



سازمان آب و خاک  
وزارت جهاد کشاورزی



موسسه تحقیقات آب  
و مهندسی کشاورزی



جمهوری اسلامی ایران  
جمهوری اسلامی ایران

# مجموعه مقالات کارگاه فنی آبیاری سطحی مکانیزه

امان: ۱۳ آذر ماه ۱۴۰۰

مکان: سالن اجتماعات موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر





دفتر پژوهش و  
روانسازی آبیاری

و

دفتر توسعه شبکه‌های آبیاری و  
تجهیز و نوسازی اراضی کشاورزی  
وزارت جهاد کشاورزی



مؤسسه تحقیقات فن  
و مهندسی کشاورزی



کمیته ملی آبیاری و زمکش ایران

# کارگاه فنی آبیاری سطحی مکانیزه

## مجموعه مقالات

### کارگاه فنی «آبیاری سطحی مکانیزه»

هیئت علمی کارگاه فنی «آبیاری سطحی مکانیزه»

دکتر فریدریز عباسی

دکتر سعید نیزی

دکتر محمد محمودیان شوشتاری

دکتر جمشید خیرابی

مهندس عبدالحسین بهنامزاده

مهندس ناصر ریاضی

دکتر قاسم زارعی

مهندس ناصر ولیزاده

مهندس عبدالرضا فلاح رستگار

دکتر حسین دهقان

مهندس امیرحسین آقائی راد

مهندس هومن خالدی

مهندس علی گرجی

مهندس عنایت فراهانی

# کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران

صفحه	فهرست
۱	۱- کاربرد لوله‌های دریچه‌دار در آبیاری ناصر ولی‌زاده، سهر ملک‌زاده
۲۱	۲- تأثیر کاربرد مالچ در افزایش ذخیره رطوبتی خاک در باغات پسته امیر اسلامی، همید ریاضی
۳۲	۳- روش‌های افزایش ذخیره رطوبتی خاک با استفاده از ابرجاذب‌ها به منظور افزایش بهره‌وری آب کشاورزی سید ابوالقاسم حقایقی مقدم
۴۹	۴- بهینه سازی مصرف آب در آبیاری سطحی در جهت مدیریت بهتر و بهبود کیفیت با استفاده از تانسیومتر سینا بشarat، بهنام حبیب‌زاده
۵۷	۵- ارزیابی بازده آب آبیاری طی چند دهه گذشته در سطح کشور فرهناز سهراپ، فریبرز عباسی
۷۱	۶- تغییر مدیریت آبیاری مزارع برنج خوزستان ضرورتی اجتناب ناپذیر شکرالله آبسالان، عبدالعلی گیلانی
۷۹	۷- تأثیر آبنمودهای مختلف جریان ورودی بر عملکرد آبیاری نواری بهروز مصطفی‌زاده، جهانگیر عابدی گوپائی، مریم دهقانی
۹۳	۸- ارزیابی کود آبیاری در روش‌های آبیاری سطحی فریبرز عباسی، فرهناز سهراپ، مهرنوش ایلانلو
۱۰۱	۹- بررسی اثر افزایش پله‌ای دبی جریان بر روی پیشروی آب در شیار در آبیاری موجی مهدی قبادی نیا، تیمور سهراپ، مهدی میراب‌زاده، W.R. Walker
۱۱۷	۱۰- تعیین پارامترهای معادلات نفوذ کوستیاکف و کوستیاکف-لوئیس برای آبیاری غلام گردشی محمد مهدی گفایتی، بهروز مصطفی‌زاده، منوچهر مید(په)
۱۲۵	۱۱- دستگاه اتوماتیک ثبت پیشروی آب در آبیاری سطحی یاسین اسراروشن، بهروز مصطفی‌زاده، سیدسحید اسلامیان

- ۱۲- بررسی و مقایسه گزینه‌های انتقال آب و روش‌های مختلف آبیاری سطحی،  
تحت فشار و دو سامانه‌ای (تلغیق آبیاری سطحی و تحت فشار) در طرح توسعه  
شبکه آبیاری و زهکشی واحد عمرانی ۵ دشت دوسالق (کرخه)  
حسین چاکری، محمدعلی امینی مطلق، ابراهیم آدینه ۱۳۵
- ۱۳- تاثیر کاربرد زئولیت در خاک بر بهینه سازی آب فضای سبز  
جهانگیر عابدی گوپایی، مجفر اسدگاظمی ۱۵۱
- ۱۴- مقایسه فنی و اقتصادی سیستم‌های توزیع کم فشار با سیستم‌های  
آبیاری سطحی و بارانی  
سهراب مینائی، مینا بهزادی نسب، عیسی معروف‌پور ۱۵۹
- ۱۵- افزایش راندمان آبیاری در آبیاری شیاری با غلتكهای تثبیت شیار  
امیر نورجه، حسین محمدی مزرعه ۱۷۳
- ۱۶- افزایش کارایی مصرف آب با استفاده از مالچ پلی اتیلن در زراعت گوجه فرنگی  
امیر نورجه، مهندی هناره، سپیده هاتمی ۱۸۲
- ۱۷- محاسبه زمان قطع جریان ورود آب به نوار براساس مسافت پیشروی  
آذرخش عزیزی، بهروز مصطفی‌زاده ۱۹۱
- ۱۸- مدیریت آبیاری سطحی در زمان واقعی با استفاده از سیستم خبره  
مصطفی (زاچمنش، محمدرقنا احسانی، کورش محمدی ۲۰۱
- ۱۹- بهبود روش‌های آبیاری سطحی با استفاده از لوله‌های دریچه‌دار (هیدروفلوم)  
ومید گرمی، (قیه صمدی بهرامی ۲۰۹
- ۲۰- تأثیر سطوح مختلف آبیاری بر عملکرد و کارایی مصرف آب خرمای مضائقی  
تحت شرایط آبیاری سطحی در منطقه بم  
مسعود فرزانه‌نیا ۲۲۲
- ۲۱- نگرشی بر سیستم‌های آبیاری در شرکت کشت و صنعت کارون  
محمد شمیلی ۲۳۱
- ۲۲- تعیین بهترین معادله پیشروی آب در آبیاری سطحی: با رویکرد فازی  
سینا بشارت، مهدی کوچک‌زاده، امین کوره‌پیان دزفولی ۲۴۷
- ۲۳- تأثیر اعمال کم آبیاری بر طراحی شبکه‌های آبیاری سطحی  
محمدعلی غلامی‌سفیدکوهی، مجید میرلطیفی، کورش محمدی ۲۵۷

۲۴-	بررسی تاثیر عملیات زیرشکن روی خصوصیات فیزیکی خاک و رطوبت قابل استفاده گیاه چغندر قند
۲۷۱	سید ابراهیم دهقانیان، علی‌اکبر صلمجو
۲۵-	ارزیابی راندمان آبیاری جویچه‌ای تحت مدیریت‌های مختلف در منطقه مغان
۲۸۳	امین کانونی
۲۶-	مدیریت آب آبیاری با استفاده از مدل Saltmed
۲۰۱	جهانگیر عابدی گوپایی، اهله ملکیان
۲۷-	مقایسه عملکرد و اجزای عملکرد گیاه آمارانت در روش‌های مختلف آبیاری
۳۱۹	دو سامانه‌ای (تلفیقی) آبیاری سطحی، آبیاری تحت فشار بارانی شهرزاد شاه محمدی نبی، علیرضا (ضانی)

## کارگاه فنی آبیاری سطحی مکانیزه

۱۳۸۴ آذر ماه ۱۳

### کاربرد لوله‌های دریچه‌دار در آبیاری

ناصر ولی‌زاده<sup>۱</sup>، سحر ملک‌زاده<sup>۲</sup>

#### چکیده

در آبیاری سطحی، احداث نهر آبیاری خاکی، تلفات آب در انتقال و غیریکنواختی پخش در سطح مزرعه را به همراه داشته، یکی از گزینه‌ها، استفاده از لوله‌های دریچه‌دار (جامد یا قابل انعطاف) می‌باشد. نمونه‌های جامد آن به دلیل سنگینی و مشکلات جابجایی جای خود را به انواع قابل انعطاف از جنس فیلم پلی اتیلن داده‌اند که در اقطار مختلف و به صورت کالف تولید می‌شوند و می‌توان آن را سادگی در مزرعه پهن و پس از پایان یک دوره آبیاری، قبل از درو جمع‌آوری نمود.

نگارنده مقاله پس از مشاهده نمونه‌های اولیه آن در ۳۰ سال پیش، آن را معرفی و نمونه اولیه آن را در خوزستان نصب نمود در این مدت با پیشرفت صنعت پلیمر، در کاهش ضخامت و افزایش مقاومت آن پیشرفت‌های شایانی حاصل شده که با تولید داخلی آن، هم اکنون نیاز کشور بر آوردن و در آبیاری انواع گیاهان بکار می‌رود. در این مقاله راهنمای جهت انتخاب قطر، طول و همچنین محاسبه افت فشار با توجه به دبی ارائه شده است. یک نمونه اجرا شده در منطقه مرکزی چنین و نتایج ۳ سال تجربه ذکر شده که تأثیرات آن بر مصرف آب، یکنواختی پخش، مصرف انرژی و صرفه‌جویی در نیروی کارگری و زمین قید شده در این مقاله توصیه‌های کاربردی در نصب و نگهداری هیدروفلوم نیز ارائه گردیده است.

#### مقدمه:

در آبیاری سطحی به منظور حذف عملیات نهرکشی، مبارزه با علف هرز فرسایش در طول و در محل ورود آب به فارو یا نوارها و حذف تلفات عمقی و تبخیر تدابیری به کار رفته که در نهایت به سمت تکامل بوده است. چنانچه شبی در طول نهر آبیاری ایجاب نماید که چک یا چک دراپ نیز احداث شود مشکلات

۱- عضو اصلی کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران - مهندسین مشاور سپند آب فلاٹ

۲- دانشجوی دوره کارشناسی مهندسی آب - عضو کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران و بخش جوان

چند برابر می‌شود که چنانچه ثابت باشند در اثر عملیات تهیه زمین، داشت و برداشت صدمه دیده و در صورت جابجایی نیز مشکلات جابجایی با دست به چشم می‌خورد. لذا استفاده از لوله‌های روزنه‌دار یا دریچه‌دار مورد توجه قرار گرفت. بعضی به این دسته از لوله‌ها روش آبیاری اطلاق می‌کنند در صورتیکه عملیات تهیه زمین نظیر تسطیح احداث فارو یا نوارها انجام می‌شود ولی به جای احداث نهر آبیاری<sup>۱</sup> از این نوع لوله‌ها استفاده می‌کنند.

#### تاریخچه:

ایجاد روزنه، دریچه کشویی یا دریچه دایره‌ای شکل روی لوله از جنس مختلف و انشعاب آب از لوله به نوار یا ردیف درختان منشاء استفاده از این لوله‌ها بوده است.

PVC بطور کلی لوله‌های دریچه‌دار ابتدا از لوله‌های جنس جامد<sup>۲</sup> نظیر آلومینیوم و سپس ساخته شد و با پیشرفت علم پلیمر، جنس قابل انعطاف آن از فیلم پلی‌اتیلن<sup>۳</sup> که امروزه بکار می‌رود متداول شد. لوله‌های دریچه‌دار<sup>۴</sup> از جنس آلومینیوم و حداکثر تا قطر ۸ اینچ ساخته می‌شود که دریچه آن از نوع کشویی و دارای اشل بوده است که می‌توان آن را روی ۱/۸ باز تا کاملاً باز تنظیم نمود.

به یکدیگر متصل O-Ring طول لوله محدود و حداقل ۶ متر می‌باشد که با اتصال مجهز به می‌باشد. این نوع لوله در ایستگاه تحقیقات کشاورزی اسماعیل آباد قزوین در دهه ۵۰ نصب گردید و هنوز موجود می‌باشد. جابجایی این نوع لوله در فصل آبیاری مشکلاتی به همراه داشته و ضمناً به دلیل رفت و آمد ماشین آلات آسیب‌پذیر هستند.

لوله‌هایی از جنس PVC نیز به تدریج وارد بازار شدند که در آنها نیز دریچه از جنس PVC کشویی بکار می‌رود و به کمک اتصال مجهز به O-Ring به یکدیگر متصل می‌گردند. نمونه این نوع لوله در ایران مشاهده نشده است. شکنندگی و وزن آن باعث شد که به لوله‌های سبکتر و قابل انعطاف روی آورند که در زمان آبیاری سطح مقطع آن دایره‌ای شکل و پس از تخلیه آب، روی زمین خوابیده<sup>۵</sup> و حتی ماشین آلات چرخ لاستیکی می‌توانند از روی آن عبور کنند. هنگام نصب لوله‌ها که به صورت کلاف<sup>۶</sup> پیچیده شده‌اند باز شده و در صورت عدم نیاز می‌توانند مجدداً به صورت کلاف جمع شده و در انبار نگهداری شوند.

از لوله‌ها بدون دریچه در انتقال آب نیز می‌توان استفاده نمود زیرا در پستی و بلندی‌ها شکل زمین را بخود گرفته و به دلیل قطر زیاد دارای افت فشار کم بوده و می‌تواند در مسیرهای طولانی به آسانی بکار رود.

1 - Head Ditch – Quarty Canal

2 -Solid Pipe

3 - Flexible Pipe, PE Film

4 - Gated Pipe

5 - Flat Shape

6 - Roll

این لوله‌های قابل انعطاف دارای اسمای مختلف از جمله هیدروفلوم<sup>۱</sup> آکوافلوم<sup>۲</sup> هستند که در قطر و ضخامت مختلف ولی از فیلم پلی اتیلنی<sup>۳</sup> نازک ساخته می‌شوند که در بخش مشخصات فنی به آن اشاره می‌شود.

در سال ۱۳۵۵ (۱۹۷۶ میلادی) نگارنده مقاله، هیدروفلوم نصب شده در یک مزرعه در ایالات کوئینز لند استرالیا را مشاهده نمود. ابتدای مزرعه یک لوله قائم<sup>۴</sup> از جنس لوله سیمانی نصب شده بود که فشار آب در خط انتقال زیرزمینی با نوسان سطح آب در این رایزر کنترل می‌شد. از این رایزر آب وارد هیدروفلوم قابل انعطاف می‌شد و هر بار تعداد ثابتی دریچه باز بوده و به فاروها آب را هدایت می‌نمود. کشاورز در قسمت‌های مختلف و در طول هیدروفلوم با یک گیره<sup>۵</sup> لوله را مسدود می‌نمود تا آب بهتر به دریچه‌ها هدایت شوند.

ابتكار دیگر کشاورز آن بود که طول فارو را به دو قسمت نموده و پس از آبیاری نیمه اول فاروها، هیدروفلوم واقع در نیمه دوم را راهاندازی نموده و قطعه پائین دست را آبیاری می‌نمود بدین ترتیب زمان آبیاری یک قطعه کمتر شده و راندمان کاربرد در سطح مزرعه نیز افزایش می‌یافتد.

ضمن ملاقات با کارشناسان کارخانه سازنده در استرالیا، اطلاعات فنی آن دریافت و به ایران آورده شد. در گزارش مأموریت ضمن نشان دادن اسلامیدها، درخواست شد که یک مزرعه نمونه به هیدروفلوم مجهز شود تا اثر آن در مزرعه نیشکر با فارو به فاصله ۱,۵ متر مشاهده و ارزیابی شود. در سال ۱۳۵۶ کارخانه سازنده<sup>۶</sup> چهار کلاف ۱۰۰ متری به قطر ۱۵ اینچ را به ایران ارسال نمود.

نگارنده با همکاری مهندس قاسمی در مزرعه سری ۷۰۰ کشت و صنعت هفت تپه برای اولین بار از یک کanal درجه ۳ سیمانی که سطح آب آن تا زمین ۱۰۰ سانتی متر ارتفاع داشت توسط یک لوله آهنی ۱۴ اینچی (مطابق شکل زیر) آب را منشعب نموده و به هیدروفلوم به طول ۴۰۰ متر وارد نمود. برای هر فارو یک لیوانک پیش‌بینی گردید. دبی هر لیوانک حدود ۲ لیتر در ثانیه بوده و در هر زمان حدود ۳۰ لیوانک باز می‌شد.

1 - Hydro flume

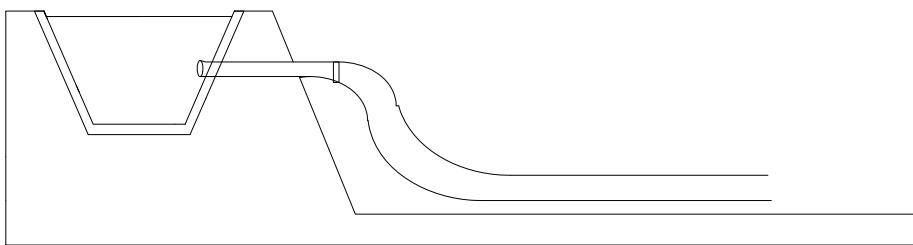
2 - Aqua flume

3 - PE Film

4 - Stand Pipe - Riser

5 - Clamp

6 - Australis



شکل ۱- نحوه انشعاب از کanal درجه ۳ سیمانی به هیدروفلوم در خوزستان (سال ۱۳۵۶)

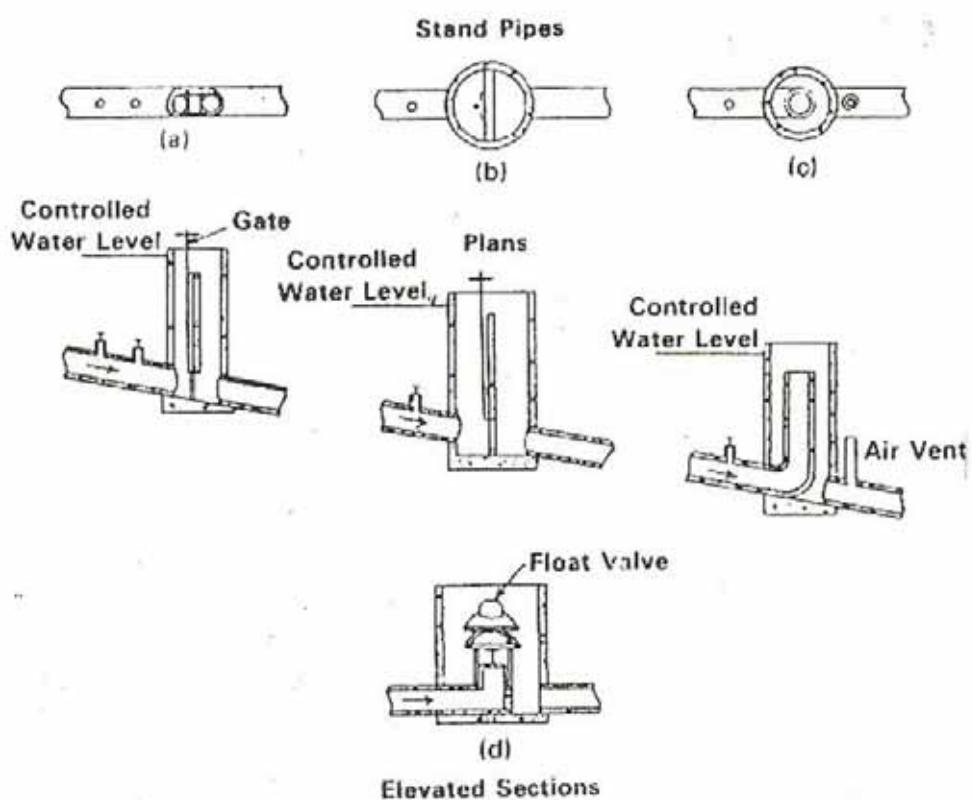
مشاهده محاسن و سهولت انشعاب از کanal برای هیدروفلوم باعث شد تا تجربه دوم در اراضی کشت و صنعت کارون در سال ۱۳۵۷ تکرار شود. نتایج فوق، برنامه‌ریزان توسعه نیشکر در سطح ۸۴۰۰۰ را تشویق نمود که ضمن تسطیح و تهیه زمین به شکل فارو، به جای نهر خاکی، از هیدروفلوم استفاده نمایند. در شکل شماره ۲ کاربرد لوله دریچه‌دار در مزرعه و در فارو نشان داده شده است.

