در پایین ترین میزان خود بود و بالاترین کارایی مصرف آب در حدود ۵۰۰۰ متر مکعب مصرف آب بدست آمد.

جدول ۳- مقادیر حجم آب ورودی، رواناب و حجم آب نفوذ کرده در تیمارهای مختلف

تیمار	Every 60	alt 60	Every 50	alt 50	40*60	40*50
حجم ورودی m^3	18281.50	10702.62	21453.16	12696.50	13322.35	15072.43
حجم رواناب m^3	7756.14	4719.85	6983.09	4453.37	5722.00	7183.59
حجم نفوذ کرده m^3	10540.03	6012.10	14487.67	8260.73	7617.95	7908.40



شکل ۳- مقادیر حجم آب ورودی، رواناب و حجم آب نفوذ کرده در تیمارهای مختلف

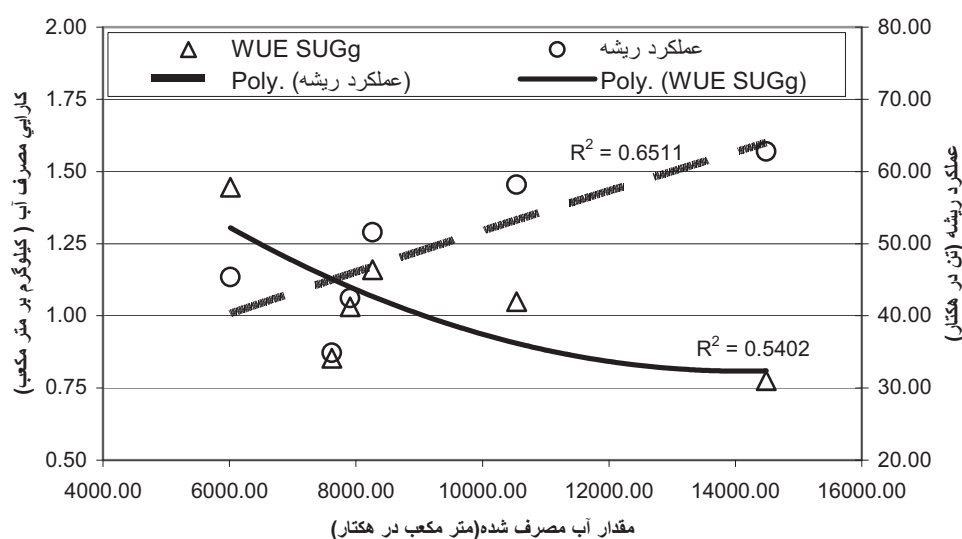


شکل ۴ - رابطه بین مصرف آب با عملکرد ریشه و کارایی مصرف آب

عملکرد قند ناخالص و قند خالص

بین تیمارها از نظر عملکرد قند ناخالص و خالص نیز اختلاف معنی داری در سطح ۵٪ مشاهده شد. بالاترین عملکرد قند ناخالص و خالص مربوط به تیمارهای کشت با عرض ۵۰ سانتی متر و ۶۰ سانتیمتر با آبیاری کامل بود.

بطور کلی بالاترین عملکرد قند خالص و ناخالص مربوط به تیمارهایی که آب بیشتری مصرف نموده بود. در این تیمارها عملکرد قند ناخالص و خالص به ازای واحد آب مصرفی نسبت به تیمار کشت با عرض ۵۰ و ۶۰ سانتی متر با آبیاری کامل حدود ۵۸ درصد افزایش داشت. تیمارهایی که آب کمتری مصرف نموده‌اند، عملکرد قند خالص و ناخالص کمتری داشتند که این کمبود عملکرد بیشتر ناشی از کمبود عملکرد ریشه در این تیمارها بود و عیار قند نه تنها کاهش نداشت بلکه تا حدی نیز افزایش داشت. بطور کلی با افزایش میزان مصرف آب، عملکرد قند نیز افزایش یافت. بطوریکه در بالاترین میزان مصرف آب ۱۳۰۰ متر مکعب بالاترین عملکرد قند حاصل شد. بلعکس با مصرف آب کارایی مصرف آب افزایش مصرف آب کاهش یافت و بیشترین کارایی مصرف آب در ۵۰۰ متر مکعب آب مصرفی بدست آمد (شکل ۵).



شکل ۵ - رابطه بین مصرف آب با عملکرد قند و کارایی مصرف آب

درصد قند خالص و نافالص

بین تیمارها از نظر درصد قند خالص و نافالص اختلاف زیادی مشاهده نشد هر چند تیمارهایی که آب کمتری مصرف نموده بودند دارای درصد قند بالاتری نیز بودند. بین سال‌های مختلف از نظر درصد قند اختلاف زیادی مشاهده شد و نتایج متفاوتی بدست آمد بطوریکه در سال‌هایی که خشک سالی بود تیمارهایی با آبیاری کامل وضعیت مناسبتری از نظر درصد قند خالص و نافالص داشتند ولی در سال‌هایی که وضعیت رطوبتی بهتر بود از نظر درصد قند تیمارهای با آبیاری یک در میان درصد قند بالاتری داشتند (جدول ۳). ولی بطور کلی این اختلافات در طی سال‌های متفاوت بسیار ناچیز بود و در عین حال با کاهش میزان مصرف آب درصد قند افزایش یافت و این افزایش در محدوده ۷۰۰۰ تا ۱۰۰۰۰ متر مکعب برای درصد قند خالص و ۹۰۰۰۰ تا ۱۱۰۰۰۰ متر مکعب برای درصد قند نافالص بیشتر بود.

کارایی مصرف آب

کارایی مصرف آب براساس عملکرد ریشه، عملکرد قند، عملکرد ماده خشک محاسبه گردید. بین تیمارها از نظر این صفت اختلاف زیادی مشاهده شد. بالاترین کارایی مصرف آب مربوط به تیمارهای کشت ۶۰ سانتی متر و ۵۰ سانتی متر با آبیاری یک در میان بود (جدول ۳). عملکرد ریشه به ازای واحد آب مصرفی (WUE) در کشت با عرض ۶۰ سانتی متر با آبیاری یک در میان نسبت به سایر تیمارها بیشتر بود (شکل ۴). در این تیمار کارایی مصرف آب با تیمار مشابه حدود ۳۶ درصد افزایش یافت. در تیمار کشت با عرض ۵۰ سانتی متر با آبیاری یک در میان نسبت به تیمار کشت عرض ۵۰ سانتی متر با آبیاری کامل کارایی مصرف آب حدود ۴۴ درصد افزایش یافت. بطور کلی تیمارهایی که آب مصرفی بیشتری داشتند، کارایی مصرف آب

آنها کمتر بود و با افزایش میزان مصرف آب کارایی مصرف آب را کاهش یافت. بعبارتی عملکرد به ازای واحد آب مصرفی در تیمارهای با آب مصرفی کمتر نسبت به تیمارهایی که آب بیشتری مصرف نموده‌اند، بیشتر بود (شکل ۵). در تیمار کشت با عرض ۵۰ سانتی متر و ۶۰ سانتی متر با آبیاری یکدر میان راندمان مصرف آب نسبت به تیمار کشت ۶۰ سانتی متر و ۵۰ سانتی متر با آبیاری کامل به ترتیب بر اساس ماده خشک به ترتیب ۶۲/۹ و ۶۲ درصد افزایش نشان داد.

- نتیجه‌گیری

نتایج دو ساله اجرای روش‌های مختلف آبیاری شیاری نشان داد، با اجرای روش آبیاری یکدرمیان، اجزاء عملکرد و به طبع آن عملکرد کاهش محسوس ولی غیر معنی‌داری را از نظر آماری در مقایسه با تیمار شاهد (آبیاری شیاری معمولی) پیدا کرد. با اینحال مقادیر آب صرفه جویی شده در تیمارهای اعمال شده چشمگیر و معنی‌دار بود. بطور کلی اعمال تیمارهای مختلف آبیاری یکدرمیان نشان داد آبیاری یکدرمیان علاوه بر تولیدی قابل قبول، حداکثر کاهش آب آبیاری را ایجاد می‌نماید. از اینرو اجرای این روش دارای بالاترین کارایی مصرف آب در مناطق خشک می‌باشد.

با توجه به اینکه دو گیاه پنبه و چغندر قند پس از سبز شدن مدتی زمانی تا حدود ۳۰ تا ۴۰ روز می‌توانند تحمل به کم آب داشته باشند اجرای روش آبیاری جویچه‌ای یک درمیان می‌تواند مصرف آب را در این محصولات کاهش دهد. اثر قابل ملاحظه آن در بهره‌وری آب در جایی ظاهر می‌شود که صرفه جویی در مصرف آب آبیاری این محصولات می‌تواند به آبیاری محصولات پاییزه نظیر گندم، جو و کلزا کمک نماید که در این زمان نیاز مبرم به آبیاری دارند. لذا به کشاورزان توصیه می‌گردد که در کشت‌های بهاره پنبه و چغندر قند از روش آبیاری جویچه‌ای یک درمیان استفاده نمایند.

- منابع

۱. سپاس‌خواه، علیرضا، (۱۳۷۵)، "کم آبیاری به روش جویچه‌ای یکدرمیان"، مجموعه مقالات هشتمین سمینار کمیته ملی آبیاری و زهکشی وزارت نیرو. تهران ۲-۱ آبان صفحه ۲۹۱-۳۰۵.
۲. سپاس‌خواه، علیرضا و علی اکبر کامگار حقیقی (۱۳۷۳)، "اثر دور آبیاری شیاری یک در میان بر روی محصول و راندمان مصرف آب چغندر قند"، سمینار چغندر قند دانشگاه اصفهان. شهریور ۱۳۷۳.

3. Ball, R., D. M. Osterhuis, and A. M. M. Moustakos. 1994. Growth dynamics of the cotton plant during water deficit stress. *Agron. J.* 86: 788-795
4. Cutler, J. M., and D. W. Rains. 1977. Effect of irrigation history on responses of cotton to subsequent water stress. *Crop sci.* 17: 329-334.
5. Hodges, M. E., J. F. Stone, J. E. Garton and D. L. Weeks, (1989a). "Variance of water advance in wide-spaced furrow irrigation". *Agric. Water manage.* 16: 5-13.

6. Hodges , M. E., J. F. Stone, and H.E. Reeves, (1989b). "Yield variability and water use in wide- spaced furrow irrigation". *Agric. Water Manage.* 16:15-23.
7. Musick , J. T. and D. A. Dusek, (1974). "Alternate furrow irrigation of fine textured soils". *Trans. ASAE.* 17: 289-294.
8. Sakkas , J. G., C.V. Bellos and M. N. Klonaraki, (1994). "Numerical computation of surface irrigation". *Irrig. Sci.* 15:83-99.
9. Sepaskhah , A. R. and A. A. Kamgar-Haghighi, (1997). "Water and yield of sugarbeet grown under every other furrow irrigation with different irrigation intervals". *Agric. Water Manage.* 31.(In press).
10. Stone , J. F., H. E. Reeves, and J. E. Garton, (1982). "Irrigation water conservation by using wide- spaced furrows" . *Agric. Water Manage.* 5:309-317.

دومین سمینار (هاکارهای بهبود و اصلاح سامانه‌های آبیاری سطحی

۲ فرورداد ماه ۱۳۸۷

ارزیابی دو مدل ریاضی SIRMOD و SRFR برای بررسی عملکرد آبیاری

پیوسته و موجی

بیژن مجدزاده^۱، مهدی قبادی‌نیا^۲، تیمور سهرابی^۳، فریبرز عباسی^۴

چکیده:

امنیت و پایداری تولید محصولات غذایی با کنترل رطوبت در منطقه گسترش ریشه گیاه ارتباط مستقیم دارد. توسعه منابع آب در مناطق خشک امکان پذیر نیست و افزایش تولید با بهبود مدیریت و به تبع آن افزایش بازده شبکه‌های آبیاری مقدور است. ابزار جدید مانند نرم‌افزارها انتخاب و طراحی ترکیب‌های مدیریتی را آسان می‌کنند. در این مطالعه دقت شبیه‌سازی نرم‌افزارهای NRSC-SURFACE (SIRMOD extension) و SRFR Version 4.06 با داده‌های برداشت شده در مزرعه دانشکده کشاورزی کرج آزمون شدند. تیمارها شامل دبی‌های متفاوت در جریان پیوسته و جریان موجی برای دو نوبت آبیاری در خاک سیلتی لومی بودند. مقایسه نتایج داده‌های اندازه‌گیری شده و شبیه‌سازی شده نشان داد که در آبیاری با جریان پیوسته نرم‌افزار SRFR زمان پیشروی، میانگین عمق نفوذ و توزیع یکنواختی را بهتر محاسبه نمود و در آبیاری با جریان موجی نرم‌افزار SURFACE این مقادیر را بهتر محاسبه نمود.

کلمات کلیدی: آبیاری جویچه‌ای، آبیاری موجی، مدل ریاضی، توزیع یکنواختی، نسبت نفوذ.

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد سابق گروه آبیاری و آبادانی دانشکده کشاورزی کرج.

۲- دانشجوی دکتری رشته آبیاری زهکشی گروه آبیاری و آبادانی دانشکده کشاورزی کرج.

۳- استاد گروه آبیاری و آبادانی دانشکده کشاورزی، دانشگاه تهران.

۴- عضو هیئت علمی مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی (کرج).

مقدمه

آبیاری سطحی به پهنه وسیع از روش‌های آبیاری گفته می‌شود. ترکیب اصلی این روش آبیاری وارد کردن آب از نقطه‌ای مشخص در مزرعه و جریان آزاد آن بر روی سطح می‌باشد، تا آب لازم توزیع شده و در منطقه ریشه گیاه ذخیره شود. آبیاری جویچه‌ای بدلیل حداقل تسطیح لازم کم هزینه‌ترین روش آبیاری سطحی برای ایجاد و نگهداری می‌باشد. با وجود هزینه اولیه کم، اساساً نیروی کار بیشتری را برای اجرا می‌طلبد. مدیریت آبیاری سطحی برای بدست آوردن بازده و یکنواختی بالا بسیار سخت است. چون مشخصات اولیه مزرعه با توجه به زمان و مکان آبیاری نوع محصول تغییر می‌کند. از اینرو بررسی تغییرات میزان دبی ورودی و زمان قطع، که بر روی بازده و یکنواختی موثر است، بسیار اهمیت دارد. ارزیابی و طراحی آبیاری سطحی از زمان اولین چاپ کتاب راهنمای ملی مهندسی SCS آبیاری کاملاً تغییر کرده است. اکنون تحلیل این موارد با مدل‌های هیدرودینامیک، اینرسی صفر و موج کینیماتیکی می‌باشد. نرم‌افزارها، محاسبات طولانی این مدل‌های ریاضی را سریع و آسان انجام می‌دهند. SIRMOD نرم‌افزار نوشته شده در دانشگاه یوتا ایالات متحده و NRCS-SURFACE نوشته شده در سازمان حفاظت منابع طبیعی ایالات متحده می‌باشند که آبیاری جویچه را شبیه‌سازی می‌کنند. در این دو نرم‌افزار مهمترین بخش موازنه حجم در مرحله پیشروی است. با فرضیاتی ریاضی سطح مقطع جریان را محاسبه می‌کنند. سپس در محاسبه مرحله پیشروی و محیط خیس شده استفاده می‌شود. این مدل‌ها از روش‌هایی که واکر و اسکوبگر^۱ (۱۹۸۷) و کلمینز و همکاران^۲ (۱۹۹۸) برای شبیه‌سازی هیدرولیکی با محاسبات عددی تئوری هیدرودینامیک استفاده می‌کنند [Walker, 2003 و Nrcs surface software manual, 2004]. نرم افزار SRFR نوشته شده توسط دفتر تحقیقات کشاورزی آمریکا (USDA) می‌باشد، مدل ریاضی یک بعدی برای شبیه‌سازی آبیاری سطحی است که مشخصات جریان را فقط نسبت به مکان از ابتدای مزرعه یا زمان از لحظه شروع آبیاری متغیر فرض می‌کند و با دو مدل اینرسی صفر و موج کینیماتیکی با روش حل عددی محاسبات را انجام می‌دهد [SRFR help index 1999].

یافتن ترکیب‌های مدیریتی مناسب آبیاری جویچه‌ای در دبی ثابت با شبیه‌سازی مدل‌های ریاضی روشی مرسوم و شناخته شده است [ملک پور، ۱۳۷۳ و Carcia-Navarro et al., 2004]. آبیاری موجی طبق تعریف بیشاپ^۳ (۱۹۸۱) عبارت است از کاربرد متناوب آب در جویچه یا نوار که بوسیله یک سری پالسهای وصل و قطع با زمان‌های متغیر یا ثابت ایجاد شود. این روش اولین بار توسط استرینگهام و کلر در سال ۱۹۷۹ مطرح گردید [Walker and Skogerboe, 1987]. این مدیریت روش آبیاری، بسیار پیچیده است. به همین منظور تلاش شده تا با مدل‌های ریاضی هیدرودینامیک [Haie, 1984]، اینرسی صفر [Walker and Humpherys, 1983] و قویدل (۱۳۷۶)، موج کینیماتیکی [Walker and Humpherys, 1983] آنرا شبیه‌سازی کنند.

1- Walker and Skogerboe 1987
2- Clemmens et al
3- Bishop et al

هدف این تحقیق بررسی دقت شبیه‌سازی نرم‌افزارهای شبیه‌سازی آبیاری سطحی (جویچه‌ای) می‌باشد. بدین منظور از دو نرم‌افزار NRSC-SURFACE (Sirmod extension) و SFRF(1999) استفاده گردید. نرم‌افزار NRSC-SURFACE نسخه آسان شده نرم افزار SIRMOD می‌باشد که ویرایش نهایی آن بخشی از محاسبات نرم‌افزار SIRMOD را نیز انجام می‌دهد. هر دو نرم‌افزار از اینترنت به صورت رایگان قابل برداشت می‌باشند. جهت اجرای این نرم‌افزارها از داده‌های واقعی برداشت شده از مزرعه استفاده گردید.

مواد و روش‌ها

آزمایش‌های مزرعه‌ای برای جمع آوری داده‌های مورد نظر در دو مرحله و در مزرعه دانشکده کشاورزی (طول جغرافیایی $35^{\circ}48'16''$ و عرض جغرافیایی $50^{\circ}57'14''$) در شهرستان کرج و در شرایط بدون کشت انجام گردید. مرحله اول در خرداد ماه ۱۳۸۳ برای آبیاری موجی و مرحله دوم در تابستان ۱۳۸۵ برای آبیاری با دبی ثابت بود. مشخصات عمومی آزمایش‌های انجام شده در جدول (۱) آورده شده است. در تیمار آبیاری موجی زمان موج ۴۵ دقیقه، زمان کار موج ۳۰ دقیقه و زمان استراحت ۱۵ دقیقه بود و در تیمار آبیاری با دبی ثابت زمان قطع جریان در آبیاری اول ۹۰ دقیقه و در آبیاری دوم ۷۰ دقیقه بود. هر دو نوع دبی جریان، هدف بررسی مرحله حساس پیشروی بود. ضریب زبری مانینگ برای آبیاری اول ۰/۰۴ و برای آبیاری دوم یا شرایط بستر مرطوب در آبیاری با جریان موجی ۰/۰۳ فرض گردید.

جدول ۱- مشخصات عمومی تیمارهای آزمایش شده

تیمارها	عرض جویچه (m)	طول جویچه (m)	دبی (L/s)	بافت خاک	Pwp (%)	FC (%)	شیب (m/m)
آبیاری موجی	۰/۷۵	۲۰۰	۰/۶	شنی لومی رسی	۸/۳	۲۱/۶	۰/۰۱
آبیاری با دبی ثابت (۱)	۰/۶۵	۱۲۰	۱	سیلتی لومی	۹	۲۰/۴	۰/۰۰۸۶
آبیاری با دبی ثابت (۲)	۰/۶۵	۱۲۰	۱/۳	سیلتی لومی	۹	۲۰/۴	۰/۰۰۹۴

سطح مقطع جریان در ابتدا جویچه‌ها برداشت گردید. از میانگین داده‌ها برداشت شده با استفاده از روابط ریاضی سطح مقطع نوزنقه‌ای متقارن به روش نوزنقه‌ای واکر - اسکورگو (۱۹۸۷) پارامترهای لازم محاسبه شد. پارامترهای نفوذ برای آبیاری با دبی ثابت به روش دو نقطه‌ای الیوت - واکر (۱۹۸۲) و برای آبیاری با جریان موجی در موج اول از همان روش دو نقطه‌ای [Walker and Skogerboe 1987] و برای شرایطی موج دوم که جریان بر روی بستری که خیس است حرکت می‌کند با استفاده از نرم‌افزار INFILT با روش بهینه سازی [McClymont & Smith 1996] محاسبه گردید. خلاصه پارامترهای

نفوذ برآورد شده برای تیمارها در جدول (۲) آورده شده است. در مدت کوتاه مرحله پیشروی سرعت نفوذ به مقدار پایه نمی‌رسد. بنابراین مقدار f_0 یا سرعت نفوذ پایه اندازه‌گیری نشد. در شبیه‌سازی جریان موجی برای موج دوم به بعد بدلیل آنکه جریان آب بر روی بخشی که قبلاً خیس شده است حرکت می‌کند نیازمند دو معادله نفوذ (a2-k2) برای محاسبه نفوذ بر روی خاک خشک و خاک مرطوب می‌باشیم. در آبیاری اول موجی محاسبات ضریب a2 در نرم‌افزار به سمت عدد یک همگرا شد.

جدول ۲- پارامترهای نفوذ معادله کوستیاکف محاسبه شده از داده‌های مزرعه

	تیمارها	a1	a2	k1	k2	عمق جریان	عرض سطح	عرض میانه	WP(m ²)
آبیاری اول	آبیاری موجی	۰/۳۶۶	۱	۰/۰۰۴۱	۰/۰۰۰۲۷	۰/۰۴	۰/۱۸۳	۰/۱۴۲	۲۳/۰۶
	آبیاری با دبی ثابت	۰/۳۱۱	---	۰/۰۰۴۹۵	---	۰/۰۳۴	۰/۱۶۴	۰/۱۲۳	۲۳/۳۶
	آبیاری با دبی ثابت	۰/۴۴۷	---	۰/۰۰۴۹۰	---	۰/۰۳۲	۰/۲۱۶	۰/۱۷۴	۲۶/۲۵
آبیاری دوم	آبیاری موجی	۰/۳۱۵	۰/۳۶۷	۰/۰۰۲۴	۰/۰۰۰۷۷	۰/۰۶	۰/۲۰۸	۰/۱۳۲	۲۴/۳۱
	آبیاری با دبی ثابت	۰/۴۰۲	---	۰/۰۰۱۹۸	---	۰/۰۲۵	۰/۱۶۸	۰/۱۳۱	۱۸/۴۶
	آبیاری با دبی ثابت	۰/۳۸۹	---	۰/۰۰۲۹۰	---	۰/۰۲۲	۰/۲۱۴	۰/۱۷۱	۲۱/۷۰

- واحد $k : m^2/min^a/m$ و سایر اعداد دارای بعد متر می‌باشند.

در تمام تیمارهای مورد آزمایش خط سیر جبهه پیشروی و پسروی برای هر ده متر از طول جویچه برداشت گردید و از این داده‌ها فرصت نفوذ و با استفاده از اعداد جدول (۲) عمق آب نفوذ کرده برای نقاط مختلف طول جویچه محاسبه گردید. توزیع یکنواختی به صورت متوسط عمق آب نفوذ در چارک پایین تقسیم بر متوسط عمق آب نفوذ کرده در طول جویچه تعریف می‌شود. اندازه‌گیری ضریب یکنواختی با نمونه‌برداری از خاک برای تعیین افزایش رطوبت و استفاده از ضریب کریستینانسن در آبیاری جویچه‌ای کاری دشوار است و محدود به آزمایشات خاص می‌باشد. معمولاً با بدست آوردن رابطه نفوذ، عمق آب نفوذ کرده را برای هر نقطه در طول محاسبه می‌کنند و از این داده‌ها ضریب یکنواختی را بدست می‌آورند. با توجه به داده‌های جداول (۱) و (۲) محاسبات توزیع یکنواختی و میانگین عمق نفوذ محاسبه گردید. بازده آبیاری یا نسبت نفوذ برابر حجم آب نفوذ کرده در طول جویچه تقسیم بر کل حجم آب ورودی به جویچه می‌باشد و به همین ترتیب نسبت روان‌آب برابر حجم رواناب تقسیم بر کل حجم آب ورودی به جویچه می‌باشد.

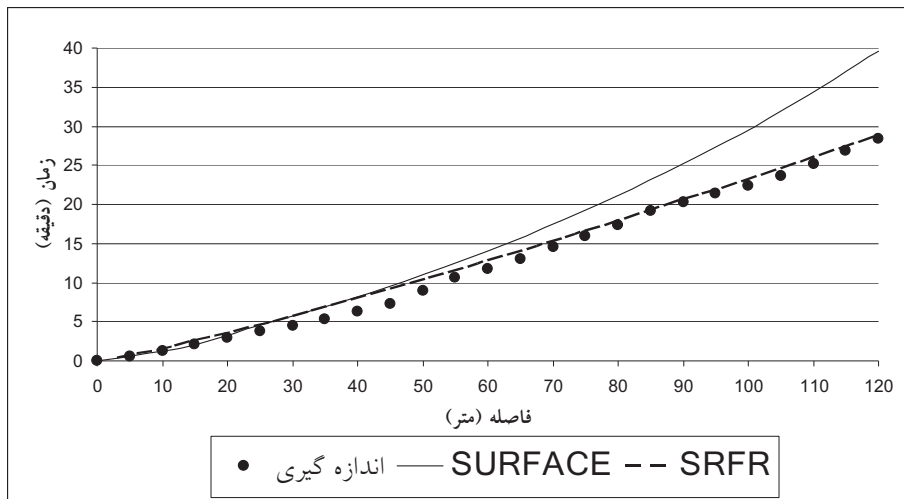
شبیه‌سازی آبیاری‌های انجام شده با توجه به داده‌های ارائه شده در جداول (۱) و (۲) انجام شد. ابعاد شکل هندسی جویچه در هر دو نرم‌افزار وارد و محاسبات مربوط به سطح مقطع جریان در هر دو نرم‌افزار مشابه و به روش نوزنقه متقارن می‌باشد. پارامترهای نفوذ محاسبه شده در جدول (۲) در نرم‌افزارها

وارد گردید و از جدول SCS ارائه شده در آنها استفاده نشد. دبی و زمان قطع جریان مشابه با داده برداری انتخاب گردید.

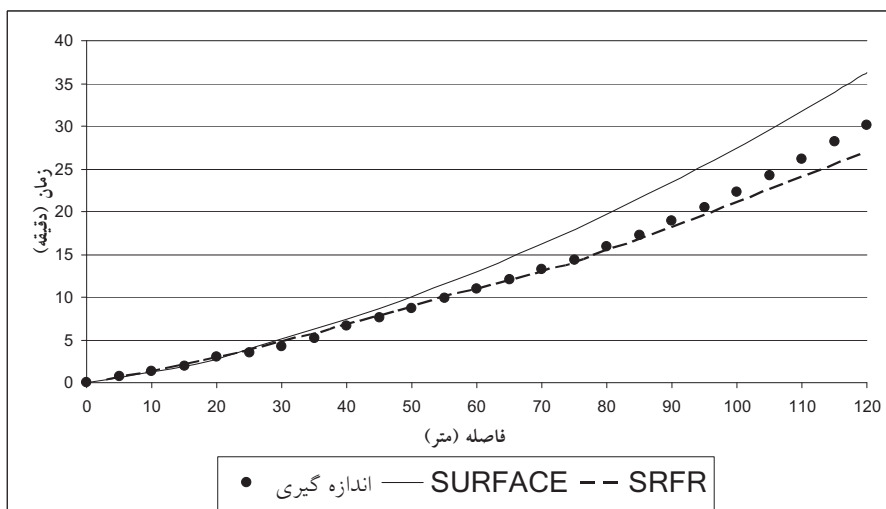
نتایج و بحث

آبیاری با دبی ثابت

بعد از شبیه سازی آبیاری های انجام شده با نرم افزار نتایج خروجی با مقادیر اندازه گیری شده و در مزرعه مقایسه شد. شکل های (۱) و (۲) خط سیر جبهه پیشروی را برای آبیاری اول نشان می دهد. همان گونه که از این اشکال بر می آید. نرم افزار SRFR شبیه سازی مرحله پیشروی را بهتر از SURFACE انجام داده است. همچنین جدول (۳) نتایج ارزیابی این دو نوبت آبیاری را برای تیمارهای آبیاری با دبی ثابت نشان می دهد.



شکل ۱- مقایسه نتایج شبیه سازی و مقادیر اندازه گیری شده مرحله پیشروی در آبیاری اول با دبی ثابت (۱)



شکل ۲- مقایسه نتایج شبیه سازی و مقادیر اندازه گیری شده مرحله پیشروی در آبیاری اول با دبی ثابت (۱)

همانگونه که از اعداد جدول (۳) مشاهده می‌شود، هر دو نرم‌افزار در شبیه‌سازی جریان با دبی ثابت دارای خطای محاسباتی هستند. این خطا برای نرم‌افزار SURFCE حداکثر ۰/۱۶٪ می‌باشد. نرم‌افزار SRFR مقدار خطا را محاسبه نمی‌کند اما حداکثر خطای آن در موازنه حجم ۱/۴٪ با داده‌های موجود در این تحقیق بود. نرم‌افزار SRFR در مجموع شبیه‌سازی آبیاری اول را بهتر از نرم‌افزار SURFCE انجام می‌دهد. ولی مقدار خطا در آبیاری دوم افزایش پیدا می‌کند از طرفی داده‌های دبی ورودی در مزرعه مقدار ثابت و دقیقی نبودند و ارزیابی داده‌های مزرعه با توجه به هیدروگراف دبی ورودی و رواناب انجام شده که در نرم‌افزارها هیدروگراف ورودی به صورت خطی و ثابت فرض می‌شود. این مطلب از عوامل خطا در ارزیابی آبیاری بود.

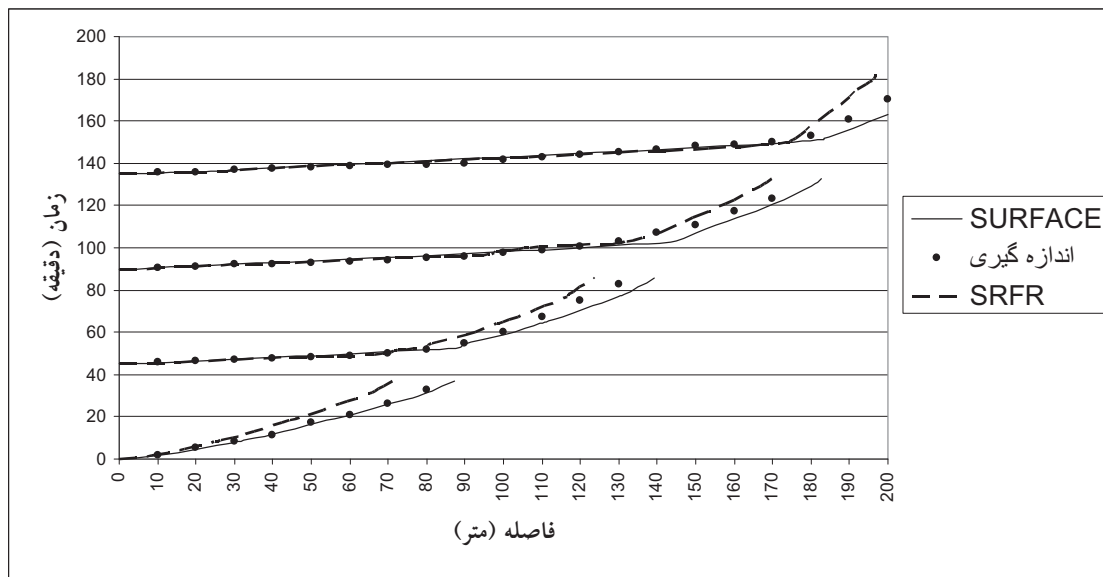
جدول ۳- نتایج ارزیابی اندازه‌گیری و شبیه‌سازی شده تیمارهای آبیاری با دبی ثابت

	نوع داده	اندازه‌گیری		SURFCE		SRFR	
		(۱)	(۲)	(۱)	(۲)	(۱)	(۲)
آبیاری اول	تیمار آبیاری	(۱)	(۲)	(۱)	(۲)	(۱)	(۲)
	زمان پیشروی (دقیقه)	۲۸/۴	۳۰	۳۹/۶	۳۶/۳	۲۸/۹	۲۶/۹
	میانگین عمق نفوذ (متر)	۰/۰۱۹۵	۰/۰۳۳۷	۰/۰۴۸۵	۰/۰۵۴۱	۰/۰۲۰۲	۰/۰۳۶۹
	توزیع یکنواختی (%)	۹۷/۰۴	۹۵/۱۷	۹۳/۰۶	۹۶/۰۱	۹۸/۲۹	۹۷/۹
	درصد رواناب (%)	۳۲/۴	۱۹/۶	۲۸/۴۵	۳۹/۰۶	۲۹/۴۵	۴۱/۳۸
	نسبت آب نفوذ کرده (%)	۶۷/۶	۸۰/۴	۷۱/۵۵	۶۰/۹۴	۷۰/۵۵	۵۸/۶۲
آبیاری دوم	زمان پیشروی (دقیقه)	۱۴/۲	۱۳/۳	۱۶/۵	۱۷/۳	۱۸/۵	۱۷/۱۱
	میانگین عمق نفوذ (متر)	۰/۰۱۰۸	۰/۰۱۵۱	۰/۰۱۶۹	۰/۰۲۳۵	۰/۰۱۱۱	۰/۰۱۵۵
	توزیع یکنواختی (%)	۹۸/۹۶	۹۹/۱۸	۹۹/۵۱	۹۹/۴۷	۹۷/۳	۹۷/۱۶
	درصد رواناب (%)	۴۸/۲	۳۸/۲	۶۸/۵۳	۶۶/۴۹	۲۱/۲	۲۲/۶۸
	نسبت آب نفوذ کرده (%)	۵۱/۸	۶۱/۸	۳۱/۴۷	۳۳/۵۱	۷۸/۸	۷۷/۳۲

آبیاری با دبی موجی

شکل (۳) خط سیر جبهه پیشروی را در آبیاری موجی برای آبیاری اول نشان می‌دهند. داده برداری آبیاری موجی بعد از پایان مرحله پیشروی قطع می‌گردد از این رو محاسبه نسبت نفوذ (بازده آبیاری) و نسبت رواناب بدلیل نبود رواناب و از طرفی توزیع یکنواختی نیز به توجه به عمق کم نفوذ در انتهای جویچه ممکن نمی‌باشد. بنابراین صرفاً به زمان پیشروی بسنده می‌شود. باید توجه داشت که در آبیاری موجی عموماً بعد از پایان مرحله پیشروی آبیاری با دبی پیوسته انجام می‌شود که نتایج شبیه‌سازی آن

مشابه بخش قبل است. نرم افزار SURFCE این شبیه سازی را با دقت خوبی انجام می دهد. اما نرم افزار SRFR در محاسبات آبیاری موجی بی دقت است و اکثراً نتایج آن همگرا نمی شود.



شکل ۳- مقایسه نتایج شبیه سازی و مقادیر اندازه گیری شده مرحله پیشروی در آبیاری اول با جریان موجی

مقایسه مکان پیشروی جبهه آب در هر موج بین داده های اندازه گیری و شبیه سازی شده در جدول (۴) آورده شده است. این اعداد نماینده اختلاف فرصت نفوذ در نقاط مختلف برای اختصار از آوردن داده های پیشروی و پسروی خوداری گردید. همان گونه که از جدول (۴) برمی آید، نتایج شبیه سازی هر دو نرم افزار برای آبیاری اول دقیق تر از آبیاری دوم است. نرم افزار SURFCE جبهه پیشروی را کمی تندتر و نرم افزار SRFR کندتر از مقادیر واقعی آن شبیه سازی می کنند.

نتیجه گیری

در این تحقیق با استفاده از داده های برداشت شده در مزرعه قدرت شبیه سازی دو نرم افزار SURFCE و SRFR در شبیه سازی آبیاری جویچه ای با دبی ثابت و جریان موجی بررسی گردید. در تیمار آبیاری با دبی ثابت نرم افزار SRFR زمان پیشروی، میانگین عمق نفوذ و توزیع یکنواختی را بهتر از نرم افزار SURFCE محاسبه می کند و نتایج برای آبیاری با جریان موجی برعکس می باشد و نرم افزار SURFCE برای شبیه سازی مناسب تر از نرم افزار SRFR می باشد. با توجه به این مطلب که همگرا شدن محاسبات نرم افزار SRFR در آبیاری جویچه ای با افزایش گام زمانی محاسباتی امکان پذیر است و در عین حال این نرم افزار از دو معادله نفوذ برای شبیه سازی جریان موجی استفاده نمی کند.

با توجه به آسان بودن استفاده از این گونه نرم افزارها و قدرت آنها برای انتخاب ترکیبهای مدیریت آب در مزرعه استفاده از آنها پیشنهاد می گردد. همچنین از آنجا که عامل شیب در انتخاب پارامترهای مدیریت آب

بسیار اهمیت دارد، توصیه می‌شود دقت شبیه‌ساز این نرم‌افزارها در شیب‌های مختلف مورد بررسی قرار گیرد.

جدول ۴- نتایج داده‌های جبهه پیشروی اندازه‌گیری و شبیه‌سازی شده تیمارهای آبیاری با جریان موجی

نوع داده	اندازه‌گیری		SURFACE		SRFR		
	زمان پیشروی	فاصله پیشروی	زمان پیشروی	فاصله پیشروی	زمان پیشروی	فاصله پیشروی	
آبیاری اول	موج اول	۳۳	۸۰	۳۷	۸۷/۲۲	۳۷	۷۱/۵۲
	موج دوم	۸۳	۱۳۰	۸۶	۱۳۹/۰۷	۸۶	۱۲۳/۷۷
	موج سوم	۱۲۳	۱۷۰	۱۳۳	۱۸۲/۵۸	۱۳۳	۱۷۰
	موج چهارم	۱۷۰	۲۰۰	۱۶۲/۹	۲۰۰	۱۹۶/۸	۲۰۰
آبیاری دوم	موج اول	۳۵/۵	۱۴۰	۴۶	۱۶۷/۳۸	۴۹	۱۶۴
	موج دوم	۷۱	۲۰۰	۶۷/۸	۲۰۰	۶۹/۷	۲۰۰

منابع

۱. قبادی‌نیا، م. (۱۳۸۳). «آبیاری موجی با تغییر دبی» «پایان نامه کارشناسی ارشد». گروه آبیاری و آبادانی. دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران.
۲. قویدل، م. ع. (۱۳۷۶). «مدل ریاضی آبیاری موجی در شیار و ارزیابی مزرعه‌ای عملکرد آن» پایان نامه کارشناسی ارشد. گروه آبیاری و آبادانی. دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران.
۳. مجزاده، ب. (۱۳۸۶). «بررسی عملکرد آبیاری جویچه‌ای تحت تغییرات سطح مقطع جریان» پایان نامه کارشناسی ارشد. گروه آبیاری و آبادانی. دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران.
۴. ملک‌پور، الف. (۱۳۷۳). «مدل ریاضی حرکت آب در فارو» پایان نامه کارشناسی ارشد. گروه آبیاری و آبادانی. دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران.
5. Bishop, A., Walker, W. R., Allen, N. L., and Pool, G. J., (1981). "Farrow advance rate under surge flow systems" J. Irrig. Drain. Eng., 107(3), 257-264.
6. Clemmens, A. J., Walker, W. R., Fangmeier, D. D., and Hardy, L. A. (1998). "Design of Surface Systems." Chapter 14 in: Design and Operation of Farm Irrigation Systems. ASAE Monograph Number 3 (2nd Edition), R. L. Elliott, Ed. St. Joseph, Michigan
7. Garcia-Navarro, P., Sanchez, A., Clavero, N. and Playan, E. (2004) "Simulation model for level furrows. II: description, validation, and Application" J. Irrig. Drain. Eng., 130(2), 113-121.

8. INFILT software version 5 (1995-1999). "Help menu" National center for engineering in Agriculture University of southern Queensland. Australia. <http://www.ncea.org.au/irrigation>
9. McClymont D. J. and Smith R. J. 1996. Infiltration parameters from optimisation on furrow irrigation advance data. J. Irrigation Science: 15-22
10. Nrcs surface irrigation simulation, evaluation and design software user manual (2004). NRCS National Engineering Handbook Part 623 irrigation.
11. SRFR software version 4.06 (1999) "Help index" USDA. Agricultural research service, water conservation laboratory, <http://www.uswcl.ars.ag.gov/>
12. Walker, W. R. (1989). Guideline for desiging and evaluatin surface irrigation systems. FAO. Corporate doucument repository, <http://www.fao.org/docrep/T0231E/t0231e00.HTM>
13. Walker, W. R. (2003). SIRMOD III Surface Irrigation Simulation Evaluation and Design; Guide and Technical Documentation." Utah State University.
14. Walker, W. R., and Skogerboe, G. V. (1987). "Surface Irrigation: "Theory and Practice"." Prentice-Hall Inc., Englewood Cliffs, New Jeresy. 386 pp.
15. WINSRFR 1.0 User Manual-DRAFT 2006 U.S. Department of Agriculture, Agricultural Research Service, Arid-Land Agricultural Research Center, 21881 N. Cardon Lane, Maricopa, AZ 85239. <http://www.uswcl.ars.ag.gov/>

دومین سمینار (راهکارهای بهبود و اصلاح سامانه‌های آبیاری سطحی)

۲ فرورداد ماه ۱۳۸۷

تأثیر روش‌های آبیاری شیار و مقادیر آب آبیاری بر عملکرد و کارایی مصرف آب ذرت علوفه‌ای

داود اکبری نودهی^۱

چکیده

با توجه به منابع محدود آب در کشور و سهم عظیم مصرف آب در بخش کشاورزی و پائین بودن راندمان آبیاری افزایش کارایی مصرف آب موجود در بخش کشاورزی یک ضرورت اجتناب ناپذیر است. یکی از راهکارهای افزایش کارایی مصرف آب، کم آبیاری به روش شیار یک در میان می‌باشد. به منظور بررسی تأثیر روش‌های آبیاری شیار و مقادیر آب آبیاری بر عملکرد و کارایی مصرف آب ذرت، طرحی در قالب اسپلیت پلات با سه سطح ۱۰۰، ۸۰ و ۶۰ درصد نیاز آبی به‌عنوان تیمارهای اصلی و سه تیمار آبیاری یک در میان ثابت، یک در میان متناوب و آبیاری کامل شیارها به‌عنوان تیمارهای فرعی با سه تکرار و به‌مدت دو سال در ایستگاه تحقیقات زراعی مرکز تحقیقات کشاورزی مازندران اجرا شد. آزمایش در زمینی به مساحت ۳۰۰۰ متر مربع و در کرت‌های به ابعاد ۵/۵×۲۰ متر و شامل ۷ ردیف گیاه با فاصله ردیف‌های کشت ۷۵ سانتی‌متری اجرا گردید. نتایج حاصل از تجزیه آماری داده‌های دو سال آزمایش نشان داد که تیمار ۱۰۰٪ نیاز آبی با آبیاری کامل شیارها بیشترین و تیمار ۶۰٪ نیاز آبی با آبیاری یک در میان ثابت شیارها کمترین عملکرد ذرت علوفه‌ای را به خود اختصاص داده‌اند. تأثیر سطوح مختلف آبیاری بر عملکرد ذرت در سطح احتمال ۱٪ و تأثیر روش‌های آبیاری شیار در سطح ۵٪ اختلاف معنی‌داری نداشته‌اند. اما تأثیر متقابل سطوح مختلف و روش‌های آبیاری شیار اختلاف معنی‌داری نشان نداده‌اند. بیشترین راندمان مصرف آب در تیمار ۶۰ درصد نیاز آبی با آبیاری یک در میان ثابت شیارها و کمترین مقدار راندمان مصرف آب مرتبط به تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی با آبیاری کامل شیارها بوده است. نتایج

۱- عضو هیات علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد قائم شهر

به‌دست آمده از اجرای طرح نشان داده است که آبیاری یک در میان شیارها به مقدار قابل توجهی مصرف آب را کاهش داده و راندمان مصرف آب را به‌طور قابل ملاحظه‌ای نسبت به آبیاری کامل شیارها افزایش داده است. با استفاده از این روش ضمن صرفه جویی در مصرف آب آبیاری، سطح زیر کشت محصول را نیز می‌توان افزایش داد.

کلمات کلیدی: آبیاری یک در میان شیار، ذرت علوفه‌ای، کارآیی مصرف آب

مقدمه

در تولید محصولات کشاورزی عوامل متعددی دخالت دارند. از جمله این عوامل می‌توان زمین، نیروی انسانی، دانش فنی و آب را نام برد. در بعضی از مناطق دنیا ارزش زمین به اندازه‌ای است که با ایجاد دیواره‌هایی در مقابل آب دریا و صرف هزینه زیادی برای کشاورزی، زمین ایجاد می‌کنند. اما این مسئله در کشورهایی با اقلیم خشک و نیمه خشک مطرح نیست و از این نظر مشکلی ندارند. وضعیت نیروی انسانی نیز از نظر کیفی نمی‌تواند مشکلی فرا راه تولید محصولات کشاورزی قرار دهد. زیرا که افزایش کیفیت و کارآیی این نیروها نیز با سرمایه‌گذاری و برنامه‌ریزی ممکن می‌باشد. تامین نهاده‌ها، ماشین‌آلات و ادوات کشاورزی مورد نیاز در بخش کشاورزی و همچنین دانش فنی لازم ساخت سدها، شبکه‌ها با توجه به درآمدهای نفتی و سایر درآمدهای کشور غیر ممکن نیست. تنها عاملی که می‌تواند در راه تولید محصولات کشاورزی محدودیت ایجاد کند آب می‌باشد (۱). بنابراین آب اولین و مهم‌ترین محدودیت در افزایش تولیدات کشاورزی می‌باشد. از این رو با توجه به این که متجاوز از ۹۳٪ کل آب‌های کشور به مصرف کشاورزی می‌رسد، نیاز به برنامه‌ریزی دقیق‌تری برای استفاده بهینه از منابع آب موجود احساس می‌گردد. بنابراین با استفاده از شیوه‌هایی که بتوان بدون کاهش و یا با کاهش اندکی در تولید، میزان مصرف آب در بخش کشاورزی را کاهش داد اجتناب ناپذیر خواهد بود. آبیاری یک در میان شیار (حذف ردیف آبیاری) روشی است که به موجب آن، آب در شیارها به صورت یک در میان استفاده می‌شود. آبیاری یک در میان شیارها یکی از گزینه‌های مدیریتی جهت صرفه‌جویی در مصرف آب و یکی از راهکارهای اساسی افزایش سطح زیر کشت و بهینه‌سازی کارآیی مصرف آب در اراضی فاریاب محسوب می‌شود.

سپاس‌خواه (۱۳۷۵) گزارش نمود که در صورتی که آب زیرزمینی در منطقه بالا باشد عملکرد محصول چغندر قند در آبیاری یک در میان با دور ۶ روز با آبیاری معمولی با دور ۱۰ روز یکسان می‌باشد.

صمدی و سپاس‌خواه (۱۹۸۴) گزارش نمودند که با انجام آبیاری یک در میان شیارها برای لوبیا هرچند عملکرد کاهش یافته است، اما با توجه به قیمت محصول از نظر اقتصادی کاهش عملکرد مقرون به صرفه بوده است.

خواجه عبدالهی و سپاس‌خواه (۱۳۷۵) با بررسی که بر روی آبیاری شیاری یک در میان ذرت با دوره‌های ۴، ۷ و ۱۰ روز معمولی و یک در میان انجام دادند، گزارش نمودند که آبیاری شیاری ۴ روز یک در میان نسبت به آبیاری شیاری ۷ روز معمولی آب کمتری مصرف نموده و در عملکرد محصول نیز کاهش چندانی رخ نداده است.

عباسی و همکاران (۱۳۷۹) با تحقیقی بر روی ذرت به این نتیجه رسیدند که در تیمارهای آبی که با تنش آبی مواجه بوده‌اند، هر چند که از میزان آب آبیاری تا ۴۰٪ کاسته شده است، ولی عملکرد به شدت کاهش یافته است و پیشنهاد نمودند که جهت اجتناب از کاهش عملکرد در آبیاری یک در میان شیارها، استفاده از آبیاری کامل شیارها در مراحل بحرانی صورت گیرد.

خرمیان (۱۳۷۹) جهت بررسی اثر کم آبیاری با روش آبیاری یک در میان شیاری بر عملکرد ذرت دانه‌ای، تحقیقی را با ۵ تیمار آبی انجام داد. در این تحقیق وی با در نظر گرفتن ۵ تیمار آبی شیاری یک در میان ثابت و متناوب تا زمان شروع گلدهی و آبیاری شیاری ثابت و متناوب تا آخر دوره رشد و تیمار شاهد (آبیاری برنامه‌ریزی شده) به این نتیجه رسید که عملکرد دانه در تیمارهای یک در میان ثابت و متناوب تا شروع گلدهی و تیمار شاهد در سطح ۵٪ معنی‌دار بوده‌اند. ضمن اینکه تیمار آبیاری یک در میان متناوب تا شروع گلدهی نسبت به تیمار شاهد، حدود ۳۰٪ صرفه‌جویی در مصرف آب داشته است.

کراپتری و همکاران (۱۹۸۵) با انجام آزمایشی بر روی گیاه سویا با دوتیمار آبیاری یک در میان معمولی به این نتیجه رسیدند که با اعمال آبیاری یک در میان عملکرد از ۲۵۹۵ کیلوگرم در هکتار به ۲۱۲۸ کیلو در هکتار رسید در حالی که مقدار آب بکار برده شده ۴۰ تا ۵۰ درصد کمتر بوده است.

کانگ و همکاران (۱۹۹۸) در آزمایشی نشان دادند که با آبیاری متناوب و با ۳۵ درصد کاهش آب مصرفی، فقط ۱۱-۶ درصد کاهش در ماده خشک کل بدست آمده است.

در این تحقیق هدف بررسی تاثیر کم آبیاری بر اساس تیمارهای مختلف روش آبیاری و سطوح مختلف آب مصرفی بر عملکرد و راندمان مصرف آب در ذرت علوفه‌ای برای منطقه مورد مطالعه می‌باشد.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی تاثیر روش‌های آبیاری شیاری و مقادیر آب آبیاری بر عملکرد و کارایی مصرف آب در ذرت علوفه‌ای آزمایشی بر پایه طرح اسپلیت پلات، شامل سه سطح آبیاری ۱۰۰، ۸۰ و ۶۰ درصد عمق خالص آبیاری و سه روش آبیاری کامل، متناوب و ثابت شیارها، در سه تکرار و به‌مدت دو سال در

ایستگاه تحقیقات کشاورزی بایع‌کلا استان مازندران اجرا گردید. این ایستگاه در شمال شهر نکا در عرض ۳۶ درجه و ۲۶ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۳۰ درجه و ۵۳ دقیقه شرقی و ارتفاع ۴ متر از سطح دریا قرار دارد. متوسط بارندگی منطقه ۶۲۰ میلی متر، متوسط درجه حرارت منطقه ۱۷ درجه سانتیگراد، متوسط رطوبت نسبی ۷۰٪ و متوسط تبخیر از تشت ۱۳۰۰ میلی متر می باشد. در جدول یک مقادیر بارندگی فصل رشد در منطقه مزبور ارایه گردیده است. خاک منطقه مورد آزمایش سیلتی-رسی بوده که در جدول ۲ و ۳ خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آنها نشان داده شده است.

جدول ۱- مقادیر بارندگی و تبخیر و تعرق پتانسیل در طی فصل رشد

بارندگی (mm)	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	مجموع فصل رشد	تبخیر و تعرق در طول فصل رشد (mm)
۱۳۸۲	۱۹	۳۷	۱۰	۱۳	۵۰	۱۲۸	۵۶۰
۱۳۸۳	۲۰	۳۵	۴۲	۱۹	۶۴	۱۸۰	۵۰۸

مقادیر کود ازت مورد نیاز بر اساس تجزیه خاک جدول ۲ به میزان ۳۰۰ کیلو گرم در ۳ نوبت، یک سوم در زمان کاشت، یک سوم در مرحله ۴-۵ برگی و یک سوم در مرحله ۹ برگی توزیع گردید. رقم نرت سینگل کراس ۷۰۴ به منظور برداشت علوفه با فاصله ردیفهای ۷۵ سانتی متر و فاصله گیاه بر روی ردیف ۲۰ سانتی متر در زمینی به مساحت ۳۰۰۰ متر مربع و کرت‌هایی به ابعاد ۵/۵×۲۰ متر کشت گردید.

تیمارهای آبیاری در طرح به صورت زیر اجرا گردیدند:

I₁: آبیاری کامل شیارها با تامین ۶۰٪ نیاز آبی، I₂: آبیاری یک در میان متناوب شیارها با تامین ۶۰٪ نیاز آبی،

I₃: آبیاری یک در میان ثابت شیارها با تامین ۶۰٪ نیاز آبی، I₄: آبیاری کامل شیارها با تامین ۸۰٪ نیاز آبی

I₅: آبیاری یک در میان متناوب شیارها با تامین ۸۰٪ نیاز آبی، I₆: آبیاری یک در میان ثابت شیارها با

تامین ۸۰٪ نیاز آبی، I₇: آبیاری کامل شیارها با تامین ۱۰۰٪ نیاز آبی، I₈: آبیاری یک در میان متناوب

شیارها با تامین ۱۰۰٪ نیاز آبی

I₉: آبیاری یک در میان ثابت شیارها با تامین ۱۰۰٪ نیاز آبی

مقدار عمق خالص آبیاری با استفاده از رابطه زیر بدست آمد:

$$Dn = (F.C - \Theta_m) \cdot BD \cdot D \cdot MAD\%$$

که در آن: F.C و Θ_m : به ترتیب رطوبت خاک در شرایط ظرفیت مزرعه و مقدار رطوبت خاک قبل از آبیاری

BD: وزن مخصوص ظاهری خاک، D: عمق توسعه ریشه، برای ذرت تا مرحله ۵ برگی، ۳۰ سانتی متر، از ۵ تا ۹ برگی ۴۵ سانتی متر و پس از آن ۶۰ سانتی متر، MAD%: ضریب مدیریتی تخلیه مجاز رطوبت خاک، این مقدار برای ذرت ۵۰ درصد منظور گردید، Dn: عمق خالص آبیاری.

دور آبیاری بر اساس ۵۰ درصد تخلیه مجاز رطوبت خاک و مقدار آب آبیاری بر اساس رساندن رطوبت در عمق توسعه ریشه منظور گردید. با استفاده از درصد رطوبت به دست آمده قبل از آبیاری مقدار دقیق آب مورد نیاز برای هر یک از تیمارها محاسبه شد. مقدار آب مورد نیاز آبیاری در هر مرحله توسط کنتور آب ۲ اینچی اندازه گیری و به مزرعه اعمال گردید. در نهایت با برداشت از دو خط میانی بطول ۱۰ متر، عملکرد تر، عملکرد خشک، ارتفاع بوته اندازه گیری گردید.

جدول ۲: نتایج تجزیه خاک منطقه مورد مطالعه

عمق	پتاسیم	فسفر قابل	کربن آلی	درصد مواد	pH	$EC \times 10^3$	F.C	P.W.P	B.d
نمونه برداری	قابل جذب	جذب	O.C	خثی شد		dS/m	%	%	gr/cm ³
	(P.P.m)	(P.P.m)	%	T.N.V%					
0-30	۳۸۰	۳۷	۱/۹	۲۴	۷/۶	۰/۶۶	۳۱/۲	۱۵/۱	۱/۳

جدول ۳: خصوصیات فیزیکی خاک محل آزمایش

عمق نمونه برداری	ظرفیت	نقطه پژمردگی	وزن مخصوص	ماسه	سیلت	رس	بافت خاک
(cm)	مزرعه (%)	دائم (%)	ظاهری (gr/cm ³)				
۰-۳۰	۳۱/۲	۱۵/۱	۱/۳	۱۰	۴۳	۴۷	رس سیلتی
۳۰-۶۰	۳۰/۵	۱۵/۲	۱/۳۴	۱۱	۴۰	۴۹	رس سیلتی
۶۰-۹۰	۳۱/۸	۱۴/۸	۱/۳۵	۵	۵۰	۴۵	رس سیلتی

نتایج و بحث

جدول تجزیه واریانس و مقایسه میانگین‌های عملکرد ذرت علوفه‌ای برای دو سال آزمایش و نیز نتایج تجزیه مرکب دو ساله آزمایش در جدول‌های ۴ تا ۱۰ نشان داده شده است. بر اساس جدول ۴، اثر تیمارهای آبیاری در هر دو سال آزمایش در سطح آماری یک درصد ($P < 0.01$) و اثر تیمار روش آبیاری در سطح پنج درصد ($P < 0.05$) معنی‌دار بوده است. تجزیه مرکب (جدول ۵) نتایج نیز نشان می‌دهد که میانگین اثر تیمارهای آبیاری و روش آبیاری بر عملکرد محصول در طی دو سال آزمایش در سطح آماری پنج درصد ($P < 0.05$) معنی‌دار بود. همچنین اثر سال در سطح یک درصد ($P < 0.01$) و تیمار اثر سال در روش آبیاری در سطح آبیاری معنی‌دار نبوده است. مقایسه میانگین‌های دو سال آزمایش (جدول ۶، ۷، ۸ و ۹) و نیز متوسط دو سال (جدول ۱۰) نشان می‌دهد که ماکزیم عملکرد مربوط به تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی و آبیاری کامل شیارها با ۷۳۸۰۸ کیلوگرم و کمترین مقدار عملکرد مربوط به تیمار ۶۰ درصد نیاز آبی و آبیاری یک در میان ثابت شیارها با مقدار ۴۶۴۰۴ کیلوگرم بوده است.

جدول ۴- جدول تجزیه واریانس عملکرد ذرت علوفه‌ای

۱۳۸۳	۱۳۸۲	درجه آزادی	منابع تغییرات
میانگین مربعات			
عملکرد تر (kg/ha)			
۴۶۴۹۵۱۳۴۰ ns	۴۱۹۱۶۶۸۹۰ *	۲	تکرار
۹۷۳۱۰۱۰۰۱ *	۱۰۹۳۴۸۶۰۶۹ **	۲	تیمارهای آبیاری
۵۰۶۳۳۷۶۶۸ *	۴۱۰۳۵۹۸۴۲ *	۲	تیمار روش آبیاری
۸۶۲۹۹۱۱۴ *	۴۹۷۹۴۲۵۹ *	۴	تیمار آبیاری در روش آبیاری
۱۰۸۴۰۹۲۹۴۵ ns	۱۱۶۳۳۴۹۹۵۳ ns	۱۲	خطا
۱۵	۱۹		ضریب تغییرات (%)

ns: غیر معنی‌دار * : معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد ($P < 0.05$) ** : معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد ($P < 0.01$)

ماکزیم مقدار راندمان مصرف آب (جدول ۱۰ و شکل ۱) مربوط به تیمار ۸۰ درصد نیاز آبی و آبیاری یک در میان متناوب شیارها و کمترین مقدار راندمان مصرف آب مربوط به تیمار ۶۰ درصد نیاز آبی و آبیاری کامل شیارها بوده است. مطابق جدول ۱۰ اختلاف معنی‌داری بین تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی و آبیاری یک در میان متناوب با تیمار ۸۰ درصد نیاز آبی و آبیاری کامل شیارها و بین تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی و آبیاری یک در میان ثابت شیارها با ۸۰ درصد نیاز آبی و آبیاری یک در میان متناوب و همچنین بین ۸۰ درصد نیاز آبی و آبیاری یک در میان ثابت و ۶۰ درصد نیاز آبی با آبیاری یک در میان متناوب وجود ندارد.