در حال حاضر دو کارخانه ایرانی به تولید لوله‌های آلومینیومی دریچه‌دار تا قطر ۸ اینچ و دو کارخانه دیگر سازنده هیدروفلوم از قطر ۶ تا ۱۵ اینچ هستند و نیازی به وارد کردن آن نمی‌باشد. در سال ۱۳۶۹، نگارنده مقاله یک نشریه فنی در مورد انتخاب و طراحی هیدروفلوم تهیه نمود که از انتشارات مهندسی زراعی (معاونت آب و خاک - کرج) بود و سازنده اول هیدروفلوم در ایران نیز در تولید و برنامه‌ریزی ساخت از آن بهره برد.

در سال ۱۳۷۵ تا ۱۳۷۷ شرکت ایرانی آریا فلوم نمونه تولیدی خود را در اقطار مختلف و لیوانک مربوطه معرفی و در مزارع معاونت آب و خاک در کرج روی گیاهان متفاوت آن را نصب و آزمایش نمود. نتایج آن، به ویژه سادگی نصب و عملکرد مطلوب و تأثیر در کاهش تلفات آب در طول نهر آبیاری و نیروی کارگری و همچنین افزایش راندمان انتقال در مسیر آن و راندمان پخش در سطح مزرعه بسیار رضایت‌بخش بود.



شکل شماره ۲- لوله‌های دریچه‌دار در آبیاری ردیفی

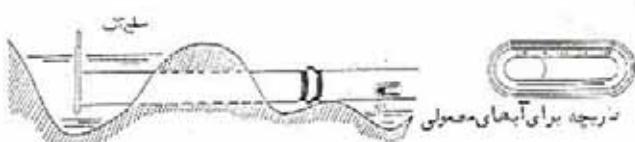


شکل شماره ۳- چهار نوع لوله ( رایزر ) جهت کاهش فشار و تنظیم سطح آب هنگام کاربرد  
لوله‌های دریچه‌دار

### مشخصات فنی:

با کنار گذاردن لوله‌های دریچه‌دار غیرقابل انعطاف (آلومینیومی - پی وی سی)، استفاده از پلی اتیلن در ساخت هیدروفلوم رواج یافت. این لوله‌ها در مقابل اشعه ماوراء بنفش مقاوم بوده و در برابر تأثیر شیمیایی ترکیبات آب - خاک تجزیه ناپذیر می‌باشد. نرمی جنس آن باعث انعطاف در موقع جمع کردن (کلاف کردن) و هماهنگی با عوارض زمین می‌شود. به همین دلیل هنگام خالی شدن آب، روی زمین پهن می‌شود و مانع رفت و آمد ماشین‌آلات چرخ لاستیکی نمی‌گردد به شرط آنکه در بستر آن سنگدانه درشت و لبه تیز و قطعات فلزی و سیمانی موجود نباشد.

بهتر است قبل از پهن کردن آن یک نهر کم عمق در مسیر نهر آبیاری احداث شود و هیدروفلوم روی آن قرار گیرد تا علاوه بر مستقیم بودن مسیر، هیدروفلوم پس از پر شدن از آب غلت نخورده و لیوانکها در یک راستا کار کنند. ضخامت لوله حدود ۱ میلیمتر بوده و سازنده آن کارکرد مناسب در سخت‌ترین شرایط اقلیمی را تا ۳ سال تضمین می‌نماید. در جدول شماره ۱ آبدهی هر دریچه لوله دریچه‌دار آلومینیومی به قطر ۸ اینچ با ارتفاع آب متفاوت آورده شده است.



دتر	۲/۴"	۱/۲"	۱/۴"	۱/۸"	۱/۱۶"	ارتفاع آب	
						آبدهی	وی دریچه
۲۷	۲۰	۱۳	۲/۲	۲/۵	۱/۱		۲"
۳۹	۲۹	۱۹	۹/۰	۳/۶	۱/۴		۶"
۶۰	۴۱	۲۷	۱۳	۰/۱	۲/۰		۱۲"
۶۹	۵۱	۳۶	۱۶	۲/۳	۲/۵		۱۸"
۸۰	۵۸	۳۹	۱۸	۷/۳	۲/۸		۲۴"
۹۰	۶۶	۴۴	۲۱	۸/۳	۳/۲		۳۰"
۹۸	۷۱	۴۸	۲۲	۶/۱	۳/۶		۳۶"
۱۱۱	۸۲	۵۵	۲۶	۱۰/۰	۴/۱		۴۸"

جدول شماره ۱ - جدول لوله‌های دریچه‌دار



شکل شماره ۴- هیدروفلوم در حال آبیاری مزرعه و هدایت آب به فاروها

این لوله در کلافهای ۱۰۰ متری و به قطر ۶، ۸، ۱۰، ۱۲، ۱۵ اینچی در ایران تولید می‌شوند. لوله‌ها تا قطر ۱۵ اینچ به صورت تزریقی<sup>۱</sup> و یکپارچه تولید می‌شوند در نتیجه مقاومت دیواره در تمام محیط آن یکسان می‌باشد. برای قطرهای بزرگتر، از نوار پلی اتیلن که لبه آن توسط یک ماده پوشاننده بهم متصل شده و به کمک چسب مخصوص و تحت تأثیر حرارت<sup>۲</sup> جوش خورده و به لوله تبدیل می‌شود. لوله‌های هیدروفلوم به دلیل سبکی وزن، سهولت در جمع‌آوری و انتقال، کاربرد وسیع داشته و علاوه بر نهر آبیاری می‌توانند در انتقال آب در مسیرهای طولانی که به صورت نهر خاکی استفاده می‌شود بکار رود. لوله‌های هیدروفلوم بسته به قطر آنها، فشار معین از جریان آب را تحمل می‌کنند که در جدول شماره ۲ نشان داده شده است.

قطر لوله - اینچ	حداکثر تحمل فشار - متر
۱۵	۱,۲۲
۱۲	۱,۵۲
۱۰	۲,۱۳
۸	۴۴.۲
۶	۳,۰۵

جدول شماره ۲- حدود تحمل فشار لوله‌های هیدروفلوم در اقطار مختلف

1 - Extrude

2 - Thermal fusion

به دلیل فشار مورد نیاز کم، لوله‌های دریچه‌دار و هیدروفلوم، در گروه کم فشار<sup>۱</sup> قرار می‌گیرد و همانگونه که جدول فوق نشان می‌دهد فشار حدود ۱ تا ۳ متر می‌تواند سیستم را بکار اندازد.

در طول‌های زیاد، بهتر است فواصل رایزرها (کنترل کننده فشار و سطح آب) نزدیک‌تر انتخاب شوند تا فشار کافی برای لیوانک‌های انتهایی هیدروفلوم تأمین شود.

همانگونه که شکل شماره ۳ نشان می‌دهد لوله‌ها می‌توانند در بالای لوله مسدود یا باز باشند و یا در طول رایزر بدون شیر یا دارای شیر شناور باشند.

به منظور آبیاری، ابتدا هیدروفلوم را پر از آب نموده سپس با توجه به فاصله فاروها یا عرض نوار، به کمک سوراخ کن<sup>۲</sup> محل لیوانک سوراخ شده و لیوانک که دارای زبانه می‌باشد در محل سوراخ تعییه و آب‌بندی می‌شود.

برای هیدروفلوم می‌توان از انواع دیگر لوله هم قطر، به عنوان انشعاب، اتصال و تبدیل استفاده نمود.

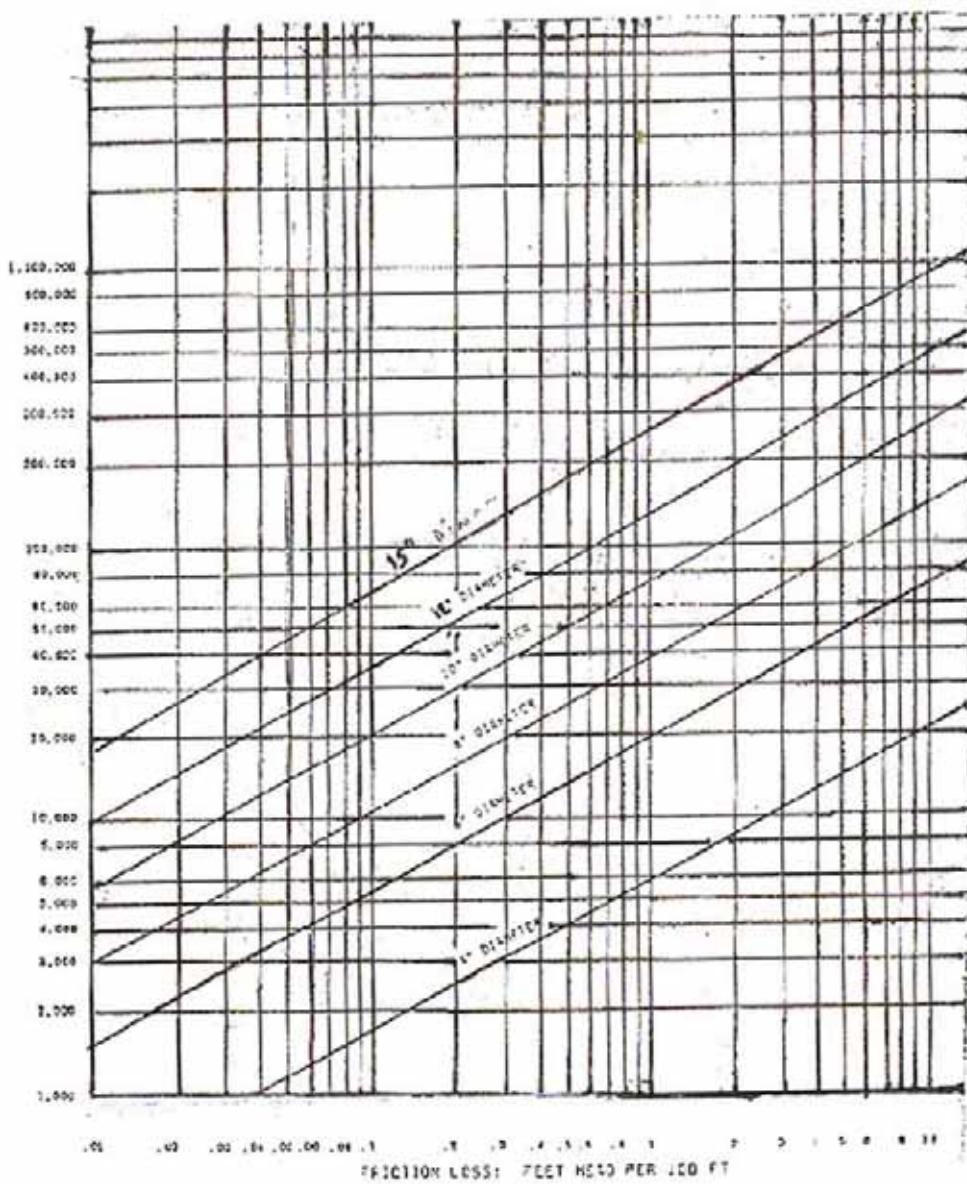
#### انتخاب قطر و طول مناسب هیدروفلوم در مزرعه:

چنانچه شرایط جریان آب در لوله به نحوی که تمام سطح مقطع را آب فرا گیرد صادق باشد می‌توان اصول هیدرولیک در لوله‌ها را در هیدروفلوم بکار برد. لذا به کمک روابطی نظری هیزن - ویلیامز می‌توان با داشتن میزان جریان و طول مسیر لوله، ابتدا قطر لوله و سپس افت فشار را محاسبه نمود.

و (GPH) در شکل شماره ۵ محور عمودی میزان جریان براساس گالن در ساعت محور افقی افت فشار بر حسب فوت در طول ۱۰۰ فوت از لوله را بیان می‌کند.  
در اینجا می‌بایست به حد فشار قابل تحمل در هر قطر نیز توجه نمود.

1 - Low Pressure System

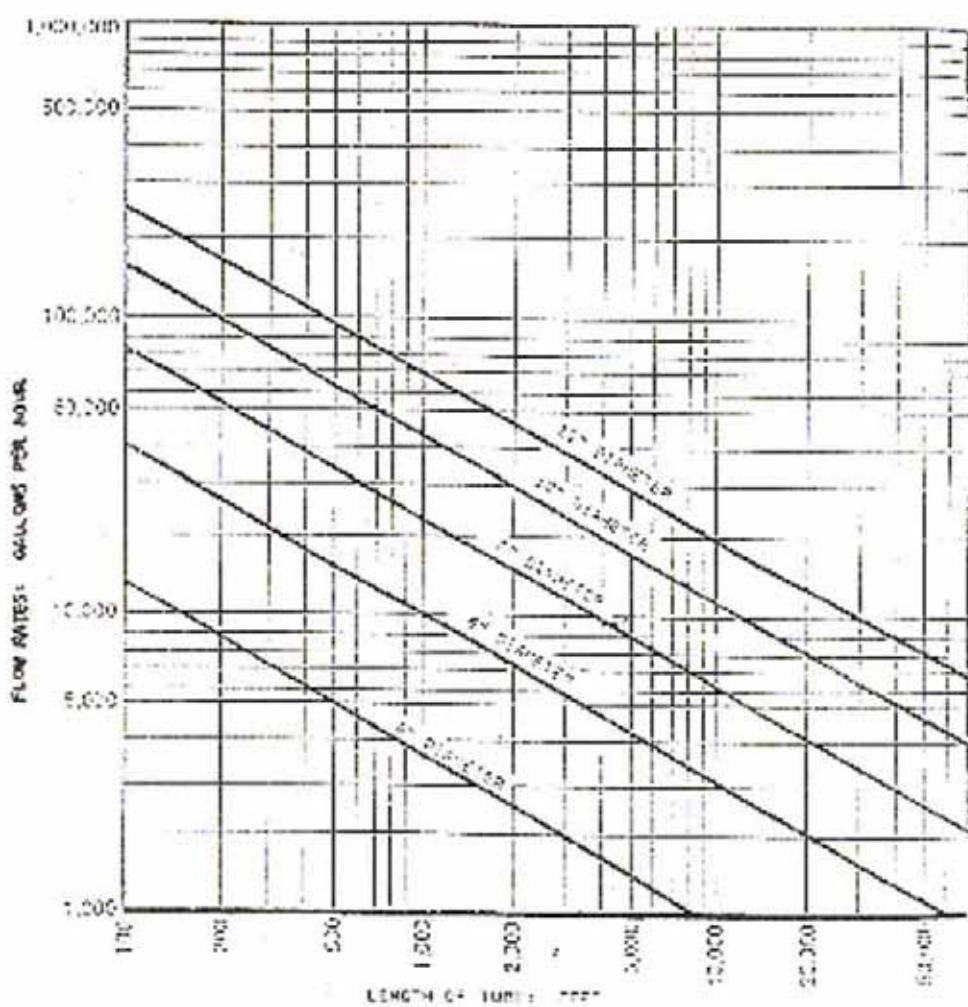
2 - Puncher



شکل شماره ۵ – منحنی تعیین افت فشار در هیدروفلوم در قطر و دبی متفاوت

چنانچه هدف انتقال آب باشد، محاسبه فوق کفايت می نماید ولی در سطح مزرعه و هنگامی که خروجی های آب (لیوانک یا دریچه) وجود دارد، افت فشار کاهش می یابد و نظیر افت فشار در لوله ها<sup>۱</sup> مراجعه نمود و عدد بدست آمده را در افت فشار  $F$  می بایست با توجه به تعداد خروجی، به جدول محاسبه شده ضرب نمود. در شکل شماره ۶ می توان با دانستن دبی، قطر و طول مناسب را انتخاب نمود.

<sup>1</sup> -Friction – Loss Reduction Factor

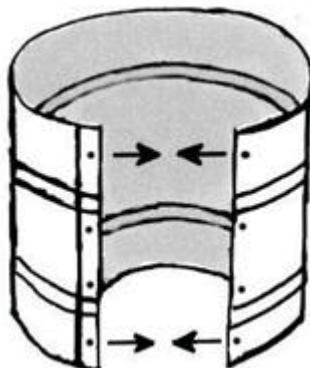


شکل شماره ۶- انتخاب قطر و طول مناسب هیدروفلوم با در دست داشتن دبی

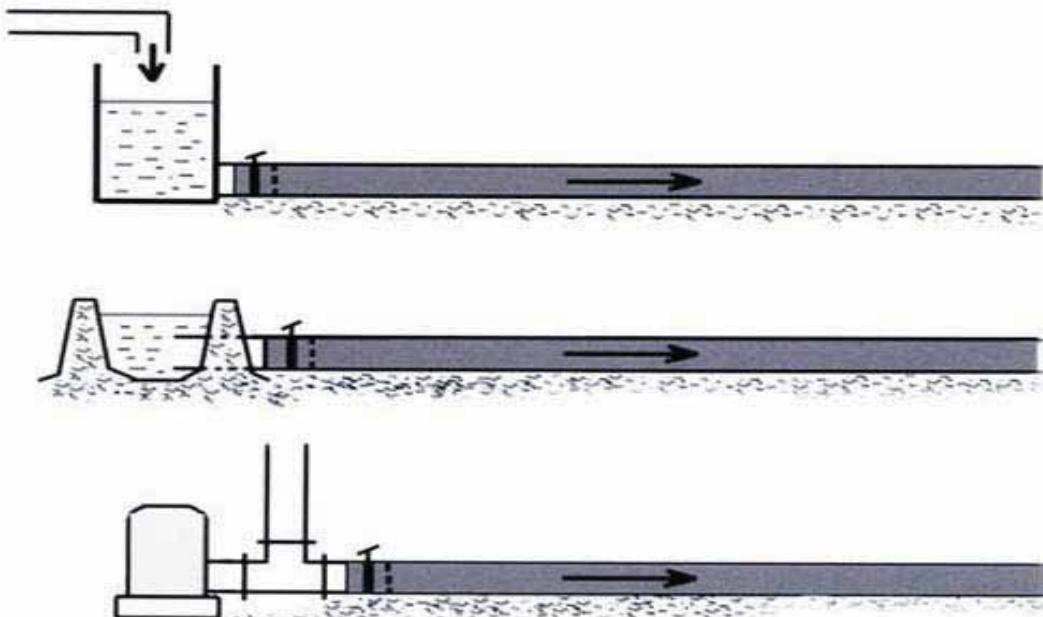
### آبیاری و عملیات نگهداری:

سادگی در نصب هیدروفلوم یکی از ویژگی‌های آن می‌باشد. در عین حال برای کاربران تازه کار، می‌بایست راهنمایی لازم برای استفاده مطلوب بعمل آید.

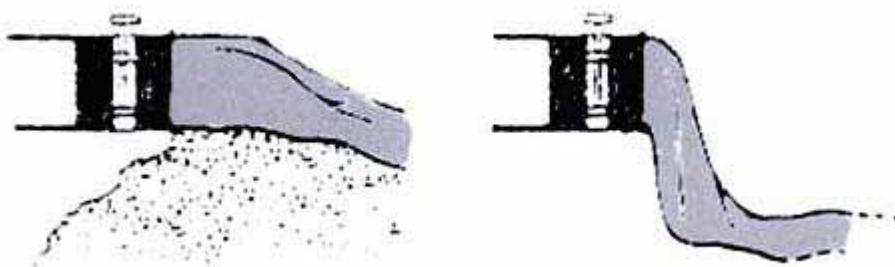
- ۱- هیدروفلوم را روی زمین نکشید زیرا صدمه می‌بیند لذا از وسیله مناسب برای جابجایی آن استفاده کنید برای سهولت در جابجایی، اتصال دو لوله هیدروفلوم، به کمک اتصال نیم دایره باز که به هم چفت می‌شوند متصل می‌شود.



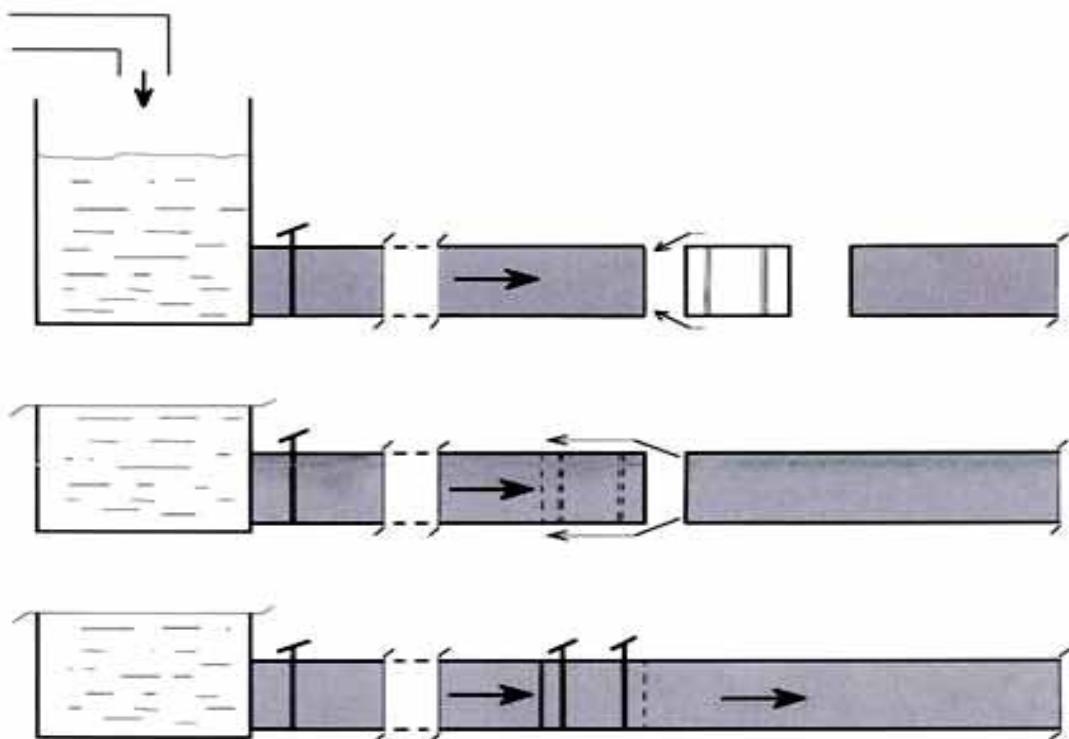
- ۲- اتصال به منبع آب - برای ایجاد ارتفاع می‌توان از استخر ذخیره، بشکه فلزی یا رایزر استفاده نمود. با استفاده از یک لوله آهنی از کanal موجود هم استفاده کرد. توصیه نمی‌شود هیدروفلوم مستقیم به پمپ متصل شود جز آنکه قبل از اتصال به هیدروفلوم از لوله قائم (رایزر) با همان قطر لوله رانش پمپ استفاده شود تا آب با فشار موجود در آن را کنترل نمود.



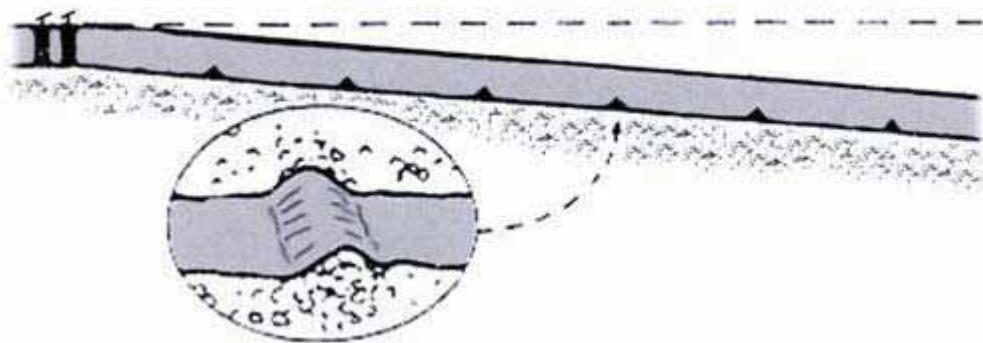
۳- حفاظت از بسته هیدروفلوم - مطابق شکل زیر چنانچه لوله هیدروفلوم در هوا معلق می‌ماند، مقداری خاک می‌بایست زیر لوله قرار داد تا هیدروفلوم روی خاک نرم تکیه کند.



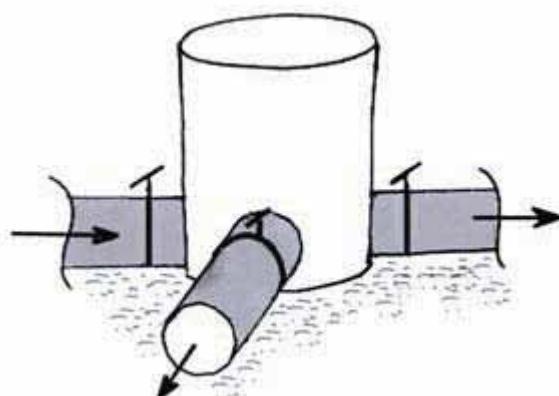
۴- تدارک مسیر هیدروفلوم - یک نهر به عمق ۱۰ سانتیمتر با نهر کن یا بیل تهیه کنید تا پس از پر کردن هیدروفلوم با آب، لوله از پهلو غلت نزند. توصیه می‌شود برای باز کردن کلاف هیدروفلوم صبح‌ها این کار انجام شود. با قرار دادن یک لوله آهنی در وسط کلاف می‌توان آنرا به آسانی باز نمود از یک اتصال برای ابتدای هیدروفلوم و دو بست (کلمپ) می‌توان استفاده نمود. یک اتصال مطابق شکل قبل در انتهای کلاف اول نصب می‌شود و کاتف دوم در امتداد آن نصب می‌شود.



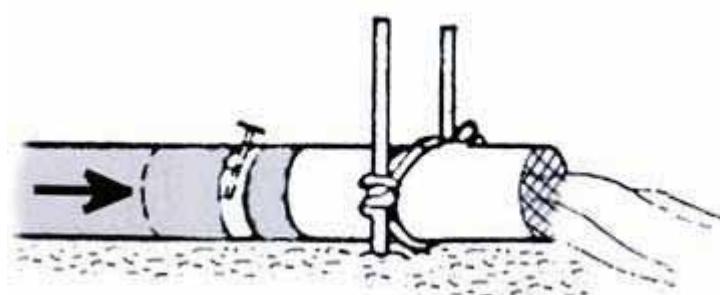
۵- نصب هیدروفلوم در شیب - مطابق شکل می‌توان با کمک بیل پشتی‌ای از خاک درست نمود و هیدروفلوم را از روی آن عبور داد به این ترتیب سرعت جریان در هیدروفلوم کنترل می‌شود.



۶- انشعاب - لوله هیدروفلوم قابل انعطاف بوده و زوایای باز را طی می‌کند. در زوایی تند می‌توان دو انشعاب، سه انشعاب را بکار برد. با جوش دادن لوله به بشکه فلزی می‌توان یک انشعاب درست کرد. برای جلوگیری از فرسایش و تخریب می‌توان روی انشعاب را با خاک پوشاند.

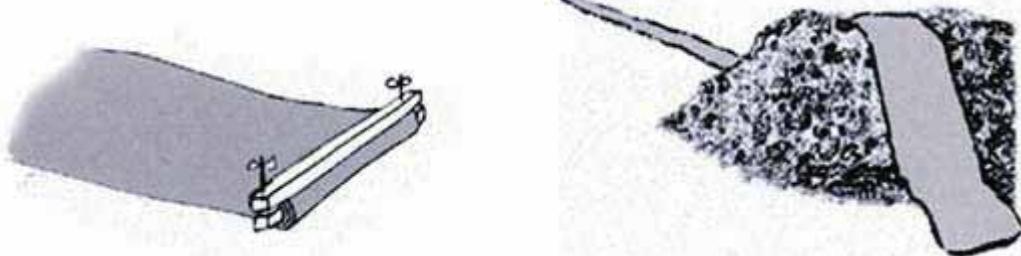


۷- بستن انتهای هیدروفلوم - وقتی از هیدروفلوم برای انتقال آب استفاده می‌شود (بدون لیوانک) انتهای آنرا می‌توان به شکل زیر مهار نمود. برای جلوگیری از ورود حیوانات موذی بهتر است یک توری در انتهای لوله نصب شود.

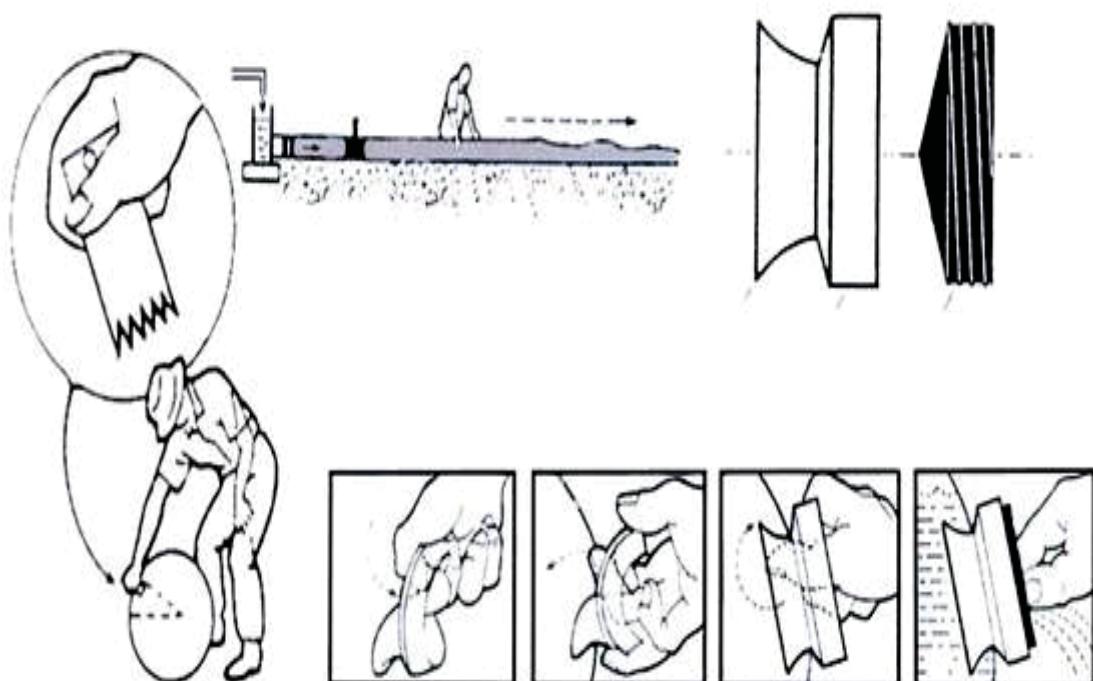


۸- وقتی از هیدروفلوم برای آبیاری استفاده می‌شود (با لیوانک) به دو طریق زیر می‌توان آنرا مسدود نمود:

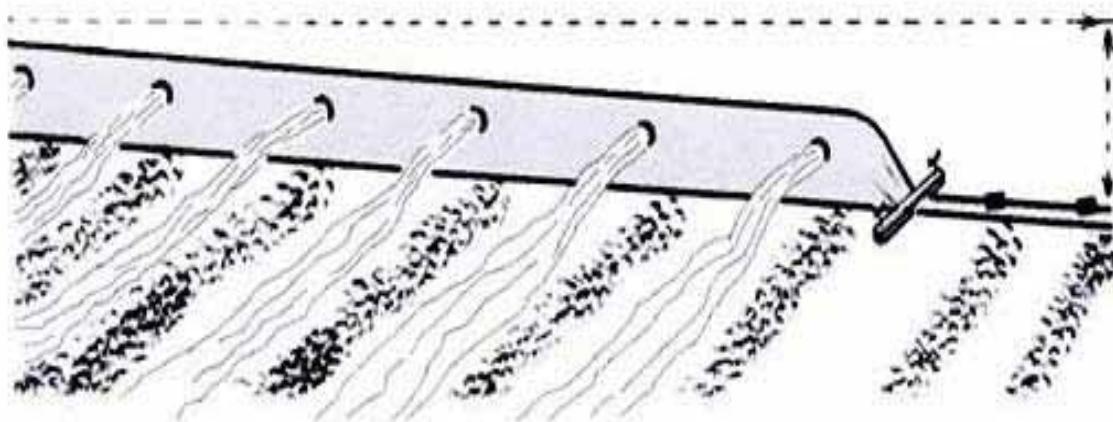
الف - استفاده از چفت      ب - استفاده از پشه خاکی



۹- نصب لیوانک - ابتدا می‌بایست هیدروفلوم را در حالیکه یک چفت (انبرک) روی لوله قرار گرفته (مطابق شکل فوق - سمت چپ) از آب پر نمود. با سوراخ کن (پانچر) مطابق شکل زیر هیدروفلوم را سوراخ نمایید. سپس لبه لاستیکی لیوانک را کاملاً در حفره قرار داد.



شكل زیر هیدروفلوم را در حال آبیاری به کمک لیوانک به شکل کامل نشان می‌دهد.



۱۰- جمع‌آوری هیدروفلوم - هیدروفلوم جایگزین نهر آبیاری می‌شود لذا توصیه می‌شود در طول فصل آبیاری جابجا نشود و قبل از درو نسبت به جمع کردن آن اقدام نمود. در اینجا کلاف جمع شده در انبار و جای خنک نگهداری می‌شود. در فصل آتی، بعد از آماده‌سازی زمین مجدداً هیدروفلوم نصب شده و آبیاری ادامه می‌یابد. فاصله لیوانک‌ها به نوع گیاه و فاصله فارو یا نوارها بستگی دارد.

۱۱- هیدروفلوم نیاز به تصفیه آب ندارد، حتی آب گل آلود که شامل جلبک باشد می‌تواند بکار رود در دیواره داخلی آن چسبندگی رسوبات وجود نداشته و هیچگونه گیاهی امکان رشد نخواهد داشت. وجود گل و جلبک‌ها گاهی موجب نشت از لیوانک‌ها خواهد شد که می‌توان با باز کردن دریچه پیچی لیوانک‌ها و شستشوی آن، مجدد آن را روی لیوانک قرار داد. قبل از جمع‌آوری هیدروفلوم چنانچه آب گل آلود باشد ابتدا می‌بایست داخل آن را با آب تمیزتر شستشو داد و انتهای آنرا باز نمود.

۱۳- چنانچه به دلیلی، لوله سوراخ شود می‌توان آنرا به راههای مختلف ترمیم و تعمیر نمود و چنانچه لازم شود از محل بریدگی می‌توان لوله را قطع و از یک تکه لوله آهنی، پی وی سی یا پلی اتیلنی برای اتصال مجدد لوله استفاده نمود. چنانچه لوله در چندین متر صدمه دیده می‌توان آن طول از لوله را جدا نموده و یک تکه لوله جدید با کمک بست و اتصال جایگزین نمود. این کار توسط یک کارگر ساده در مزرعه انجام می‌شود.

#### بررسی نتایج اجرای لوله دریچه‌دار در چین:

به منظور صرفه‌جویی در مصرف آب، انرژی و بهبود راندمان توزیع و اقتصاد Hebei در دشت از لوله‌های دریچه‌دار استفاده گردید.

بطور خلاصه توسط لوله‌های دریچه‌های ۲۸ - ۲۵ درصد صرفه‌جویی در مصرف آب و ۳۹ - ۱۹ درصد افزایش راندمان مصرف و ۳۵ درصد صرفه‌جویی در انرژی در مقایسه با روش متداول آبیاری کرتی مشاهده شد.

و دریچه‌دار بوده و هزینه کاربرد آن و همچنین راندمان توزیع PVC لوله‌ها از جنس بهتر از نهر خاکی و آبیاری سنتی کرتها و همچنین لوله دریچه‌دار آلومینیومی و لوله‌های زیرزمینی و روش بارانی با بال قابل جابجایی<sup>۱</sup> بود. این روش به خصوص در اراضی شور ناحیه شمالی چین مناسب تشخیص داده شد.

آبیاری کرتی که بوسیله ایجاد مرز احداث می‌شود رواج بسیار دارد. Hebei در دشت در این دشت ۸۰ درصد آب از منابع زیرزمینی تأمین می‌شود که به سرعت در حال کاهش هستند لذا کاهش تلفات آب در کanal و انهر مزارع بسیار حیاتی می‌باشد.

مطالعات در مرکز تحقیقات دشت انجام گرفت که در ناحیه مرکز چین قرار دارد. بافت خاک لوم سبک در بالا و لوم سنگین در عمق است. ظرفیت نگهداری ۳۷ درصد از صفر تا ۱۵۰ سانتیمتر و نقطه پژمردگی ۱۵ درصد حجمی بود. وزن مخصوص ظاهری بین ۱,۳۹ تا ۱,۴۴.