جدول ۵- تجزیه واریانس میانگین دو ساله عملکرد تر، خشک و ارتفاع ذرت علوفه‌ای

منابع تغییرات		درجه آزادی		میانگین مربعات
عملکرد تر (kg/ha)	عملکرد خشک (kg/ha)	ارتفاع بوته (m)		
۱۲۰۶۸۴۰۹۲۷**	۲۰۶۸۳۹۲۴۴**	۰/۱۳۱*	۱	سال
۸۸۴۱۳۸۶۰۰*	۸۰۳۷۶۸۱۵ns	۰/۱۴۶ns	۴	تکرار
۲۰۶۴۰۵۴۷۶۷**	۳۱۰۵۳۱۵۵۶**	۰/۰۵۴ns	۲	تیمارهای آبیاری
۲۵۲۲۴۸۶ns	۶۶۶۵۹۳ns	۰/۱۰۴ns	۲	تیمار آبیاری در سال
۹۱۳۷۵۹۵۵۱*	۲۱۲۳۴۷۲۴۹**	۰/۰۵۴ns	۲	تیمار روش آبیاری
۲۹۲۷۴۵۷ns	۱۱۱۵۱۸۹۷ns	۰/۰۳۵ns	۲	تیمار روش آبیاری در سال
۱۲۸۱۳۳۴۲۹ns	۲۴۹۱۸۲۴۰ns	۰/۱۷۲ns	۴	تیمار آبیاری در روش آبیاری
۷۲۵۹۷۰۴ns	۲۵۴۴۶۷۲۲ns	۰/۰۲۶ns	۴	تیمار روش آبیاری در آبیاری در سال
۲۲۴۷۴۴۶۴۴۵	۱۶۷۵۸۱۵۶۴	۰/۴۷۷	۲۴	خطا

جدول ۶- مقایسه میانگین عملکرد تر، خشک و ارتفاع ذرت علوفه‌ای در تیمارهای آبیاری با استفاده از آزمون دانکن (سال ۱۳۸۲-۱۳۸۳)

تیمار آبیاری	میانگین وزن تر (kg/ha)	میانگین وزن خشک (kg/ha)	میانگین ارتفاع (cm)	میانگین وزن تر (kg/ha)	میانگین وزن خشک (kg/ha)	میانگین ارتفاع (cm)
۱۰۰	a۶۱۲۸۱	a۲۲۸۳۳	a۲/۴۳	a۷۰۱۳۲	۲۹۰۶۹ a	a۲/۴
۸۰	a۵۶۳۷۲	a۲۴۷۰۴	a۲/۴۷	a۶۶۰۴۴	a۲۸۳۰۸	a۲/۳۹
۶۰	۴۶۰۱۴b	a۱۹۶۵۸	a۲/۴۷	b۵۵۸۵۵	a۲۳۷۸۱	a۲/۲۸

جدول ۷- مقایسه میانگین عملکرد تر، خشک و ارتفاع ذرت علوفه‌ای در تیمارهای مختلف روش آبیاری با استفاده از آزمون دانکن (سال ۱۳۸۲-۱۳۸۳)

تیمار آبیاری	میانگین وزن تر (kg/ha)	میانگین وزن خشک (kg/ha)	میانگین ارتفاع (cm)	میانگین وزن تر (kg/ha)	میانگین وزن خشک (kg/ha)	میانگین ارتفاع (cm)
	1383			1382		
	۱۳۸۳			۱۳۸۲		
کامل	a۲۹۱۱۱	a۶۹۳۶۴	a۲/۴۸	a۲۶۴۸۱	a۵۹۴۸۴	
متناوب	۲۶۷۰۵b	۶۳۹۱۱a	a۲/۴۴	۱۹۸۷۴b	۵۴۲۳۳a	
ثابت	۲۵۳۴۲b	a۵۸۷۵۷	a۲/۴۵	b۲۰۸۳۸	a۴۹۹۵۱	

جدول ۸- مقایسه وزن تر، خشک و ارتفاع ذرت علوفه‌ای در تیمارهای مختلف آبیاری و روش آبیاری با استفاده از آزمون دانکن (سال ۱۳۸۲)

تیمار آبیاری (%)	روش آبیاری	مقدار آب مورد نیاز (mm)	عملکرد تر (kg/ha)	عملکرد خشک (kg/ha)	ارتفاع (m)	مقدار آب اعمال شده (mm)	راندمان مصرف آب (kg/m ³)
	کامل	۲۹۰	a۶۸۸۲۵	a۲۹۴۸۱	2/56a	۴۴۸	15/4
۱۰۰	متناوب	۱۴۵	ab۵۹۴۸۶	17424b	2/43 ab	۲۹۵	۲/۲۰
	ثابت	۱۴۵	55533 ab	21593 ab	2/31b	۲۸۵	۵/۱۹
	کامل	234	60037 ab	28849a	2/42 ab	۳۹۵	۲/۱۵
۸۰	متناوب	۱۱۷	56235 ab	23581 ab	2/44 ab	۲۶۸	۲۱
	ثابت	۱۱۷	52846 ab	21676 ab	2/55a	261	20/2
	کامل	۱۷۵	49590 ab	21112 ab	2/48a	336	14/8
۶۰	متناوب	۸۸	46978b	18618b	2/45 ab	239	19/7
	ثابت	۸۸	b۴۱۴۷۴	19245b	2/49a	231	18

جدول ۹- مقایسه وزن تر، خشک و ارتفاع ذرت علوفه‌ای در تیمارهای مختلف آبیاری و روش آبیاری با استفاده از آزمون دانکن (سال ۱۳۸۳)

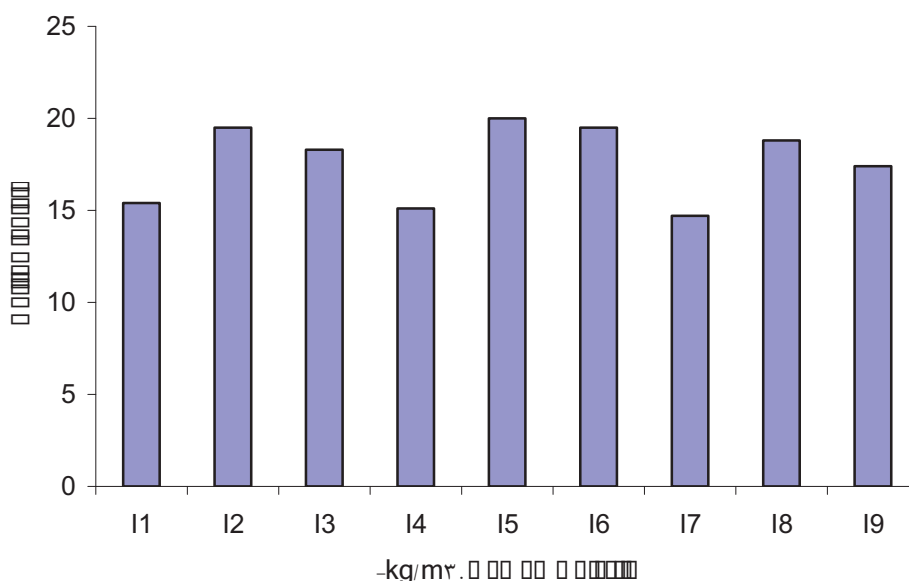
تیمار آبیاری (%)	روش آبیاری	مقدار آب مورد نیاز (mm)	عملکرد تر (kg/ha)	عملکرد خشک (kg/ha)	ارتفاع (m)	مقدار آب اعمال شده (mm)	راندمان مصرف آب (kg/m ³)
۱۰۰	کامل	۲۷۱	۵۷۸۷۹۱	۳۲۵۰۸	۲/۵۷a	۵۰۹	۱۵/۵
	متناوب	۱۳۶	۶۹۳۳۳	۲۷۶۶۶abc	۲/۴ ab	۳۶۵	۱۹
	ثابت	۱۳۶	۶۲۲۷۳ab	۲۷۰۳۳abc	۲/۳ ab	۳۵۸	۴/۱۷
۸۰	کامل	۲۳۷	۶۹۸۰۰ab	۲۹۲۶۰ ab	۲/۳۸ ab	۴۶۵	۱۵
	متناوب	۱۱۴	۶۵۶۶۶ab	۲۸۲۶۶ ab	۲/۴۴ ab	۳۴۰	۳/۱۹
	ثابت	۱۴۴	۶۲۶۶۶ab	۲۷۴۰۰abc	۲/۳۸ ab	۳۳۲	۹/۱۸
۶۰	کامل	۱۶۸	۵۹۵۰۰b	۲۵۵۶۶bc	۲/۲۷ ab	۴۰۷	۶/۱۴
	متناوب	۸۴	۵۶۷۳۳b	۲۴۱۸۳bc	۲/۳۳ ab	۳۱۳	۱/۱۸
	ثابت	۸۴	۵۱۳۳۳b	۲۱۵۹۳c	۲/۱۷b	۳۰۲	۱۷

در تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی و آبیاری یک در میان متناوب با کاهش ۳۱ درصدی مقدار آب اعمال شده به تیمارها تنها ۱۳ درصد کاهش عملکرد مشاهده گردیده است. در تیمار ۸۰ درصد نیاز آبی با آبیاری یک در میان متناوب که بیشترین راندمان مصرف آب را نیز دارا می‌باشد، با کاهش ۲۹ درصدی مقدار آب اعمال شده تنها ۶ درصد کاهش عملکرد مشاهده گردیده است.

جدول ۱۰- مقایسه میانگین دو ساله وزن تر، خشک و ارتفاع ذرت علوفه‌ای در تیمارهای مختلف آبیاری و روش آبیاری با استفاده از آزمون دانکن

تیمار آبیاری (%)	روش آبیاری	عملکرد تر (kg/ha)	عملکرد خشک (kg/ha)	ارتفاع (m)	میانگین عمق آب اعمال شده (mm)	راندمان مصرف آب (kg/m ³)	کاهش عملکرد (%)	کاهش عمق آب (%)
۱۰۰	کامل	۵۷۳۸۰۸	۳۰۹۹۴a	۲/۵۶	۴۷۸/۵	۱۵/۴	--	--
	متناوب	۶۴۴۰۹ab	۲۵۸۷۸	۲/۴۲	۳۳۰	۱۹/۵	۳۱	۱۳
	ثابت	۵۸۹۰۳	۲۴۳۱۳	۲/۳	۳۲۱/۵	۱۸/۳	۳۳	۲۰
۸۰	کامل	۶۴۹۱۸	۲۹۰۵۴	۲/۴	۴۳۰	۱۵/۱	--	--
	متناوب	۶۰۹۵۰b	۲۵۹۲۴	۲/۴۴	۳۰۴	۲۰	۲۹	۶
	ثابت	۵۷۷۵۶	۲۴۵۳۸	۲/۴۷	۲۹۶/۵	۱۹/۵	۳۱	۱۱
۶۰	کامل	۵۴۵۴۴	۲۳۳۳۹	۲/۳۷	۳۷۱/۵	۱۴/۷	--	--
	متناوب	۵۱۸۵۵	۲۱۴۰۰	۲/۳۹	۲۷۶	۱۸/۸	۲۶	۵
	ثابت	۴۶۴۰۳	۲۰۴۱۹	۲/۳۳	۲۶۶/۵	۱۷/۴	۲۸	۱۵

با توجه به نتایج حاصله از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری بین تیمارهای آبیاری کامل و آبیاری یک در میان شیارها وجود دارد. نتایج حاصله با آنچه سپاس‌خواه (۱۳۷۵) مبنی بر کاهش عملکرد ذرت دانه‌ای با اعمال آبیاری یک در میان جویچه‌ای ارایه داده است، تائید می‌گردد. در نهایت می‌توان توصیه نمود که در حالت محدودیت منابع آب با استفاده از آبیاری یک در میان متناوب شیارها ضمن صرفه جویی در مصرف آب سطح زیر کشت را نیز می‌توان افزایش داد.



شکل ۱- راندمان مصرف آب در تیمارهای مختلف آبیاری

منابع

۱. باغانی، ج. ا، علیزاده. ۱۳۷۹. عملکرد محصول و کارایی مصرف آب در آبیاری قطره‌ای و شیاری. مجله تحقیقات فنی و مهندسی. جلد ۵. شماره ۱۸. صفحه: ۱۰-۱.
۲. سپاسخواه، علیرضا. ۱۳۷۵. کم آبیاری به روش شیار ای یک در میان. مجموعه مقالات هشتمین سمینار آبیاری و زهکشی. مقاله شماره ۱۵.
۳. عباسی، ف. ک، صادق زاده. ا، نجفی. ۱۳۷۹. تاثیر کم آبیاری بر عملکرد و کارایی مصرف آب ذرت. مجله تحقیقات فنی و مهندسی. جلد ۵. شماره ۱۸. صفحه: ۲۳-۳۷.
۴. خرمیان، م. ۱۳۸۱. بررسی اثر کم آبیاری به روش شیار ای یک در میان بر عملکرد ذرت دانه ای در شمال خوزستان. مجله تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی. شماره ۱۱. جلد ۳.
۵. خواجه عبداللهی، م، ح. ع، سپاسخواه. (۱۳۷۵). بررسی اقتصادی کم آبیاری شیار ای یک در میان با دوره‌های مختلف برای ذرت. مجله آب و توسعه. سال چهارم. ۶۰-۵۴.

6. Crabtree, R, J. A, A, Yassin. I, Kargougou.1985. Effects of alternate- furrow irrigation, water conservation on the yields of two soybeans cultivates. *Agr. Water.mang.*10 (3):253-264.
7. Samadi, A., and Sepaskah, A. R. (1984). Effects of alternate furrow irrigation on yield and water use efficiency of dry beans. *Iran Agric. Reserch.*3 (2): 95-115.
8. Kang, S., Z. Liang. P. Yinhua. S. Peize and Z. Jianhua. 2000. Alternative furrow irrigation for maize production in arid area. *Agric. Water manage.* Vol, 45:267-277.

دومین سمینار (هاکارهای بهبود و اصلاح سامانه‌های آبیاری سطحی

۲ فرورداد ماه ۱۳۸۷

طراحی سیستم‌های آبیاری جویچه‌ای، کرتی و نواری به روش‌های تجربی و هیدرولیکی توسط یک برنامه کامپیوتری

حدیث خسروی^۱، محمدمهدی رویوران^۲، مریم جوادی بایگی^۳

چکیده

به منظور طراحی سیستم‌های آبیاری جویچه‌ای، کرتی و نواری از روش‌های تجربی و روابط هیدرولیکی استفاده می‌شود. در روش هیدرولیکی طراحی سیستم جویچه‌ای، از اصول دینامیکی سیالات و در طراحی سیستم‌های کرتی و نواری از دستورالعمل‌های طراحی که توسط SCS ارائه شده است، استفاده می‌شود. در روش‌های تجربی استفاده از جداولی که به کمک آنها بتوان پارامترهای طراحی را تخمین زد لازم است. در این رابطه جهت انجام صحیح و سریع محاسبات طراحی سیستم‌های جویچه‌ای، کرتی و نواری برنامه کاربردی ۹ گزینه‌ای به زبان ++C ارائه شده است. گزینه (۱): محاسبات مدیریت آبیاری را انجام می‌دهد و خروجی آن سه جدول است: جدول (۱): باران مؤثر، تبخیر و تعرق واقعی و نیاز آبی گیاه برای همه ماه‌ها. جدول (۲): عمق خالص و ناخالص آب آبیاری، هیدرومدول، دور آبیاری برای همه ماه‌ها. جدول (۳): نیاز آبخویی، نیاز آبی کل فصل (میلیمتر) و (متر مکعب در هکتار)، گزینه (۲) راندمان‌های ویژه آبیاری و راندمان کل آبیاری، گزینه (۳) درصد تلفات در اثر نفوذ عمقی برای نسبت‌های مختلف زمان پیشروی (FAR) و مقادیر مختلف a، در آبیاری جویچه‌ای، گزینه (۴) حداکثر مجاز طول جویچه (متر) برای خاک‌ها، شیب‌ها و مقادیر مختلف آب آبیاری، گزینه (۵) بنا بر شماره منحنی نفوذی که کاربر وارد می‌کند ضرایب لازم برای طراحی سیستم آبیاری سطحی (جویچه‌ای و کرتی) (a,b,c,f,g)، گزینه (۶) جدولی شامل محاسبه محیط خیس شده فارو، حجم آبی که بصورت نخیره موقت در داخل فارو وجود دارد، زمان رسیدن جبهه پیشروی جریان آب در فارو (طبق دستورالعمل SCS)، زمان لازم برای نفوذ، مقدار ناخالص

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی دانشگاه رازی

Email:hadiskhosravi@yahoo.com

۲- دانشجوی کارشناسی ارشد سازه‌های آبی دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات اهواز

۳- دانشجوی کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی دانشگاه رازی

عمق آبیاری که وارد فارو می‌شود، گزینه (۷) با توجه به مقدار جریان و نوع خاک، سطح پیشنهادی برای کرت، گزینه (۸) جدولی شامل محاسبه زمان خالص نفوذ، زمان پیشروی، طول کرت، زمان قطع جریان و عمق ماکزیمم جریان در کرت و گزینه (۹) جدولی شامل محاسبه زمان تأخیر پسروی، دبی ورودی در واحد عرض نوار و عمق جریان در ابتدای نوار را به کاربر ارائه می‌دهند.

کلمات کلیدی: آبیاری سطحی، کرت، نوار، فارو، نفوذ ...

(۱) مقدمه

در مناطق خشک از جمله اغلب مناطق کشور ما تأمین آب برای مصارف کشاورزی مستلزم سرمایه‌گذاری سنگین است. محدودیت منابع آب زیرزمینی در اغلب نقاط کشور دیگر چندان مستعدی برای توسعه بهره برداری از این منابع را ندارد، و به علت تفاوت زمان مصرف آب کشاورزی و نزولات جوی و جریان رودخانه‌ها عملاً به جز تعدادی از رودخانه‌ها که طرح‌های آن‌ها در دست مطالعه است یا به زودی اجرا می‌شود کار مهار آبهای سطحی عمدتاً به سمت طرح‌های پر هزینه خواهد رفت. لذا با توجه به افزایش جمعیت کشور، تولید مواد غذایی می‌بایستی با استفاده از امکانات موجود صورت گیرد. آب مهمترین رکن توسعه کشاورزی در کشور محسوب می‌گردد و بدون تأمین رطوبت کافی در عمق توسعه ریشه نمی‌توان از سایر نهاده‌های کشاورزی نظیر نیروی کار، زمین، کود، بذر، سم و ماشین‌آلات استفاده مطلوب نمود (۶). آبیاری سطحی قدیمی‌ترین روش آبیاری است که در اکثر نقاط جهان رواج دارد. این روش بر حسب وضعیت و شرایط خاک، آب، زمین و تجربه زارعین به صور گوناگون انجام می‌پذیرد: مانند آبیاری به روش جوچه‌ای، کرتی، شیاری، نواری و غیره. آبیاری سطحی اگر به درستی طراحی و اجرا شود، به دلیل عدم نیاز به وسایل و دستگاه‌های پیچیده، برای زارعین یکی از بهترین روش‌ها محسوب می‌شود اما چنانچه به خوبی اجرا نشود، موجب تلفات آب، عدم یکنواختی توزیع آب و کاهش محصول می‌گردد. در حال حاضر آبیاری سطحی در جهان و کشور ما مهمترین و عمده‌ترین روش‌های آبیاری موجود است. به طور مثال طبق گزارشات کمیسیون بین‌المللی آبیاری و زهکشی سطح آبیاری میکرو شامل کلیه روش‌های بارانی و قطره‌ای در کل جهان در سال ۱۹۹۱ معادل ۱۷۶۸۹۸۷ هکتار بوده است که معادل ۰٫۸ درصد روش‌های آبیاری می‌باشد و این شیوه‌ها عمدتاً در باغات، تاکستان‌ها و برای سبزیکاری به کار می‌رفته است. در کشور ما سطح تحت پوشش سیستم‌های تحت فشار در حدود ۱٫۲ درصد می‌باشد. در سال‌های اخیر نیز در سطح جهانی نیز رشد و توسعه تکنولوژی و مدیریت آبیاری سطحی موجب گردیده که اجرای آنها نسبت به سیستم‌های تحت فشار در اولویت قرار گیرد (۶).

در تصمیم‌گیری برای انتخاب شیوه آبیاری سطحی بایستی عوامل زیادی در نظر قرار گیرند. این عوامل عبارتند از: پستی و بلندی زمین، نوع خاک، شکل مزرعه، نوع خاک، شکل مزرعه، نوع گیاه و نیروی کار

انسانی. وسعت روز افزون تکنولوژی، لزوم بهره‌برداری مفید از سرمایه‌های تخصصی و نیز سرعت بخشیدن به کارها، استفاده از کامپیوتر در انجام محاسبات را ضروری ساخته است (۳). در این مقاله برنامه کاربردی جهت طراحی سیستم‌های آبیاری سطحی (نوع جویچه‌ای و کرتی) ارائه شده است.

۲) راندمان‌ها در آبیاری سطحی

آب مایه حیات است و به واسطه ارزش بالایی که دارد می‌بایست طراحی طوری انجام شود تا از هدر رفتن آن جلوگیری شود. راندمان، پارامتریست که در آن نحوه کاربری آب در آبیاری به کمیت درآورده می‌شود.

راندمان یا بازده سیستم عبارتست از نسبت آنچه از آن سیستم گرفته می‌شود (ستاده‌ها) به آنچه سیستم در یافت می‌دارد (داده‌ها). در سیستم آبیاری سطحی داده‌ها مقدار آبی است که وارد سیستم یا بخشی از سیستم می‌شود و ستاده‌ها مقدار آبی است که در آن قسمت به طور مفید مورد استفاده قرار می‌گیرد. آنچه در سیستم آبیاری مفید واقع می‌شود، مقدار آبیست که به مصرف تبخیر- تفرق، شستشوی نمک‌ها، جلوگیری از یخبندان و یا بطور مثال خنک کردن گیاه می‌رسد.

(مقدار آبی که از منبع در یافت می‌شود) / (مقدار آبی که مفید واقع می‌شود) = راندمان

چون سیستم‌های آبیاری از بخش‌های مختلفی تشکیل شده اند و آب به مصارف گوناگون می‌رسد، لذا راندمان در بخش‌های مختلف از منبع استخراج تا محل دفع آب تحت عنوان راندمان‌های ویژه به تفکیک بررسی می‌شوند (۴).

۲-۱) راندمان‌های ویژه

از هنگامی که آب از منبع اصلی دریافت می‌شود تا زمانی که وارد مزرعه می‌گردد تلفات گوناگونی به دلیل نفوذ و یا تبخیر- تفرق توسط گیاهان آبی در آن صورت می‌گیرد که برای تعیین آنها انواع راندمان‌ها به شرح زیر توصیف می‌شوند:

۲-۱-۱) راندمان انتقال

نسبت مقدار آبی که وارد سیستم انتقال آب در مزرعه شده به مقدار آبی که از چاه یا مخزن یا رودخانه وارد لوله یا کانال‌های اصلی انتقال آب به مزرعه می‌گردند.

۲-۱-۲) راندمان توزیع

نسبت حجم آبی که با سیفون یا وسایل دیگر وارد زمین می‌شود به حجم آبی که وارد سیستم توزیع می‌شود.

۲-۱-۳) راندمان ورود آب به مزرعه

نسبت مقدار آبی که در سطح زمین پخش می‌شود به مقدار آبی که وارد وسیله ورود آب (سیفون، لوله آبگیر، آبپاش، دریچه و ...) در سطح زمین می‌گردد.

۲-۱-۴) راندمان الگوی توزیع

حجم آب ذخیره شده در منطقه توسعه ریشه‌ها به حجم آبی که در سطح مزرعه پخش می‌شود.

۲-۱-۵) راندمان سیستم آبیاری

راندمان کلی یک سیستم آبیاری نسبت مقدار آبیست که در منطقه توسعه ریشه‌ها ذخیره می‌شود به مقدار آبی که از منبع اصلی استخراج می‌شود. مقدار آب می‌تواند بر حسب حجم آب یا دبی توصیف گردد. در واقع راندمان کلی یک سیستم آبیاری حاصل ضرب راندمان‌هایی است که در بالا شرح داده شد.

$$E = (Ee \times Ea \times Ed) \div 100 \quad (1-2)$$

E: راندمان کل

Ee: راندمان انتقال

Ea: راندمان کاربرد

Ed: راندمان توزیع

۳) طراحی سیستم آبیاری جویچه‌ای

۳-۱) در عملیات طراحی سیستم‌های آبیاری برای تعیین تبخیر و تعرق عملاً از روش‌های مستقیم یا روش‌های محاسباتی استفاده می‌شود. این روش‌ها بر اساس فرمول زیر استوارند (۴).

$$ETc = ETo \times Kc \quad (1-3)$$

ETo: تبخیر و تعرق پتانسل (تبخیر- تعرق گیاه مرجع)

ETc: تبخیر و تعرق گیاه مورد نظر

Kc: ضریب گیاهی

با داشتن اطلاعات اولیه، می‌بایست پارامترهای طراحی به ترتیب زیر محاسبه گردند.

۳-۱-۱) عمق آبیاری

حداکثر عمق خالص آبیاری با توجه به عمق ریشه گیاهان، نگهداشت آب در خاک و تخلیه مجاز رطوبتی از رابطه زیر بدست می‌آید.

$$dx = AW \times z \times MAD \quad (۲-۳)$$

$$AW = Fc - PWP \quad (۳-۳)$$

dx: عمق خالص آبیاری حداکثر (mm)

z: عمق ریشه گیاه (mm)

AW: نگهداشت آب در خاک (mm/M)

MAD: ضریب مدیریت یا تخلیه مجاز

Fc: ظرفیت زراعی

PWP: نقطه پژمردگی دائمی

۲-۱-۳) دور آبیاری

دور آبیاری عبارتست از فاصله زمانی بین دو آبیاری متوالی که به عمق آبیاری و تبخیر و تعرق واقعی گیاه بستگی دارد.

$$T = \frac{dx}{ETc} \quad (۴-۳)$$

T: دور آبیاری (day)

ETc: تبخیر و تعرق ماکزیمم روزانه (mm/day)

dx: عمق خالص آبیاری حداکثر (mm)

۳-۱-۳) نیاز فالص و نافالص آبیاری

نیاز خالص آبیاری عبارتست از میزان آب مورد نیاز گیاه بین دو آبیاری که به هر شکل ممکن بایستی در اختیار گیاه قرار گیرد. این میزان آب صرف تبخیر و تعرق- شستشوی املاح و تلفات می‌گردد.

$$NIR = ETc + LR - Re - Ge \quad (۵-۳)$$

NIR: نیاز خالص آبیاری در روز (mm)

ETc: تبخیر و تعرق واقعی روزانه (mm)

LR: نیاز آبتشویی روزانه (mm)

Re: بارش مؤثر روزانه (mm)

Ge: تغذیه از آب زیر زمینی (mm)

نیاز آبتشویی که جزئی از آب آبیاریست، مقدار آبی است که باید بصورت نفوذ عمقی از لایه ریشه‌ها بگذرد تا توازن نمک را در این منطقه برقرار نماید.

$$LR = \frac{Eci}{Ecp - Eci} \times Ic \quad (۶-۳)$$

LR: نیاز آبتشویی (برحسب میلیمتر)

Eci: هدایت الکتریکی آب آبیاری (mmhos/s)

Ecp: هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک (mmhos/s)

Ic: عمق آب آبیاری (mm)

باران مؤثر از رابطه (USDA) بدست می‌آید

$$Re = fd \times [1.25P^{0.82416} - 2.93522] * 10^{(0.00095512 * Etc)} \quad (۷-۳)$$

در صورتیکه باران مؤثر مقداری منفی بدست آید، صفر در نظر گرفته می‌شود.
نیاز ناخالص آبیاری از تقسیم نیاز خالص (۳-۵) بر راندمان کاربرد بدست می‌آید.

۲-۳ روش تجربی

توزیع آب روی سطح خاک در تمام سیستم‌های آبیاری سطحی از یک قاعده کلی پیروی می‌کند. پیشروی آب در ابتدا سریع است ولی به تدریج سرعت پیشروی آب به انتهای زمین کند می‌شود. این مرحله از آبیاری را فاز پیشروی یا مرحله پیشروی می‌نامند. پس از اینکه آب به انتهای زمین رسیده معمولاً مدتی به همین نحو آبیاری ادامه پیدا می‌کند تا انتهای زمین نیز به مقدار لازم آبیاری شود. فاصله بین زمانی که آب به انتهای زمین رسیده بود تا زمانی که آب به داخل زمین قطع گردید به نام فاز ذخیره یا مرحله ذخیره رطوبت مرسوم است. از هنگامی که ورود آب قطع شد ممکن است مدتی طول بکشد تا آبی که در ابتدای مزرعه در سطح زمین بوده است به تدریج در خاک نفوذ کند و سرانجام عمق آب در ابتدای زمین به صفر برسد. این مرحله را فاز تخلیه می‌گویند.

شاید رایج‌ترین شیوه برای آبیاری محصولات زراعی ردیفی آبیاری جویچه‌ای باشد. در این روش آب روی تمام سطح خاک جریان نمی‌یابد، بلکه درون جویچه‌های باریکی که فارو نامیده می‌شوند، جریان می‌یابد. فاروها بین دو ردیف گیاه کاشته شده قرار می‌گیرند. آب به تدریج در کف و کناره‌های شیار نفوذ

کرده و خاک را مرطوب می‌کند. برای به دست آوردن نتیجه مطلوب از این روش آبیاری لازم است شکل و طول شیارها و فاصله بین آنها مناسب باشد و مدیریت خوبی اعمال گردد.

شکل شیارها در اجرای یک آبیاری خوب و مناسب حائز اهمیت است. شیارها معمولاً به شکل ۷ هستند، عرض آنها بین ۲۵ تا ۴۰ سانتی متر و عمقشان بین ۱۵ تا ۳۰ سانتی متر است. ولی این ارقام با توجه به مقدار جریان، نوع خاک و نوع محصول متغیر است (۴).

هر شیار مشابه یک کانال باریک است و باید به مقدار کافی عریض باشد تا آب را منتقل کرده و صدمه‌ای به شیارها وارد نشود. هرچه مقدار جریان زیاد باشد عرض شیار بایستی افزایش یابد.

در خاک‌های شنی آب سریعتر از خاک‌های رسی نفوذ می‌کند. در این موارد بایستی آب به سرعت در شیار حرکت کند تا زیاد در خاک نفوذ نکند. به همین دلیل در خاک‌های شنی از شیارهای باریک و عمیق استفاده می‌شود تا سطح خاکی که با آب تماس پیدا می‌کند کم باشد و در نتیجه آب کمتری جذب خاک شود.

در خاک‌های رسی آب به کندی در خاک نفوذ می‌کند و به همین دلیل گاهی لازم است شیارها کم عمق و عریض باشند تا سطحی از خاک که با آب تماس پیدا می‌کند افزایش یافته و آب سریعتر جذب شود. انتخاب طول جویچه به عوامل زیر بستگی دارد که از آن جمله می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

- نوع خاک
- مقدار جریان
- عمق آبیاری
- اندازه و شکل مزرعه
- شیب زمین
- شیوه زراعت

موقع آبیاری خاک‌های شنی، آب به سرعت در خاک نفوذ می‌کند. به این دلیل جویچه‌ها بایستی کوتاه باشند تا آب زودتر به انتهای مزرعه برسد، حتی زمانی که مقدار جریان زیاد است. برعکس در خاک‌های رسی آب به کندی در خاک نفوذ می‌کند، بنابراین جویچه‌ها می‌توانند طولانی تر از خاک‌های شنی باشند، حتی زمانی که مقدار جریان کم است.

از نظر کشاورزی بهتر است جویچه‌ها حتی الامکان طولانی باشند تا کانال و زهکش کمتری ایجاد و در نتیجه زمین کمتری از این طریق اشغال می‌شود. از طرفی مکانیزه کردن کشاورزی نیز ساده تر صورت می‌گیرد. در صورتی که جویچه‌ها کوتاه باشند مراقبت زیادی نیاز دارند، زیرا جریان آب به طور منظم بایستی از یک شیار به شیار دیگر هدایت شود.

نقش میزان و شدت نفوذ در تحلیل جریان‌های سطحی از اهمیت زیادی برخوردار است.