توزیع آب از چاه به رایزرهای اول مزارع توسط لوله‌های زیرزمینی انجام می‌شود که در شرایط عادی به نهر مزرعه آب سرازیر می‌شود. در لوله‌های دریچه‌دار، منافذ به فواصل ثابت قرار دارند. در لوله دریچه‌دار آلومینیومی، قطر لوله ۳,۵ اینچ و طول آن ۱۲ متر است و در طول هر لوله ۵ دریچه قرار گرفته است. کرتها بعد از برداشت ذرت در تابستان در اوایل اکتبر برای آبیاری گندم آماده می‌شوند. اندازه کرتها ۶×۶ متر است.

شکل ۷ رطوبت خاک با روش وزنی اندازه‌گیری می‌شود و اندازه‌گیری دبی توسط سرریز مجهز به ثبات سطح آب و آمار<sup>۲</sup> انجام می‌شود. هدف از آزمایش، ارزیابی یکنواختی توزیع و صرفه‌جویی در وقت و انرژی لوله دریچه‌دار در مقایسه آبیاری معمول کرتی می‌باشد.

برای اندازه‌گیری راندمان انتقال در نهر خاکی از روش هیدروگراف که توسط فرود<sup>۳</sup> پیشنهاد شده استفاده شد. عرض نهر ۱ متر و یک فلوم در محل رایزر ( محل تأمین آب) و دیگری در ۹۰ متری از رایزر و در ابتدای مزرعه نصب شدند. راندمان انتقال از رابطه:

$$Ec = Vf / Vt$$

:Ec راندمان انتقال

Vf : آب تحويل شده به مزرعه

Vt : حجم آب توزیع شده از منبع (رایزر)

راندمان توزیع (پخش) در مزرعه در کرت‌های ۶×۶ متر و رطوبت خاک از ۳۰ تا ۱۵۰ سانتیمتر قبل از آبیاری و ۲۴ ساعت بعد از آبیاری اندازه‌گیری شدند. اندازه‌گیری‌ها در ابتدای مزرعه، وسط و یک چهارم انتهای قطعه در روش سنتی و لوله دریچه‌دار انجام شدند. میزان رطوبت سپس به عمق آب نفوذ یافته تبدیل شدند.

برای بررسی یکنواختی توزیع از رابطه:

$$Du = Deq / Dav$$

1 - Hand move sprinkler Systems

2 - Data Logger

3 - Foroud et al ( 1978)

Deq: متوسط عمق آب نفوذی در یک چهارم انتهای مزرعه  
Dav: متوسط عمق نفوذی آب در کل سطح کرت می‌باشد

### صرفه‌جویی آب و انرژی:

نوار و کرت متداول در منطقه به عنوان مزرعه شاهد انتخاب شدند اندازه نوارها  $6,5 \times 90$  متر بود و کرت‌ها نیز  $6 \times 6$  متر. میزان جریان آب به کمک ثبات اتمی<sup>۱</sup> و آماری<sup>۲</sup> اندازه‌گیری شدند. در اینجا نیز رطوبت خاک و عملکرد گندم به عنوان تأثیر آبیاری، معیار قرار گرفتند.

### نتایج:

آزمایشات مزرعه و ارزیابی نشان می‌دهد که لوله دریچه‌دار دارای محاسن زیر در مقایسه با روش معمول است:

۱. بهبود راندمان انتقال آب: لوله دریچه‌دار آلومینومی آب را از منبع آب (رایزر) تا مرز مزرعه منتقل می‌کند لذا هیچ گونه تلفات عمقی<sup>۳</sup> و تبخیر ملاحظه نمی‌شود در حالیکه از طول ۹۰ متر نهر خاکی در مدت ۲۰۰ دقیقه  $21/21$  متر مکعب و به عبارتی  $1/04$  لیتر در دقیقه در متر تلفات آب اندازه‌گیری شد، لذا راندمان انتقال در نهر خاکی  $68,6$  درصد برآورد گردید.
۲. بهبود راندمان پخش: براساس آمار آب - خاک بعد از آبیاری، راندمان توزیع برای لوله دریچه‌دار  $82,4$  درصد و برای آبیاری کرتی معمول  $64,3$  درصد برآورد گردید. در عین حال سرعت جریان آب در لوله دریچه‌دار بیشتر از روش معمول آبیاری کرتی بود. مطالعات نشان داد که در روش لوله دریچه‌دار یکنواختی توزیع در ناحیه رشد ریشه در تمام سطح کرت بهبود یافته است. سرعت پیشروی آب در روش لوله دریچه‌دار  $1,84$  و در کرت سنتی  $1,39$  متر در دقیقه اندازه‌گیری شدند.
۳. صرفه‌جویی در مصرف آب و انرژی: مقایسه لوله دریچه‌دار در کرت با روش کرت سنتی و نواری نشان داد که در مصرف آب و انرژی صرفه‌جویی قابل توجه وجود دارد ولی از نظر عملکرد محصول و نفوذ آب در ناحیه ریشه تفاوت معنی‌دار مشاهده نگردید. در جدول شماره ۱ مقایسه عملکرد دیده می‌شود.

نوع آبیاری	عملکرد محصول (کیلوگرم)			
	۱۹۹۴	۱۹۹۵	۱۹۹۶	متوسط
لوله دریچه‌دار	۵۲۷۸,۲۵	۶۸۴۸,۴۲	۶۶۶۹,۹	۶۱۳۲,۱۹
روش کرتی	۵۱۷۳,۹۹	۶۱۱۵,۶	۶۳۶۹,۱	۵۸۸۶,۲۳

جدول شماره ۱- مقایسه عملکرد محصول

1 - Atomic Recorder

2 - Data Logger

3 - Seepage

در لوله دریچه‌دار مشخص شد که ۱۷۲,۶ مترمکعب آب و ۹۹ کیلو وات ساعت انرژی و ۴,۹ ساعت در زمان آبیاری یک هکتار مزرعه صرفه‌جویی شده است.

روش آبیاری	مساحت Ha	زمان آبیاری Min	حجم آب M <sup>3</sup>	زمان Min/Ha	صرف آب M <sup>3</sup> /Ha
لوله دریچه‌دار	۰,۱۰۸	۹۷,۷۵	۵۷,۳۸	۹۰۵,۱	۵۳۱,۳
روش کرتی معمول	۰,۱۰۸	۱۲۹,۵	۷۶,۰۲	۱۱۹۹,۱	۷۰۳,۹

جدول شماره ۲ - مقایسه میزان مصرف آب در هکتار

تفاوت در میزان انرژی مصرفی در آوریل ۱۹۹۵ در جدول شماره ۳ آمده است. دبی جربان ۵۸۷ لیتر در دقیقه، بهای یک کیلو وات ۰,۴ یوان و هر یوان ۱۲۵,۰ دلار است.

روش آبیاری	مساحت آبیاری Ha	زمان آبیاری Min	حجم آب M <sup>3</sup>	انرژی Kw/Ha	هزینه انرژی Yuan/Ha
لوله دریچه‌دار	۰,۱۰۸	۹۷,۷۵	۵۷,۳۸	۳۰۵	۰,۱۲۲
روش کرتی معمول	۰,۱۰۸	۱۲۹,۵	۷۶,۰۲	۴۰۴	۱۶۱,۶

جدول شماره ۳ - مقایسه مصرف انرژی

۴. توسعه سطح زیرکشت: به دلیل حذف نهر آبیاری، در این مورد صرفه‌جویی بعمل می‌آید و در مزارعی که هر ۲۰ متر یک نهر آبیاری احداث شده بود پس از کاربرد لوله دریچه‌دار حدود ۵ درصد از زمین صرفه‌جویی شد.

#### نتیجه‌گیری:

- پس از ۳ سال ارزیابی متوالی لوله دریچه‌دار قابل حمل با دست نتایج زیر بدست آمده:
- در لوله دریچه‌دار، یکنواختی پخش آب بهتر بوده و بالطبع در مصرف انرژی صرفه‌جویی بعمل آمده است. (بدون تغییر عملکرد محصول)
- درک چگونگی کار با لوله دریچه‌دار برای کشاورزی آسان بوده و لوله‌ها ضمن قابلیت جابجایی، کاربرد راحت و آسانی دارند.

حدود ۱,۴ بیلیون مترمکعب آب زیرزمینی شور در عمق ۲ تا ۵ متر وجود Hebei - در دشت دارد که منبع قابل توجه آب برای کشاورزی می‌باشد. آبیاری قطره‌ای و بارانی نمی‌توانند با آب شور بکار روند زیرا با درصد بالای املاح، سیستم مسدود می‌شود. لوله دریچه‌دار در آبیاری کرتی می‌تواند راندمان

آبیاری و یکنواختی شستشوی املال<sup>۱</sup> را بهبود بخشد. در دشت مزبور پتانسیل بالایی برای آبیاری با آب شور وجود دارد.

- تحقیقات بیشتری می‌باشد انجام شود تا اطلاعات لازم جهت سیستم لوله‌های دریچه‌دار و طراحی مناسب برای کاهش هزینه سرمایه گذاری اولیه و انعطاف پذیری آن بدست آید.

#### منابع:

- ۱- گزارش بازدید علمی آبیاری مزرعه با هیدروفلوم در استرالیا - Queens Land - ناصر ولی زاده - ۱۲۵۵ خوزستان
- ۲- گزارش مشاهدات و تجربیات اجرای هیدروفلوم در مزارع نیشکر هفت تپه - ناصر ولی زاده - ۱۲۵۶ خوزستان
- ۳- نشریه آبیاری با هیدروفلوم - انتشارات مهندسی زراعی - ناصر ولی زاده - ۱۳۶۹ - تهران
- ۴- آبیاری سطحی - ترجمه: بهروز مصطفی زاده - فرهاد موسوی - ۱۳۷۵
  
- 5- Evaluation of a Gated Pipe Irrigation Method in China by Jibin Li from China , N. Foroud from Alberta , Canada
- 6- American Society of Agriculture Engineers. Management of Farm Irrigation Systems.
- 7- Investigation and Design of Aprecast Concrete Pipe Turnout for Plastic Gated Pipe , DR. M. Behzad – Chamran University , May 1999
- 8- 4- www. Hydro flume.com

## Surface irrigation by gated pipes

\*N. Valizadeh , S. malekzadeh

### Abstract

Preparing earth canal (head ditch) for surface irrigation are money and labor consuming practices, besides are barrier for field cultivation and harvesting, operation.

Irrigation head ditches or small conveying canals can be replaced by gated pipes, manufactured from Al – pipe or PVC – pipe and recently PE – film which is flexible that can be rolled during displacing and unrolled for irrigation or conveyance practices. In Iran it is manufactured in 6 to 15 inches (flattened). field should be leveled and devided in borders or basins. 30 years ago first experiment of Hydro flume in sugarcane field located in Khuzestan experienced saving water, labor, irrigation duration time and energy T also elimination of orop check – drop along head ditch. here a case study in centrap part of China during 1994 to 1996 and its impact is presented. Article also presents instruction for selecting proper length, diameter, friction head loss for hydro flume according to available water.

---

\* IRNCID Members

## کارگاه فنی آبیاری سطحی مکانیزه

۱۳۸۴ آذر ماه

### تأثیر کاربرد مالچ در افزایش ذخیره رطوبتی خاک در باغات پسته<sup>۱</sup>

امیر اسلامی، حمید ریاحی<sup>۲</sup>

چکیده:

با توجه به اینکه آب یکی از عوامل موثر در تولید محسوب می‌گردد و بیش از ۶۰ درصد آب مصرفی در کشاورزی بصورت تبخیر و نفوذ عمقی از دسترس گیاه خارج می‌شود بنابراین متخصصین آبیاری می‌بایست راهکارهای مناسب جهت کاهش هر کدام از عوامل فوق ارائه نمایند. در این ارتباط تحقیقی بر روی درختان پسته بارور در منطقه سیرجان بمنظور تأثیر مالچ و شخم زدن در حفظ و نگهداری رطوبت در خاک و همچنین کاهش تبخیر از سطح خاک اجراء گردید. این آزمایش در قالب طرح آماری بلوکهای کاملاً تصادفی بصورت اسپلیت پلات با پنج تیمار اصلی پوشش پلاستیک، شن، کاه و کلش، شخم بعد از آبیاری و شاهد و شش تیمار فرعی عمق در سه تکرار اجراء شد. میزان آب داده شده با در نظر گرفتن حق آبه کشاورز در هر دور آبیاری در کلیه تیمارها بوسیله یک عدد W.S.C فلوم کنترل و بطور یکسان به تیمارهای مذکور داده شد. حجم آب داده شده به مزرعه به ازاء یک هکتار در حدود ۵۰۰۰ متر مکعب در سال بوده است. همچنین رطوبت خاک قبل و بعد از آبیاری در فواصل زمانی بین ۱۵ الی ۲۰ روز یکبار در کلیه تیمارها توسط دستگاه Trime اندازه گیری می‌شد. پس از تجزیه و تحلیل داده‌های میانگین رطوبت قبل از آبیاری در اعمق مختلف خاک نتایج نشان داد که اثر مالچ در حفظ رطوبت خاک در سطح ۱ درصد

۱- برگرفته از طرح تحقیقاتی کاهش تبخیر با استفاده از مالچ و شخم زدن در باغات پسته سیرجان (۱۱۵-۲۰-۸۲۰۰۱).

۲- به ترتیب عضو هیئت علمی و کارشناس بخش تحقیقات فنی و مهندسی مرکز تحقیقات کرمان - تلفن تماس:

۳- parsa1378@yahoo.com، پیام نگار: ۰۳۴۱-۲۱۱۲۳۹۱، ۰۳۴۱-۲۱۱۲۳۹۱

و عمق در سطح ۵ درصد معنی دار بوده است. همچنین با توجه به نتایج مشخص گردید که پوشش پلاستیک نسبت به سایر تیمارها رطوبت را برای یک مدت زمان طولانی تری در خاک حفظ می نماید.

**واژه‌های کلیدی:** درختان پسته، مالچ، شخم زدن، کاهش تبخیر و افزایش ذخیره رطوبتی خاک

## ۲- پیشگفتار:

محصول پسته در کشور ایران از جهت صادرات غیر نفتی حائز اهمیت بوده و از حدود ۳۷۰ هزار کل باگات پسته ایران نزدیک به ۸۰ درصد آن در استان کرمان واقع شده است. در منطقه اجرای طرح ۹۵ درصد اراضی به تولید پسته اختصاص دارد و تقریباً اکثر آنها با روش کرتی آبیاری می شوند. متوسط سالیانه بارندگی در این منطقه mm ۱۴۰ است. برداشت بی رویه از آب در بعضی از مناطق این دشت باعث پیشروی جبهه آب شور شده و کشاورزی منطقه را با تهدید جدی روبرو ساخته است و همچنین افت شدید سفره‌های آب زیرزمینی را باعث گردیده بطوریکه سالیانه ۱-۱/۵ متر افت سطح آب را در این دشت دربرداشته است (۱). یکی از راهکارهای مناسب برای حفظ منابع موجود، جلوگیری از تلفات آب است که تبخیر از سطح خاک بخشی از آن می باشد. بمنظور کاهش تبخیر و حفظ رطوبت بمدت طولانی در خاک، استفاده از مالچ در سطح خاک و یا شخم زدن بعد از آبیاری می تواند مؤثر واقع گردد. در این ارتباط کارهای ارزنده ای توسط محققین انجام گردیده است که به مواردی از آنها اشاره می گردد.

در سال ۱۳۷۳هادی راد تحقیقی در خصوص بکارگیری مواد پوشاننده خاک به مدت چهار سال در دشت یزد اردکان بر روی گیاه تاغ انجام داد. در این آزمایش تأثیر فاکتورهایی از قبیل مقدار آب در چهار سطح ۲۵، ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ لیتر، دور آبیاری در سه سطح دوبار، سه بار و چهاربار در طول دو سال و مواد پوشاننده خاک در سه سطح شامل بدون پوشش، ورقه نازک پلاستیک و ماسه در قالب طرح آزمایشی اسپلیت، اسپلیت پلات و با طرح پایه بلوکهای کامل تصادفی بر روی عواملی چون میزان استقرار و سطح تاغ پوشش نهال‌ها مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج حاصله نشان داد که تأثیر به کارگیری پوشش پلاستیکی بر میزان استقرار و سطح تاغ پوشش معنی دار بوده است و بیانگر این نکته می باشد که پوشش پلاستیکی می تواند در کاهش تبخیر موثر واقع شود و از این طریق تأثیر بسزایی در افزایش تعداد اسقرار تاغ داشته باشد که این عامل سبب احیاء دشتهای رسی و همچنین مناطق بیابانی می گردد (۲).

لیاقت و همکاران در سال ۱۳۷۸ تحقیقی در زمینه اثر پوشش گیاهی (مالچ) روی راندمان مصرف آب برای گیاه ذرت، تجمع نمک در پروفیل خاک و عملکرد محصول در دو سیستم آبیاری سطحی و زیرزمینی (تراوا) انجام دادند. وجود مالچ در آبیاری سطحی باعث شد، علیرغم کاهش آب مصرفی، میزان عملکرد تفاوت چندانی با تیمار آبیاری تراوا نداشته باشد. بنابراین از نظر اقتصادی در مزرعه تنها با اعمال مالچ از

با قیماندهای کشت سال قبل می‌توان با کاهش آب مصرفی، عملکرد بیشتری را به دست آورد. در این تحقیق میزان مالچ چهارتمن در هکتار در نظر گرفته شده بود (۳).

مائوریا و لال در سال ۱۹۸۱، گزارش کردند که با استفاده از مواد پوشاننده خاک مانند لایه‌های نازک پلاستیک و کاه برج میزان رطوبت خاک ۲۰ تا ۳۰ درصد افزایش یافته است (۴).

پاور در سال ۱۹۹۰ توانسته است با استفاده از پلاستیک به عنوان ماده پوشاننده خاک در اقلیم نیمه خشک میزان مصرف آب را تا ۵۰ درصد کاهش دهد بدون اینکه در تولید محصول کاهشی مشاهده نماید (۵).

اپارا و همکارانش در سال ۱۹۹۲ گزارش نمودند که تیمار پوشش پلاستیکی در مقایسه با مواد دیگر مورد استفاده، تأثیر بیشتری بر حفظ رطوبت خاک در دوره‌های خشکی داشته است (۶).

آگاروال و همکاران در سال ۱۹۹۲ با تحقیقی که انجام دادند به این نتیجه رسیدند که حجم بالای رطوبت ذخیره شده به ساختار توسعه یافته خاک و به کاهش تبخیر به وسیله مالچ گیاهی بستگی دارد، با این حال تحقیقات نشان می‌دهد که میزان رطوبت خاک با مالچ و بقایای گیاهی همبستگی بیشتری دارد (۷).

جالوتا در سال ۱۹۹۳ ذکر کرده است که در مناطق خشک و نیمه خشک حدود ۴۰ تا ۷۰ درصد از اتلاف آب از سطح خاک بوسیله تبخیر می‌باشد که می‌توان بوسیله مواد پوشاننده خاک از آن جلوگیری نمود و در اختیار گیاه قرار داد (۸).