برای اینکه پدیده نفوذ بصورت نظری توصیف شود معادلات مختلفی ارائه شده است که از آن جمله می‌توان به معادله کاستیاکف اشاره کرد. این معادله از اولین معادلاتی است که برای توصیف نفوذ آب به داخل خاک ارائه شده است. این معادله به شرح زیر می‌باشد:

$$i = c(t)^a \quad (۶-۳)$$

i: عمق آب نفوذ یافته (cm) از شروع نفوذ

t: زمان نفوذ (min) از شروع

a, c: ضرایب تجربی که به نوع خاک بستگی دارند

این معادله را بر حسب t می‌توان به شکل زیر نوشت:

$$t = \left(\frac{i}{c}\right)^{\frac{1}{a}} \quad (۷-۳)$$

در این رابطه t عبارتست از زمان لازم برای آنکه آب به مقدار i در زمین نفوذ کند.

اگر زمان پیشروی کامل یعنی مدت زمانی که آب به انتهای زمین می‌رسد Tt و زمان خالص آبیاری یا مدتی که لازم است آب به اندازه نیاز آبیاری در خاک نفوذ کند Tn باشد، با فرض اینکه زمان پیشروی یک چهارم زمان آبیاری باشد خواهیم داشت:

$$Tt = \frac{1}{4} Tn \quad (۸-۳)$$

برای نشان دادن رابطه بین مقادیر مختلف a، نسبت زمان پیشروی به زمان آبیاری و درصد مقدار تلفات، جدولی طراحی شده است. این جدول نشان می‌دهد هر چه طول زمین افزایش یابد یا نسبت زمان پیشروی افزایش پیدا کند، راندمان آبیاری کمتر می‌شود. معمولاً در عملیات آبیاری اگر خواهیم بدون انجام محاسبات طراحی طول فارو را تخمین بزنیم از قانون یک چهارم استفاده می‌شود، یعنی طول فارو طوری انتخاب می‌شود که در یک چهارم زمان لازم برای آبیاری آب به انتهای فارو برسد، زیرا در این صورت تلفات ناشی از نفوذ عمقی ناچیز خواهد بود.

در طراحی سیستم‌های آبیاری سطحی از یک سری روابط تجربی استفاده می‌شود. از این روابط فقط در تخمین‌های اولیه استفاده می‌شود.

۱۱-۲-۳) دبی غیر فرسایشی

شکل خاص فارو باعث شده که برای دبی عبوری آن ملاحظات در نظر گرفته شود. برای اینکه فارو شکل خود را حفظ کند، در ابتدای آن فرسایش رخ ندهد و مواد در انتهای آن رسوب نکنند، بایستی سرعت بیشتر از سرعتی که باعث فرسایش یافتن خاک می‌شود نباشد. میدانیم که سرعت تابعی از دبی عبوریست، پس لازم است به دبی عبوری از فارو توجه ویژه داشت.

بین حداکثر دبی مجاز و شیب طولی فارو بر اساس تجارب سازمان حفاظت خاک وزارت کشاورزی آمریکا (USDA-SCS) رابطه تجربی زیر به دست آمده است:

$$Q_{\max} = \frac{0.6}{S} \quad (۹-۳)$$

Q_{\max} : حداکثر دبی مجاز (l/s)

S: شیب طولی فارو (%)

۳-۲-۲) ابعاد مزرعه

جدول مربوط به مقدار تلفات و نسبت زمان پیشروی به زمان آبیاری که در بخش قبل به آن اشاره شد نشان می‌دهد که در صورتیکه طول فارو افزایش یابد، مقدار راندمان آبیاری کاهش خواهد یافت. برای تخمین حداکثر طول مجاز جویچه، برای سه گروه اصلی خاک‌ها، رس، لوم و شن جدولی موجود است که به عنوان یک راهنما و در طراحی‌های اولیه برای سیمای کلی طرح می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد.

۳-۳) روابط هیدرولیکی

به طور کلی سیستم‌های آبیاری از دو جزء تشکیل شده‌اند:

الف) اجزاء مکانیکی: پمپ، لوله، شیر آلات و ...

ب) اجزاء طبیعی: اقلیم، خاک، گیاه و ...

روابط هیدرولیکی که برای طراحی سیستم آبیاری فارو ارائه شده است بر اساس معادلات فیزیکی است که مؤسسه حفاظت خاک آمریکا بدین منظور ارائه داده است.

جدولی که رابطه بین شماره منحنی نفوذ و ضرایب a , b , c , f , g انشان می‌دهد، موجود است که در طراحی سیستم فارو مورد استفاده قرار می‌گیرد.

۳-۳-۱) متوسط نفوذ آب در فارو

در فارو، نفوذ فقط از محیط خیس شده صورت می‌گیرد. و این در حالیکه مقدار نفوذ باید بر حسب واحد طول روی سطح مزرعه توصیف گردد. نفوذ در فارو با نصب فلوم در دو انتهای فارو (محل جریان ورودی و خروجی از آن) در زمانی که معادل زمان آبیاریست اندازه‌گیری می‌شود. متوسط نفوذ آب در طول فارو از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$i = \frac{1}{Lp} (V_{in} - V_{out} - V_s) \quad (10-3)$$

i: متوسط مقدار نفوذ آب در فارو در سطح خیس شده آن (mm)

L: فاصله بین دو نقطه که جریان ورودی و خروجی در آن اندازه گیری می‌شوند (m)

P: محیط خیس شده (m)

V_{in}: حجم جریان ورودی (l)

V_{out}: حجم جریان خروجی (l)

V_s: حجم آبی که به صورت خیره در فارو باقی مانده و هنوز در خاک نفوذ نکرده (l)

۳-۳-۲) محیط فیس شده فارو

مقدار تنظیم شده محیط خیس شده فارو، از رابطه زیر قابل محاسبه است:

$$P = 0.265 \left[\frac{Qn}{S^{0.5}} \right]^{0.425} + 0.227 \quad (11-3)$$

P: محیط خیس شده اصلاح شده (m)

Q: دبی ورودی فارو (l/s)

n: ضریب زبری مانینگ (معمولاً برای فارو ۰,۰۴ در نظر گرفته می‌شود)

S: شیب فارو (m/m)

۳-۳-۳) حجم خیره موقت در فارو

حجم آبی که بصورت ذخیره موقت در داخل فارو وجود داشته و هنوز در خاک نفوذ نکرده است از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$V_s = \frac{L}{0.305} \left\{ 2.947 \left[\frac{Qn}{S^{0.5}} \right]^{0.735} - 0.0217 \right\} \quad (12-3)$$

۳-۳-۱۴) مقدار نفوذ آب

مقدار نفوذ آب در سیستم آبیاری فارو بایستی بر حسب ارتفاع آب در سطح کل مزرعه توصیف شود. این

مقدار از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$i = \left[a(t^b) + c \right] \frac{P}{W} \quad (۱۳-۳)$$

W: فاصله بین پشته‌های فارو (m)

۳-۳-۵) زمان پیشروی

زمان رسیدن جبهه پیشروی جریان آب در فارو بر اساس دستورالعمل SCS از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$Tt = \frac{x}{f} \exp \left[\frac{gx}{Q(S)^{0.5}} \right] \quad (۱۴-۳)$$

Tt: زمان پیشروی (min)

x: فاصله از ابتدای فارو (m)

f: ضریب ثابت پیشروی که به نوع خاک بستگی دارد.

g: ضریب ثابت پیشروی که به نوع خاک بستگی دارد.

Q: دبی حجمی ورودی در فارو (l/s)

S: شیب فارو (m/m)

۳-۳-۶) زمان نفوذ

اگر in مقدار خالص آب مورد نیاز جهت نفوذ باشد، زمان لازم برای نفوذ این مقدار آب از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$Tn = \left[\frac{\ln(W/P) - c}{a} \right]^{\frac{1}{b}} \quad (۱۵-۳)$$

در صورتیکه انتهای جویچه باز باشد و یا جویچه‌ها شبیدار باشند، می‌توان زمان پسروری را صفر فرض کرد.

۳-۳-۷) مقدار نافالص عمق آبیاری

مقدار ناخالص عمق آبیاری که وارد فارو شده است از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$ig = \frac{60 \times Q \times T}{W \times L} \quad (۱۶-۳)$$

ig: مقدار ناخالص عمق آبیاری که وارد فارو شده است (mm)

Q: دبی ورودی به فارو (l/s)

W: فاصله فاروها از هم (m)

T: زمان قطع جریان (min)

۴) طراحی سیستم آبیاری در کرت‌های مسطح

کرت قطعه زمینی است که معمولاً به شکل مربع یا مستطیل بوده و اطراف آن توسط پشته کوچکی از خاک محصور است. سطح خاک در داخل کرت مسطح و بدون شیب بوده و وقتی آب وارد آن شد حالت غرقابی به خود می‌گیرد.

سیستم کرتی برای انواع گیاهان مناسب است. اندازه کرت به مقدار جریان آب و نفوذ پذیری خاک بستگی دارد. در شرایطی که مقدار جریان آب کم باشد، سیستم آبیاری کرتی مناسب‌ترین روش آبیاری زمین است. اندازه کرت به عواملی مانند: نوع خاک، اندازه مزرعه، شیب زمین و شیوه زراعت بستگی دارد، که از این میان نوع خاک، مقدار جریان و عمق آبیاری مهمترینند.

۴-۱) روابط تجربی

در روش کرتی نیز مانند روش آبیاری فارو، بین مقدار جریان آب، منحنی نفوذ خاک، راندمان آبیاری و ابعاد کرت روابط تجربی وجود دارد. با استفاده از این روابط می‌توان تخمین‌های اولیه را در طراحی بدست آورد. جدول (۶) نمونه‌ای از این روابط است.

۴-۲) روابط هیدرولیکی

روابط هیدرولیکی در سیستم‌های آبیاری کرتی بر مبنای دستورالعمل‌های SCS ارائه شده است. معادلات هیدرولیکی که بر اساس آنها پارامترهای طراحی محاسبه میشوند عبارتند از: معادله پیوستگی (۲)، معادله نفوذ و معادله مانینگ در جریانهای روباز که به کرت‌های پهن با عمق محدود تعمیم داده می‌شود. آزمایشات نفوذ در طراحی سیستم آبیاری کرتی توسط حلقه‌های نفوذ و یا کرت‌های کوچکی که پر از آب میشوند انجام می‌گردد.

۴-۲-۱) زمان خالص نفوذ

زمان خالص نفوذ در یک کرت مسطح از معادلاتی مشابه رابطه (۳-۱۵) محاسبه می‌شود بدون آنکه نیازی به اصلاح محیط خیس شده باشد.

$$Tn = \left[\frac{in - c}{a} \right]^{\frac{1}{b}} \quad (۱-۴)$$

۱۴-۲-۲) زمان پیشروی

طراح با در نظر گرفتن مقدار مناسبی برای راندمان کاربرد از معادله زیر می‌تواند مقدار زمان پیشروی را محاسبه نماید:

$$Ed = 105.81 - 32.676 \left(\frac{Tt}{Tn} \right)^{0.5} \quad (۲-۴)$$

Ed: راندمان کاربرد

Tt: زمان پیشروی

Tn: زمان نفوذ مقدار خالص آبیاری

۱۴-۲-۳) طول کرت

با داشتن زمان پیشروی می‌توان از رابطه زیر طول کرت را محاسبه کرد:

$$L = \frac{6 \times 10^4 \times Qu \times Tt}{\frac{a(Tt)^b}{1+b} + c + 1798(n)^{\frac{3}{8}} (Qu)^{\frac{9}{16}} (Tt)^{\frac{3}{16}}} \quad (۳-۴)$$

a,b,c: ضرایب ثابت (جدول (۵))

Qu: دبی در واحد عرض کرت (m²/s)

Tt: زمان پیشروی

L: طول کرت

n: ضریب زبری مانینگ

مقدار n برای کرت‌های مختلف به شرح زیر است (۴):

نوع کرت	کشت نشده و صاف	کشت شده با غلات	کشت شده با یونجه و گیاهان مشابه	کشت شده با پنبه، چغندر و گیاهان مشابه
n	۰,۰۴	۰,۱۰	۰,۱۵	۰,۲۵

۴-۲-۱۴) زمان قطع جریان

زمان قطع جریان ورودی به کرت (T_{co}) زمان لازم برای ورود مقدار ناخالص آبیاری (ig) به سطح کرت است و از رابطه زیر بدست می‌آید:

$$T_{co} = \frac{in \times L}{600 \times Qu \times Ed} \quad (4-4)$$

T_{co} : زمان قطع جریان پس از شروع آبیاری (min)

in : عمق خالص آبیاری (mm)

Ed : راندمان آبیاری (%)

۴-۲-۱۵) عمق ماکزیمم جریان

ارتفاع پشته‌های اطراف کرت به عمق جریان آبی که وارد کرت میشود بستگی دارد. حداکثر عمق جریان را می‌توان از رابطه زیر بدست آورد:

$$d_{max} = 2250(n)^{\frac{3}{8}}(Qu)^{\frac{9}{16}}(T_{co})^{\frac{3}{16}} \quad (5-4)$$

d_{max} : عمق ماکزیمم جریان (mm)

در صورتیکه زمان پیشروی از زمان قطع جریان بزرگتر باشد، در معادله بالا به جای T_{co} بایستی T_t را قرار داد.

۵) طراحی سیستم آبیاری نواری

نوارها بطور کلی مشابه کرت‌های مسطح می‌باشند، جز اینکه در جهت طولی دارای شیب هستند و در جهت عرضی نیز ممکن است شیب محدودی داشته باشند. نوارهای شیبدار بطور کلی محصور نبوده و انتهایشان باز است. این روش بیشتر در اراضی کاربرد دارد که عمق خاک امکان تسطیح و مسطح کردن زمین را ندهد.

۵-۱) روابط هیدرولیکی

طراحی سیستم نواری بر این اساس استوار است که آب روی هر نقطه از مزرعه باید برابر زمان لازم برای نفوذ به مقدار نیاز خالص آبیاری وجود داشته باشد.

زمان تأخیر عقب نشینی

در سیستم نواری فاصله بین زمان قطع آب در ابتدای نوار زمانیکه آب در همان ابتدای نوار از روی زمین محو شود بنام زمان تأخیر پسروی نامیده می‌شود. در نوارهای با شیب تند، فرض میشود که شیب سطح آب با شیب زمین برابر و عمق متوسط جریان مساوی با عمق جریان در ابتدای نوار باشد. در این وضعیت زمان تأخیر پسروی از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$Trl = \frac{(Qu)^{0.2} \times (n)^{1.2}}{120(S)^{1.6}} \quad (1-5)$$

Qu: دبی در واحد عرض (m²/s)

n: ضریب زبری مانینگ

S: شیب زمین (m/m)

Trl: زمان تأخیر عقب نشینی (min)

مقدار ضریب زبری مانینگ مشابه مقادیر است که برای کرت‌های مسطح در بخشش قبل گفته شد. در مورد نوارهای با شیب کم که در آنها شیب زمین کمتر از ۰,۰۰۴ (m/m) است، عمق جریان در ابتدای نوار که آب وارد آن می‌شود کمتر از عمق نرمال در سطح نوار بوده و در این صورت زمان تأخیر پسروی از رابطه زیر بدست می‌آید (۴):

$$Trl = \frac{(Qu)^{0.2} (n)^{1.2}}{120 \left[s + \frac{0.0094n(Qu)^{0.175}}{(Tn)^{0.88} (s)^{0.5}} \right]^{1.6}} \quad (2-5)$$

Tn: زمان خالص نفوذ (min)

دبی در واحد عرض

دبی در واحد عرض از موازنه بین حجم آب داده شده به نوار و عمق خالص مورد نیاز آبیاری تقسیم بر راندمان آبیاری بدست می‌آید.

$$Qu = \frac{0.00167 \times in \times L}{(Tn - Trl) \times Ed} \quad (3-5)$$

in: عمق خالص آبیاری (mm)

L: طول نوار (m)

Ed: راندمان آبیاری توزیع (%)

در این معادله، فرض شده است که راندمان ورود آب به زمین معادل ۱۰۰ درصد باشد.

عمق جریان در نوار

حداکثر عمق جریان آب در آبیاری نواری از روی ارتفاع پشته‌ها بدست می‌آید. ارتفاع پشته‌ها معمولاً ۱,۲۵ برابر حداکثر عمق جریان در نظر گرفته می‌شود. عمق جریان در ابتدای نوار برای وضعیتی که شیب زمین زیاد باشد برابر عمق نرمال جریان در نظر گرفته شود از معادله زیر بدست می‌آید:

$$dh = \frac{1000(Q_u)^{0.6} (n)^{0.6}}{S^{0.3}} \quad (4-5)$$

برای نوارهایی که شیبشان کم است عمق جریان در ابتدای نوار کمتر از عمق نرمال جریان آب بوده و مقدار آن از معادله زیر محاسبه می‌شود:

$$dh = 2454(Trl)^{0.1875} (Q_u)^{0.5625} (n)^{0.1875} \quad (5-5)$$

۶ توضیح برنامه کامپیوتری ارائه شده

برنامه کامپیوتری ارائه شده به زبان C++ (۱) دارای ۹ گزینه می‌باشد. در ابتدای اجرای برنامه، منو روی صفحه نمایان شده و کاربر امکان انتخاب گزینه مورد نظر را دارد و تا زمانیکه کاربر عددی غیر از (۱-۹) وارد کند، برنامه تکرار می‌شود. گزینه (۱) محاسبات مدیریت آبیاری را انجام داده، خروجی آن ۳ جدول است که عبارتند از جداول (۱و۲و۳و۴و۵). گزینه (۲) راندمان بخش‌های مختلف و راندمان کل آبیاری را محاسبه می‌کند. گزینه (۳) درصد تلفات در اثر نفوذ عمقی برای نسبت‌های مختلف زمان پیشروی (FAR) و مقادیر مختلف a را بر اساس جدول (۴) به کاربر ارائه می‌دهد. گزینه (۴) حداکثر مجاز طول جویچه (متر) برای خاک‌ها، شیب‌ها و مقادیر مختلف آب آبیاری را بر اساس جدول (۵) به کاربر ارائه می‌دهد. گزینه (۵) بنا بر شماره منحنی نفوذی که کاربر وارد می‌کند ضرایب لازم برای طراحی سیستم آبیاری سطحی (جویچه‌ای و کرتی) (a,b,c,f,g) را به کاربر می‌دهد. گزینه (۶) جدولی که شامل محاسبه محیط خیس شده فارو، حجم آبی که بصورت ذخیره موقت در داخل فارو وجود دارد، زمان رسیدن جبهه پیشروی جریان آب در فارو (طبق دستورالعمل SCS)، زمان لازم برای نفوذ، مقدار ناخالص عمق آبیاری که وارد فارو می‌شود، می‌باشد را به کاربر ارائه می‌دهد. گزینه (۷) بر اساس جدول (۷) با توجه به مقدار جریان و نوع خاک، سطحی را برای کرت پیشنهاد می‌دهد. گزینه (۸) جدولی که شامل زمان خالص نفوذ، زمان پیشروی، طول کرت، زمان قطع جریان و عمق ماکزیمم جریان در کرت است را به کاربر ارائه می‌دهد. گزینه (۹) جدولی شامل محاسبه زمان تأخیر پسروی، دبی ورودی در واحد عرض نوار و عمق جریان در ابتدای نوار است را به کاربر ارائه می‌دهد. نتایج در فایل متنی "surface irrigation.txt" ایجاد می‌شوند.

ردیف	ماه	تبخیر و تعرق پتانسیل	ضریب گیاهی	باران ماهانه	ضریب fd	استفاده از آب زیر زمینی	رطوبت موجود در خاک	باران مؤثر	تبخیر و تعرق واقعی	نیاز خالص آبی - آیشویی
1	JUN	۹,۵	۰,۵۴	۱,۵	1	0	0	۰	۵,۱۳	۵,۱۳
2	JUL	۱۰,۲	۰,۶	۱,۰۲	1	0	0	۰	۶,۱۲	۶,۱۲
3	AUG	۱۲,۸	۰,۶	۰,۹۸	1	0	0	۰	۷,۶۸	۷,۶۸

جدول (۱)

جدول (۲)

ماه	آب قابل دسترس	نیاز خالص آبیاری	عمق آبیاری	دور آبیاری
JUN	۱۶۰	۵,۳۳	۴۸	۹
JUL	۱۶۰	۶,۳۲	۵۲	۸,۲۲
AUG	۱۶۰	۷,۸۸	۵۶	۷,۱

جدول (۳)

نیاز آیشویی	نیاز خالص آبی در کل فصل آبیاری (میلیمتر)	نیاز خالص آبی در کل فصل آبیاری (متر مکعب)
۰,۲	۱۹,۵۳	۹۷۶,۵

جدول (۴): درصد مقدار تفات در اثر نفوذ عمقی برای نسبت‌های مختلف زمان پیشروی (FAR)

و مقادیر مختلف a

نسبت زمان پیشروی به زمان آبیاری	a									
	FAR	۰,۱	۰,۲	۰,۳	۰,۴	۰,۵	۰,۶	۰,۷	۰,۸	۰,۹
۱	۳,۵	۶,۹	۱۰,۴	۱۳,۸	۱۷,۲	۲۰,۵	۲۳,۸	۲۷,۰	۳۰,۲	۳۰,۲
۱/۲	۲,۰	۴,۱	۶,۱	۸,۱	۱۰,۱	۱۲,۱	۱۴,۱	۱۶,۱	۱۸,۰	۱۸,۰
۱/۳	۱,۴	۲,۹	۴,۳	۵,۷	۷,۲	۸,۶	۱۰,۱	۱۱,۵	۱۲,۹	۱۲,۹
۱/۴	۱,۱	۲,۲	۳,۳	۴,۵	۵,۶	۶,۷	۷,۸	۸,۹	۱۰,۰	۱۰,۰
۱/۵	۰,۹	۱,۸	۲,۷	۳,۶	۴,۶	۵,۵	۶,۴	۷,۳	۸,۲	۸,۲
۱/۱۰	۰,۵	۱,۰	۱,۴	۱,۹	۲,۴	۲,۹	۳,۳	۳,۸	۴,۳	۴,۳

جدول (۵): حداکثر مجاز طول جویچه (متر) برای خاک‌ها با شیب‌ها و مقادیر مختلف آب آبیاری، طول به متر و عمق‌ها به سانتیمتر

متوسط مقدار آبیاری (سانتیمتر)												
۷,۵ ۱۵ ۲۲,۵ ۳۰				۵ ۱۰ ۱۵ ۲۰				۷,۵ ۱۰ ۱۲,۵				
رس				لوم				شن				
شیب فارو(%)	Meters											
۰,۰۵	۳۰۰	۴۰۰	۴۰۰	۴۰۰	۱۲۰	۲۷۰	۴۰۰	۴۰۰	۶۰	۹۰	۱۵۰	۱۹۰
۰,۱	۳۴۰	۴۴۰	۴۷۰	۵۰۰	۱۸۰	۳۴۰	۴۴۰	۴۷۰	۹۰	۱۲۰	۱۹۰	۲۲۰
۰,۲	۳۷۰	۴۷۰	۵۳۰	۶۲۰	۲۲۰	۳۷۰	۴۷۰	۵۳۰	۱۲۰	۱۹۰	۲۵۰	۳۰۰
۰,۳	۴۰۰	۵۰۰	۶۲۰	۸۰۰	۲۸۰	۴۰۰	۵۰۰	۶۰۰	۱۵۰	۲۲۰	۲۸۰	۴۰۰
۰,۵	۴۰۰	۵۰۰	۵۶۰	۷۵۰	۲۸۰	۳۷۰	۴۷۰	۵۳۰	۱۲۰	۱۹۰	۲۵۰	۳۰۰
۱	۲۸۰	۴۰۰	۵۰۰	۶۰۰	۲۵۰	۳۰۰	۳۷۰	۴۷۰	۹۰	۱۵۰	۲۲۰	۲۵۰
۱,۵	۲۵۰	۳۴۰	۴۳۰	۵۰۰	۲۲۰	۲۸۰	۳۴۰	۴۰۰	۸۰	۱۲۰	۱۹۰	۲۲۰
۲	۲۲۰	۲۷۰	۳۴۰	۴۰۰	۱۸۰	۲۵۰	۳۰۰	۳۴۰	۶۰	۹۰	۱۵۰	۱۹۰

جدول (۶): شماره منحنی‌های نفوذ و ضرایب پیشروی برای شرایطی که نفوذ بر حسب میلی‌متر، زمان بر حسب دقیقه و طول بر حسب متر است.

شماره منحنی نفوذ	a	b	c	f	g
۰,۰۵	۰,۵۳۳۴	۰,۶۱۸	۷,۰	۷,۰۶	$۱,۰۸ \times 10^{-4}$
۰,۱۰	۰,۶۱۹۸	۰,۶۶۱	۷,۰	۷,۲۵	$۱,۲۵۱ \times 10^{-4}$
۰,۱۵	۰,۷۱۱۰	۰,۶۸۳	۷,۰	۷,۳۴	$۱,۴۱۴ \times 10^{-4}$
۰,۲۰	۰,۷۷۷۲	۰,۶۹۹	۷,۰	۷,۴۳	$۱,۵۷۸ \times 10^{-4}$
۰,۲۵	۰,۸۵۳۴	۰,۷۱۱	۷,۰	۷,۵۲	$۱,۷۴۱ \times 10^{-4}$
۰,۳۰	۰,۹۲۴۶	۰,۷۲۰	۷,۰	۷,۶۱	$۱,۹۰۴ \times 10^{-4}$
۰,۳۵	۰,۹۹۵۷	۰,۷۲۹	۷,۰	۷,۷۰	$۲,۰۶۷ \times 10^{-4}$
۰,۴۰	۱,۰۶۴	۰,۷۳۶	۷,۰	۷,۷۹	$۲,۲۳۰ \times 10^{-4}$
۰,۴۵	۱,۱۳۰	۰,۷۴۲	۷,۰	۷,۸۸	$۲,۳۹۳ \times 10^{-4}$
۰,۵۰	۱,۱۹۶	۰,۷۴۸	۷,۰	۷,۹۷	$۲,۵۵۶ \times 10^{-4}$
۰,۶۰	۱,۳۲۱	۰,۷۵۷	۷,۰	۸,۱۵	$۲,۸۸۳ \times 10^{-4}$
۰,۷۰	۱,۴۴۳	۰,۷۶۶	۷,۰	۸,۳۳	$۳,۲۰۹ \times 10^{-4}$
۰,۸۰	۱,۵۶۰	۰,۷۷۳	۷,۰	۸,۵۰	$۰,۵۳۵ \times 10^{-4}$
۰,۹۰	۱,۶۷۴	۰,۷۷۹	۷,۰	۸,۶۸	$۳,۸۶۲ \times 10^{-4}$
۱,۰۰	۱,۷۸۶	۰,۷۸۵	۷,۰	۸,۸۶	$۴,۱۸۸ \times 10^{-4}$
۱,۵۰	۲,۲۸۴	۰,۷۹۹	۷,۰	۷,۷۶	$۵,۸۱۹ \times 10^{-4}$
۲,۰۰	۲,۷۵۳	۰,۸۰۸	۷,۰	۱۰,۶۵	$۷,۴۵۱ \times 10^{-4}$

جدول (۷): مقادیر پیشنهادی برای سطح کرت (هکتار) به ازاء انواع مختلف خاک‌ها و دبی جریان

مقدار جریان (l)	مقدار جریان (m ³ /hr)	شن	لوم شنی	لوم رس	رس
۳۰	۱۰۸	۰,۰۲	۰,۰۶	۰,۱۲	۰,۲
۶۰	۲۱۶	۰,۰۴	۰,۱۲	۰,۲۴	۰,۴
۹۰	۳۲۴	۰,۰۶	۰,۱۸	۰,۳۶	۰,۶
۱۲۰	۴۳۲	۰,۰۸	۰,۲۴	۰,۴۸	۰,۸
۱۵۰	۵۴۰	۰,۱۰	۰,۳۰	۰,۶۰	۱,۰
۱۸۰	۶۴۸	۰,۱۲	۰,۳۵	۰,۷۲	۱,۲
۲۱۰	۷۵۶	۰,۱۴	۰,۴۲	۰,۸۴	۱,۴
۲۴۰	۸۶۴	۰,۱۶	۰,۴۸	۰,۹۶	۱,۶
۲۷۰	۹۷۲	۰,۱۸	۰,۵۴	۱,۰۸	۱,۸
۳۰۰	۱۰۸۰	۰,۲۰	۰,۶۰	۱,۲۰	۲,۰

(۷) بحث و نتیجه‌گیری

در طراحی سیستم‌های آبیاری سطحی (جویچه‌ای، کرتی، نواری)، روش‌های تجربی و روش‌های هیدرولیکی قابل استفاده‌اند. در طراحی این سیستم‌ها به ترتیب بایستی یک سری پارامترها را محاسبه و سپس با تلفیق آنها در یکدیگر به نتایج و ضوابطی دست یافت که بتوان طرح را بر اساس آن اجرا کرد. با بکارگیری برنامه کاربردی ارائه شده، امکان انجام صحیح و سریع این محاسبات برای طراحی سیستم‌های آبیاری جویچه‌ای، کرتی و نواری فراهم می‌شود.

منابع:

۱. جعفر نژاد قمی، عین‌اله ۱۳۷۱. «برنامه نویسی به زبان ++C». انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد.
۲. شیمز، اروینگ اچ ۱۳۷۱. «مکانیک سیالات»، انتشارات پژوهش.
۳. صباغ زاده، همایون ۱۳۸۳. اولین همایش بررسی مشکلات شبکه‌های آبیاری و زهکشی.
۴. علیزاده، امین ۱۳۸۴. «طراحی سیستم‌های آبیاری»، انتشارات قدس رضوی.

۵. قمرنیا، ه.ح. خسروی. و م.جوادی بایگی ۱۳۸۶. «برنامه رایانه ای طراحی سیستم آبیاری بارانی کلاسیک و آبیاری بارانی با لوله‌های چرخدار به زبان ++C». اولین سمینار طرح ملی آبیاری تحت فشار و توسعه پایدار.
۶. کبریتی، فتح اله. «لزوم بررسی سیستم‌های آبیاری سطحی در مراحل طراحی و بهره‌برداری بمنظور استفاده بهینه از منابع آب در سطح مزرعه»، مجموعه مقالات هفتمین سمینار کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران.

دومین سمینار (راهکارهای بهبود و اصلاح سامانه‌های آبیاری سطحی

۲ فرورداد ماه ۱۳۸۷

حذف آبیاری شبانه، راهکاری جهت افزایش راندمان آبیاری سطحی

علیرضا نژادشاملو^۱، عباسعلی قزل سوفلو^۲، ایمان اشرف زاده^۳

چکیده

آبیاری سطحی در مناطق وسیعی از کشورمان بعنوان روش آبیاری اراضی کشاورزی و باغات مورد استفاده بوده و با توجه به عواملی از قبیل توپوگرافی اراضی، نظام بهره برداری از زمین و تقسیم حقاچه، سطح درآمدی و آگاهی بهره‌برداران، میزان بهره برداری از فن آوری و... از روش‌های متفاوت اینگونه آبیاری استفاده می‌شود که قاعده‌تاً هر یک دارای راندمان آبیاری متناسب با شرایط خود می‌باشد. ولی نکته قابل توجه آنست که در هر حال در اغلب مواقع راندمان آبیاری در روش آبیاری سطحی پائین است و سعی محققین و متخصصین در بالا بردن راندمان آبیاری در این اراضی می‌باشد.

منطقه گلکان در محدوده شهرستان چناران از استان خراسان رضوی یک دره خوش آب و هوا با رودخانه‌ای دائمی و الگوی کشت باغی است که نظام بهره برداری خرده مالکی با روش آبیاری سطحی (غرقابی) و راندمان آبیاری پائین (حدود ۳۴ درصد) در آن حاکم می‌باشد. بررسی‌ها نشان داد که در شرایط موجود تنش آبی حاکم بر باغات منطقه مورد مطالعه بالغ بر ۴۲ درصد می‌باشد که باعث لطمات شدید به اقتصاد منطقه شده است. همچنین بررسی مسائل اجتماعی منطقه طرح بیانگر این واقعیت بود که چون این منطقه مورد توجه شهرنشینان مشهد واقع شده و عملاً از بافت روستائی خود در حال خارج شدن می‌باشد و همچنین با توجه به تغییر در عادات مردم (بخصوص جوانان منطقه)، اعمال آبیاری‌های

۱- کارشناس ارشد مهندسی کشاورزی، شرکت مهندسی مشاور کاوش پی مشهد
مشهد، صندوق پستی ۴۸۵۴-۹۱۳۷۵، alishamlo1971@yahoo.com

۲- دکتری عمران، شرکت مهندسی مشاور کاوش پی مشهد
مشهد، صندوق پستی ۴۸۵۴-۹۱۳۷۵، ghezsofloo@gmail.com

۳- کارشناس مهندسی آبیاری، شرکت مهندسی مشاور کاوش پی مشهد
مشهد، صندوق پستی ۴۸۵۴-۹۱۳۷۵، ashrafzadeh_iman@yahoo.com

شبانه با تلفات بسیار بالائی همراه بوده و عملاً باعث افت شدید راندمان آبیاری و به تبع آن افزایش تنش آبی بر باغات منطقه می‌گردد. از طرف دیگر نا مناسب بودن وضعیت کانال‌های اصلی آبیاری نیز در افزایش این مشکل تاثیر بسزائی داشته است.

بمنظور کاهش اثرات سوء تنش آبی نسبت به برنامه ریزی جهت حذف آبیاری شبانه در منطقه طرح اقدام گردید. بدین منظور مطالعات لازم جهت طراحی سازه بند بتنی وزنی با حجم مخزن محدود جهت ذخیره سازی آب رودخانه در طی شب و مصرف آن در ساعات روز اقدام گردید. در ادامه با طراحی کانال‌های آبیاری اصلی که توانائی انتقال آب ذخیره شده را نیز داشته باشند اقدام شد. همچنین بمنظور اجتناب از هر گونه تنش اجتماعی ممکن در منطقه طرح، مقرر گردید که روند توزیع حقا به در منطقه تغییر نیافته و تنها آبیاری شبانه از مدار حذف گردد که با استقبال بی نظیر بهره برداران نیز همراه بود.

بررسی‌ها نشان داد، از آنجائیکه بطور کلی در منطقه مورد مطالعه شرایط توپوگرافی خاصی حاکم بوده و از تبخیر می‌توان صرف نظر کرد، لذا حذف آبیاری شبانه از نقطه نظر فیزیولوژی گیاهی نیز قابل توجه بوده و با اجرای این طرح انتظار می‌رود که راندمان آبیاری از ۳۴ در صد شرایط موجود به ۵۱ درصد افزایش یابد که باعث کاهش تنش آبی از ۴۲ درصد به ۱۳ در صد خواهد شد که در افزایش در آمد منطقه طرح نقش بسزائی خواهد داشت.

کلمات کلیدی: آبیاری سطحی، راندمان آبیاری، حذف آبیاری شبانه، تنش آبی

۱- مقدمه

ایران سرزمینی است خشک با نزولات جوی بسیار کم، بطوریکه بارندگی در ایران کمتر از یک سوم متوسط بارندگی در سطح دنیا است. بنابراین باید پذیرفت که خشکی در ایران یک واقعیت اقلیمی است و سازگاری با آن مستلزم پیش بینی تمهیدات خاصی می‌باشد. یکی از راههای سازگاری با کم آبی استفاده بهینه از منابع آب و افزایش بهره‌وری آب است. بطوریکه بایستی تا حد امکان از نزولات جوی، جریان آبهای سطحی، منابع زیرزمینی و رطوبت خاک به نحو مطلوب و بهینه استفاده شود. در این میان مشکلات کم آبی استان خراسان رضوی که از حیث اقلیمی در محدوده خشک و نیمه خشک قرار دارد، وضعیت بحرانی تری را برای بخش کشاورزی و شرب استان ترسیم نموده است. رشد روزافزون جمعیت و نیاز فزاینده به آب در بخش‌های مختلف مصرف بویژه کشاورزی بعنوان بزرگترین مصرف کننده آب از یک سو و کاهش شدید منابع آب از سوی دیگر توجه مدیران و مسئولان بخش کشاورزی و صنعت آب کشور و بویژه استان را به شناخت منابع آب و افزایش بهره‌وری مصرف معطوف نموده است.

بدون شک نگاه سنتی و به مقوله طرح‌های توسعه منابع آب همیشه پاسخگوی نیازهای جوامع امروزی نمی‌باشد. بلکه امروزه لازمست تا با نگاهی نو به مقوله بهره‌برداری بهینه از منابع آب نگریست و با اعمال مدیریت عرضه و تقاضا، در بهره‌برداری بهینه از منابع آب اقدام نمود.

رودخانه گلکان یکی از رودخانه‌های تغذیه کننده آبخوان دشت مشهد می‌باشد که در مسیر عبور خود سطح زیادی از باغات منطقه را مشروب می‌نماید. مسائل اجتماعی منطقه طرح بیانگر این واقعیت می‌باشد که از آنجائیکه منطقه مورد توجه شهرنشینان مشهد واقع شده و عملاً از بافت روستائی خود در حال خارج شدن می‌باشد و همچنین با توجه به تغییر در عادات مردم (بخصوص جوانان منطقه)، رغبت چندانی برای اعمال آبیاری‌های شبانه در بین اهالی دیده نمی‌شود و عملاً با بروز تلفات بسیار بالای آب آبیاری، باعث افت شدید راندمان آبیاری و به تبع آن افزایش تنش آبی بر باغات منطقه می‌گردد. از طرف دیگر نامناسب بودن وضعیت کانال‌های اصلی آبیاری نیز در افزایش این مشکل تاثیر بسزائی دارد. این مسئله باعث ایجاد خسارت به درختان گردیده و با افت شدید در آمد روستائیان زمینه را برای فروش اراضی و مهاجرت به شهر برای ایشان مهیا نموده است که ادامه این روند باعث تشدید مشکلات اقتصادی و بروز معضلات زیست محیطی و اجتماعی عدیده ای خواهد گردید.

۲- وضعیت موجود منطقه

محدوده مورد مطالعه در شمال مرکز استان خراسان رضوی و در فاصله حدود ۴۰ کیلومتری شهر مشهد و در ۳۲ کیلومتری جنوب شهر چناران قرار گرفته و از نظر تقسیمات کشوری در دهستان گلکان، بخش گلپهار، شهرستان چناران واقع گردیده است.

حوضه آبریز گلکان تا محل محور پیشنهادی مشاور دارای مساحتی در حدود ۴۷/۵ کیلومتر مربع می‌باشد که با توجه به بارندگی سالیانه ۲۹۰/۳ میلیمتری منطقه طرح، شیب متوسط حوضه معادل ۴۶/۲۱ درصد و اطلاعات استخراج شده از ایستگاه هیدرومتری موجود در بالا دست محور، آورد متوسط رودخانه در محل طرح معادل ۱۱/۲۹ میلیون متر مکعب برآورد می‌گردد.

منطقه مورد مطالعه از نظر تقسیمات زمین شناسی در بخشی از البرز شرقی به عنوان زون بینالود معرفی شده است. رشته کوه‌های بینالود با روند تقریبی شمال غرب - جنوب شرق، بین پلیت مستحکم توران و خرد قاره ایران مرکزی محاط شده است. در این محدوده توالی نسبتاً ستبری از سنگ‌های رسوبی، دگرگونه و آتشفشانی وجود دارد. کهن ترین آنها به کامبرین تعلق داشته و جوانترین آنها نهشته‌های آبرفتی و پادگانه‌های جوان می‌باشند.

بطور کلی بیشترین فراوانی را در منطقه فیلیت‌های موسوم به فیلیت مشهد به خود اختصاص داده‌اند و بطور عمده شامل فیلیت، کالک فیلیت، اسلیت، ماسه سنگ، کوارتزیت و آهک‌های میان لایه نازک می‌باشند که کوه‌های بلند بینالود را ساخته‌اند. ارتفاعات منطقه و حوضه آبریز بطور عمده شامل تشکیلات با سن

تریاس و ژوراسیک و سیلیورین - دونین می‌باشند، همچنین در منطقه بطور پراکنده آبرفت‌های عهد حاضر نهشته شده‌اند.

روستای گلکان بعنوان تنها حقابه بر از رودخانه گلکان در پائین دست محور پیشنهادی قرار گرفته و اراضی کشاورزی حقابه بر آن در حدود ۶۰۰ هکتار می‌باشد که در حد فاصل محور پیشنهادی و شمال روستا واقع شده‌اند (شکل شماره ۱). کشاورزی منطقه به فعالیت‌های باغداری محدود می‌گردد و باغات منطقه تلفیقی از درختان میوه شامل انگور، سیب، گلابی، گیلان، آلبالو، سایر هسته داران و گردو می‌باشد.



شکل شماره (۱): نمای عمومی باغات منطقه مورد مطالعه

بطور کلی نظام بهره‌برداری در منطقه مورد مطالعه خرده مالکی می‌باشد و مالکیت زمین و آب یکسان نیست و هر شخص به اندازه زمینی که در اختیار دارد صاحب حقابه نمی‌باشد. در حال حاضر، میراب‌های روستا با توجه به فیزیوگرافی و توپوگرافی باغات منطقه و همچنین دوری و نزدیکی به رودخانه و انهار اصلی، نسبت به تقسیم آب بین حقابه بران اقدام می‌کنند. دور آبیاری در شرایط موجود بین ۱۵ تا ۳۵ روز در نوسان است، بطوریکه در ماه‌های فروردین و اردیبهشت این مدار ۱۵ روز و در مرداد ماه به حداکثر مقدار (تا ۳۵ روز) می‌رسد.

برابر اطلاعات موجود متوسط دبی رودخانه معادل ۲۵۰ لیتر در ثانیه است که بین ۱۳۰ لیتر در ثانیه در ماه دی تا ۹۷۰ لیتر در ثانیه در اردیبهشت ماه در نوسان است. ضمن آنکه آورد سالانه رودخانه معادل ۱۱/۲۹ میلیون متر مکعب می‌باشد.

عمده‌ترین مشکل توسعه کشاورزی در محدوده روستای گلکان مربوط به منابع تامین آب کشاورزی در محدوده مورد نظر می‌باشد. معمولاً در تابستان که نیاز آبی محصولات کشاورزی به حداکثر خود می‌رسد، ریزش‌های جوی قطع شده و یا محدود می‌گردد و آبدهی چشمه سارهای منطقه نیز کاهش می‌یابد و در نتیجه آبدهی رودخانه گلکان به حداقل می‌رسد. از طرف دیگر پائین بودن راندمان انتقال باعث شده تا از همین آب موجود بهره برداری مطلوبی بعمل نیاید. همچنین تاثیر پذیری منطقه از فرهنگ شهر نشینی باعث شده تا روستائیان کمتر نسبت به آبیاری شبانه باغات خود رغبت نشان دهند و لذا آب رودخانه در

شبها به هدر رفته و اغلب باعث تخریب در مسیر جویهای سنتی شده و تلفات آبیاری افزایش می‌یابد (شکل شماره ۲). براساس برآوردهای بعمل آمده راندمان کل آبیاری سطحی در شرایط فعلی در شبها معادل ۲۶ درصد، در روزها معادل ۳۹ درصد و بطور متوسط در حدود ۳۴ درصد می‌باشد.



شکل شماره (۲): نمونه انهار اصلی آبیاری در منطقه مورد مطالعه

با توجه به دور آبیاری، راندمان انتقال آب ۶۵ درصد، ارتفاع آبیاری ۱۰ سانتیمتر و سطح ۶۰۰ هکتار باغات محدوده مورد مطالعه، حجم آب مصرفی در منطقه مورد مطالعه معادل $8/83$ میلیون متر مکعب در سال برآورد شده است که $2/46$ میلیون متر مکعب از آورد سالیانه رودخانه کمتر می‌باشد.

همچنین با در نظرگرفتن راندمان کل آبیاری ۳۴ درصدی منطقه و نیاز خالص آبیاری باغات منطقه مورد مطالعه که توسط نرم افزار CropWat مورد محاسبه قرار گرفت، نیاز آبیاری ۶۰۰ هکتار الگوی موجود باغات منطقه معادل $15/18$ میلیون متر مکعب برآورد گردید که با توجه به حجم آب مصرفی کنونی، تنش آبی معادل $41/8$ درصد بر باغات منطقه حاکم می‌باشد.

درآمد خانوارهای کشاورزی که دارای حقاچه از رودخانه گلکان می‌باشند به مقدار حقاچه آنها از آب رودخانه و سایر منابع آبی موجود در منطقه ارتباط دارد. با توجه به بررسی اقتصاد کشاورزی در باغات حقاچه بر از رودخانه گلکان و محاسبات اقتصادی در خصوص الگوی کشت موجود مشخص گردید که متوسط هزینه یک هکتار الگوی کشت در شرایط فعلی در روستای گلکان معادل ۲۹۵۹ هزار ریال و متوسط درآمد خالص یک هکتار الگوی کشت در شرایط موجود منطقه مورد مطالعه معادل ۷۸۸۵ هزار ریال می‌باشد. ضمن آنکه در شرایط موجود نسبت سوددهی یک هکتار از الگوی کشت منطقه مورد مطالعه معادل $3/41$ می‌باشد (جدول شماره ۱).

جدول شماره (۱): بررسی پارامترهای اقتصادی الگوی کشت منطقه مورد مطالعه در شرایط فعلی

محصول	ترکیب کشت (درصد)	درآمد ناخالص (هزار ریال)	هزینه‌ها (هزار ریال)	درآمد خالص (هزار ریال)	درآمد کشاورز (هزار ریال)	نسبت سوددهی
انگور	۴۱/۷	۳۷۵۳	۱۲۰۴/۱	۲۵۴۸/۹	۳۰۷۸/۵	۲/۱۲
آلبالو	۲۱/۷	۲۱۷۰	۶۵۳/۹	۱۵۱۶/۱	۱۸۴۶/۴	۲/۳۲
گیلاس	۱۶/۷	۲۰۰۴	۵۰۳/۳	۱۵۰۰/۷	۱۷۵۵	۲/۹۸
سایر هسته داران	۸/۳	۱۲۰۳/۵	۲۵۰/۱	۹۵۳/۴	۱۰۷۹/۷	۳/۸۱
سیب	۵	۵۲۵	۱۵۴/۹	۳۷۰/۱	۴۴۶/۳	۲/۳۹
گلابی	۳/۳	۳۹۶	۱۰۲/۲	۲۹۳/۸	۳۴۴	۲/۸۷
گردو	۳/۳	۷۹۲	۹۰/۱	۷۰۱/۹	۷۴۷	۷/۷۹
جمع کل	۱۰۰	۱۰۸۴۳/۵	۲۹۵۸/۶	۷۸۸۴/۹	۹۲۹۶/۹	۳/۴۱

۳- طرح پیشنهادی

با توجه به آنچه ذکر گردید و بمنظور استفاده بهینه از آب رودخانه گل‌مکان و کاهش تنش آبی حاکم بر باغات منطقه، بررسی راهکارهای متفاوت در دستور کار قرار گرفت. برابر بررسی‌های بعمل آمده افزایش بهره‌وری آب در منطقه مورد مطالعه از طریق افزایش راندمان آبیاری سطحی و یا افزایش آب قابل استحصال امکان پذیر می‌باشد. از آنجائیکه تلفات آبیاری به دو بخش تلفات توزیع و انتقال تقسیم می‌گردد، جهت بهبود هر یک از راندمان‌های مذکور راه‌حل‌های زیر پیشنهاد گردید:

۳-۱- افزایش راندمان آبیاری سطحی

۳-۱-۱- امداد بند ذفیره ای شبانه - همانطور که قبلاً نیز اشاره گردید تغییر در عادات اجتماعی و برهم خوردن ساختار معیشتی منطقه طرح باعث گردیده تا روستائیان (علی‌الخصوص جوانان) رغبتی به انجام آبیاری در شب‌ها نداشته و عملاً شب آبیاری در منطقه طرح با تلفات بالای آب و خرابی انهار سنتی همراه است. لذا انتظار می‌رود که با اعمال نخیره سازی آب در شب و حذف آبیاری شبانه، راندمان توزیع آب و متعاقب آن راندمان کل آبیاری افزایش یابد و از این طریق باعث کاهش تنش آبی و افزایش راندمان تولید گردد. نکته قابل توجه شرایط توپوگرافی منطقه طرح می‌باشد که این امکان را فراهم می‌سازد تا در صورت حذف آبیاری شبانه و انجام آبیاری در روز با تلفات ناشی از تبخیر بالا روبرو نباشیم.

۳-۱-۲- اصلاح شبکه آبیاری موهود - در حال حاضر در حدود ۲۰ کیلومتر شبکه انتقال آب در باغات منطقه وجود دارد که از این میزان حدود ۷ کیلومتر دارای پوشش بتنی و حدود ۱۳ کیلومتر فاقد پوشش بتنی و بصورت سنتی و خاکی می‌باشد. دهانه‌های آبیگری در کل شبکه انتقال آب بصورت سنتی و غیر اصولی

بوده و پوشش انهار بتنی در پاره‌ای از بخش‌ها بکلی تخریب شده و یا در حال تخریب می‌باشد. لذا انتظار می‌رود که با اصلاح شبکه آبیاری راندمان انتقال آب و متعاقب آن راندمان کل آبیاری افزایش یابد و از این طریق نیز تنش آبی کاهش یافته و راندمان تولید افزایش خواهد یافت.

۳-۲- افزایش آب قابل استحصال

همانطور که قبلاً بیان گردید در حال حاضر میزان مصرف آب کشاورزی در محدوده مورد مطالعه حدود ۸/۸۳ میلیون متر مکعب می‌باشد و با توجه به متوسط آورد سالانه رودخانه که معادل ۱۱/۲۹ میلیون متر مکعب برآورد گردیده است، بمیزان ۲/۴۶ میلیون متر مکعب از آورد سالیانه رودخانه بلا استفاده مانده و از دسترس کشاورزان منطقه طرح خارج می‌گردد. لذا انتظار می‌رود که با ذخیره بخشی از آب مازاد رودخانه میزان تنش آبی حاکم بر باغات منطقه کاهش یابد. این امر با افزایش حجم مخزن چشمه سبز در بالادست رودخانه از طریق لایروبی و یا افزایش ارتفاع بند آن امکان پذیر می‌باشد.

از آنجائیکه رودخانه گلکان یکی از سرشاخه‌های تغذیه کننده آبخوان دشت مشهد بوده و در شرایط فعلی این دشت با بحران جدی روبرو می‌باشد، هرگونه بهره برداری بیش از میزان حقابه‌های موجود مورد تأیید شرکت سهامی آب منطقه خراسان رضوی واقع نگردید و امکان افزایش آب قابل استحصال از طریق ذخیره سازی مازاد آب رودخانه میسر نگردید. لذا طرح پیشنهادی مشاور شامل احداث بند ذخیره‌ای با هدف ذخیره آب در شب، حذف آبیاری شبانه و اصلاح و نوسازی شبکه انهار اصلی موجود با هدف کاهش تلفات توزیع و انتقال آب و افزایش راندمان آبیاری سطحی، کاهش تنش آبیاری و افزایش راندمان تولید مورد تأیید کمیته فنی کارفرما قرار گرفت و ادامه مطالعات بر این موضوع متمرکز گردید.

در این راستا از محل مورد نظر نقشه برداری با مقیاس مناسب ۱:۱۰۰۰ انجام پذیرفت و توپوگرافی حاصل با استفاده از امکانات سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی (GIS) در محیط نرم افزاری Arc View به صورت سه بعدی شبیه سازی گردید و منحنی حجم - سطح - ارتفاع مخزن جهت انتخاب حجم بهینه مخزن بدست آمد.

همانطور که پیش از این اشاره گردید حداکثر آورد رودخانه گلکان در طول دوره آماری در ماه اردیبهشت و بمقدار ۰/۹۷ متر مکعب بر ثانیه روی می‌دهد. لذا در صورتیکه برنامه ریزی و برآورد حجم مخزن برای بحرانی ترین شرایط مد نظر باشد بایستی حجم ذخیره شبانه در ماه اردیبهشت مد نظر قرار گیرد. از آنجائیکه طول شب در اردیبهشت ماه ۹ الی ۹/۵ ساعت می‌باشد (جهت اطمینان ۱۰ ساعت در نظر گرفته شد) حجم مورد نیاز ذخیره رواناب شبانه معادل ۳۴۹۲۰ متر مکعب خواهد بود که اگر حجم مرده مخزن که از رسوبات پر شده است (حجم رسوبات به تله افتاده در مخزن ۶۲۷۵ متر مکعب در سال برآورد شده است) را نیز مد نظر قرار دهیم، حجم نهایی مورد لزوم به ۴۱۲۰۰ متر مکعب خواهد رسید که با اعمال ۱۰ درصد از این حجم را به عنوان ضریب اطمینان، حجم پیشنهادی مخزن ذخیره شبانه معادل ۴۵۳۲۰ متر مکعب می‌باشد که با احداث بند ذخیره ای با ارتفاع نرمال ۱۲/۲ متر به این مهم دست خواهیم

یافت. در این شرایط برای حالت بحرانی اردیبهشت ماه با فرض ذخیره رواناب شبانه، بایستی دبی متوسط $1/662$ متر مکعب در طول ۱۴ ساعت روز از مخزن تخلیه گردد تا در آبیاری شب بعد، مخزن خالی باشد. لذا در طراحی کانال‌های آبیاری جدید بایستی به این نکته توجه داشت که این کانال‌ها توانایی و کشش تخلیه آب مورد انتقال یک شبانه روز را در ۱۴ ساعت روز داشته باشند.

با توجه به وضعیت ظاهری و زمین شناسی ساختگاه محور پیشنهادی نسبت به بررسی انواع سدهای قابل اجرا اقدام گردید و در نهایت گزینه بند بتنی وزنی مورد تأیید قرار گرفت. گزینه مذکور سدی بتنی به ارتفاع ۱۴ متر، طول تاج ۵۶ متر و عرض تاج ۲ متر می‌باشد. همچنین سرریز این بند در روی بدنه بند تعبیه گردید و سیستم استهلاک انرژی آن از نوع باکت مستغرق انتخاب گردید.

۴- بحث و بررسی

با توجه به طرح پیشنهادی مشاور مقرر گردید که پس از احداث سازه‌های پیش بینی شده در طرح نسبت به اجرای برنامه راهبری تأسیسات مطابق با پیشنهاد مشاور اقدام گردد. بر این اساس از ابتدای اردیبهشت ماه نسبت به اجرای دستور العمل اجرایی اقدام خواهد شد و در این راستا در طی مدت شب (۱۰ ساعت) شیرهای آبیاری از مخزن بسته شده و با آغاز روز نسبت به آبیاری از مخزن در طی مدت ۱۴ ساعت اقدام خواهد شد. بدین منظور می‌بایستی کانال‌های بتنی قابلیت عبور حجم آبی را که در ۲۴ ساعت عبور می‌داده اند در طول مدت ۱۴ ساعت داشته باشند.

به دلیل پرهیز از بروز مشکلات اجتماعی احتمالی و احترام گذاشتن به قوانین و سنن موجود مقرر گردید که روند توزیع حقابه در منطقه تغییر نیافته و تنها آبیاری شبانه از مدار حذف گردد که با استقبال بی نظیر بهره برداران نیز همراه بود و باعث توجیه هر چه بیشتر طرح از نظر اجتماعی گردید.

همچنین طرح احداث بند ذخیره‌ای بر روی رودخانه گلمکان که با هدف حذف آبیاری شبانه و ذخیره سازی حقابه کشاورزان در شب و اصلاح روش‌های آبیاری و بهسازی کانال‌های انتقال آب مورد بررسی قرار گرفت، با در نظر گرفتن حقابه آبخوان دشت و رعایت ممنوعیت کنترل و جمع‌آوری سیلاب‌ها و دبی زمستانه، ضمن بهبود شرایط زیست محیطی و احیاء باغات در شرف نابودی، از مهاجرت روزافزون اهالی روستا به شهرها کاسته و باعث رونق کشاورزی و به دنبال آن افزایش درآمد و رفاه محلی می‌شود و لذا از نقطه نظر زیست محیطی نیز دارای توجیه خواهد بود.

از طرف دیگر و با توجه به طرح پیشنهادی مشاور پیش بینی می‌گردد که راندمان کل آبیاری از ۳۴ درصد شرایط موجود به ۵۱ درصد شرایط بهبود ارتقاء یابد که در این صورت و با توجه به نیاز آبی محاسبه شده الگوی کشت منطقه، مجموع سطح زیر کشت و راندمان کل آبیاری در شرایط بهبود، انتظار می‌رود که کل نیاز آبی منطقه طرح معادل $10/12$ میلیون متر مکعب باشد و از آنجائیکه برابر طرح پیشنهادی مشاور هیچ آب اضافه‌ای نسبت به حقابه موجود از رودخانه برداشت نخواهد شد، لذا پیش بینی می‌شود که تنش

آبی حاکم بر باغات منطقه از ۴۱/۸ درصد در شرایط فعلی به ۱۲/۷ درصد در شرایط بهبود کاهش یابد که این خود قطعاً در افزایش راندمان تولید محصولات باغی منطقه مورد مطالعه موثر بوده و باعث افزایش درآمد کشاورزان منطقه خواهد گردید.

همچنین با مقایسه هزینه‌ها و درآمدهای محصولات باغی منطقه مورد مطالعه پس از اجرای طرح بهبود مشخص گردید که متوسط هزینه یک هکتار الگوی کشت در شرایط بهبود معادل ۳۷۵۵ هزار ریال و متوسط درآمد خالص یک هکتار الگوی کشت در شرایط بهبود منطقه مورد مطالعه معادل ۱۳۶۶۹ هزار ریال خواهد بود. ضمن آنکه در شرایط اجرای طرح بهبود نسبت سوددهی یک هکتار از الگوی کشت منطقه مورد مطالعه معادل ۳/۶۴ خواهد گردید (جدول شماره ۲).

جدول شماره (۲): بررسی پارامترهای اقتصادی الگوی کشت منطقه مورد مطالعه در شرایط بهبود

محصول	درآمد ناخالص (هزار ریال)	هزینه‌ها (هزار ریال)	درآمد خالص (هزار ریال)	درآمد کشاورز (هزار ریال)	نسبت سوددهی
انگور	۵۸۳۸	۱۵۱۰/۶	۴۳۲۷/۴	۴۹۱۸/۵	۲/۸۶
آلبالو	۳۹۰۶	۸۴۳	۳۰۶۳	۳۴۲۷/۵	۳/۶۳
گیلاس	۳۰۰۶	۶۴۸/۸	۲۳۵۷/۲	۲۶۳۷/۸	۳/۶۳
سایر هسته داران	۱۹۵۰/۵	۳۲۲/۵	۱۶۲۷/۵	۱۸۱۱/۹	۵/۱۹
سیب	۱۰۵۰	۱۹۴/۳	۸۸۲/۵	۹۶۶/۵	۴/۵۴
گلابی	۵۹۴	۱۲۸/۲	۴۸۳/۵	۵۳۸/۹	۳/۷۷
گردو	۱۱۸۸	۱۰۷/۴	۸۸۲/۶	۹۳۱/۱	۸/۲۲
جمع کل	۱۷۵۳۲/۵	۳۷۵۴/۸	۱۳۶۶۸/۷	۱۵۲۳۲/۲	۳/۶۴

مقایسه شرایط موجود با شرایط اجرای طرح بهبود (جدول شماره ۳) حاکی از آن است که با اجرای طرح بهبود (شامل احداث بند جهت ذخیره سازی آب در شب و جلوگیری از آبیاری شبانه و اصلاح شبکه انتقال) راندمان آبیاری کل در باغات منطقه مورد مطالعه در ۳۴ درصد شرایط موجود به ۵۱ درصد افزایش یابد که این موضوع باعث خواهد گردید که بمیزان ۵/۰۵ میلیون متر مکعب از آب مورد نیاز آبیاری منطقه طرح کاسته گردد و از آنجائیکه میزان برداشت آب در شرایط موجود و اجرای طرح بهبود تغییر نخواهد داشت، لذا افزایش راندمان آبیاری کل بمیزان ۱۷ درصد باعث کاهش ۲۹ درصدی تنش آبیاری گردیده که این امر خود باعث افزایش درآمد خالص و نسبت سود دهی در منطقه مورد مطالعه می‌گردد.

جدول شماره (۳): بررسی پارامترهای مورد بررسی در شرایط موجود و شرایط اجرای طرح بهبود

پارامتر	شرایط موجود	شرایط بهبود	درصد تغییرات
آورد کل رودخانه (MCM)	۱۱/۲۹	۱۱/۲۹	صفر
نیاز آبیاری کل (MCM)	۱۵/۱۷	۱۰/۱۲	- ۵/۰۵
کل حجم آب مصرفی (MCM)	۸/۸۳	۸/۸۳	صفر
راندمان آبیاری کل	%34	%۵۱	+ ۱۷
تنش آبیاری	%۴۱/۸	%۱۲/۷	- ۲۹/۱
درآمد خالص الگوی کشت (هزار ریال)	۷۸۸۵	۱۳۶۶۹	+ ۷۳/۳
نسبت سوددهی (B/C)	۳/۴۱	۳/۶۴	+ ۰/۲۳

۵ - نتیجه گیری

هرچند برابر عادت دیرینه، کشاورزان ما از گذشته‌های دور آبیاری در شب را بر آبیاری روزانه ترجیح می‌داده‌اند و همچنین به اعتقاد کارشناسان نیز آبیاری در شب به علت کم بودن امکان تبخیر و تعرق در این ساعات باعث استفاده بهینه از منابع آب می‌گردد ولی با توجه به شرایط توپوگرافی و پوشش متراکم باغات منطقه طرح، پائین بودن میزان تبخیر و تعرق دور از انتظار نبوده و با توجه به بالا بودن تلفات آبیاری در شب‌ها در منطقه مورد مطالعه، حذف آبیاری شبانه و انجام آبیاری در روز، نه تنها با تلفات ناشی از تبخیر و تعرق روبرو نمی‌باشد بلکه اجرای این طرح علاوه بر بهبود قابل توجه اقتصاد منطقه، ضامن احیاء باغات در شرف نابودی و بهبود وضعیت زیست محیطی منطقه مورد مطالعه گردیده و همچنین کاهش مهاجرت روز افزون اهالی روستا را در پی خواهد داشت و موجب کنترل این پدیده شوم اجتماعی خواهد گردید. از طرف دیگر از آنجائیکه اجرای این طرح هیچگونه مغایرتی با الگوی تقسیم حقا به در شرایط فعلی ندارد از کمترین تبعات اجتماعی برخوردار خواهد بود.