بارت و همکاران در سال ۲۰۰۲ تحقیقی در زمینه تأثیر استفاده از مالچ و کاه بر روی خاک لخت انجام دادند که نتایج نشان داد با این روش می‌توان بعد از آبیاری میزان تبخیر از سطح خاک را از ۱۱ تا ۸۴ درصد برای یک دوره کوتاه مدت و نصف این میزان را در دراز مدت کاهش داد (۹).

### ۳- مواد و روشها:

#### ۳-۱- مواد

در این آزمایش از مواد ذیل استفاده شده است

۱- مالچ، کاه و کلش ۲- مالچ پلاستیک، پوشش پلاستیک نایلون شفاف ۳- شن (ماسه بادی)

۴- W.S.C قلوم تیپ پنج ۵- دستگاه اندازه گیری رطوبت خاک (Trime)

۶- متنه نمونه برداری خاک ۷- لوله پی وی سی ۵۰

#### ۳-۲- روش تحقیق:

آزمایش در قالب طرح آماری بلوکهای کاملاً تصادفی با پنج تیمار کاه و کلش، شن، پوشش پلاستیک و شخم بعد از آبیاری (زمانیکه زمین گاورو شد)، همچنین یک تیمار شاهد (بدون پوشش) در سه تکرار بر روی درختان پسته مثمر در منطقه سیرجان از توابع استان کرمان اجراء گردید. جهت اجرای تحقیق با

توجه به تعداد تیمارها، فواصل بین ردیفها (۶ متر) و طول پلاتهای آزمایش (۳۰ متر) مساحتی از باغ مورد نظر به ابعاد  $2700 \times 5 \times 3 = 30 \times 6 \times 3$  مترمربع انتخاب و در هر تیمار دو اصله درخت علامت گذاری گردید. سپس نمونه خاک از اعماق مختلف بفواصل ۳۰ سانتیمتری تا عمق ۱۸۰ سانتیمتری خاک تهیه و جهت تجزیه کامل به آزمایشگاه منتقل گردید (جدول ۱). همچنین کود حیوانی همراه با کود شیمیایی بصورت چالکود در اختیار درختان قرار داده شد. در تیمار پوشش پلاستیک، در دو طرف ردیف یک پوشش نایلون شفاف بر روی سطح خاک کشیده شد و جهت نفوذ آب در فواصل مشخص یک متری سوراخی به قطر ۱۰ سانتیمتر ایجاد گردید. در تیمار با پوشش کاه و کلش از باقیمانده کلش گندم به ضخامت پنج سانتیمتر در سطح خاک اطراف ردیف استفاده شد (عکس‌های ۱ و ۲). در تیمار شن، سطح خاک با ۳ الی ۵ سانتیمتر شن ریز (ماسه بادی) پوشیده شد. در تیمار شخم بعد از آبیاری هنگامیکه زمین گاو رو شد، اقدام به انجام شخم می‌گردید.

اندازه‌گیری‌ها شامل: مقادیر رطوبت حجمی در شش عمق مختلف خاک قبل و بعد از آبیاری، میزان عملکرد محصول و همچنین کیفیت آن (اونس، درصد خندان، درصد پسته دهان بسته وغیره) در هر یک تیمارهای آزمایش بود.

مقدار آب آبیاری با توجه به در دسترس بودن آب و حقابه کشاورز در کلیه تیمارها بصورت یکسان و با نصب یک عدد W.S.C فلوم اندازه گیری می‌گردید، همچنین برای تعیین رطوبت تا عمق ۱۸۰ سانتیمتری از دستگاه اندازه گیری رطوبت Trime و لوله‌های پی وی سی (بدلیل عدم دسترسی به لوله‌های تکانات) استفاده گردید. لازم به ذکر است که هدف از اندازه گیری رطوبت مقایسه میزان رطوبت ذخیره شده در خاک در تیمارهای مختلف بوده و بنابراین استفاده از لوله‌های پی وی سی بجای لوله‌های تکانات خطایی در نتایج به بار نمی‌آورد.

جدول شماره (۱) نتایج تجزیه خاک در محل اجرای طرح

نام خاک	Clay	Silt	Sand				pH	EC $\times 10^3$	عمق (cm)	مشخصات نمونه
				P.W.P	F.C	K <sub>av.</sub>				
آبرآباد سرجان - باغ احسان اسلامی										
Clay-loam	32	36	32	18.5	35	310	8	0.06	8	9.9 0-30
Sandy-clay-loam	22	26	52	13.5	28	280	5	0.05	7.6	38.7 30-60
Clay-loam	28	42	30	16	32	272	5	0.114	7.6	37.3 " " " "
Loam	22	36	42	13	29.5	252	6	0.057	7.6	53.8 90-120
Sandy-clay-loam	22	12	65	13.5	30	188	6	0.06	7.8	32 120-150
Sandy-Loam	20	20	60	22	30	175	8	0.06	7.8	21.6 150-180 " "



عکس شماره ۱: تیمار پوشش پلاستیک



عکس شماره ۲: تیمار کاه و کاش

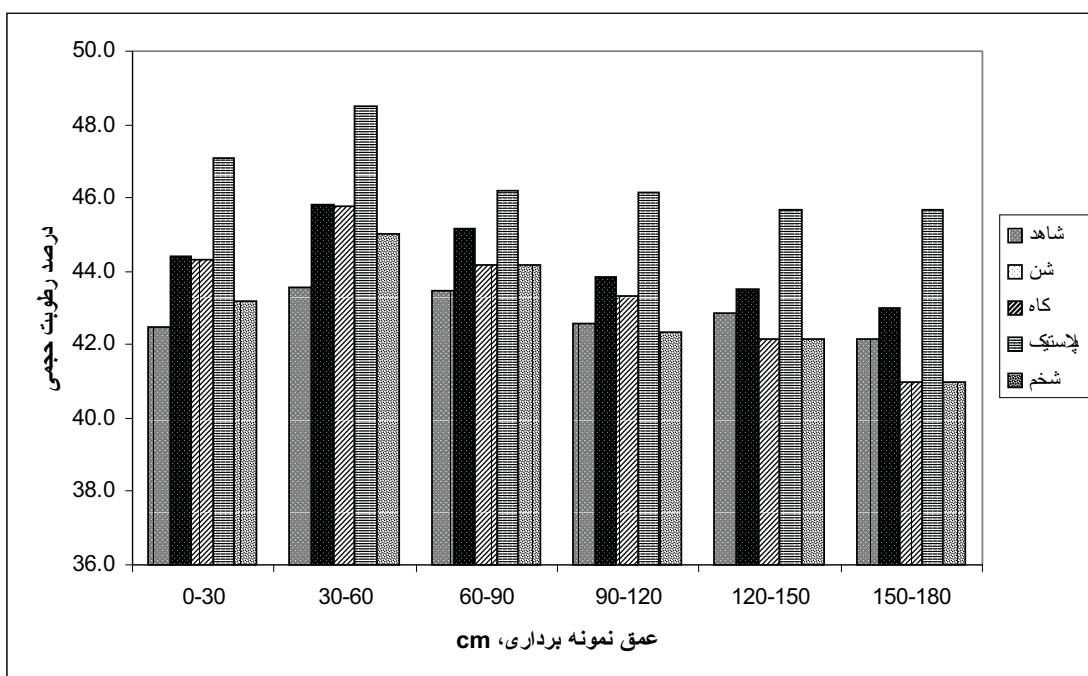
#### ۴- بحث و نتیجه گیری:

آبیاری تیمارها با توجه به عرف محل و حقابه کشاورز در تاریخهای مختلف در طی فصل زراعی ۸۲-۸۳ انجام که برای هر یک از آنها بطور یکسان و مقدار آب ورودی توسط پارشال فلوم اندازه گیری شد که مقادیر آنها در جدول شماره ۲ ذکر شده است.

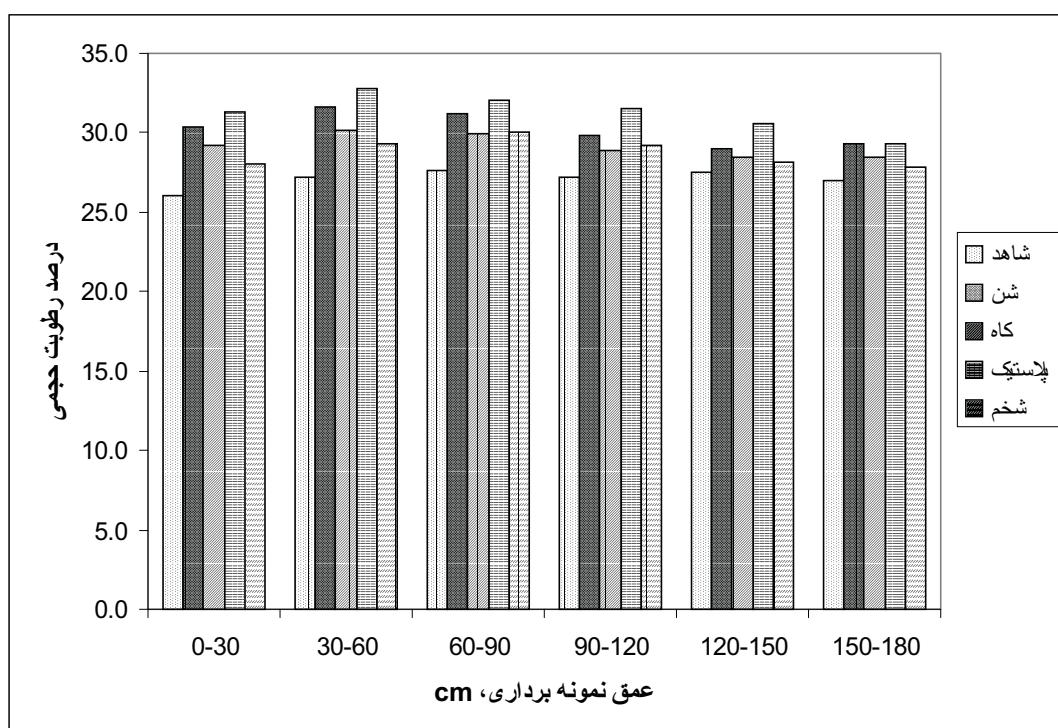
مقادیر رطوبت حجمی در سه تکرار برای کلیه تیمارها توسط دستگاه ترایم در اعماق مختلف و دو سال اجرای طرح قرائت شد که میانگین تکرارها محاسبه و در جداول شماره ۳ و ۴ آمده است. برای مشاهده بهتر تغییرات ذخیره رطوبتی در اعماق مختلف خاک در کلیه تیمارها به عنوان مثال نمودارهای ۱ و ۲ که به ترتیب ۳ و ۷۳ روز بعد از آبیاری اندازه گیری شده ترسیم گردیده است. لازم به ذکر است که هدف از این آزمایش مقایسه تیمارهای مالچ با شاهد از لحاظ ذخیره رطوبتی بوده است و بنابراین نیازی به کالیبره کردن دستگاه ترایم ولوهای PVC نمی باشد و چنانچه قرائت رطوبت توسط دستگاه خطائی داشته باشد مقدار آن در کلیه تیمارها یکسان است.

جدول شماره ۲: تاریخ آبیاری و میزان آب داده شده در طی سال زراعی ۸۲-۸۳

تاریخ آبیاری	حجم آب آبیاری در کل تیمارها (متر مکعب)	حجم آب آبیاری در هر تیمار (متر مکعب)	حجم آب آبیاری در هر تیمار (متر مکعب)	حجم آب آبیاری (متر مکعب در هر هکتار)
۸۲/۶/۲۵	۲۸۰	۱۸/۶	۱۰۴۰	
۸۲/۹/۳	۲۵۰	۱۶/۶۶	۹۲۶	
۸۲/۱۱/۲۴	۲۴۳	۱۶/۲	۹۰۰	
۸۳/۳/۴	۲۹۰	۱۹/۳	۱۰۷۰	
۸۳/۵/۱۵	۲۸۲	۱۸/۸	۱۰۴۵	
جمع	۴۹۸۱			



نمودار ۱: مقادیر متوسط رطوبت حجمی در اعماق مختلف خاک در تمامی تیمارها، ۳ روز بعد از آبیاری  
در سال ۱۳۸۳



نمودار ۲: مقادیر متوسط رطوبت حجمی در اعماق مختلف خاک در تمامی تیمارها، ۷۳ روز بعد از آبیاری  
در سال ۱۳۸۳

با توجه به انجام تحقیق در دو سال متوالی و نتایج حاصل از آن مواردی به شرح زیر مورد بحث و بررسی قرار می‌گیرد:

۱- استفاده از مالچ بطور کلی باعث افزایش ذخیره رطوبتی در خاک گردید که وضعیت ظاهری درختان از لحاظ شادابی و سرسبز بودن در کلیه تیمارها نسبت به تیمار شاهد و افزایش عملکرد محصول مدعای این امر است.

۲- در تیماری که از پوشش پلاستیک استفاده شد، مشاهده گردید که تبخیر از سطح خاک کاهش یافته بطوریکه نمونه‌های گرفته شده از خاک به مدت تقریباً یکماه پس از آبیاری کاملاً خیس بوده و نتایج یاداشت برداری‌ها نیز صحت این ادعا را تائید می‌نماید. گرچه استفاده از این نوع پوشش رطوبت را بخوبی در خاک حفظ نموده و تبخیر از سطح خاک را بمیزان قابل ملاحظه‌ای کاهش می‌دهد لیکن مشاهده گردید که بعد از گذشت یک مدت زمان ۸ الی ۹ ماهه بدلیل اینکه پلاستیک در معرض مستقیم آفتاب، باد و باران می‌باشد دچار ترکیدگی گردیده و از بین می‌رود و از لحاظ اقتصادی بدلیل هزینه بالا این روش مقرنون بصرفه نمی‌باشد.

۳- در تیماری که از شن ریز (ماسه بادی) بعنوان مالچ استفاده گردید، مشاهده شد بدلیل قرار گرفتن یک لایه با بافت ریزتر (Claylome) در زیر یک بافت درشت (Sand) سبب می‌شود نفوذ کاپیلاریته تا حدودی قطع و باعث کاهش تبخیر از سطح خاک گردد. همچنین این روش ساده ترین و عملی ترین شیوه جهت کاهش تبخیر از سطح خاک محسوب می‌گردد.

۴- در تیمار کاه و کلش گندم مشاهده گردید که بعد از گذشت مدت زمان ۶ الی ۷ ماهه قسمتی از این مواد در اثر آبیاری پوسیده و تبدیل به ماده آلی خاک شده و در بعضی از نقاط نیز این پوشش بطور کلی از بین رفته است. چنانچه در باغات از پوشش کاه و کلش و یا شاخ و برگ گیاه استفاده گردد در طی سالیان متداولی باعث افزایش ماده آلی خاک می‌شود.

۵- در تیمار شخم بعد از آبیاری زمانیکه زمین گاورو شد، شخم بو سیله تیلر تا عمق ۲۰ سانتی متری انجام گرفت که باعث قطع صعود شعریه و جلوگیری از حرکت رطوبت به سطح خاک می‌گردد و در نتیجه تبخیر از سطح خاک کاهش می‌یابد.

۶- از لحاظ میزان آب مصرفی نتایج اندازه گیری آب داده شده به مزرعه نشان داد که در طی سال زراعی، کشاورز با توجه به میزان حق آبه به میزان ۴۹۸۱ مترمکعب در هکتار آب داده است و در سال زراعی مذکور بمیزان ۱۶۸ میلیمتر بارندگی شده که در مجموع ۶۶۶۹ متر مکعب در هکتار آب به باغ مذکور داده شده است. لازم به ذکر است که درختان در تیمارهایی که از مالچ استفاده شده بود از شادابی نسبتاً خوبی بر خوردار بودند که نشانگر این نکته است چنانچه راهکاری مناسب جهت حفظ ذخیره رطوبتی خاک صورت پذیرد می‌تواند همین مقدار آب جوابگوی نیاز آبی گیاه باشد.

۷- بررسی عملکرد محصول در هر یک از تیمارهای مذکور نشان داد که بیشترین عملکرد مربوط به تیماری می‌باشد که حداقل استقرار رطوبت را در خاک دربرداشته است (پوشش پلاستیک).

-۸- آزمایش فوق در قالب طرح آماری بلوکهای کامل تصادفی با پنج تیمار اصلی پوشش پلاستیک، شن، کاه و کلش، شخم بعد از آبیاری و شاهد و شش تیمار فرعی عمق اندازه گیری رطوبت در سه تکرار اجراء شد که پس از تجزیه و تحلیل آن توسط نرم افزار SPSS و با آزمون دانکن، مقایسه میانگین رطوبتهای حجمی قبل از آبیاری در تیمار اصلی مالچ و عمق انجام شد. نتایج این تجزیه و تحلیل نشان داد که اثر مالچ بر رطوبت خاک در سطح ۱ درصد و عمق در سطح ۵ درصد معنی دار بود (جدول ۸ و ۹).

جدول شماره ۸: نتایج آزمون دانکن در سطح ۱ درصد تیمار مالچ برای میانگین رطوبتهای حجمی  
قبل از آبیاری

گروه			
c	b	a	تیمارهای مالچ
		۲۶,۲	شاهد
	۲۹,۰۸		شخم
	۲۹,۸۶		کاه
	۲۹,۸۷		شن
۳۲,۶			پلاستیک

جدول شماره ۹: نتایج آزمون دانکن در سطح ۵ درصد تیمار عمق برای میانگین رطوبتهای قبل از آبیاری

عمق‌های مختلف		
b	a	عمق‌های مختلف
	۲۸,۶۴	۰-۳۰
۲۹,۰۶	۲۹,۰۶	۱۵۰-۱۸۰
۲۹,۲۸	۲۹,۲۸	۱۲۰-۱۵۰
۲۹,۷۵	۲۹,۷۵	۹۰-۱۲۰
۳۰,۱۹		۳۰-۶۰
۳۰,۲		۶۰-۹۰

نکته حائز اهمیت در این آزمون این بود که بیشترین ذخیره رطوبتی در عمق ۶۰-۹۰ سانتی متری بوده است که بیشترین عمق توسعه ریشه‌های فعال درخت پسته نیز در همین عمق می‌باشد که مقداری از این تجمع رطوبت به همین دلیل است.