۶- مراجع

۱. احسانی، م. و ه.، خالدی ۱۳۸۲. «بهره‌وری آب کشاورزی»، کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران.
۲. علیزاده، امین ۱۳۷۷. «اصول طراحی سیستم‌های آبیاری»، انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد.
۳. علیزاده، امین ۱۳۸۵. «اصول هیدرولوژی کاربردی»، انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد.
۴. مهندسی مشاور کاوش پی مشهد ۱۳۸۶. «مطالعات مرحله اول و دوم بهره‌برداری بهینه از آب رودخانه گلمکان چناران».

دومین سمینار (هاکارهای بهبود و اصلاح سامانه‌های آبیاری سطحی

۲ فرورد ماه ۱۳۸۷

استفاده از روش‌های ایزوتوپیک و اتمی در ارزیابی بازده مصرف آب^۱

بهنام آبابایی^۲

چکیده

در تمامی نقاط جهان، بخش کشاورزی بزرگترین مصرف کننده آب محسوب می گردد (۷۵ تا ۸۰ درصد). در حال حاضر بیشتر آب مورد استفاده برای رشد گیاهان زراعی و باغی، از رطوبت خاک حاصل از بارش استحصال گشته و در حدود ۶۰ درصد از تولیدات کشاورزی کشورهای در حال توسعه مربوط به کشاورزی غیرفاریاب (دیم) می‌باشد. هرچند که آبیاری تنها ۱۰ درصد از نیاز گیاه را تأمین می‌کند و زمینهای تحت آبیاری نیز کمتر از ۲۰ درصد از زمین‌های تحت کشت را شامل می شوند، اما آبیاری نقش اساسی در افزایش میزان محصول دارد. همچنین از آنجاییکه عملکرد زمین‌های تحت آبیاری ۳ برابر زمین‌های دیم می باشد، در حدود ۴۰ درصد از کل محصولات غذایی دنیا از این طریق حاصل می‌گردد. به دلیل رقابت بیشتر بر سر آب کم یاب در بین دیگر بخش‌ها و همچنین، افزایش نگرانی‌های عمومی درباره کیفیت آب، تمرکز بیشتری بر مدیریت بخش کشاورزی اعمال گردیده است. با کاهش منابع آب و افزایش تقاضا، کشاورزی با چالشی دوجانبه مواجه گردیده است:

۱- تولید بیشتر با استفاده از آب کمتر .

۲- جلوگیری از آلودگی آب به وسیله آلاینده‌های کشاورزی-شیمیایی.

اقداماتی که در این رابطه صورت می گیرند از سیاست‌ها و اقداماتی تشکیل می شوند که برپایه مدیریت تقاضا برای منابع آب بنا گردیده‌اند. این اقدامات شامل ترکیبی از تمهیداتی می‌باشند که تقسیم منصفانه و به میزان کافی آب بین بخش‌های مختلف را تضمین می‌نمایند. همچنین مدیریت یکپارچه منابع آب نیز بیش از گذشته مورد نظر قرار گرفته است.

1- Nuclear And Isotopic Techniques

۲- دانشجوی مقطع کارشناسی ارشد، مهندسی کشاورزی، آبیاری و زهکشی، دانشکده مهندسی آب و خاک، دانشگاه تهران

کلید واژه‌ها: راندمان کاربرد آب، رطوبت سنج نوترونی، روش‌های ایزوتوپیک، ایزوتوپ سبک و سنگین، ایزوتوپ‌های پایدار کربن.

۱. افزایش راندمان کاربرد آب در بخش کشاورزی

راندمان کاربرد آب (WUE) دارای مفهوم گسترده ایست و به گونه‌های مختلفی تشریح می‌گردد. برای کشاورزی و مدیران آن، این راندمان به صورت نسبت محصول تولید شده به مقدار آب مصرفی (بارندگی، آبیاری و رطوبت خاک) تعریف می‌شود.

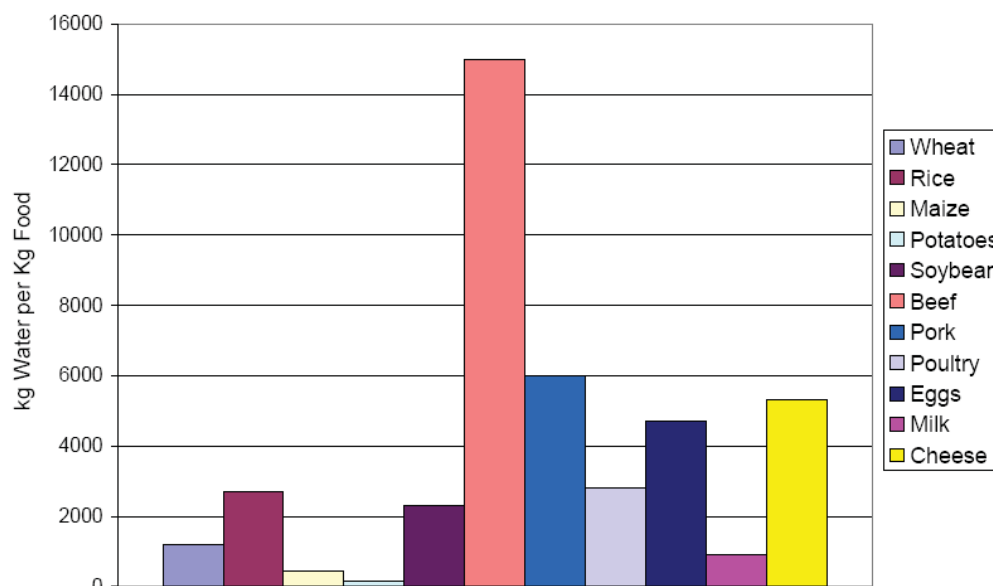
افزایش راندمان کاربرد آب در بخش کشاورزی نیازمند افزایش مقدار محصول تولیدی در ازای هر واحد آب جذب شده توسط گیاه و کاهش تلفات رطوبت از منطقه توسعه ریشه گیاه می‌باشد. مقدار غذای تولید شده در بخش کشاورزی بستگی کامل به مقدار محصول تولیدی در این بخش دارد (شکل ۱). به عنوان نمونه، تولید هر کیلوگرم گوشت گاو ۱۴ برابر آب بیشتری نسبت به تولید هر کیلوگرم گندم نیاز دارد. بنابراین بهبود راندمان کاربرد آب در کشاورزی ممکن است نیاز به برخی تغییرات اقتصادی اجتماعی داشته باشد.

افزایش راندمان کاربرد آب، بخصوص در مناطق خشک و نیمه خشک که بارندگی از الگویی غیرقابل پیش بینی پیروی می‌نماید همواره جزو اهداف اصلی بشمار رفته است. در شرایط بارش، رطوبت خاک می‌تواند به وسیله تبخیر به هدر رود و یا توسط گیاه جذب شده و سپس به وسیله تعرق گیاه به اتمسفر وارد گردد. همچنین می‌تواند به وسیله رواناب سطحی و نفوذ عمقی نیز از دسترس خارج گردد.

در شرایط آبیاری، مقداری از آب نیز به دلیل مدیریت نامناسب آب بین منبع تا گیاه به هدر می‌رود. معمولاً بیش از ۵۰ درصد از آب آبیاری در سطح مزرعه به هدر می‌رود. با اینحال در سطح حوضه، به دلیل بازیافت بخش از این آب توسط آبهای زیرسطحی و زیرزمینی ممکن است این مقدار کمتر باشد.

استراتژی‌های مختلفی به منظور افزایش راندمان کاربرد آب وجود دارند. از جمله اقداماتی که در رابطه با مدیریت یکپارچه منابع آب می‌توان به آنها اشاره داشت عبارتند از: (۱) افزایش باروری خاک به منظور حذف محدودیت مواد غذایی مورد نیاز گیاه در مسیر تولید به ازای هر قطره آبی که به وسیله آبیاری یا بارندگی به خاک اضافه می‌شود، (۲) بازیافت پایاب مزارع، (۳) اقدامات مربوط به حفاظت آب و خاک از طریق استفاده از بقایای گیاهی و بهبود وضعیت آماده سازی زمین قبل از کشت و (۴) اقدام به شخم عمیق به منظور افزایش مقدار نفوذ و کاهش رواناب و در نتیجه، بهبود وضعیت رطوبتی خاک. بعلاوه، روشهای نوین آبیاری از جمله آبیاری تکمیلی (آبیاری جزئی به منظور تکمیل مقدار ناکافی بارندگی)، کم آبیاری (کاهش مقدار آب آبیاری در زمانهایی که تأثیر بسزایی بر مقدار تولید ندارد) و آبیاری موضعی (که آب را مستقیماً در اختیار منطقه توسعه ریشه قرار می‌دهد) نیز باعث کاهش مقدار تبخیر از سطح خاک و در نتیجه افزایش مقدار رطوبت موجود برای تعرق گیاه می‌شوند. در بسیاری از مناطق بسیار خشک جهان با

بافت خاک سبک و با حاصلخیزی کم، کمبود مواد غذایی برای رشد گیاه تأثیر بیشتری نسبت به کمبود آب دارد. رشد گیاه در این شرایط آنقدر کم است که تنها می‌تواند ۱۰ تا ۱۵ درصد از آب باران را جذب کند و باقی باران به وسیله تبخیر، رواناب سطحی و نفوذ عمقی به هدر می‌رود. در این شرایط راندمان کاربرد آب می‌تواند بسیار پایین باشد، زیرا مقدار آب مورد نیاز برای تولید غذای یک شخص از مقدار متوسط ۲۰۰۰ تا ۵۰۰۰ کیلوگرم آب به ازای هر کیلوگرم غذای تولید شده بیشتر خواهد بود (شکل ۱). همچنین افزایش مواد غذایی مورد نیاز گیاه، نه تنها مقدار تولید را افزایش می‌دهد، بلکه مقدار راندمان کاربرد آب را نیز بهبود می‌بخشد. کودآبیاری نیز با افزایش تأثیر متقابل این دو مقوله (آب و مواد غذایی)، راندمان مصرف هر دو را افزایش می‌دهد.



شکل ۱: آب مورد نیاز برای تولید غذا (لیتر آب در ازای هر کیلوگرم غذای تولید شده)

روش‌های اتمی و ایزوتوپیک می‌توانند در افزایش مقادیر راندمان کاربرد آب در بخش کشاورزی نقش عمده‌ای داشته باشند. دلایل آن به شرح زیر می‌باشند:

- بهبود مدیریت آب: افزایش دقت در اندازه‌گیری رطوبت خاک به منظور برنامه‌ریزی بهینه آبیاری و در نتیجه، کاهش تلفات آب.
- بهینه کردن مقدار آب مصرفی در برای محصول تولیدی.
- کمک به انتخاب و ارزیابی گونه‌های مختلف گیاهان با مقاومت بیشتر در مقابل خشکی و مقدار تولید بیشتر.

۲. استفاده از رطوبت سنج نوترونی و ایزوتوپ‌های پایدار در بهبود مدیریت آب

کاهش تلفات آب علاوه بر بهبود وضعیت مدیریت آب، از دیدگاه تلفات مواد غذایی، فرسایش آبی و آلودگی منابع سطحی و زیرزمینی نیز دارای اهمیت است. اندازه گیری دقیق مقدار رطوبت خاک و مقدار رطوبت برداشت شده از خاک بوسیله تبخیر و تعرق خاک و گیاه به منظور ایجاد تعادل بهینه آب در خاک ضروریست.

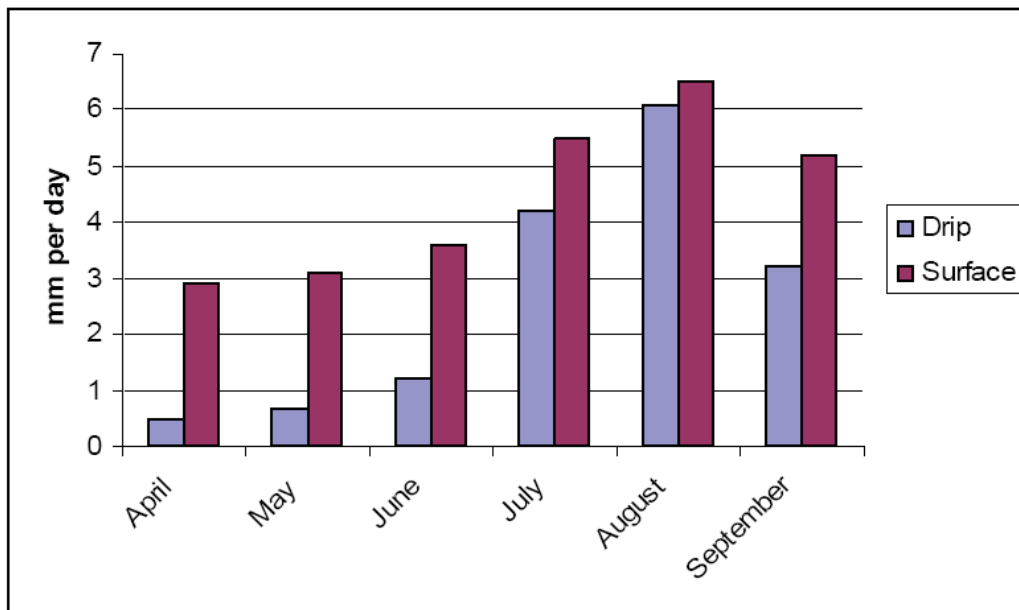
۲-۱ کاربرد رطوبت سنج نوترونی

رطوبت سنج نوترونی (SMNP)^۱ وسیله ای قابل حمل می‌باشد که به منظور اندازه‌گیری مداوم مقدار رطوبت خاک در عمقهای مختلف مورد استفاده قرار می‌گیرد. (شکل ۲). اطلاعات حاصل از این دستگاه برای محاسبات مربوط به تعادل آبی خاک و همچنین تخمین کل مقدار تخیر و تعرق از خاک و گیاه مورد استفاده قرار می‌گیرند. مطالعات مختلف نشان داده است که استفاده از این دستگاه می‌تواند تا ۵۰ درصد مقدار راندمان کاربرد آب آبیاری را افزایش داده و با بهبود روش‌های مدیریتی، ضمن بهبود وضعیت پوشش سطح زمین، باعث کاهش تبخیر از سطح خاک می‌گردد. به عنوان مثال جایگزین کردن سیستم آبیاری موضعی (که نیازمند اندازه‌گیری دقیق نیاز آبی گیاه می‌باشد) به جای روش غرقابی باعث می‌شود ۲۵ تا ۵۰ درصد در مصرف آب صرفه‌جویی شود (شکل ۳). این صرفه جویی مزایای دیگری نیز دارد، از جمله به همین میزان باعث افزایش راندمان کودهای مصرف شده و کاهش آبتشویی نیتروژن از محیط ریشه می‌گردد.



شکل ۲: نمونه‌ای از دستگاه رطوبت سنج نوترونی

1- Soil Moisture Neutron Probe.



شکل ۳: جایگزینی آبیاری سطحی با آبیاری قطره‌ای

(نمودار نیاز آبی پنبه در مزارع سوریه، در ۳ ماه اول بیش از ۶۰ درصد در مصرف آب صرفه‌جویی شده است)

رطوبت سنج نوترونی که از سال ۱۹۶۰ مورد بهره‌برداری قرار گرفته است، وسیله‌ای دقیق و سریع است که بخصوص در هنگامی که نیاز به اندازه‌گیری‌های دقیق و مرتب رطوبت خاک می‌باشد وسیله‌ای با ارزش محسوب می‌شود. هرچند که روش‌های دیگر اندازه‌گیری رطوبت نیز ابداع گردیده‌اند، اما این روش بخصوص در مناطقی که مثلاً شوری خاک می‌تواند بر دقت اندازه‌گیری تأثیر منفی بگذارد متداولتر است. این دستگاه از دو بخش اصلی تشکیل شده است: میله اندازه‌گیری که درون غلافی قرار گرفته و به یک شمارنده الکترونیکی متصل است. میله اندازه‌گیری شامل منبع رادیواکتیو (که نوترون‌های سریع را از خود ساعت می‌کند) و یک شمارنده نوترون‌های کند شده می‌باشد. در حین اندازه‌گیری، میله درون لوله‌ای تا عمق مورد نظر در خاک فرو برده می‌شود. نوترون‌های سریع ساعت شده از دستگاه به دلیل برخورد با هیدروژن موجود در رطوبت خاک انرژی خود را از دست می‌دهند و از سرعت حرکت آنها کاسته می‌شود. آن بخش از نوترون‌هایی که سرعت خود را از دست می‌دهند نسبت مستقیم با مقدار رطوبت خاک دارد. رطوبت سنج‌های نوترونی مدرن دارای تجهیزات پیچیده الکترونیکی می‌باشند که با استفاده از منحنی‌های واسنجی تهیه شده توسط کاربر یا کارخانه سازنده مقدار رطوبت خاک را مستقیماً محاسبه کرده و این اطلاعات را می‌توانند در یک کامپیوتر ذخیره نمایند.

۲-۲ کاربرد ایزوتوپ‌های پایدار در مدیریت آب

پیشرفت‌های چشمگیری در رابطه با گسترش و کاربرد روشهای ایزوتوپیک در مدیریت آب در کشاورزی حاصل گردیده است. اندازه‌گیری تغییرات طبیعی در مقدار ایزوتوپ‌های پایدار اکسیژن، هیدروژن، کربن و نیتروژن در آب، خاک و اجزاء گیاه می‌تواند منجر به تعیین منبع آب و مواد غذایی شود که توسط گیاه جذب شده و تأثیر روش‌های مختلف مدیریتی و آبیاری بر جریان آب در منطقه توسعه ریشه‌ها و ورای آن را مشخص می‌سازد. بعنوان مثال، اکسیژن و هیدروژن که هر دو جزئی از ساختمان آب می‌باشند، هم به صورت ایزوتوپ‌های سبک و هم ایزوتوپ‌های سنگین وجود دارند. این ایزوتوپ‌ها برای تشخیص تلفات آب حاصل از تبخیر از سطح خاک مورد استفاده قرار می‌گیرند. زیرا ایزوتوپ‌های سبک (^1H , ^{16}O) راحتتر از ایزوتوپ‌های سنگین (^2H , ^{18}O) تبخیر می‌شوند. نسبت بین مقدار ایزوتوپ‌های مختلف (ایزوتوپ‌های سنگین به ایزوتوپ‌های سبک) در رطوبت خاک، در بخار آب بین تاج گیاه و در برگ‌های گیاه می‌تواند معیاری از مقدار تبخیر از سطح خاک و تعرق از گیاه باشد. از این اطلاعات برای بهبود روش‌های مدیریت و آبیاری به منظور کاهش تلفات تبخیر از سطح خاک بهره گرفته می‌شود. برخی از گزارش‌های مربوط به استفاده از روش‌های ایزوتوپیک در تعیین مقدار تبخیر از سطح خاک، تعرق از گیاه و نوع منبع آب استفاده شده توسط گیاه به شرح زیر می‌باشند:

- تغییر در نسبت مقدار ایزوتوپ‌های مختلف هیدروژن در یک دوره ۱۰ روزه پس از آبیاری سطحی درختان زیتون در مراکش نشان داده است که مقدار تبخیر از سطح خاک از صفر درصد قبل از آبیاری به ۳۱ درصد بعد از آبیاری سطحی افزایش یافته است. این نتایج مشخص می‌سازند که تبخیر بخش عمده‌ای از تلفات را در شرایط منطقه مورد مطالعه شامل شده و در نتیجه، روش‌هایی که منجر به کاهش تبخیر از سطح خاک می‌شوند، مانند استفاده از آبیاری موضعی، منجر به افزایش چشمگیر راندمان کاربرد آب خواهد گردید.
- تعیین مقدار تعرق از درختان و مقدار تعرق از چمن زیر درختان با استفاده از اندازه‌گیری نسبت بین ایزوتوپ‌های سنگین و سبک هیدروژن و اکسیژن پس از یک دوره بارانی در منطقه‌ای در جنوب غربی آمریکا نشان می‌دهد که کل مقدار تبخیر و تعرق از این خرداقلیم حدود ۳/۵ میلیمتر در روز بوده که ۷۰ درصد از آن مربوط به تعرق از درختان، ۱۵ درصد تعرق از چمن و ۱۵ درصد مربوط به تبخیر از سطح خاک بوده است. این مطالعه نشان داد که درختان بلند باعث کاهش مقدار تبخیر از سطح خاک و افزایش راندمان کاربرد آب در خرد اقلیم می‌شوند.
- در مطالعه دیگری که بر روی روش‌های مدیریت آب در جنگلداری در بورکینافاسو و نیجریه صورت گرفت نشان داد که تغییر در مقادیر ایزوتوپ‌های سنگین هیدروژن و اکسیژن موجود در خاک، آب و گیاه معیاری از مقدار آبی می‌باشد که از لایه‌های زیرین خاک (۴ تا ۵ متر عمق) بوسیله ریشه درختان بلند ریشه که در جوار چمن یا گیاهان زراعی روییده اند بالا کشیده شده است.

۳. استفاده از ایزوتوپ‌های پایدار کربن برای انتخاب و ارزیابی گونه‌های مقاوم به خشکی

کربن، که بخش عمده‌ای از کربوهیدرات موجود در بافت‌های گیاهی را تشکیل می‌دهد، هم به شکل ایزوتوپ سبک کربن ۱۲ و هم ایزوتوپ سنگین کربن ۱۳ موجود است. اندازه‌گیری تغییرات مقدار این دو ایزوتوپ در بافت‌های گیاهی به شکل روزافزون برای انتخاب و ارزیابی گونه‌های مختلف گیاهی مقاوم در برابر خشکی مورد استفاده قرار می‌گیرد. با استفاده از این تکنیک نیازی به اندازه‌گیری بیلان آبی در تعداد زیادی گیاه نیست. در شرایط خشکی، کربن کمتری (به شکل دی اکسید کربن)، بخصوص ایزوتوپ کربن ۱۳ (کربن سنگین)، توسط گیاه از اتمسفر جذب می‌شود. به این ترتیب نسبت بین مقدار کربن ۱۳ به کربن ۱۲ در بافت‌های گیاه تغییر می‌یابد. در یک گونه‌ی مقام به خشکی تخلیه (کاهش) مقدار کربن ۱۳ در بافت‌های گیاهی در اثر خشکی کمتر از گونه‌های دیگر مشاهده می‌شود. اختلاف مقادیر کربن ۱۲ و کربن ۱۳ در بافت‌های گیاهی (برگ‌ها و دانه‌ها) به شکل موفقیت‌آمیزی به عنوان معیار انتخاب گونه‌های مقاوم به خشکی مورد استفاده قرار گرفته است (در مورد یونجه، گندم، برنج و بادام زمینی). دانشمندان نشان داده اند که مقدار کربن ۱۳ در برگ‌ها و دانه‌های گیاه نسبت عکس با راندمان کاربرد آب (WUE) دارد. بعنوان معیار جایگزین راندمان کاربرد آب، می‌توان از تفاوت مقدار دو ایزوتوپ کربن در بافت‌های مختلف گیاه در زمان برداشت محصول استفاده نموده و میزان در دسترس بودن آب در دوره‌ی رشد گیاه را بررسی نمود.

در تحقیقی که در چند منطقه خشک و نیمه خشک صورت گرفته ثابت شده است که تفاوت مقدار دو ایزوتوپ کربن (که با نماد CID نمایش داده می‌شود) می‌تواند به منظور پیش‌بینی مقدار راندمان کاربرد آب و مقدار محصول گندم بطور قابل قبولی مورد استفاده قرار گیرد. همچنین نشان داده شده است که شاخص CID را می‌توان به عنوان معیار پیش‌بینی مقدار محصول گندم تحت شرایط مختلف آب و هوایی مورد استفاده قرار داد، بخصوص اگر دوره‌ی خشکی منطبق با دوره‌ی پس از گلدهی گیاه باشد.

۴. نتیجه‌گیری

به دلیل کاهش رو به فزونی آب در قرن حاضر، گسترش زمینهای فاریاب نسبت به گذشته رو به کاهش گذاشته است. نیاز است تا روش‌های جدید آبیاری تحت شرایط مختلف محیطی و سیستم‌های مختلف تولید محصولات کشاورزی در کشورهای گوناگون مورد آزمایش قرار گیرند. در حالیکه آبیاری در شرایط کمبود آب باعث افزایش محصول و بهبود مقادیر راندمان کاربرد آب می‌گردد، امکان آبیاری کامل در اکثر نقاط دنیا دیگر وجود ندارد (به دلیل رقابت زیاد برای آب در بخش‌های صنعتی و شهری). بنابراین چالش عمده پیش روی کشاورزی فاریاب و دیم، بهبود مقادیر راندمان کاربرد آب و استفاده پایدار از آب در امر کشاورزی می‌باشد. این هدف به روش‌های زیر قابل استحصال است:

- افزایش مقدار تولید محصول در ازای هر واحد آب مصرفی.

- کاهش مقدار آبی که از منطقه ریشه گیاه بدون اینکه مورد استفاده آن قرار گیرد خارج می‌شود (کاهش تلفات).

- افزایش مقدار ظرفیت نگهداری رطوبت خاک با بهبود روشهای مدیریت آب و خاک در سطح مزرعه و حوضه.

امروزه روش‌های اتمی و ایزوتوپیک روشهای با ارزش و قابل اعتمادی برای افزایش راندمان کاربرد آب بشمار می‌روند. رطوبت سنج نوترونی به عنوان ابزاری دقیق برای اندازه‌گیری و مشاهده مرتب رطوبت خاک شناخته شده است. با اینحال، آموزش افراد متخصص و مسئله ایمنی در برابر تشعشعات رادیو اکتیو، میزان استفاده از این ابزار را در برخی شرایط تحت تأثیر قرار داده است.

ایزوتوپ‌های پایدار آب (^2H و ^{18}O) به منظور ارزیابی جریان آب درون محیط گسترش ریشه و ورای آن مورد استفاده قرار گرفته‌اند. از این تکنیک‌ها به منظور تفکیک مقادیر تبخیر از سطح خاک و تعرق از گیاه استفاده شده است. از اطلاعات کسب شده به وسیله روش‌های مذکور برای موارد زیر می‌توان استفاده نمود:

- ارزیابی کارایی روش‌های مختلف مدیریت اراضی و آبیاری که باعث کاهش تبخیر از سطح خاک و بهبود تعرق از گیاه می‌شوند.

- مشخص کردن منبع آبی که توسط گیاه جذب شده است.

- تشخیص و گسترش استراتژی‌های مدیریتی که باعث کاهش تلفات آب، مواد غذایی، آفت‌کش‌ها، خاک و کودهای حیوانی و خروج آنها از سطح مزرعه می‌شوند.

نیاز به کاهش این محدودیت‌ها به منظور ایجاد زمینه‌های کشاورزی پایدار روز به روز اهمیت بیشتری می‌یابد. در نهایت، استفاده از اختلاف مقادیر ایزوتوپ‌های کربن سنگین و سبک می‌تواند ابزار بسیار مناسبی برای غربال کردن و ارزیابی شمار زیادی نمونه گیاهی به منظور انتخاب گونه‌های مقاوم به خشکی باشد که در نهایت، منجر به افزایش راندمان کاربرد آب در مناطق کم آب می‌شود.

۵. منابع

1. International Fertilizer Industry Association, Water Availability And Fertilizer Use.
2. International Atomic Energy Agency, Water Balance And Fertigation For Crop Improvement In West Asia, Iaea-Tecdoc-1266 (2002) 117 Pp
3. International Atomic Energy Agency, Food And Agriculture Organization Of The United Nations, Use Of Isotope And Radiation Method In Soil And Water Management And Crop Nutrition (Manual), Training Course Series No 14, (2001) 247 Pp.
4. International Atomic Energy Agency, Nuclear Techniques To Assess Irrigation Schedules For Field Crops, Iaea-Tecdoc-888 (1996) 273 Pp.
5. Greacen, Ed., Soil Water Assessment By The Neutron Method, Csiro, Adelaide (1981) 140 Pp.

6. International Atomic Energy Agency, Neutron And Gamma Probes: Their Use In Agronomy (2nd Edition), Training Course Series No 16, (2003) 73 Pp.
7. Kirda, C., Moutonnet, P., Hera, C., Nielsen, D.R. (Eds.), Crop Yield Response To Deficit Irrigation (1999), Dordrecht, The Netherlands, Kluwer Academic Publishers.
8. Food And Agriculture Organization Of The United Nations, International Atomic Energy Agency, Deficit Irrigation Practices, Water Report 22 (2002) 102pp.
9. International Atomic Energy Agency, Optimizing Nitrogen Fertilizer Application To Irrigated Wheat, Iaea-Tecdod-1164, (2000) 245 Pp
10. International Atomic Energy Agency, Management Of Nutrients And Water In Rainfed Arid And Semi-Arid Areas, Iaea-Tecdod-1026 (1998)
11. International Atomic Energy Agency, Comparison Of Soil Water Measurement Using The Neutron Scattering, Time Domain Reflectometry And Capacitance Methods, Iaeatecdod- 1137 (2000) 161 Pp.
12. Fao/Iaea Workshop: Use Of Nuclear Techniques In Addressing Soil-Water-Nutrient Issues For Sustainable Agricultural Production At 18th World Congress Of Soil Science, July 9-15, 2006 – Philadelphia, Pennsylvania, Usa.
13. Food And Agriculture Organization Of The United Nations, International Atomic Energy Agency, International Labour Organization, Oecd Nuclear Energy Agency, Pan American Health Organization, World Health Organization, International Basic Safety Standards For Protection Against Ionizing Radiation And For The Safety Of Radiation Sources, Safety Series No 115, Iaea, Vienna (1996).
14. Food And Agriculture Organization Of The United Nations, International Atomic Energy Agency, International Labour Organization, Oecd Nuclear Energy Agency, Pan American Health Organization, World Health Organization, Radiation Protection And The Safety Of Radiation Sources, Safety Series No 120, Iaea (1996).
15. Williams, D.G., Cable, W., Hultine, K., Hoedjes, J.C.B., Yepez, E.A., Simonneaux, V., Er-Raki, S., Boulet, G., De Bruin, H.A.R., Chehbouni, A., Martogensis, O.K., Timouk, F., Evapotranspiration Components Determined By Stable Isotopes, Sap Flow And Eddy Covariance Techniques, Agric. And Forest Meteor. 125 (2004) 241-258.
16. Yepez, E.A., Williams, D.G., Scott, R.L., Lin, G., Partitioning Overstory And Understory Evapotranspiration In A Semiarid Savanna Woodland From The Isotopic Composition Of Water Vapor, Agric. And Forest Meteor. 119 (2003) 53-68.
17. Larwanou, M., Heng, L.K., Abdou, R., Hydraulic Lift Study In Two Native Tree Species In Agroforestry Parkland Of The West African Dry Savannah, Submitted For Publication.
18. Steduto, P., Fereres, E., Hsiao, T.C., Raes, D., Yield Response To Water: The Fao Revision Framework And The Crop-Water Productivity Model Aquacrop. Proceedings Of International Symposium On Water And Land Management For Sustainable Irrigated Agriculture, April 4-8 2006, Cukurova University, Adana, Turkey.

19. Hubick, K., Farquhar, G., Carbon Isotope Discrimination And The Ratio Of Carbon Gains To Water Lost In Barley Cultivars, *Plant, Cell And Environment* 12 (1989) 795-804.
20. [I-20] Rebetzke, G.J., Condon, A.G., Richards, R.A., Farquhar, G.D., Selection For Reduced Carbon Isotope Discrimination Increases Aerial Biomass And Grain Yield Of Rainfed Bread Wheat, *Crop Science*, 42 (2002) 739-745.
21. Wright, G., Rao, R.C.N., Farquhar, G.D., Water-Use Efficiency And Carbon Isotope Discrimination In Peanut Under Water Deficit Conditions, *Crop Science*, 34 (1994) 92-97.
22. Dingkuhn, M., Farquhar, G.D., De Datta, S.K., O'toole, T.C., Discrimination Of ^{13}C Among Upland Rices Having Different Water Use Efficiencies, *Austral. J. Of Agric. Res.* 42(1991) 1123 1131.
23. Condon, A.G., Richards, R.A., Rebetzke, G.J., Farquhar, G.D., Improving Intrinsic Water-Use Efficiency And Crop Yield, *Crop Science* 42 (2002) 122-131.
24. Dercon, G.; Clymans, E., Diels, J., Merckx, R., Deckers, J. Differential ^{13}C Isotopic Discrimination In Maize At Varying Water Stress And At Low To High Nitrogen Availability. *Plant And Soil* 282 (2006) 313-326.

روش ساده شده طراحی آبیاری جویچه‌ای

بهنام آبابایی^۱، وحیدرضا وردی‌نژاد^۲

چکیده

حرکت آب بر روی سطح خاک در آبیاری سطحی، تحت مطالعه مداوم متخصصین قرار داشته و دارد. با اینحال همچنان راه درازی باقی مانده تا سیستم‌های آبیاری سطحی به سیستم‌هایی کارا مبدل شوند. به دلیل ساده سازی‌های مختلفی که در هر یک از روش‌های طراحی سیستم‌های آبیاری سطحی صورت گرفته است، هر روش تفاوتی با روش دیگر دارد. در این مقاله، روش پایه‌ای گذشته برای طراحی سیستم‌های آبیاری سطحی مورد استفاده قرار گرفته است. اساس این روش، توانایی پیش بینی فاز پیشروی، پسروی و همچنین پیش بینی الگوی توزیع آب در سطح مزرعه می‌باشد. اصلی ترین مفهوم در این رابطه، قانون بقای جرم می‌باشد که در این مقاله به روش‌های عددی مورد استفاده قرار گرفته است.

کلید واژه‌ها: آبیاری سطحی، طراحی، مدیریت، راندمان کاربرد، کارایی آبیاری.

۱. مقدمه

بسیاری از سیستم‌های آبیاری سطحی، دارای راندمان و عملکرد قابل قبولی نمی‌باشند که این موضوع را میتوان به محدودیت‌های فیزیکی از جمله شیب تند زمین، خاک کم عمق و یا عدم برنامه‌ریزی دقیق منبع آب، طراحی نادرست و عدم بهره‌برداری و مدیریت مناسب مزرعه نسبت داد. یکی از مزایای آبیاری سطحی نسبت به روش‌های تحت فشار این است که اغلب به یک منبع مطمئن و قابل اعتماد آب نیاز ندارد.

^۱- دانشجوی مقطع کارشناسی ارشد، مهندسی کشاورزی، آبیاری و زهکشی، دانشکده مهندسی آب و خاک، دانشگاه تهران

^۲- دانشجوی مقطع دکتری، مهندسی کشاورزی، آبیاری و زهکشی، دانشکده مهندسی آب و خاک، دانشگاه تهران

سیستم‌های آبیاری سطحی قادرند با شدت جریان‌های مختلف، شدت جریان‌های متغیر، و همچنین کیفیت پایین آب سازگاری یابند.

سیستم‌های آبیاری سطحی را می‌توانیم براساس عملکرد هیدرولیکی آنها تقسیم‌بندی نماییم. یکی از روش‌های تقسیم بندی، استفاده از منحنی‌های پیشروی و پسروی می‌باشد. در این مقایسه هیدرولیکی فرض می‌شود که آب از یک انتهای مزرعه وارد شده و به سمت انتهای دیگر بصورت یکنواخت جریان می‌یابد. از این جنبه می‌توانیم دسته بندی‌های زیر را در سیستم‌های آبیاری سطحی تشخیص دهیم: سیستم آبیاری شیاری (فارو)، سیستم آبیاری نواری، سیستم آبیاری کرتی و سیستم آبیاری کرتی شیاری. (جدول ۱)

اختلاف عمده از نظر عملکرد هیدرولیکی این روشها بستگی به مقدار و الگوی جریان ورودی، شکل عمومی منحنی پسروی و هیدروگراف رواناب (پایاب) دارد. متأسفانه در گذشته روش‌های طراحی از فرضیات مختلفی استفاده کرده و به این ترتیب فرآیند طراحی پیچیده تر شده است. هدف از این مقاله ارائه روشی می‌باشد که امکان استفاده از آن در طراحی سیستم‌های مدرن آبیاری سطحی وجود دارد. روابط ریاضی و روشهای محاسباتی همگی براساس معادله پیوستگی بناگردیده اند، اما در برخی موارد برای سهولت بیشتر از روابط تجربی نیز بهره گرفته شده است. این روش برای تعیین زمان پیشروی و زمان آبیاری و تعیین الگوی آب نفوذ یافته تحت برخی شرایط کاری استفاده می‌شود.

جدول ۱: دسته‌بندی روش‌های آبیاری سطحی

نام روش	روش کنترل جریان	شیب	کنترل جریان ورودی	شرایط انتهای مزرعه
آبیاری جوی و پشته (فارو)	فارو	دارای شیب کم تا زیاد که می‌تواند شیب عرضی نیز داشته باشد	هدایت جریان به درون فاروهای منفرد	با زهکشی آزاد یا انتهای مسدود شده
آبیاری نواری	نوارهای مسطح شیاردار	دارای شیب کم تا زیاد که می‌تواند شیب عرضی نیز داشته باشد	توزیع آب در طول مرز بالای نوار	با زهکشی آزاد، انتهای کاملاً مسدود یا دارای تعدادی خروجی
آبیاری کرتی	قطعات کاملاً مسطح	بدون شیب در همه جهات	ورود آب از یک نقطه در مرز بالای زمین	انتهای مسدود
آبیاری کرتی شیاری	قطعات مسطح شیاردار	بدون شیب در جهت جریان که می‌تواند شیب عرضی نیز داشته باشد	هدایت جریان به درون فاروهای منفرد	انتهای مسدود شده

۲. ملاحظات طراحی

۲-۱ هدف طراحی

مقدار مورد نیاز یا مورد نظر آبیاری مهمترین پارامتر طراحی می‌باشد. سیستم‌های آبیاری سطحی در دامنه کوچکی از عمق آب آبیاری (عمق مورد نظر نفوذ) دارای عملکرد با راندمان و یکنواختی بالا می‌باشند. آبیاری باید قادر باشد تا پارامترهایی از قبیل شدت جریان و یا زمان آبیاری را بسته به شرایط مزرعه تغییر دهد (شرایط مزرعه از نظر زبری و نفوذ). طراحی نادرست مزرعه باعث می‌شود که تصمیم‌گیری در این رابطه برای آبیاری مشکل شود. درحالی‌که طراحی مناسب می‌تواند راهنمای آبیاری در تغییر پارامترهای مختلف در هنگام بهره‌برداری از سیستم باشد.

سیستم‌های آبیاری سطحی بیشتر مناسب زمینهای مسطح یا با شیب کم می‌باشند. در شیب‌های تند، امکان ایجاد فرسایش افزایش یافته و امکان استفاده از سیستم تنها در دامنه کوچکی از شرایط مزرعه وجود دارد.

هدف اصلی در طراحی سیستم‌های آبیاری سطحی، دستیابی به دامنه یا مقدار مورد انتظار از راندمان کاربرد آب می‌باشد، AE. این مقدار مورد انتظار را در اینجا راندمان کاربرد پتانسیل می‌نامیم، PAE، تا از راندمان کاربرد اندازه‌گیری شده در سطح مزرعه تمایز یابد. طراحی معمولاً براساس اعمال عمق مشخصی آب آبیاری در سرتاسر مزرعه بنا می‌شود. مقدار پارامتر PAE_{min} راندمان کاربرد در زمانی می‌باشد که حداقل مقدار آب نفوذ یافته در کل مزرعه دقیقاً برابر با عمق مورد انتظار آبیاری باشد:

$$PAE_{min} = \frac{d_{min}}{d_a} = \frac{d_{req}}{d_a} \quad (1)$$

که d_{req} برابر با عمق مورد نظر، d_{min} حداقل عمق نفوذ یافته و d_a عمق آب آبیاری می‌باشد که منجر به برابری d_{req} و d_{min} گردیده است. در عمل، مقداری کم آبیاری مجاز است و طراحی براساس تأمین مقدار مورد نظر عمق نفوذ یافته در یک چهارم پایین مزرعه صورت می‌پذیرد. کلیدهای اصلی در طراحی سیستم‌های آبیاری سطحی، تعیین پارامترهایی می‌باشد که روند نفوذ آب به درون خاک و مقاومت خاک و گیاه در برابر حرکت آب در سطح خاک را تشریح می‌نمایند.

۲-۲ روابط زبری زمین (مقاومت خاک در برابر حرکت آب)

معمولاً برای تشریح مقاومت موجود در برابر جریان آب از معادله مانینگ استفاده می‌شود.

$$Q = \frac{AR^{2/3} S_f^{1/2}}{n} \quad (2)$$

در سیستم‌های آبیاری کرتی و نواری از شدت جریان در واحد عرض نوار استفاده می‌شود:

$$q = \frac{y^{5/3} S_f^{1/2}}{n} \quad (۳)$$

که Q : شدت جریان، $q = Q / W$: شدت جریان در واحد عرض، A : سطح مقطع جریان، S_f : گرادیان هیدرولیکی، n : ضریب زبری مانینگ، y عمق جریان، W عرض نوار یا کرت و R شعاع هیدرولیکی می‌باشد. واحدهای اصلی در این معادلات متر و ثانیه می‌باشند.

۲-۳ روابط نفوذ

نفوذ بیشترین تأثیر را در طراحی و عملکرد سیستم‌های آبیاری سطحی دارد. تخمین پارامترهای مربوط به نفوذ از سخت‌ترین کارها در فرآیند طراحی می‌باشد. طراحان معمولاً از معادله تجربی کوستیاکوف استفاده می‌نمایند:

$$d = Kt^a \quad i = aKt^{a-1} \quad (۴)$$

و یا در معادله تغییر یافته:

$$d = Kt^a + Bt + C \quad i = aKt^{a-1} + B \quad (۵)$$

که d : عمق نفوذ یافته، i : شدت نفوذ، t مدت زمان (فرصت) نفوذ و a و K و B و C ثابت‌های تجربی معادلات می‌باشند.

در خاک‌هایی که در طول زمان آبیاری به سرعت نهایی و ثابت نفوذ می‌رسند، رابطه دیگری مورد استفاده قرار می‌گیرد که از رابطه ۵ مشتق گردیده و به این ترتیب روابط ساده‌تر می‌شوند. در واقع در این روابط، در زمان‌های کوتاه از رابطه ۵ با ضریب B برابر با صفر استفاده شده و در نهایت و زمانیکه سرعت نفوذ به مقدار ثابت B نزدیک می‌شود، جزء اول معادله سرعت نفوذ در نظر گرفته نمی‌شود.

$$d = Kt^a + C \quad i = aKt^{a-1} \quad \text{برای زمان‌های کوچکتر از } t_B \quad (۶)$$

$$d = Kt^a + C_2 \quad i = B \quad \text{برای زمان‌های بزرگتر یا مساوی با } t_B$$

t_B زمانیکه که سرعت نفوذ حاصل از دو رابطه فوق برابر می‌شوند (زمان وقوع سرعت نفوذ ثابت نهایی). به دلیل الگوی دویبعدی نفوذ در فاروها، فرآیند نفوذ در این سیستم آبیاری با فرآیند نفوذ در سیستم‌های کرتی و نواری متفاوت است. نفوذ در آبیاری شیاری تحت تأثیر عرض مرطوب شده جریان و همچنین

جریان جانبی بین فاروها قرار دارد. در طراحی کفیسست تا نفوذ به صورت حجم نفوذ یافته در واحد طول فارو در واحد عرض بیان شود. به این ترتیب مقدار نفوذ محاسبه شده تحت تأثیر تغییرات عرض مرطوب شده جریان در طول فارو قرار نمی‌گیرد. مقدار نفوذ را می‌توانیم به عنوان تابعی از فاصله فاروها و عرض مرطوب شده جریان در انتهای بالادست فارو بیان کنیم. سپس و به عنوان مثال، نفوذ با شدت جریان ورودی تغییر می‌کند.

۳. روش طراحی

۳-۱ فرصت نفوذ

در روشهای طراحی معمولاً فرض می‌شود که یکی از دو انتهای مزرعه حداقل مقدار نفوذ را دریافت داشته است. سپس مقدار جریان ورودی و زمان آبیاری به نحوی تغییر داده می‌شوند که مقدار مورد نظر در آن نقطه نفوذ کند. زمان مورد نیاز برای نفوذ عمق مورد نظر آب در این نقطه، t_{req} ، یکی از پارامترهای مهم در طراحی می‌باشد.

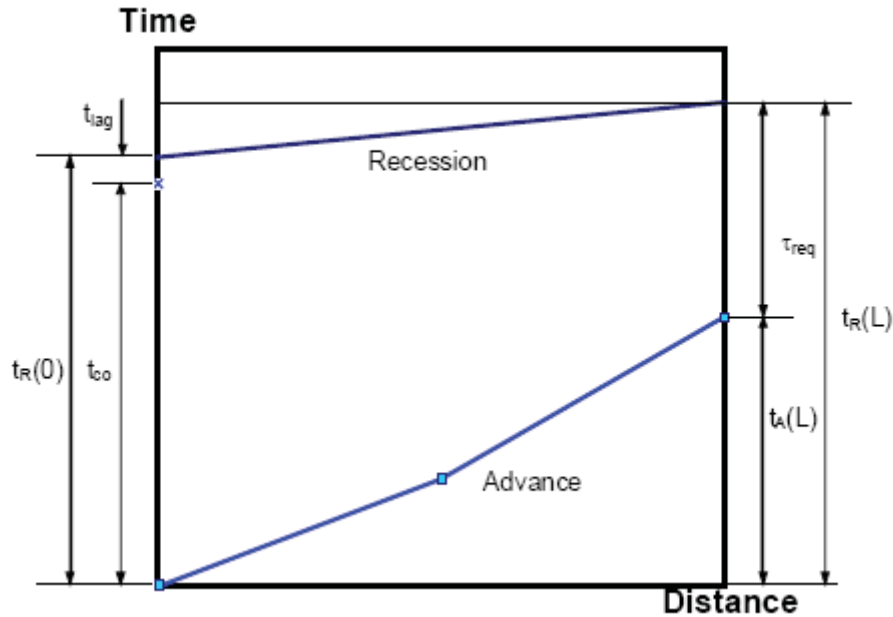
زمان فرصت نفوذ در هر نقطه در طول مزرعه، x ، یعنی $t_{opp}(x)$ برابر است با اختلاف زمان پیشروی و پسروی در همان نقطه:

$$t_{opp}(x) = t_{R(x)} - t_{A(x)} \quad (7)$$

در انتهای بالادست مزرعه که $x=0$ ، فرصت زمان نفوذ برابر است با زمان پسروی، یا:

$$t_{opp(0)} = t_{R(0)} = t_{co} + t_{lag} \quad (8)$$

که t_{co} : زمان آبیاری یا زمان قطع جریان و t_{lag} : زمان تأخیر پسروی یا زمانی که نیاز است تا پس از قطع جریان مقدار عمق جریان در ابتدای مزرعه به صفر برسد (آب از ابتدای مزرعه ناپدید شود). (شکل ۱ را ببینید). طراحی براساس برآورد نیاز آبی در انتهای مزرعه نیازی به محاسبه منحنی پیشروی و پسروی ندارد. با اینحال نیاز است تا مقدار PAE_{min} تخمین زده شود و روشی نیز برای تخمین زمان تأخیر پسروی نیز ارائه گردد. در نوارهای کوتاه و شیب‌های تند، حداقل عمق نفوذ می‌تواند در انتهای بالادست مزرعه روی دهد. با اینحال محاسبات عددی Strelkof et al. 1996 نشان داد که در اغلب شرایطی که حداکثر راندمان کاربرد حاصل می‌شود، حداقل عمق نفوذ در انتهای مزرعه روی می‌دهد. حتی زمانیکه این عمق در ابتدای مزرعه قرار داشته باشد، عمقهای مربوط به یک چهارم پایین مزرعه در بین دو انتهای مزرعه قرار می‌گیرند. بنابراین توصیه می‌شود که معمولاً طراحی براساس انتهای پایین دست مزرعه صورت گیرد. مگر در شرایطی که آبیاری غرقابی صورت می‌پذیرد.



شکل ۱: منحنی‌های پیشروی و پسروی و پارامترهای مورد نیاز در طراحی براساس حداقل عمق نفوذ در انتهای مزرعه

زمانیکه حداقل عمق نفوذ در انتهای مزرعه قرار دارد، نیاز است تا منحنی‌های پسروی و پیشروی محاسبه شوند. برآورد شدت جریان ورودی مناسب و زمان فرصت نفوذ مورد نیاز در انتهای مزرعه مشکل‌تر است.

$$t_{R(x=L)} = t_{A(L)} + t_{req} \tag{۹}$$

زمان قطع جریان که منجر به وقوع حداقل عمق نفوذ در انتهای مزرعه می‌شود از رابطه ۱۰ محاسبه می‌گردد:

$$t_{co} = t_{A(L)} + t_{req} - [t_{R(L)} - T_{R(0)} + t_{lag}] \tag{۱۰}$$

که مقدار داخل براکت نشان دهنده زمان بین قطع جریان و پسروی جریان در انتهای پایین دست مزرعه می‌باشد (شکل ۱ را ببینید). روش‌های نسبتاً مشابهی برای تخمین منحنی‌های پیشروی در روش‌های مختلف آبیاری سطحی استفاده می‌شوند. اما محاسبه منحنی پسروی مشکل‌تر است و جزء آخر معادله ۱۰ در روش‌های مختلف آبیاری سطحی به گونه‌های متفاوتی محاسبه می‌شود.

۳-۲ منحنی پیشروی

در تمامی روش‌ها، تعادل آبی مورد نظر می‌باشد. در این مقاله، به جای استفاده از روابط تجربی برای محاسبه حجم ذخیره سطحی، از چند فرض و ساده سازی استفاده شده است. در طول فاز پیشروی، حجم جمعی نفوذ یافته در هر نقطه برابر است با اختلاف حجم جمعی ورودی و حجم ذخیره سطحی. این تعادل آبی در رابطه زیر نمایش داده شده است:

$$V_{in(t)} = V_{y(t)} + V_{z(t)} \quad (11)$$

که $V_{in(t)}$: حجم جمعی جریان ورودی، $V_{y(t)}$: حجم ذخیره سطحی و $V_{z(t)}$ حجم جمعی نفوذ همگی در زمان t می‌باشند. معمولاً رابطه ۱۱ را به شکل زیر مورد استفاده قرار می‌دهند:

$$Q_{in}t = \sigma_y A_{o(t)}x + \sigma_z W_{z(t)}x \quad (12)$$

که $A_{o(t)}$: سطح مقطع جریان در زمان t در محل ورودی مزرعه، σ_y فاکتور شکل سطحی، σ_z فاکتور شکل زیر سطحی و W عرض می‌باشد (تمامی واحدها متر و ثانیه می‌باشند). فاکتور شکل سطحی برابر است با نسبت بین متوسط سطح مقطع جریان و سطح مقطع جریان در ورودی مزرعه که در مورد فاروها بین ۰/۷ تا ۰/۸ متغیر است. فاکتور شکل زیر سطحی برابر است با نسبت بین متوسط سطح مقطع نفوذ یافته (عمق نفوذ ضربدر عرض) و سطح مقطع نفوذ یافته در ورودی مزرعه. برای سادگی بیشتر، حجم زیر سطحی را به شکل زیر بازنویسی می‌کنند:

$$V_z = W(C + \sigma_{z1} K t_x^a + \frac{h}{1+h} B_{tx})x \quad (13)$$

که h مقدار توان در معادله پیشروی جریان می‌باشد.

$$t = Sx^h \quad (14)$$

S یک مقدار ثابت است، و

$$\sigma_{z1} = \frac{h + a(h-1) + 1}{(1+a)(a+h)} \quad (15)$$

تعیین منحنی پیشروی نیاز دارد تا مقادیر Q_{in} ، A_0 ، σ_y پارامترهای معادله نفوذ و مقدار عرض مشخص باشند. از آنجاییکه توان معادله پیشروی جریان و زمان پیشروی با یکدیگر مرتبط هستند، تعیین منحنی پیشروی نیاز به یک روش چرخشی دارد. با استفاده از اطلاعات مربوط به زمان پیشروی در دو نقطه (معمولاً انتها و میانه مزرعه)، توان معادله پیشروی محاسبه می‌گردد:

$$h = \frac{\log(t_{0.5L}/t_L)}{\log(0.5)} \quad (16)$$

مشکل اصلی در روابط فوق این است که عموماً مقادیر پارامترهای A_0 و σ_y نامشخص هستند. در شیبهای تند، حجم ذخیره سطحی جزء کوچکی از حجم جریان ورودی به مزرعه را تشکیل می‌دهد به نحوی که تخمین نه چندان دقیق این مقدار نیز می‌تواند منجر به تخمین قابل قبول منحنی پیشروی گردد. A_0 معمولاً برابر با سطح مقطع جریان در عمق نرمال و σ_y در حدود 0.7 فرض می‌شوند. در شیب‌های ملایم، سهم ذخیره سطحی از کل جریان ورودی به مزرعه، حتی در زمان قطع جریان نیز قابل توجه است. A_0 نیز بطور پیوسته در طول آبیاری تغییر می‌کند و عمق جریان گاهی هرگز به عمق نرمال نمی‌رسد. فاکتور شکل سطحی نیز به همین منوال رفتار می‌کند.

۳-۳ عملکرد

راندمان کاربرد پتانسیل، به صورت حجم مورد نیاز (عمق مورد نیاز ضربدر فاصله فاروها ضربدر طول فارو) تقسیم بر کل حجم آب وارد شده به فارو (شدت جریان ورودی ضربدر زمان آبیاری = زمان قطع جریان) محاسبه می‌شود. در مورد کم آبیاری نیاز به هیچ تعدیلی نیست زیرا این روش فرض می‌کند که تمام مزرعه به مقدار کافی آبیاری شده است. می‌توانیم حجم پایاب را با محاسبه توزیع مقادیر آب نفوذ یافته (براساس اختلاف مقادیر زمان پسروی و زمان پیشروی)، حجم آب نفوذ یافته و کسر این مقدار از کل آب ورودی محاسبه نماییم. در صورتیکه مقادیر پیشروی، پسروی و نفوذ در چندین نقطه در طول مزرعه محاسبه شوند، روش فوق جواب دقیقتری به دست می‌دهد. در بسیاری از موارد، هشت نقطه کفایت می‌کند. حجم نفوذ عمقی نیز برابر است با تفاضل کل حجم نفوذ کرده و حجم مورد نیاز آبیاری، با این فرض که کلیه نقاط حداقل به اندازه کمبود رطوبت خاک، آب دریافت داشته‌اند.

در روش زیر فرض می‌شود که طول، شیب و شدت جریان ورودی مشخص هستند. سپس حداقل زمان آبیاری (زمان قطع جریان) به منظور تأمین نیاز آبی در تمام نقاط مزرعه محاسبه می‌شود. سپس مقدار PAE_{min} تخمین زده می‌شود. لازم است تا در شرایط مختلف مزرعه، این روش چندین بار تکرار شود تا ترکیب مناسب طول، شیب و شدت جریان حاصل گردد.

۴. روش آبیاری با جوی و پشته‌های شیبدار (آبیاری شیاری یا فارو)

۴-۱ فرضیات

در آبیاری به وسیلهٔ فاروهای شیبدار، سرعت پیشروی جریان باید به حدی زیاد باشد که در عین اینکه انتهای مزرعه آب کافی دریافت می‌دارد، ابتدای مزرعه نیز بیش از حد آبیاری نشود. اما اگر سرعت پیشروی بیش از حد زیاد باشد، مقادیر زیادی از آب از انتهای مزرعه به صورت پایاب (رواناب) خارج می‌شود. مگر اینکه به روشی مانند کاهش جریان (Cut-Back) در زمان تکمیل فاز پیشروی و یا توسل به آبیاری موجی، و همچنین روشهای مبتنی بر استفادهٔ مجدد از رواناب مزرعه، این مشکل تعدیل گردد. شیب فاروها در مناطق با بارندگی زیاد، باید به حدی باشد که مقدار زهکشی مورد نیاز را تأمین کند (بزرگتر از ۰/۰۳ درصد) و در ضمن به حد فرسایش نیز نرسد.

سطح مقطع جریان و محیط مرطوب شدهٔ فارو براساس عمق نرمال جریان تعیین می‌شوند. برای محاسبهٔ سطح مقطع جریان معمولاً از فرمول دوزنقه و یا فرمول‌های توانی استفاده می‌شود. سپس عمق نرمال به روش سعی و خطا و براساس دبی مشخص از رابطهٔ ۲ محاسبه می‌گردد.

روش طراحی فرض می‌کند که عرض مرطوب شدهٔ فارو در طول آن تغییر نمی‌کند. به بیان دیگر، حجم نفوذ یافته در هر واحد از طول فارو تنها به فرصت نفوذ جریان در آن نقطه وابسته است و نه به محیط مرطوب شده و یا عمق جریان. در خاک‌های با بافت سنگین که مقادیر زیادی جریان جانبی بین فاروها وجود دارد، عرض مرطوب شده اساساً برابر با فاصلهٔ بین فاروها می‌باشد. در خاکهای با بافت سبک، کاهش عرض مرطوب شده در طول فارو منجر به کاهش چشمگیر مقدار نفوذ در طول فارو می‌گردد که این کاهش در عرض مرطوب شده به دلیل کاهش شدت جریان با دور شدن نسبت به ابتدای مزرعه و در نتیجه کاهش عمق جریان می‌باشد. به همین دلیل در طراحی نباید سعی شود که مقدار رواناب کاهش یابد زیرا این کار ممکن است به کاهش بیش از اندازهٔ شدت جریان در نقاط انتهایی فارو منجر شود.

۴-۲ پیشروی

در فاروهای شیبدار، معمولاً فرض می‌شود که عمق جریان در ابتدای بالادست فارو برابر با عمق نرمال جریان (در تمام طول آبیاری) و شیب زمین برابر با گرادیان هیدرولیکی می‌باشد. این فرضیات بخصوص برای شیبهای بزرگتر از ۰/۵ درصد مناسب می‌باشند. از آنجاییکه سطح مقطع جریان در ابتدای فارو در تمام دورهٔ آبیاری ثابت است، لذا محاسبهٔ حجم ذخیرهٔ سطحی تنها تابعی از فاصلهٔ پیشروی جریان خواهد بود.

روش فرض کردن مقدار تقریبی ذخیرهٔ سطحی از طریق رابطهٔ ۱۲ منجر به ایجاد رابطه ای بین طول پیشروی، x ، و زمان پیشروی می‌گردد (با فرض اینکه دبی ورودی، فاصلهٔ فاروها، سطح مقطع جریان ورودی، و فاکتورهای شکل سطحی و زیرسطحی ثابت باشند). در بسیاری از موارد فاکتور شکل سطحی

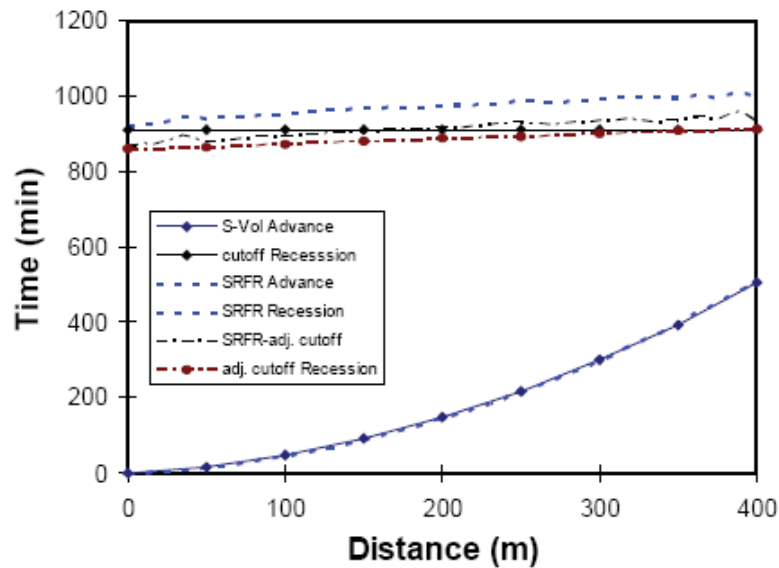
تغییر چندانی نداشته و مقدار آن بین ۰/۷ و ۰/۸ قرار می‌گیرد. اما فاکتور شکل زیرسطحی تغییرات گسترده ای دارد. با استفاده از یک تابع نفوذ توانی، مقدار فاکتور شکل زیرسطحی قابل محاسبه است (رابطه ۱۵). سپس به روش دو نقطه‌ای و با استفاده از رابطه ۱۴، توان معادله پیشروی جریان، h ، تخمین زده می‌شود.