## ۵- توصیه و پیشنهادات:

- با توجه به نتایج بدست آمده از آزمایش کاهش تبخیر با استفاده از مالچ و شخم زدن در باغ پسته توصیه‌ها و پیشنهادهایی کاربردی برای منطقه به ترتیب شرح زیر ارائه می‌گردد:
- ۱- در باغ مذکور که میزان آب قابل دسترس کم بوده (در حدود ۵۰۰۰ مترمکعب بازای یک هکتار در سال) بهتر است بعد از هر بار آبیاری زمانیکه زمین گاورو شد اقدام به شخم لایه سطحی خاک نمود. از آنجاییکه بافت خاک زیرین یک بافت سبک می‌باشد که در زیر یک بافت نسبتاً سنگین (Clay lome) قرار گرفته است با شخم می‌توان از صعود شعریه در اثر نیروی کاپیلاریته جلوگیری نمود و این امر به کاهش تبخیر از سطح خاک و در نتیجه افزایش ذخیره رطوبتی در خاک کمک می‌کند. همچنین این روش از لحاظ اقتصادی و عملیاتی توجیه پذیر است
  - ۲- توصیه دیگر که آن نیز عملی است استفاده از پوشش یک لایه شن (ماسه بادی) در سطح خاک می‌باشد که این روش نیز از لحاظ ذخیره رطوبت در خاک بعد از پوشش پلاستیک قرار دارد. چنانچه این عمل برای دو الی سه سال متوالی صورت گیرد بافت لایه سطحی خاک درشت‌تر شده و از تبخیر سطحی جلوگیری می‌نماید و دیگر نیازی به ادامه این کار نمی‌باشد.
  - ۳- چنانچه امكان استفاده از کاه و کلش در منطقه امکان‌ذییر باشد با پوشاندن سطح خاک تا حدودی می‌توان از تبخیر سطحی جلوگیری نموده و باعث افزایش ذخیره رطوبتی خاک گردید. استفاده از کاه و کلش در درازمدت باعث افزایش ماده آلی به خاک در اثر پوسیدن بقاوی‌گیاهی می‌شود.
  - ۴- استفاده از پوشش پلاستیک گرچه باعث افزایش ذخیره رطوبتی می‌گردد لیکن از لحاظ کاربردی و اقتصادی توصیه نمی‌گردد.

## ۶- منابع مورد استفاده

- ۱- سالنامه آماری استان کرمان. ۱۳۸۰. سازمان مدیریت و برنامه ریزی استان کرمان.
- ۲- هادی راد، م. ۱۳۷۸. تاثیر مواد پوشاننده خاک (مالچ) بر استقرار و رشد رویشی تاغ. مجموعه مقالات هفتمین سمینار سراسری آبیاری و کاهش تبخیر، دانشگاه شهید باهنر کرمان.ص: ۴۶۹-۴۶۰.
- ۳- لیاقت، ع، پ. مشهوری نژاد و ا. پذیرا. ۱۳۷۸. کنترل شوری و آب مصرفی گیاه با استفاده از آبیاری زیرزمینی لوله ای و پوشش گیاهی روی سطح خاک. مجموعه مقالات هشتمین سمینار سراسری آبیاری و کاهش تبخیر، دانشگاه شهید باهنر کرمان. صفحه ۱۰۸-۱۰۰.
- 4- Maurya, P. R., and R. Lal. 1981. Effects of different mulch materials an soil properties and moisture on the root growth and yield of maize and cowpea. Field crops Res.4. 33-45.
- 5- Pawar, H. K. 1990. Use of plastic as a mulch in scheduling of irrigation to ginger in semiarid climate. Proceeding of the 11 the in ternational congress on the use of plastics inagriculture, New Delhi India. 10/90-1099.

- 6- Opara, O., O. Salau and R. Swennen. 1992. Response of plantain to mulch on a tropical ultisol: Part II. Effect of different mulching materials on soil hydrological properties. International Agrophysics. 6 (3-4).
- 7- Aggarwal, P., S. P. Bhardmaj and A. K. Khullar. 1992. Appropriate tillage systems for rainfed wheat in Doon valley. Ann. Agric. Res. 13. 116- 173.
- 8- Jalota, S. K., 1993. Evaporation Through a soil mulch in relation to characteristics and evaporativity. Aus. J. Soil Res. 31; 131-6.
- 9- Burt, C. M., A. Mutziger, D. J. Howes and K. H. Solomon. 2002. The effect of stubble and mulch on soil evaporation. Irrigation training and research center BioResource and Agricultural engineering Dept. California polytechnic state university San Luis Obispo. CA 93407-805-756-2433.

## کارگاه فنی آبیاری سطحی مکانیزه

۱۳۸۴ آذر ماه

روش‌های افزایش ذخیره رطوبتی خاک با استفاده از ابرجاذب‌ها به منظور

افزایش بهره‌وری آب کشاورزی

سید ابوالقاسم حقایقی مقدم<sup>۱</sup>

### ۱- چکیده

بخش کشاورزی عمدۀ ترین مصرف کننده منابع آب کشور می‌باشد. ارقامی که در گزارش‌های مختلف در این رابطه ارائه گردیده حاکی از این است که حداقل ۹۰ درصد حجم آب مصرفی در کشور صرف تولیدات کشاورزی می‌شود. بیشترین حجم تلفات آب نیز مربوط به این بخش می‌باشد. با اعمال مدیریت صحیح و به کارگیری فن‌آوری‌های پیشرفته از طریق حفظ و ذخیره رطوبت، افزایش ظرفیت نگهداری آب در خاک و بهبود وضعیت نفوذپذیری آب در خاک می‌توان بازده مصرف آب کشاورزی را بالا برد. در این رابطه اقداماتی از قبیل کاربرد کود سبز آلی، مالچ‌های گیاهی و مصنوعی، کاه و کلش، پوشش گیاهی و همچنین استفاده از مواد اصلاح کننده و هیدروژل‌های ابرجاذب رطوبت امکان‌پذیر می‌باشد. در این نوشتار تاریخچه استفاده از مواد اصلاحی و جاذب رطوبت بیان شده و بطور خاص نتایج تحقیقات انجام شده در ارتباط با کاربرد هیدروژل‌هایی نظیر هیدروپلاس، واترلس، ایگتا، آگروسواک، آلكوزورب، نوازورب و سوپرآب در کشت محصولاتی مانند سویا، آفتابگردان، کاهو، گوجه‌فرنگی، ذرت و گیاه زینتی پانیکوم مورد بررسی و تحلیل قرار گرفته است. تأثیر اصلاحی و مهم این مواد در خاک از دیدگاه کشاورزی، کاهش رواناب سطحی و فرونشست عمقی، افزایش ظرفیت نگهداری رطوبت در خاک و در نهایت بالا رفتن کارایی مصرف آب می‌باشد. نکته قابل توجه این است که تأثیرات اصلاحی این مواد بیشتر در خاک‌های با بافت سبک مؤثر بوده و مفید واقع خواهد شد. مهمترین مانع در راه فراگیر شدن کاربرد این مواد به ویژه در سطح زراعت‌های وسیع عدم توجیه اقتصادی استفاده از آنهاست. در تحقیقات معلوم گردیده که در یک خاک با بافت سبک حداقل میزان نیاز کاربرد این مواد برای رسیدن به نتیجه مطلوب ۵۰۰ kg/ha

۱- عضو هیات علمی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان، مشهد، مجتمع کشاورزی طرق، کد پستی ۹۱۷۳۵، صندوق پستی ۴۸۸،

Email: sahm51@yahoo.com

است. این میزان استفاده از ماده اصلاحی به معنای حداقل ۲۵ میلیون ریال سرمایه گذاری اولیه برای مدت ۵ سال در هر هکتار زمین زراعی می‌باشد و حال آنکه در کشور ما در شرایط متوسط از نظر نوع زراعت و میزان برداشت، حدود ۴ میلیون ریال سود خالص سالانه از هر هکتار نصیب کشاورز می‌گردد. اگر فرض نماییم که استفاده از این مواد اصلاحی به خاطر افزایش در عملکرد و صرفه جویی در مصرف آب، بتواند سود خالص حاصل از هر هکتار را ۵۰ درصد افزایش داده و به میزان ۶ میلیون ریال برساند، باز هم استفاده از این مواد دارای صرفه اقتصادی نمی‌باشد.

## ۲- مقدمه

بخش کشاورزی عمدۀ ترین مصرف کننده منابع آب کشور می‌باشد. ارقامی که در گزارش‌های مختلف در این رابطه ارائه گردیده حاکی از این است که حدود ۹۰ درصد از حجم آب مصرفی در کشور صرف تولیدات کشاورزی می‌شود. همچنین بیشترین حجم تلفات آب نیز مربوط به این بخش می‌باشد<sup>(۳)</sup>. با توجه به محدودیت منابع آبی در کشور و سهم غالب بخش کشاورزی در استفاده از این منابع، صرفه جویی در این بخش و استفاده از روش‌هایی برای بالا بردن کارایی مصرف آب از امور ضروری و حیاتی است. افزایش راندمان آبیاری یکی از راههای صرفه جویی در مصرف آب است. با اعمال مدیریت صحیح و به کارگیری فن آوری‌های پیشرفت‌های از طریق حفظ و ذخیره رطوبت، افزایش ظرفیت نگهداری آب در خاک و بهبود وضعیت نفوذپذیری آب در خاک می‌توان بازده مصرف آب در کشاورزی را بالا برد<sup>(۶)</sup>. در این رابطه اقداماتی از قبیل کاربرد کود سبز آلی، مالچ‌های گیاهی و مصنوعی، کاه و کلش، پوشش گیاهی و همچنین استفاده از مواد اصلاح کننده ای نظیر تورب، ورمیکولیت، پرلیت، پلی اکریلامید، هیدروپلاس، واترلس، ایگتا و سوپرآب امکان‌پذیر می‌باشد.

در این تحقیق سعی گردیده تاریخچه استفاده از مواد اصلاحی و جاذب رطوبت بویژه هیدروژل‌های ابرجاذب، تحقیقات انجام شده روی این مواد و نتایج کاربرد این مواد برای اصلاح خاک و حفظ رطوبت ارائه شود. استفاده از مواد افزودنی به خاک جهت اصلاح شرایط فیزیکی و حفظ رطوبت در خاک موضوعی است که سابقه طولانی به لحاظ کاربرد دارد. در این ارتباط کارهای تحقیقی چندی در خارج و داخل کشور انجام گردیده که مروری مختصر روی هر یک از کارهای انجام گرفته و نتایج آنها انجام شده است.

## ۳- مروری بر تحقیقات انجام شده

### ۱-۱- پرلیت

پرلیت مورد استفاده در کشاورزی ماده‌ای معدنی، با دوام، سبک وزن با pH تقریباً خنثی و غیرسمی است<sup>(۱۶) و (۱۸)</sup>. بدلیل ناصافی سطح خارجی ذرات پرلیت و وجود شیارهایی در ساختمان درونی آن، دارای ظرفیت نگهداری آب بیشتری در مقایسه با ذرات هم اندازه خود بوده و به صورت منبع ذخیره آب عمل

می نمایند(۱۱ و ۱۲). پرلیت محرك تشکیل و توسعه ریشه هابوده ، رطوبت و مواد غذایی را به سهولت در اختیار ریشه گیاهان قرار می دهد(۱۱ و ۱۸). این ماده محیط مناسبی برای کشت بذر محسوب می گردد زیرا موجب تسريع در عمل جوانه زدن بذور می شود. منوط به کاربرد آن به عنوان خاک خزانه، خدمات واردہ به نشاء هنگام انتقال به زمین اصلی کاهش خواهد یافت. مصرف پرلیت در خاکهای سنگین و چمن زارهانیز توصیه شده است(۱۷). از اثرات پرلیت بر خاک می توان به مطلوب نمودن وضع تهویه و زهکشی خاک و افزایش ظرفیت نگهداری آب در خاک اشاره کرده و خاطر نشان نمود از آنجا که پرلیت عایق گرما می باشد، نوسانات دمای خاک را نیز کاهش می دهد(۱۱ و ۱۲).

انستیتو پرلیت نیویورک (۱۹۸۶)، مور (۱۹۸۵)، مونسوز(۱۹۸۵)، انستیتو پرلیت آذربایجان شرقی (۱۳۷۲)، شریعتی(۱۳۶۶)، شرفا(۱۳۷۴) و اشرفی(۱۳۷۴) هر یک جداینه تحقیقاتی در زمینه پرلیت داشته و به نتایج تقریباً مشابهی دست یافته اند. شریعتی در تحقیقات خود پیرامون اثر پرلیت بر میزان تبخیر از سطح خاک چنین نتیجه گرفته که مخلوط پرلیت با خاک موجب افزایش میزان آب جذب شده و کاهش تبخیر نسبی (نسبت کل آب جذب شده به رطوبت از دست رفته) از سطح خاک می گردد(۵).

### ۲-۳ - هیدروپلاس

هیدروپلاس یا ماده ذخیره کننده آب جسمی است غیر معدنی، مصنوعی و کریستاله که قادر است تا ۵۰۰ برابر حجم اولیه اش آب جذب نماید. کاربرد این ماده در کشاورزی سبب صرفه جویی در ذخیره آب و طولانی تر شدن زمان بین دو آبیاری می گردد. جنبه های مثبت کاربرد هیدروپلاس به وسیله وزارت کشاورزی کشورهای بازار مشترک و سایر کشورهای اروپایی تایید گردیده است. با مصرف هیدروپلاس در سطح خاک میزان تبخیر به یک سوم حالت عادی تنزل یافته و آبهای حاصل از بارندگی و آبیاری به لایه های زیرین فرونشست نکرده و به هدر نمی رود بلکه توسط ژل هیدروپلاس ذخیره شده و در اختیار گیاه قرار می گیرد. هیدروپلاس باعث تهویه متعادل خاک شده و توسعه رشد ریشه هارا سبب می گردد. دوام اثر آن در خاک حدود ۵ سال است. شرفا(۱۳۶۶) در تحقیقی در رابطه با هیدروپلاس، ترکیب این ماده را با دو سری خاک به نامهای کرج و جعفرآباد مورد آزمایش قرار داد. وی هیدروپلاس را با نسبت های مختلف با خاک لایه سطحی (۰-۱۵ سانتی متر) مخلوط نمود. در کلیه تیمارهای اعواملی نظریه مقدار تخلخل کل، مؤئین و تهویه ای همچنین ظرفیت نگهداری رطوبت و ظرفیت آبگذری خاک اندازه گیری گردید. نتایج این تحقیق نشان داد(۴):

- افزودن هیدروپلاس به خاکهای سنگین و نسبتاً سنگین مانند سری کرج اثر زیادی بر میزان انواع مختلف تخلخل نمونه های خاک نداشته لیکن کاربرد آن در خاکهای سبک و نسبتاً سبک موجبات افزایش حالات گوناگون تخلخل را فراهم می آورد.
- افزودن هیدروپلاس به خاکهای سنگین و نسبتاً سنگین مانند خاک سری کرج موجب بالا رفتن ظرفیت نگهداری رطوبت در این خاکها می شود. از آنجا که این گونه خاکها اساساً دارای ظرفیت نگهداری رطوبت

زیادی می‌باشد، اضافه شدن هیدرопلاس به آنهانه تنها مشکل را حل نمی‌کند بلکه تشدید مسئله رطوبتی شدن خاکهارا موجب می‌شود. افزایش مقادیر مختلف هیدرопلاس به خاکهای سبک مانند خاک سری جعفرآباد سبب افزایش ظرفیت نگهداری آب در خاک شده و مسئله ظرفیت پایین نگهداری رطوبت در این خاکهارا حل می‌نماید.

۳- آزمایش‌های تعیین ضریب آبگذری نشان می‌دهد که در خاک سری کرج (بافت سنگین) با افزایش مقادیر هیدرопلاس کاربردی، میزان ضریب آبگذری کاهش می‌یابد. این نوع خاکهای طور ذاتی دارای مشکل آبگذری می‌باشد و افزایش هیدرопلاس این مشکل را حادتر می‌نماید. در خاک سری جعفرآباد (بافت سبک) نیز با اضافه شدن کاربرد هیدرопلاس در خاک، میزان ضریب آبگذری کاهش یافته است. از آنجا که خاکهای با بافت سبک به علت آبگذری زیاد هدر رفت آب زیادی دارند، استفاده از هیدرопلاس می‌تواند در آنها مفید واقع شود. از مجموع تحقیقات انجام شده توسط شرفا چنین برمن آید که در خاکهای سبک استفاده از این ماده قابل توصیه است ولی در خاکهای سنگین اثرات مثبتی نداشته و حتی ممکن است موجب مسئله دار شدن این نوع خاکهاشود.

### ۳-۳- ایگتا

ایگتا ماده مصنوعی آلی است که دارای وزن ملکولی بالایی می‌باشد. نام شیمیایی آن وینیل الک اکرلیک اسید است که با نمک سدیم به صورت پلیمر در می‌آید. ایگتا یک واژه ژاپنی به معنی چشم و چاه است. این ماده ظرفیت نگهداری رطوبت بالایی دارد و بر اثر جذب آب به صورت ژل در می‌آید. با استفاده از ایگتا می‌توان دور آبیاری را افزایش داد، از تنشهای ناشی از پیوند نهال کاست و باعث افزایش رشد و ادامه زندگی گیاه و بلوغ زود و به هنگام بعضی از گیاهان گردید. مطالعات و بررسی‌های انجام شده توسط وزارت بهداشت و رفاه اجتماعی، صنایع و تجارت بین‌المللی کشور ژاپن نشان داد که استفاده از این ماده هیچگونه عوارضی برای گیاهان و انسان ندارد(۱۵). ایگتا تقریباً ۵۰۰ برابر وزن خودش آب جذب می‌کند. در این حالت مجموع ذراتش نوعی ژل ثابت را بوجود می‌آورند. عواملی نظیر زمان، دما، رطوبت نسبی محیط، غلظت املاح خاک، اسیدیته (pH) و تناوب خشکی و رطوبت در میزان جذب آب این ماده موثر است. از این ماده در گلخانه و گیاهان گلداری در تهیه و نگهداری چمن، در نشاء درختان میوه و در خنچه ها و همچنین برای گیاهان علوفه ای می‌توان استفاده کرد. مقدار و چگونگی مصرف این ماده در موارد فوق الذکر به شرح جدول ۱ است.

### جدول ۱- نحوه و مقدار کاربرد ایگتا در کشاورزی و باگبانی

نوع کاربرد	میزان مصرف ماده اصلاحی ایگتا	توضیحات
گلخانه و گیاهان گلداری	۲-۵ درصد حجمی از ماده ایگتا	مقدار مصرف آب ۳۰-۵۰ درصد نیاز آبی
تهیه و نگهداری چمن	۲-۵ کیلوگرم در یک متر مکعب خاک	توزیع یکنواخت مخلوط در عمق ۱۰ سانتی متری خاک
درختان نشاء کاری درختان	درختان پاکوتاه کمتر از ۱ متر	قطر و عمق گودال نشاء = ۳۰ سانتی متر
	درختان متوسط بین ۱ تا ۳ متر	قطر و عمق گودال نشاء = ۴۰ سانتی متر
	درختان پابلند بیش از ۳ متر	قطر و عمق گودال نشاء = ۶۰ سانتی متر
گیاهان علوفه‌ای (شبدر)	۱-۳ درصد حجمی	کاربرد به صورت ریزپاشی همراه با بذر علوفه و کود

تحقیقات وسیعی توسط دانشگاه کوچی و شرکت سومی‌تومو ژاپن در زمینه‌های مختلف روی ایگتا انجام گرفته است. در آزمایشی که روی سه نوع خاک شنی، خاک آبرفتی و خاک خاکستر آتشفشاری انجام گرفت، ملاحظه شد که با افزودن ۰/۰ درصد ایگتا، ظرفیت نگهداری رطوبت خاک شنی در  $Pf = 1/5$  تقریباً ۵ برابر افزایش نشان می‌دهد. در تحقیقی دیگر تأثیر ماده در تغییرات حجم خاک به هنگام تنابوب خشکی و رطوبت مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که خاکهای درشت بافت بر اثر آبگیری ۴۰-۵۰ درصد و خاکهای ریز بافت ۴۰-۷۰ درصد افزایش حجم نشان می‌دهند(۱۴). این ماده در تعديل دمای خاک نقش مهمی دارد. کاربرد ۰/۵-۰/۲ درصد ماده مذکور باعث تغییراتی در دمای خاک می‌گردد، به طوری که دمای حداقل خاک را نسبت به تیمار شاهد کاهش و دمای حداقل را افزایش می‌دهد. بنابراین دامنه تغییرات دما در خاکی که ماده اصلاحی به آن اضافه شده کمتر از خاک شاهد خواهد بود. در سال ۱۹۸۰ در دانشگاه کوچی ژاپن با کاربرد این ماده اصلاحی در خاک، وزن خشک آسمانه و وزن ریشه گیاه گوجه فرنگی افزایش نشان داد. همچنین زمان گلدهی گیاه ۸ روز و اولین برداشت میوه ۲۸ روز زودتر از حالت معمولی آغاز گردید. در پژوهشی دیگر در ناگانو روی رشد گیاه کاهو، با کاربرد ۰/۳ درصد ایگتا افزایش قابل ملاحظه‌ای در رشد گیاه و رنگ برگ‌های آن مشاهده گردید. در سال ۱۹۸۲ در کشت علوفه از این ماده استفاده شد. نتایج به دست آمده نشان داد که افزودن ۰/۰ درصد وزنی از این ماده به خاک تفاوت معنی‌داری در رشد علوفه نسبت به تیمار شاهد ایجاد می‌نماید.

در ایران کریمی(۱۳۷۲) تأثیر ماده اصلاحی ایگتا روی برخی از خصوصیات فیزیکی خاک و رشد گیاه سویا و آفتابگردان مورد بررسی قرار داد. این تحقیق روی سه سری خاک کمال آباد، فرخ آباد و جعفرآباد کرج انجام شد. نمونه‌های خاک از عمق ۰-۲۰ سانتی متر جمع آوری و مقادیر مختلفی ماده اصلاحی به نسبت‌های ۰/۰۵، ۰/۰۲ و ۰/۰۳ درصد وزنی به آنها اضافه شد. آزمایش هاطی سه مرحله زیر انجام گردید:

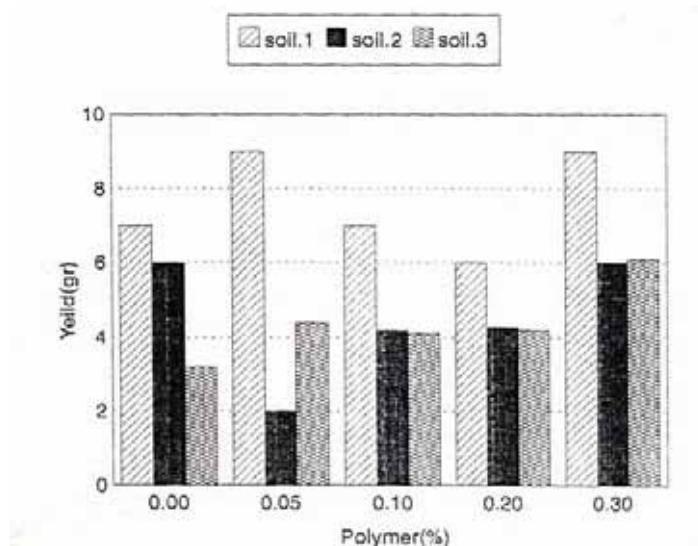
- ۱- بررسی اثر کاربرد ایگتا بر روی انواع تخلخل، ظرفیت نگهداری رطوبت و ضریب آبگذری خاک
- ۲- اثرات ماده ایگتا در رشد و عملکرد گیاه سویا
- ۳- اثرات مصرف ماده ایگتا روی برخی اجزای عملکرد گیاه آفتابگردان، وضعیت پژمردگی، بررسی امکان ادامه حیات، قابلیت جذب آب نگهداری شده در ماده اصلاحی توسط گیاه و دور آبیاری.

### ۱-۳-۱- اثر ماده اصلاحی بر خصوصیات فیزیکی خاک

- ۱- کاربرد این ماده دارای اثرات مثبت در جهت تغییرات تخلخل خاک می‌باشد. به طوری که در خاکهای سنگین سبب افزایش تخلخل تهویه ای و در خاکهای سبک موجب افزایش تخلخل موئین می‌شود. با در نظر گرفتن جنبه های اقتصادی می‌توان مقدار ۰/۰۵ درصد وزنی این ماده را به خاکهای سنگین و مقدار ۰/۳ درصد وزنی آن را به خاکهای سبک اضافه نمود تا نتیجه مطلوب حاصل گردد.
- ۲- نتایج اثر کاربرد مقادیر مختلف ایگتا در خاک، روی منحنی رطوبتی و در نتیجه ظرفیت نگهداری آب در خاک در دو حالت قبل از کاشت و بعد از کاشت گیاه سویا نشان داد که بیشترین افزایش آب قابل استفاده، در خاکهای با بافت سبک اتفاق افتاده که به طور ذاتی ظرفیت نگهداری رطوبت کمی دارند.
- ۳- قبل از کاشت گیاه سویا و آفتابگردان از میزان ضریب آبگذری خاک در حالت استفاده از ایگتا کاسته می‌شود. علت این امر را میتوان به جذب درصد زیادی از آب توسط ایگتا نسبت داد. پس از کاشت گیاه و با گذشت زمان، اثر مثبت توأم ماده اصلاحی و گیاه، موجب ایجاد ساختمان مناسب در خاک گردیده و در نتیجه ضریب آبگذری افزایش می‌یابد.

### ۱-۳-۲- اثر ماده اصلاحی بر رشد گیاه سویا

- ۱- اجزای عملکرد گیاه سویا در دو مرحله پایان گلدهی و رسیدن محصول مورد بررسی قرار گرفت. شکل ۱ و جدول ۲ نتایج این مرحله از تحقیق را نشان می‌دهند.



شکل ۱- تأثیر ماده اصلاحی در عملکرد دانه سویا

مقایسه نتایج نشان می‌دهد که میزان مصرف ۰/۰۵ درصد وزنی ماده اصلاحی بیشترین افزایش ماده خشک و عملکرد گیاه سویا را به دنبال خواهد داشت.

### ۳-۳-۳- اثر ماده اصلاحی بر رشد گیاه آفتابگردان

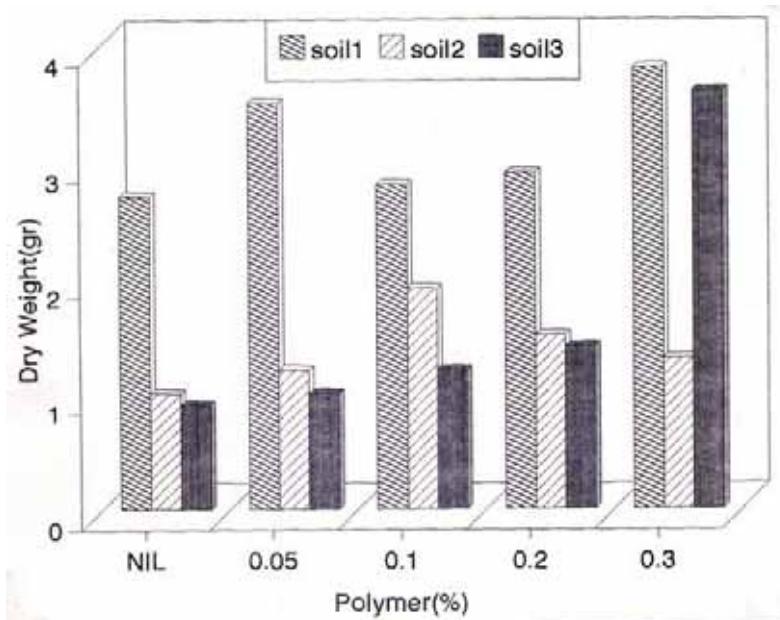
به منظور بررسی تأثیر ماده اصلاحی بر اجزاء تولید گیاه آفتابگردان مانند سطح برگ، ارتفاع گیاه و وزن ماده خشک همچنین امکان ادامه حیات گیاه آفتابگردان در نبود آب، دور آبیاری و آب مصرفی گیاه آفتابگردان آزمایشاتی در قالب یک طرح کاملاً تصادفی در سه نوع خاک و پنج مقدار مختلف ماده اصلاحی صورت گرفت. شکل‌های ۲ و جدول ۳ نتایج این آزمایش را نشان می‌دهند.

جدول ۲- کارایی مصرف آب در مرحله پایان گله‌ی و مرحله رسیدن محصول گیاه سویا

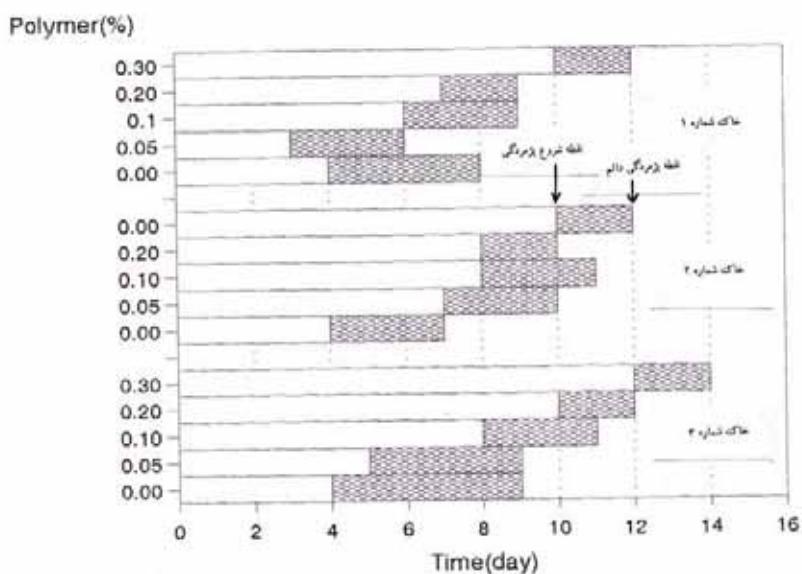
ردیف	مرحله پایان گله‌ی				مرحله رسیدن محصول				ردیف
	تیمار	آب مصرفی (mm)	ماده خشک (gr)	ماده خشک آب مصرفی gr/cm	آب مصرفی (mm)	ماده خشک (gr)	ماده خشک آب مصرفی gr/cm	عملکرد دانه (gr)	
۱	A <sub>1</sub> B <sub>0</sub>	۱۴۲/۲	۳/۱۶	۰/۲۲	۴۰۳/۱	۱۳/۱۴	۶/۹۶	۰/۳۳	۰/۱۷
۲	A <sub>1</sub> B <sub>1</sub>	۱۳۸/۸	۳/۹۲	۰/۲۸	۳۹۸/۸	۱۶/۴۳	۹/۱	۰/۴۱	۰/۲۳
۳	A <sub>1</sub> B <sub>2</sub>	۱۱۸/۵	۳/۸	۰/۳۲	۳۵۴/۱	۱۳/۲۱	۷/۰۴	۰/۳۷	۰/۲
۴	A <sub>1</sub> B <sub>3</sub>	۱۱۸/۴	۳/۳۵	۰/۲۸	۳۶۶/۳	۱۲/۲۴	۶/۵۲	۰/۳۳	۰/۱۸
۵	A <sub>1</sub> B <sub>4</sub>	۱۲۹/۱	۳/۵۸	۰/۲۸	۳۴۸/۹	۱۳/۳۷	۸/۷۱	۰/۳۸	۰/۲۵
۶	A <sub>2</sub> B <sub>0</sub>	۱۱۲/۲	۲/۶۵	۰/۲۴	۲۹۰/۹	۹/۹۵	۵/۸۱	۰/۳۴	۰/۲
۷	A <sub>2</sub> B <sub>1</sub>	۹۸/۷	۲/۵	۰/۲۵	۲۷۴/۷	۹/۸۸	۵/۲۵	۰/۳۶	۰/۱۹
۸	A <sub>2</sub> B <sub>2</sub>	۱۰۲/۵	۲/۶۱	۰/۲۵	۲۶۹/۷	۸/۸۶	۴/۶۹	۰/۲۳	۰/۱۷
۹	A <sub>2</sub> B <sub>3</sub>	۱۰۰/۵	۲/۸۰	۰/۲۸	۲۷۰/۵	۹/۹۹	۴/۸۶	۰/۳۷	۰/۱۸
۱۰	A <sub>2</sub> B <sub>4</sub>	۹۵/۵	۳/۷۸	۰/۲۹	۲۷۹/۶	۱۱/۳۱	۶/۱۱	۰/۴	۰/۲۲
۱۱	A <sub>3</sub> B <sub>0</sub>	۷۸/۵	۱/۹۸	۰/۲۵	۲۴۳/۷	۶/۴۹	۳/۵۷	۰/۲۷	۰/۱۵
۱۲	A <sub>3</sub> B <sub>1</sub>	۸۰/۹	۲/۵۳	۰/۳۱	۲۰۷/۸	۸/۴۳	۴/۸۲	۰/۴۱	۰/۲۳
۱۳	A <sub>3</sub> B <sub>2</sub>	۸۵/۵	۲/۳۱	۰/۲۷	۲۱۷/۸	۸/۴۵	۴/۵۹	۰/۳۹	۰/۲۱
۱۴	A <sub>3</sub> B <sub>3</sub>	۶۹/۷	۲/۳۸	۰/۳۴	۲۲۵/۳	۸/۱۲	۴/۶۴	۰/۳۶	۰/۲۱
۱۵	A <sub>3</sub> B <sub>4</sub>	۹۶/۵	۲/۹۸	۰/۳۱	۲۶۹/۴	۱۱/۳۵	۶/۱۶	۰/۴۲	۰/۲۳

بافت خاک: سبک = A<sub>1</sub> سنگین = A<sub>2</sub> متوسط = A<sub>3</sub>

درصد وزنی مصرف ماده اصلاحی: B<sub>0</sub> = ۰/۰۰ B<sub>1</sub> = ۰/۰۵ B<sub>2</sub> = ۰/۱ B<sub>3</sub> = ۰/۲ B<sub>4</sub> = ۰/۳



شکل ۲- تأثیر ماده اصلاحی در وزن خشک گیاه آفتتابگردان



شکل ۳- تأثیر ماده اصلاحی در ادامه حیات گیاه آفتتابگردان در خاکهای مختلف

شکل ۳ نشان می‌دهد که در هر سه نوع بافت خاک با افزایش ابرجاذب، گیاه دیرتر پژمرده می‌شود و امکان ادامه حیات افزایش می‌یابد. افزودن ماده اصلاحی به خاک سبب گردیده که امکان ادامه حیات گیاه در خاک شماره یک بین ۱۲/۵-۵۰ درصد، در خاک شماره دو بین ۴۳-۷۲ درصد و در خاک شماره سه بین ۲۲-۱۵۵ درصد افزایش یابد.

### جدول ۳- دور آبیاری و کارایی مصرف آب در گیاه آفتابگردان

تیمار	آب مصرفی (میلیمتر)				تعداد آبیاری	دور آبیاری	ماده خشک gr	کارایی مصرف آب gr/cm	ردیف
	مهرماه	آبان ماه	کل آب مصرفی						
A <sub>1</sub> B <sub>0</sub>	۶۶	۳۶/۳	۱۰۲/۳	۹	۴/۴	۲/۳۵	۰/۲۳	۱	
A <sub>1</sub> B <sub>1</sub>	۶۵/۹	۳۷/۸	۱۰۳/۷	۷	۵/۷	۲/۴۱	۰/۳۳	۲	
A <sub>1</sub> B <sub>2</sub>	۵۷/۴	۳۱/۷	۸۹/۱	۶	۶/۶	۲/۴۱	۰/۲۷	۳	
A <sub>1</sub> B <sub>3</sub>	۵۸/۸	۳۸/۲	۹۷	۵	۸	۲/۵۱	۰/۲۶	۴	
A <sub>1</sub> B <sub>4</sub>	۷۳	۳۷	۱۱۰	۴	۱۰	۳/۷۲	۰/۳۴	۵	
A <sub>2</sub> B <sub>0</sub>	۴۹	۴۰	۸۹	۱۳	۳/۱	۰/۹۸	۰/۱۱	۶	
A <sub>2</sub> B <sub>1</sub>	۵۱/۱	۳۴/۹	۸۶	۸	۵	۱/۰۴	۰/۱۲	۷	
A <sub>2</sub> B <sub>2</sub>	۵۵/۵	۳۰/۲	۸۵/۲	۷	۵/۷	۱/۶۵	۰/۱۹	۸	
A <sub>2</sub> B <sub>3</sub>	۵۳/۲	۲۹/۸	۸۳	۷	۵/۷	۱/۴۹	۰/۱۸	۹	
A <sub>2</sub> B <sub>4</sub>	۵۶/۸	۴۱/۲	۹۸	۶	۶/۷	۱/۱۲	۰/۱۱	۱۰	
A <sub>3</sub> B <sub>0</sub>	۶۲/۲	۴۱/۸	۱۰۴	۲۰	۲	۰/۹۲	۰/۰۹	۱۱	
A <sub>3</sub> B <sub>1</sub>	۶۲/۲	۴۱/۸	۱۰۴	۲۰	۲	۰/۹۲	۰/۰۹	۱۲	
A <sub>3</sub> B <sub>2</sub>	۷۰/۵	۴۲/۵	۱۱۳	۷	۵/۷	۱/۱۳	۰/۱	۱۳	
A <sub>3</sub> B <sub>3</sub>	۶۶/۲	۳۵/۸	۱۰۲	۶	۶/۷	۱/۲۸	۰/۱۳	۱۴	
A <sub>3</sub> B <sub>4</sub>	۶۸/۹	۴۹/۱	۱۱۸	۵	۸	۲/۲	۰/۲۷	۱۵	

بافت خاک: سبک = A<sub>1</sub> سنگین = A<sub>2</sub> متوسط = A<sub>3</sub>

درصد وزنی مصرف ماده اصلاحی: B<sub>0</sub> = ۰/۰۰ B<sub>1</sub> = ۰/۰۵ B<sub>2</sub> = ۰/۱ B<sub>3</sub> = ۰/۲ B<sub>4</sub> = ۰/۳

### ۴-۴- آگروسوак و آلكوزورب

سیلبربوش و همکاران (۱۹۹۳) پلی اکریلامید جاذب رطوبتی به نام آگروسوак را به عنوان یک ماده اصلاح کننده خاک برای افزایش دسترسی گیاهان به آب در خاک شنی در منطقه نگو فلسطین مورد آزمایش قرار دادند. این آزمایش در قالب طرح آماری فاكتوریل با چهار تیمار میزان کاربرد ماده اصلاحی (۰/۰۱۵، ۰/۰۱۵، ۰/۰۴۵ و ۰/۰۱۰ درصد وزنی در لایه ۲۵ سانتی متری بالای خاک)، سه تیمار میزان آب مورد استفاده (۸۵٪، ۷۰٪ و ۱۰۰٪ درصد تبخیر از طشت کلاس A) و دو تیمار سطح شوری آب آبیاری (۱/۲ و ۶/۵ دسی زیمنس بر متر) و با کشت ذرت انجام شد. روش آبیاری و کوددهی در مزرعه از نوع قطره ای با فاصله قطره چکان ۵۰ سانتی متر بوده است. نتایج نشان داد ظرفیت ذخیره آب در خاک با افزایش میزان کاربرد آگروسوак زیاد شده اما آب بکاربرده شده در مجاورت قطره چکانهاتجمع یافته و یک محدوده نسبی خشک در فاصله بین قطره چکانهابوجود آورد، به طوری که موجب کاهش تراکم بوته‌ها گردید. به غیر از وزن خشک گیاه

در متر، سایر مقادیر عملکرد شامل عملکرد بلال در بوته، عملکرد بلال در متر و وزن خشک گیاه در بوته با افزایش میزان کاربرد ماده اصلاحی افزایش نشان داد. میزان تجمع نیتروژن و سدیم در برگهای ازای افزایش میزان کاربرد آگروسواک اضافه شده اما مقادیر فسفات و پتاسیم با نرخ کاربرد ماده اصلاحی، در آب معمولی و شور تفاوتی نشان ندادند. کاربرد ماده اصلاحی باعث جلوگیری از آسیبهای ناشی از شوری به گیاه نگردید. بر اساس نتایج این آزمایش، استفاده از آبیاری قطره ای همراه با کاربرد مواد اصلاحی از نوع پلی اکریلامید نیازمند ارزیابی و بررسی بیشتر در نحوه اجرا و مدیریت روش آبیاری است(۱۹).