۳-۴ پسروی

در فاروهای دارای شیب تند، فرض می‌شود که در تمام طول فارو، پسروی بلافاصله پس از قطع جریان روی می‌دهد و این فرض بخصوص برای زمین‌های با شیب بیش از ۰/۵ درصد صادق است. در این موارد، جزء درون براکت در رابطه ۱۰ صفر می‌شود. در شیبهای ملایم تر، پسروی در انتهای فارو بیشتر طول کشیده و مقدار نفوذ در این ناحیه بیشتر می‌شود که در نتیجه مقدار راندمان کاربرد پتانسیل کمتر از مقدار واقعی تخمین زده می‌شود. با کسر مقدار آب باقی مانده بر روی سطح خاک در زمان قطع جریان از کل مقدار جریان ورودی به فارو می‌توانیم منحنی پسروی را تعدیل کنیم. زمان قطع جریان از رابطه ۱۷ قابل محاسبه است.

$$t_{co} = t_{A(L)} + t_{req} - \frac{V_y t_{co}}{Q_{in}} \quad (17)$$

حجم ذخیره سطحی در انتهای فاز پیشروی برای تخمین حجم ذخیره سطحی در زمان قطع جریان استفاده می‌شود. زمان پسروی در انتهای بالادست فارو برابر با زمان قطع جریان و زمان فرصت نفوذ در انتهای پایین دست آن برابر با t_{req} فرض می‌شود. زمان پسروی در انتهای فارو نیز از رابطه ۹ محاسبه می‌شود. برای نقاط میانی فارو نیز فرض می‌شود که منحنی پسروی به شکل خطی مستقیم از دو انتهای فارو عبور می‌کند. شکل ۲، منحنی‌های پیشروی و پسروی ناشی از روابط فوق و همچنین منحنی‌های ناشی از مدل SRFR را نمایش می‌دهد. در این مثال، $L = 400$ m، $So = 0.002$ (شیب زمین)، $K = 30/1$ mm/hr، $a = 0.35$ ، $d_{req} = 80$ mm، $n = 0.05$ ، دبی ورودی به هر فارو ۱ lit/s، فاصله فاروها ۱ m، عرض کف فاروها ۱۰ cm و شیب جداره آنها ۲:۱ در نظر گرفته شده است. همانطور که مشاهده می‌شود، تعدیل زمان پسروی جریان با استفاده از رابطه ۱۷ نتایج قابل قبولی بدست داده است.



شکل ۲: مقایسه منحنی‌های پیشروی جریان (ناشی از روش حجم ذخیره سطحی و مدل SRFR) و منحنی‌های پسروی جریان (با استفاده از زمان قطع جریان، با استفاده از زمان تعدیل شده قطع جریان براساس حجم ذخیره سطحی در زمان قطع جریان، و شبیه‌سازی‌های مدل SRFR با استفاده از مقادیر اصلی و تعدیل شده زمان قطع جریان).

۵. بحث

روابطی که در این مقاله ارائه گردیدند، تنها پیشروی، پسروی و عملکرد سیستم را براساس مقادیر از پیش تعیین شده شدت جریان، عرض فاروها، طول فارو و پارامترهای نفوذ تعیین می‌کنند. هدف از این مقاله ارائه روش ساده شده ای برای طراحی آبیاری سطحی به روش جوی و پشته می‌باشد که امکان ساده سازی محاسبات و انجام آن با دست و یا ابزار ساده محاسباتی را مهیا می‌سازد.

۶. نتیجه‌گیری

روابطی که برای پیش بینی منحنی پیشروی ارائه گردید، همگی براساس معادله پیوستگی جریان و اصل بقای جرم استوار می‌باشند که با رابطه مانینگ و چند رابطه دیگر ترکیب شده است. تفاوت اصلی در روابط مختلف برای پیش بینی منحنی پیشروی، روش محاسبه گرادیان هیدرولیکی در این روش‌هاست. در شیب‌های تند، از عمق نرمال جریان استفاده می‌شود. اما در زمین‌های مسطح، شیب سطح آب و عمق جریان در بالادست تابعی از طول پیشروی جریان می‌باشند.

در هر روش، روابط ارائه شده برای پیش بینی منحنی پسروی متفاوت است. در فاروهای بسیار پرشیب، می‌توان با کمترین اشتباه فرض کرد که پسروی در تمامی نقاط فارو بلافاصله در زمان قطع جریان روی می‌دهد. با کاهش شیب زمین، می‌توانیم زمان پسروی را با کاهش زمان قطع جریان براساس حجم آب باقی

مانده بر روی زمین در زمان قطع جریان تخمین بزنیم، با این فرض که منحنی پسروری از یک خط مستقیم تشکیل می‌شود که ابتدای آن (بالادست) در زمان قطع جریان و انتهای آن (پایین دست) در زمانی برابر با مجموع زمان فرصت نفوذ مورد نیاز و زمان پیشروی تا انتهای فارو قرار دارد. لازم به یاد آوری می‌باشد که هدف از ارائه این روابط، تسهیل امر طراحی و امکان استفاده از این روش در ابزار محاسباتی ساده می‌باشد.

۷. مراجع

۱. اصول طراحی سیستم‌های آبیاری. تیمور سهرابی، زهرا پایدار. مؤسسه انتشارات و چاپ دانشگاه تهران، ۱۳۸۴.
۲. آبیاری سطحی (تئوری و عمل). وین آر. واکر، گیلورد و. اسکاگربو؛ ترجمه بهروز مصطفی زاده، فرهاد موسوی. تهران، فرهنگ جامع. ۱۳۷۵.
۳. طراحی سیستم‌های آبیاری. امین علیزاده (ویرایش ۲). مشهد، دانشگاه اما رضا (ع)، ۱۳۸۱.
4. ASAE, 1991: Evaluation of Furrow Irrigation Systems.. ASAE EP419, Standards 1991, American Society of Agricultural Engineers, St. Joseph, MI, pp. 644.649.
5. Burt, C.M., Clemmens, A.J., Bliesner, R.D., Merriam, J.L., and L.A. Hardy, 2000: Selection of irrigation methods for agriculture.. ASCE On.Farm Irrigation Committee Report, ASCE, Reston, VA 129 pp.
6. Clemmens, A.J., Camacho, E., and T.S. Strelkoff, 1998: Furrow irrigation design with simulation.p. 1135.1140. In Int. Conf. on Water Resources Engineering Proceedings, Memphis, TN. Aug. 3,7, 1998.
7. Clemmens, A.J., and A.R. Dedrick, 1994: Irrigation techniques and evaluations.. Chapter 7, p. 64.103. In K.K. Tanji and B. Yaron (eds.) Management of Water Use in Agriculture, Adv. Series in Agricultural Sciences, Vol. 22, Springer.Verlag, Berlin.
8. Clemmens, A.J., Dedrick, A.R. and R.J. Strand, 1995: BASIN: A Computer Program for the Design of Level.Basin Irrigation Systems.. WCL Report #19, U.S. Water Conservation Lab., USDA/ARS, Phoenix, AZ.
9. Hart, W.E., Collins, H.G., Woodward, G. and A.S. Humpherys, 1980: Design and operation of gravity or surface irrigation systems.. Chap. 13 in M.E. Jensen (ed.), Design and Operation of Farm Irrigation Systems. ASAE Monograph No. 3, American Society of Agricultural Engineers, St. Joseph, MI.
10. Kennedy, D.N. 1994: California Water Plan Update Vol. 1.. State of California Department of Water Resources, Sacramento, CA. 398 p.

11. Monserrat, J. and J. Barragan, 1998: Estimation of surface volume in hydrological models for border irrigation. J. Irrigation and Drainage Engineering. Vol. 124(5), 238.247.
12. Strelkoff, T. 1977: Algebraic computation of flow in border irrigation. J. Irrig. Drain. Div., Am. Soc. Civ. Eng. 103(1R3). 357.377.
13. Strelkoff, T. 1990: SRFR: A Computer Program for Simulating Flow in Surface Irrigation Furrows.Basins.Borders. WCL Report #17, U.S. Water Conservation Laboratory, USDA/ARS, Phoenix, AZ.
14. Strelkoff, T.S., Clemmens, A.J., Schmidt, B.V. and E.J. Slosky, 1996: Border: A Design and Management Aid for Sloping Border Irrigation Systems. Version 1.0. WCL Report #21, U.S. Water Conservation Laboratory, USDA/ARS, Phoenix, AZ. 44 p. (Draft copy April '96).
15. Stringham, G.E. and S.N. Hamad, 1975: Design of irrigation runoff recovery systems. Journal of Irrigation and Drainage Division, ASCE, Vol. 101(1R3), 209.219.
16. USDA, 1974: Border Irrigation. National Engineering Handbook, Chapter 4, Sect. 15. Soil Conserv. Serv., USDA, Washington, D.C.
17. USDA, 1984: Furrow Irrigation. National Engineering Handbook, Chapter 5, Sect. 15. Soil Conserv. Serv., USDA, Washington, D.C.
18. Walker, W.R. and G.V. Skogerboe, 1987: Surface Irrigation: Theory and Practice. Prentice Hall, Inc., Englewood Cliffs, New Jersey, 386 p.

دومین سمینار (هاکارهای بهبود و اصلاح سامانه‌های آبیاری سطحی

۲ فرورداد ماه ۱۳۸۷

مدیریت آبیاری سطحی جهت افزایش راندمان آبیاری

ایمان دالیله دزفولی^۱، عبدالامیر معزی^۲

چکیده

آب‌های شیرین به منظور استفاده در کشاورزی یکی از منابع ارزشمند برای هر کشور به حساب می‌آیند که محققین در امر استفاده بهینه از این منابع تحقیقات خود را وسعت بخشیده‌اند در این راستا کشورهای جهان اول سهم بیشتری را به خود اختصاص داده‌اند.

با توجه به اینکه ایران از نظر منابع آب از محدودیت بیشتری نسبت به میانگین جهانی برخوردار است و از نظر میزان بارش سالیانه سهم کمی را به خود اختصاص داده است و بیشتر مزارع کشاورزی ایران در مناطق کم بارش خشک و نیمه خشک قرار دارند و بیشتر سطح زیر کشت در کشاورزی ایران از طریق آبیاری سطحی نیاز خود را رفع می‌کند توجه به مدیریت آبیاری سطحی امری ضروری است.

متأسفانه در بخش تسطیح اراضی کشاورزی به منظور استفاده از روش آبیاری سطحی، بسیاری از طراحان از دانش کافی برای ایجاد قطعاتی با مدیریت مناسب برخوردار نمی‌باشند و بدون توجه به نوع کشت، بافت خاک، میزان جذب آب توسط خاک و اندازه جریان مورد نیاز طراحی و اجرا صورت می‌گیرد. بنابراین در این تحقیق سعی شده است تا با معرفی مدیریت صحیح آبیاری سطحی با در نظر گرفتن شیب فارو، اندازه جریان، طول فارو، میزان جذب آب توسط خاک و بافت خاک و با اصلاح سیستم نهرهای انتقال دهنده آب در مزرعه میزان راندمان استفاده از آب را افزایش داد تا این منبع ارزشمند با کیفیت بیشتر مورد استفاده قرار گیرد.

کلید واژه‌ها: آبیاری سطحی، مدیریت آبیاری، فیزیک خاک، لوله‌های دریچه‌دار

۱- ایمان دالیله دزفولی، کارشناس ارشد خاکشناسی- واحد علوم و تحقیقات اهواز- imandalileh@gmail.com- ۰۹۱۶۶۴۱۶۷۹۶

۲- عبدالامیر معزی، عضو هیئت علمی دانشگاه شهید چمران اهواز، استادیار گروه خاکشناسی

مقدمه

انسان در گذشته بوسیله امکانات محدود تنها قادر بود قسمت اندکی از زمینهای کشاورزی را به زیر کشت ببرد و برای خود غذایی تامین کند اما امروزه، با پیشرفت تکنولوژی و علم راه برای گسترش زمینهای کشاورزی با هر شرایط اقلیمی و خاکی باز شده است. از آنجا که هر بنای ساخته شده بدست بشر پس از چند دهه کهنه می‌شود، زمینهای کشاورزی نیز پس از مدت زمانی نیاز به بهبود و بازسازی دارند، اما این بهسازی نیازمند استفاده از مدرنترین روشهای روز دنیا می‌باشد، تسطیح اراضی ابتدایی‌ترین و اساسی‌ترین روش برای بهسازی زمینهای کشاورزی است و با توجه به اینکه بیش از ۹۰ درصد از زمینهای زیر کشت از روش آبیاری سطحی استفاده می‌کنند باید در بخش تسطیح اراضی موارد بسیاری را تحت نظر گرفت.

آبیاری سطحی قدیمی‌ترین روش آبیاری است که در اکثر نقاط جهان رواج دارد. این روش بر اساس وضعیت و شرایط خاک، آب، زمین و تجربه زارع به صور گوناگون انجام می‌پذیرد مانند آبیاری به روش فارو، کرتی، شیاری، نواری و... آبیاری سطحی اگر به درستی طراحی و اجرا شود، بدلیل عدم نیاز به وسایل و دستگاه‌های خاص، برای زارعین یکی از بهترین روشها محسوب می‌شود اما چنانچه بخوبی اجرا نشود، موجب تلفات آب، عدم یکنواختی توزیع آب و خلاصه کاهش محصول می‌گردد (۲). بنابراین ارتباط بسیار تنگاتنگی میان آبیاری سطحی، طراحی و اجرای عملیات تسطیح اراضی وجود دارد.

در صورتی که عملیات آبیاری سطحی به درستی صورت گیرد میزان آب کاربردی به حداقل می‌رسد و آبشویی عناصر شیمیایی مفید در خاک کاهش می‌یابد و می‌تواند از نظر محصول دهی عملکرد را بالا ببرد و نیز آبیاری تمام مزرعه که مهمترین هدف این روش است سریعتر صورت می‌گیرد (۳، ۵، ۶).

در این روش بسیاری از زارعین زمانی که آب مورد نظر خود را به انتهای فارو برسانند از کار خود رضایت لازم را بدست می‌آورند اما این بسیار مهم است که چه مقدار آب بکار می‌رود و چگونه توزیع می‌گردد. که این امر به تعداد دريچه‌های باز شده یا لوله‌های دريچه دار بکاررفته و اندازه آنها و نیز داشتن یک ارتباط مناسب بين سرعت حرکت آب در مزرعه و مقدار آب بکار رفته بستگی دارد (۳).

بنابراین افزایش دقت و مدیریت در طراحی و اجرای عملیات تسطیح اراضی و به دنبال آن استفاده از یک سیستم مناسب جهت اجرای آبیاری سطحی مزارع، راندمان آبیاری و سرعت بخشی به تامین آب مزرعه افزایش می‌یابد. مثلاً به منظور اجرای آبیاری فارو (ردیفی) نیاز است به عواملی از جمله شکل شیاری، فاصله شیارها و طول شیاری توجه کافی داشت. در این راستا هرچه مقدار جریان زیاد باشد عرض شیاری بایستی افزایش یابد، اگر خاک رسی باشد به دلیل نفوذ کم عمق شیارها بایستی کم و عریض باشند تا سطح تماس آب با خاک افزایش یابد و آب سریعتر جذب شود و در صورت شنی بودن خاک شیارها باید باریک و عمیق باشند تا سطح تماس آب با خاک کاهش یابد و سرعت حرکت آب در شیاری افزایش یابد تا از نفوذ زیاد جلوگیری گردد. از طرفی فاصله شیارها به حرکت آب در خاک، نوع گیاه و شیوه زراعت بستگی دارد

که برای خاک‌های شنی باید کم و تا ۵/ متر برسد چون نفوذ دیواره کم است و در خاک‌های رسی به دلیل نفوذ زیاد دیواره باید فاصله شیارها زیاد و تا ۱/۲ متر می‌تواند برسد، نیز طول شیار بسته به نوع خاک، مقدار جریان، عمق آبیاری، شیب زمین تغییر می‌کند (۲). در خاک‌های شنی به دلیل نفوذ سریع آب در خاک طول شیارها باید کوتاه تر از ۱۸۲/۸۸ متر باشد حتی زمانی که مقدار جریان زیاد باشد در نزدیکی کانال آب زیادی بر اثر نفوذ در عمق هدر می‌رود. اما در خاک‌های رسی حداکثر طول شیارها را می‌توان ۳۹۶/۲۴ متر در نظر گرفت (۳). بکارگیری عمق آبیاری زیاد نیز لازمه اش طولانی بودن شیارها است زیرا در این صورت برای توزیع آب زمان بیشتری وجود دارد و این بخش اساسی ترین قسمتی است که توسط طراح در زمان انجام پروژه تسطیح باید مد نظر گرفته شود.

شیب شیارها بسته به خطر فرسایش خاک باید مدیریت متفاوتی داشته باشد. در صورتی که زمین‌ها ناهموار باشند باید شیارها در امتداد خطوط هم‌تراز ایجاد شوند اما در صورتی که شیب زمین کم باشد بهتر است شیارها به موازات کناره مزرعه و همسو با شیب اصلی زمین ایجاد شوند.

مواد و روش‌ها:

طراحی و اجرای عملیات تسطیح اراضی تحت نظر جهاد کشاورزی هر منطقه صورت می‌گیرد و جهاد کشاورزی نقش کارفرما و ناظر را در این راه دارد. اما نقشه برداری و طراحی این عملیات به دست بخش خصوصی می‌باشد و عملیات اجرایی آنرا پیمانکاران بخش تسطیح اراضی از طریق برگزاری استعلام به عهده می‌گیرند، در این راستا به دلیل نبود نیروی متخصص در بخش طراحی و نیز نداشتن نرم افزار جامع مشکلات زیادی در طراحی و قطعه‌بندی زمین‌ها بوجود می‌آید و نیز در بخش عملیات اجرایی نیز موارد بسیاری دیده می‌شود که آنها درجه ۳ و ۴ ایجاد شده توسط پیمانکار از نظر اندازه نهر و نیز ارتفاعی که باید نهر نسبت به مزرعه داشته باشد تا بتواند آب را به راحتی به مزرعه و فاروها انتقال دهد اشکالات عمده ای وجود دارد، بنابراین در این تحقیق ۲۰ مزرعه بطور متوسط ۳۰ هکتاری از نظر طول شیارها و قطعه بندی اصولی و نیز استفاده از روش‌های بهینه (لوله‌های دریچه دار) جهت انتقال آب به مزرعه و افزایش راندمان آبیاری مورد بررسی قرار داده شدند.

با توجه به اینکه یکی از عوامل موثر بر روی طول شیارها (فاروها) نوع خاک مزرعه است (۲). به منظور طراحی نقشه تسطیح نیاز است آزمایش بافت خاک انجام گیرد که متأسفانه در طراحی هیچ کدام از این ۲۰ مزرعه چنین کاری صورت نگرفته و حتی در بسیاری از موارد طراحان از نوع بافت مزرعه اطلاعی نداشته‌اند و صرفاً به سبب نوع قطعه بندی با نرم افزار بر اساس توپوگرافی طول شیارها برای هر قطعه مشخص گردیده است.

به منظور رسیدن به بهترین طول فارو با ضریب آبیاری مناسب مزارعی انتخاب شد و بافت خاک آنها اندازه‌گیری گردید و فاروهای به طول‌های مورد نظر در آنها ایجاد شد. آنگاه اندازه‌گیری‌ها به منظور

رسیدن به ضریب آبیاری مربوط به هر فارو از طریق نسبت نیاز آبی خالص هر فارو به میزان آب ورودی به آن فارو انجام گرفت (جدول ۱).

نتایج و بحث:

با توجه به اینکه طول شیارها در خاک‌های شنی نباید از ۱۸۲/۸۸ متر و در خاک‌های رسی از ۳۹۶/۲۴ متر تجاوز کند (۷،۴،۳) در ۴۵ درصد موارد در مزارعی با خاک‌هایی از نوع بافت، لوم شنی، لوم رسی شنی، شن لومی طول شیارها به ۳۰۰ متر می‌رسید. که این بسیار بیشتر از میزان ایده آل می‌باشد و نیز در خاک‌هایی با بافت، لوم رسی، رسی، رس سیلتی در ۳۰ درصد موارد طول فاروها کمتر از میزان ایده آل می‌باشد و به ۱۵۰ متر می‌رسد که این امر دلایل گوناگونی دارد. اولاً به دلیل اینکه یکپارچگی اراضی طی چند دهه گذشته از بین رفته و کشاورزی به سمت خرده مالکی گرایش یافته مزارع با وسعت بزرگ محدود شده است اما دلیل دیگر به نحوه طراحی در مزارع بزرگ بر می‌گردد که طراحان به دلیل کمی تجربه، نداشتن آگاهی از روند تاثیر بافت خاک بر راندمان آبیاری و گاه به منظور آسان کردن محاسبه میزان خاک مازاد به دلیل کار با نرم افزارهای ارزان قیمت و ابتدایی، قطعات را به صورت کوچکتر انتخاب می‌کنند که این امر سبب کاهش طول شیارها شده و در خاک‌هایی با بافت سنگین به دلیل سرعت آب در شیار فرسایش در فاروها زیاد می‌گردد. همچنین مزرعه بصورت سطحی تر خیس می‌شود که این امر سبب افزایش دور آبیاری می‌شود و هرچه تعداد دور آبیاری بیشتر شود مقدار نفوذ آب در نهرهای انتقال آب در مزرعه و نیز تبخیر سطحی از آنها بیشتر شده و تلفات آب افزایش می‌یابد و با افزایش تعداد قطعات زمان و نیروی بیشتری برای جابجایی آب از یک قطعه به قطعه دیگر مصرف می‌شود.

جدول ۱- انتخاب طول فاروها در خاک‌های شنی و رسی بر اساس بافت خاک و ضریب آبیاری

بافت خاک			سرعت ورود آب L/S	شیب فارو (%)	طول فاروها	مدت زمان آبیاری (ساعت)	مقدار آب ورودی (ml/ha)	ضریب آبیاری (%)
رس	سیلت	شن						
۸۵	۱۰	۵	۲/۸	۰/۳	۱۰۰	۲	۱/۰۷	۵۶
					۳۰۰	۷	۱/۳۳	۴۵
					۵۰۰	۱۵	۱/۸۵	۳۲
۲۰	۱۰	۷۰	۲/۷	۰/۳	۴۰۰	۸	۱/۱۹	۶۷
					۸۰۰	۱۷	۱/۲۲	۶۵
					۱۲۰۰	۲۴	۱/۲۵	۶۴

میانگین آب جذب شده در خاک: بافت شنی: ۰/۶ میلی لیتر در هکتار ، بافت رسی: ۰/۸ میلی لیتر در هکتار با توجه به جدول بالادیده می‌شود که نوع خاک تاثیر بسیار زیادی بر روی ضریب آبیاری دارد برای همه خاک‌ها با افزایش طول فاروها ضریب آبیاری فارو کاهش می‌یابد و منجر به از دست دادن آب می‌شود اما این اثر بر روی خاک‌های شنی بیشتر از خاک‌های رسی می‌باشد و جایی که طول فارو از ۱۰۰ به ۵۰۰ متر برای خاک‌های شنی افزایش یافت ضریب آبیاری از ۵۶ به ۳۲ درصد کاهش یافت و این نشان دهنده این است که طول فارو در خاک‌های شنی باید کوتاه باشد اما در خاک‌هایی با بافت رسی با افزایش طول فارو از ۴۰۰ به ۱۲۰۰ متر ضریب آبیاری به اندازه کوچکی تغییر کرده است حتی با افزایش طول فاروها از دست دادن آب نیز کم بوده و مقدار کوچکی را به خود اختصاص داده است.

استفاده از لوله‌های دریچه‌دار جهت افزایش راندمان آبیاری

آبیاری سطحی قدیمی‌ترین روش آبیاری است که در اکثر نقاط جهان رواج دارد و بیش از ۹۰ درصد مزارع و باغات کشور به روش‌های سطحی (ردیفی، فارو) نیاز آبی خود را رفع می‌کنند، در این روش بخش عظیمی از آب در جوی‌های انتقال آب در سطح مزرعه به دلیل نفوذ عمقی بخصوص در زمان اولین آبیاری و نیز از طریق تبخیر سطحی از دسترس دور می‌شوند، مزارع بررسی شده در این مطالعه پس از انجام عملیات تسطیح اراضی هیچ کدام به دنبال استفاده از روش‌های جدید آبیاری سطحی نبوده‌اند و نهرهای انتقال آب به همان صور گذشته در سطح مزرعه پیاده شده‌اند که حدود ۳۳ درصد از این انهار از نظر ارتفاع سطح نسبت به سطح مزرعه دچار مشکل بوده‌اند و دوباره مورد بازسازی قرار گرفته‌اند و حدود ۱۸ درصد از آنها از نظر اندازه نهر بزرگتر از اندازه مورد نظر بوده‌اند. که این امر سبب هدر رفت زمانی و افزایش مدت زمان و سخت شدن عملیات آبیاری گردیده است و راندمان آبیاری را به کمتر از ۳۰-۳۵ درصد می‌رساند.

با وجود این مشکلات در روش‌های سنتی آبیاری سطحی (فارو) قسمت عمده آب ورودی به مزرعه در کانال‌ها و جوی‌های حاکی بصورت نفوذ عمقی و یا تبخیر سطحی در هر بار آبیاری تلف می‌شود بنابراین استفاده از لوله‌های دریچه دار در سطح مزرعه هم سبب افزایش راندمان آبیاری و جلوگیری از تلفات آب در کانال‌ها و جوی‌های انتقال آب در سطح مزرعه شده و هم سبب راحت‌تر شدن عملیات آبیاری می‌گردد. در این تحقیق هیچکدام از مزارع از چنین سیستم‌هایی جهت آبیاری مزرعه خود استفاده نکرده بودند و جهت مقایسه روش سنتی با سیستم لوله‌های دریچه دار از مزارع کشت و صنعت کارون که از این سیستم استفاده می‌کند کمک گرفته شد.

با توجه به هدر رفت آب در جوی‌های انتقال آب مزرعه، سیستم لوله‌های دریچه دار راندمان آبیاری را از ۳۰ درصد می‌تواند به حدود ۵۰ درصد افزایش دهد و نیز از آنجا که لوله‌های دریچه دار دارای درب‌هایی با قابلیت باز و بسته شدن می‌باشند و در هر منطقه از مزرعه آب مورد نیاز فاروها را می‌تواند با سرعتی

بسیار بیشتر از روش سنتی در اختیار کشاورز قرار دهد از این نظر نیروی کارگری و زمان لازم برای انتقال آب به فاروها به شدت کاهش می‌یابد همچنین از آنجا که لوله‌های دریچه دار تقریباً یک سیستم بسته از نظر هدر رفت بیش از حد آب می‌باشد می‌تواند در هنگام استفاده از کودهای ریز مغذی بصورت محلول در آب عمل کود دهی را با سرعت بالا و کاهش زیاد انرژی انجام دهد. در صورتی که هنگام استفاده از کود با روش محلول در آب در نهادهای قدیمی به دلیل نفوذ در خاک بخش عمده‌ای از کود از دسترس گیاه خارج می‌شود. همچنین از آنجا که در روش لوله‌های دریچه دار دیگر نیاز به حفر نهادهای انتقال آب در سطح مزرعه نمی‌باشد حدود ۳-۴ درصد از زمین مزرعه آزاد می‌گردد و می‌تواند تحت کشت قرار گیرد.

لوله‌های دریچه‌دار عامل مهمی در افزایش راندمان آبیاری شبانه

اجرای عملیات آبیاری شبانه در مزارع به منظور سرعت بخشیدن به کار آبیاری از جمله راه‌های اجتناب ناپذیر توسط کشاورزان است و استفاده از این روش و آبیاری در این زمان به دلایل گوناگون دارای راندمان بسیار پایین تر از آبیاری روزانه می‌باشد که عمده ترین عوامل تلفات آب در آبیاری شبانه را باید، پایین آمدن کارایی فرد زارع به علت نبود نور کافی و کاهش شدید دید افراد دانست که در این حالت زارع قادر به کنترل آب در انهار انتقال دهنده آب نمی‌باشد و این امر در زمان تقسیم آب بین فاروها بسیار مشکل و خسته کننده است و با توجه به اینکه آبیاری شبانه مصادف با خواب زارع می‌باشد خواب آلودگی توان کار را به شدت کاهش می‌دهد (۱). در این راستا استفاده از لوله‌های دریچه دار در سطح مزرعه و تبدیل کانال‌ها و جوی‌های انتقال دهنده آب به لوله‌های دریچه‌دار در هنگام طراحی و اجرای عملیات تسطیح اراضی علاوه بر آنکه سبب کاهش هزینه‌های عملیات تسطیح می‌گردد، سبب کم شدن تلفات زمین نیز می‌شود همچنین با استفاده از سیستم لوله‌های دریچه دار راندمان آبیاری شبانه به دلیل راحتی کار با آن برای کشاورز به شدت بالا می‌رود بگونه ای که با بازو بسته کردن دریچه‌های مربوط به هر فارو به راحتی آب را در آنها جاری می‌سازد و از هدر دادن انرژی زارع در شب به شدت می‌کاهد. همچنین راحتی کار با این سیستم بسیار بهتر از روش سیفون می‌باشد و تنها با باز و بسته کردن دریچه‌ها آب را در فاروها به جریان می‌اندازد در صورتی که در سیستم سیفونی علاوه بر اینکه آب در نهادهای انتقال آب به صورت نفوذ عمقی و تبخیر تلف می‌شود جاری کردن آب در سیفون بسیار مشکل و وقت گیر است. البته در سیستم لوله‌های دریچه دار در محل باز شدن دریچه و جاری شدن آب زمانی که سرعت آب خروجی زیاد باشد در خاک‌های فرسایش پذیر سبب ایجاد فرسایش آبی زیادی می‌شود که به منظور جلوگیری از این امر می‌توان از صفحات پلاستیکی ضخیم و قابل انعطاف با اندازه مناسب در این محل استفاده کرد.

منابع:

۱. صادقی. نیلوفر. ۱۳۸۴. اولین همایش بررسی مشکلات شبکه‌های آبیاری، زهکشی و مصرف بهینه آب کشاورزی. گوه‌ران کویر. ۱۴۷-۱۵۲.

۲. علیزاده. امین. ۱۳۷۷. اصول طراحی سیستمهای آبیاری. چاپ سوم. (ترجمه). ۲۱۵-۲۴۰.

3. Danny H. Rogers. 1995. Extension Agricultural Engineer Cooperative Extension Service Manhattan, Kansas Reprinted from Neb - Guid G91- 1021 University of Nebraska-Lincoln.
4. Hines R. Cooley W. 2001. Residue Management in Furrow-Irrigated Reduced Tillage Systems. Colorado State University Soil and Crop Agent 1001 N. 2nd.
5. Natural Resources Management and Environment Department.
6. S R Raine and D Bakker Faculty of Engineering and Surveying, USQ, Toowoomba. Formerly BSES, Ayr. CSR Ltd., Technical Field Department.
7. S R Raine and W R Walker National Centre for Engineering in Agriculture, Toowoomba, Australia Utah State University, Logan, USA.



Proceedings of the Second Seminar on Improving and Rehabilitation of Surface Irrigation Systems

Karaj, Iran May 22, 2008
Publication Issue: 129



- Iranian National Committee on Irrigation and Drainage (IRNCID)
- Iranian Agricultural Engineering Research Institute
- Iran Ministry of Jihad-e-Agriculture



ICID•CIID