جدول ۴- تأثیر میزان کاربرد آگروسواک در خاک روی تراکم و عملکرد ذرت

درصد کاربرد	تراکم گیاه (متر/بوته)	وزن خشک آسمانه		وزن خشک بلال	
		(متر/گرم)	(بوته/گرم)	(متر/گرم)	(بوته/گرم)
۰	۵/۸۵ a	۱/۰۲ a	۱۷۵ c	۶۱۷ b	۷۹/۸c
۰/۱۵	۵/۸۹ a	۱/۰۷ a	۱۸۱ c	۶۳۸ b	۸۲/۱ b,c
۰/۳	۵/۰ b	۰/۹ b	۱۹۲ b	۶۵۲ a,b	۹۱/۶ b
۰/۴۵	۴/۰۹ c	۰/۸۳ c	۲۰۷ a	۷۳۱ a	۱۰۲ a

حروف مختلف در جدول نشان دهنده وجود اختلاف معنی دار در سطح ۵ درصد با آزمون LSD است.

سیوآپالان و همکاران (۲۰۰۱) در آزمایشی تأثیر پلیمر جاذب رطوبتی به نام آlkozorb را روی عملکرد و کارایی مصرف آب سویا مورد آزمایش قرار دادند. این تحقیق در قالب یک طرح آماری بلوك های کامل تصادفی با سه تکرار در گلدان و داخل گلخانه انجام شد. تیمارهای آزمایش عبارت از سه سطح کاربرد ماده اصلاحی (صفر، ۰/۰۳ و ۰/۰۷ درصد وزنی) بودند. خاک گلدان هاعبارت از ۸۶ درصد شن و ۶ درصد رس و فواصل آبیاری ۵ روز بوده است(۲۰). نتایج نشان داد مقدار آب نگهداری شده در خاک در فشار ۱/۰ مگاپاسکال به میزان ۲۳ و ۹۷ درصد به ازای ۰/۰۳ و ۰/۰۷ درصد وزنی کاربرد پلیمر افزایش می یابد. وقتی فشار از ۱/۰ به ۱/۵ مگاپاسکال افزایش می یابد کاربرد پلیمر می تواند آب بیشتری را در خاک نگهدارد اما مقدار آب خارج شده از خاک در سطح ۵٪ به طور معنی داری اختلاف نشان نمی دهد. همچنین این آزمایش نشان داد مقدار آب خارج شده از خاک تا ۲۵ روز بعد از کاشت در تیمارهای دارای پلیمر کمتر است. این بدین علت است که در مراحل اولیه رشد گیاه، سطح خاک لخت بوده و آب بیشتری از طریق تبخیر از دست می رود اما وجود پلیمر در خاک موجب کاهش هدر رفت آب از طریق تبخیر می گردد. این روند بعد از ۴۰ روز عوض شده و آب اضافه نگهداشتی شده در خاک در اختیار گیاه قرار می گیرد. به عبارت دیگر گیاه درون خاک با پلیمر ۰/۰۷ نسبت به تیمار ۰/۰۳ و صفر دسترسی بیشتری به آب داشته و به همان نسبت مقدار آب بیشتری را صرف رشد و نمو می نماید. میزان کارایی مصرف آب سویا در تیمار ۰/۰۷ درصد ۱۲ برابر و در تیمار ۰/۰۳ برابر نسبت به تیمار شاهد افزایش نشان

می دهد (جدول ۵). نتایج این آزمایش گلدانی نشان می دهد که افزایش درصد کمی پلیمر در خاک شنی موجب افزایش ظرفیت نگهداشت آب در خاک و در نتیجه بالا رفتن کارایی مصرف آب برای گیاه می گردد. آب اضافی ذخیره شده در خاک موجب صرفه جویی در زمان، پول و انرژی در آبیاری گیاهان باگی، گلدانی، گلخانه ای و به طور عام در باغبانی می شود.

**جدول ۵- مقدار آب مصرف شده، وزن دانه برداشت شده و کارایی مصرف آب سویا در خاک با مقادیر مختلف کاربرد پلیمر**

درصد پلیمر در خاک	مقدار آب مصرفی (گلدان/گرم)	وزن دانه (گلدان/گرم)	کارایی مصرف آب (آب/عملکرد دانه)
۰	۷۳۵۰a	۰/۱۴a	۱/۹۴*۱۰a
۰/۰۳	۷۹۸۷b	۱/۹۱b	۲۳/۸۵*۱۰B
۰/۰۷	۸۲۶۹b	۳/۰۴C	۳۶/۷۸*۱۰C

حروف مختلف در جدول نشان دهنده وجود اختلاف معنی دار در سطح ۵ درصد با آزمون LSD است.

### ۳-۵- نوازورب

ماده اصلاحی ابرجادب دیگری که به بازار ایران عرضه گردیده، نوازورب یا آب خشک نام دارد. تحقیقات انجام گرفته توسط حقایقی (۱۳۷۸) در موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی کرج نشان داد که این ماده نیز خواصی مانند هیدروپلاس و ایگتا را دارد. اختلاط ۲۵ گرم نوازورب در یک متر مربع از خاک با بافت متوسط (۲۵۰ کیلوگرم در هکتار) در عمق ۰-۲۰ سانتی متر ۱۸٪ نفوذ عمقی را نسبت به تیمار شاهد (بدون کاربرد نوازورب) کاهش و ۹ درصد ظرفیت نگهداری آب در خاک را افزایش داد. همچنین آزمایش نفوذ پذیری با حلقه های مضاعف در خاکی با بافت لوم رسی نشان داد که در حالت کاربرد ماده اصلاحی، سرعت نفوذ در ۲۰ دقیقه اول آزمایش بدلیل جذب سریع آب توسط نوازورب افزایش می یابد. این در حالی است که پس از گذشت ۳۰۰ دقیقه از شروع آزمایش، نفوذ تجمیعی ۲۵ درصد نسبت به تیمار شاهد کاهش نشان می دهد.

آزمایش دیگری به وسیله حقایقی و همکاران (۱۳۷۹) در منطقه ولد آباد کرج انجام و در آن تأثیر ماده نوازورب در افزایش کارایی مصرف آب در کشت کاهوی چینی بررسی گردید. در این آزمایش بافت خاک لوم رسی بوده و در کرت هایی به عرض ۳ متر و طول ۱۰ متر در دو سطح میزان کاربرد آب (عرف منطقه و کم آبیاری) و دو سطح کاربرد ماده اصلاحی (معادل ۱۰۰۰ کیلوگرم در هکتار نوازورب و بدون کاربرد آن) با هم مقایسه شدند. نتایج نشان داد با ۱۶ درصد کاهش در مصرف آب آبیاری میزان عملکرد و کارایی مصرف آب در حالت کاربرد ماده نوازورب به اندازه ۱۱ درصد نسبت به حالت استفاده نکردن پلیمرا فرازایش یافت.

شفیعی، شهرام (۱۳۷۹) در یک آزمایش گلدانی اثر ماده نوازورب را روی میزان ماده خشک تولیدی گیاه پانیکوم بررسی نمود. آزمایش در گلدان های ۴ لیتری در فضای باز و خارج از شرایط گلخانه انجام شد. آزمایش هادر ۴ تکرار در سه نوع بافت خاک (سبک، متوسط و سنگین) و در سه دور آبیاری ۴، ۸ و ۱۲ روزه در دو تیمار با و بدون پلیمر به اجرا درآمد. ترکیب پلیمر با خاک به نسبت ۰/۳ درصد وزنی انجام شد. در تمامی تیمارهای خاک و دور آبیاری تاثیر مثبت پلیمر بر تولید ماده خشک مشهود بود. فقط در خاک در دور آبیاری ۱۲ روزه، گیاه قبل از برداشت بعلت فقدان رطوبت کافی از بین رفت. در ادامه این تحقیق، تاثیر پلیمر بر شسته و خارج شدن کود ازه از خاک نیز مورد مطالعه قرار گرفت. نتایج نشان داد که پلیمر مانع آبشویی کود از خاک می‌گردد.

### ۶-۳- سوپرآب A100 ، طراوت A200 و ابرجادب PR3005 A

سهراب(۱۳۸۲) تاثیر استفاده از دو نوع پلیمر ابرجادب بنامهای PR3005A (ساخت مؤسسه فرانسوی Snf ) و سوپرآب A100 محصول پژوهشگاه پلیمر ایران را بر ظرفیت نگهداشت سه نوع بافت خاک (شنی، لومی و رسی) در چهار سطح (۲، ۴، ۶ و ۸ گرم پلیمر در کیلوگرم خاک)، روی پارامترهای منحنی مشخصه رطوبتی خاک ارزیابی کرد. نتایج نشان داد که مقدار ظرفیت نگهداری آب در خاک در سه نوع بافت خاک مخلوط با پلیمر، نسبت به نمونه شاهد افزایش داشت. پلیمر PR3005 در سطوح ۶ و ۸ کیلوگرم در خاک، مقدار رطوبت قابل استفاده را به ترتیب ۱/۵ تا ۳/۵ برابر افزایش داد. تاثیر کاربرد پلیمرهادر انواع تخلخل خاک نیز بررسی گردید. اثر ابرجادب در خاک شنی نسبت به دو بافت دیگر بیشتر بود بطوری که باعث افزایش تخلخل مویین به میزان ۴ برابر نسبت به نمونه شاهد شد.

کیخایی(۱۳۸۰) اثر پلیمر ابرجادب PR3005A را در خاک لومی‌شنی بر گیاه کتان روغنی مورد بررسی قرار داد. آزمایش در سه سطح پلیمر( صفر، ۵۰۰ و ۱۰۰۰ کیلوگرم در هکتار) و دو سطح آبیاری ( ۱۰ و ۷/۵ میلی‌متر) بصورت کرت‌های خرد شده در ۳ تکرار در دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس به اجرا در آمد. نتایج نشان داد که کاربرد پلیمر باعث افزایش معنی‌دار ارتفاع بوته، تعداد شاخه در بوته، تعداد گل در بوته و درصد ماده خشک گیاه نسبت به تیمار شاهد گردید. بالاترین مقدار میانگین صفات مورد اشاره در تیمار ۱۰۰۰ کیلوگرم در هکتار پلیمر و عمق آب آبیاری ۱۰ میلی‌متر مشاهده گردید. با اعمال سطح آبیاری ۷/۵ میلی‌متر ( ۷۵٪ نیاز ناخالص آبیاری )، به میزان ۱۵۰۰ مترمکعب در هر هکتار صرفه‌جویی می‌شود و با این حال در صفات اندازه‌گیری شده گیاه تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد.

یزدانی و همکاران (۱۳۸۲) در پژوهشی تاثیر کاربرد پلیمر ابرجادب طراوت A200 را روی عملکرد و اجزای عملکرد سویا مورد بررسی قرار دادند. فاکتورهای مورد آزمایش شامل سه فاصله آبیاری (۶، ۸ و ۱۰ روز یکبار) به عنوان کرت‌های اصلی و چهار مقدار پلیمر (صفر، ۷۵، ۱۵۰ و ۲۲۵ کیلوگرم در هکتار) به عنوان کرت‌های فرعی در قالب طرح بلوكهای کامل تصادفی در ۳ تکرار اجرا گردیدند. نتایج نشان داد که مقادیر ۱۵۰ و ۲۲۵ کیلوگرم ابرجادب در هکتار در سطح ۵ درصد موجب افزایش عملکرد دانه سویا، تعداد

غلاف در بوته و وزن هزار دانه نسبت به تیمار شاهد گردید. این اختلاف معنی‌دار صفات مورد بررسی را می‌توان به جذب آب توسط پلیمر ابرجاذب و بهبود شرایط تهویه‌ای خاک نسبت داد. از طرف دیگر بین دو فاصله آبیاری ۶ و ۸ روز همراه با کاربرد مقادیر ۱۵۰ و ۲۲۵ کیلوگرم ابرجاذب اختلاف معنی‌داری روی صفات مورد مطالعه مشاهده نگردید و این اثر نشان‌دهنده عدم کاهش صفات مورد بررسی در شرایط تنفس آبی است.

مؤذن قمصری و همکاران (۱۳۸۲) در یک آزمایش مزرعه‌ای تاثیر کاربرد پلیمر ابرجاذب طراوت A200 را روی محصول ذرت بررسی نمودند. آزمایش بصورت کرت‌های خرد شده با عامل اصلی فواصل آبیاری در سطح ۴، ۸ و ۱۲ روز یکبار و عامل فرعی مقادیر پلیمر در چهار سطح صفر، ۱۰۰، ۲۰۰ و ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار انجام شد. نتایج افزایش عملکرد ذرت را در مقادیر ۲۰۰ و ۳۰۰ کیلوگرم کاربرد پلیمر نشان داد که می‌تواند بر اثر بالا رفتن میزان آب قابل دسترس گیاه باشد. از نظر ارتفاع بوته نیز اختلاف معنی‌داری بین مقادیر بالا و پایین کاربرد پلیمر مشاهده گردید. شاخص دوام سطح برگ با کاربرد پلیمر ابرجاذب افزایش یافت. افزایش این شاخص نشان می‌دهد که استفاده از هیدروژل طراوت توانسته خسارت ناشی از تنفس خشکی روی گیاه ذرت را کاهش دهد.

#### ۴- نتیجه گیری و پیشنهادات

- مقایسه مواد اصلاحی و جاذب رطوبت ایگتا، هیدروپلاس و نمونه ساخته شده در داخل کشور به نام نوازورب نشان می‌دهد که این مواد خواص مشابه زیادی دارند. (جدول ۶)

جدول ۶- برخی از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی ابرجاذب‌های ساخت خارج و داخل کشور

نام ماده	ایگتا	هیدروپلاس	نوازورب	سوپرآب A200
شكل ظاهری	دانه های سفید	دانه دانه و پودری	دانه سفید	دانه سفید
وزن مخصوص حقیقی (g/cm <sup>3</sup> )	۱/۱۷	۱/۰۸	۱/۵۴	۱/۴-۱/۵
PH محلول آبی	۷-۸	۶-۷	۶-۷	۶-۷
ظرفیت جذب آب (g/g)	۵۰۰	۵۰۰-۷۰۰	۳۰۰-۳۵۰	۱۹۰-۲۰۰
اندازه ذرات به صورت خشک (mm)	۰/۱۵-۰/۲۵	-	۰/۱۶-۱	۰/۰۵-۰/۱۵
حداکثر عمر پایداری (سال)	۵	۵	۵	۵

بنابراین می‌توان نتایج تحقیقات انجام شده در داخل و خارج کشور روی ماده ایگتا و هیدروپلاس را به لبرجاذب‌های تولید شده در داخل کشور نیز تعمیم داد.

۲- این مواد تاکنون دامنه کاربرد وسیع در سطح زراعت گیاهان مهم و استراتژیک همچون غلات، گیاهان علوفه‌ای و دانه‌های روغنی پیدا نکرده و استفاده از آنها محدود به مواردی نظیر چمن کاری، کشت‌های گلخانه‌ای، سبزی کاری، گیاهان گل丹ی خانگی و غیر خانگی، گیاهان و درختان تزئینی، درختان کریسمس، گلهای بریده و مانند اینهاست.

۳- تأثیر اصلاحی و مهم این مواد در خاک از دیدگاه کشاورزی، کاهش رواناب سطحی و فرونشت عمقی، افزایش ظرفیت نگهداری رطوبت در خاک و در نهایت بالا رفتن کارایی مصرف آب می‌باشد. نکته قابل توجهی که در تحقیقات انجام شده نیز بدان اشاره رفت اینکه تأثیرات اصلاحی این مواد بیشتر در خاک‌های با بافت سبک موثر بوده و مفید واقع خواهد شد.

۴- مهمترین مانع در راه فراگیر شدن کاربرد این مواد به ویژه در سطح زراعت‌های وسیع عدم توجیه اقتصادی استفاده از آنهاست. در تحقیقات معلوم گردیده که در یک خاک با بافت سبک حداقل میزان مورد نیاز کاربرد این مواد برای رسیدن به نتیجه مطلوب  $0.05$  درصد وزنی یا  $500 \text{ kg/ha}$  است. این میزان استفاده از ماده ابرجاذب به معنای حداقل  $25$  میلیون ریال سرمایه گذاری اولیه برای مدت  $5$  سال در هر هکتار زمین زراعی می‌باشد و حال آنکه در کشور ما در شرایط متوسط از نظر نوع زراعت و میزان برداشت، حدود  $4$  میلیون ریال سود خالص سالانه از هر هکتار نصیب کشاورز خواهد گردید. اگر فرض نماییم که استفاده از این مواد اصلاحی به خاطر افزایش در عملکرد و صرفه جویی در مصرف آب، بتواند سود خالص حاصل از هر هکتار را  $50$  درصد افزایش داده و به میزان  $6$  میلیون ریال برساند، باز هم استفاده از این مواد دارای صرفه اقتصادی نمی‌باشد.

۵- تاکنون تحقیقات انجام شده روی مواد جاذب رطوبت بیشتر در رابطه با تأثیر این مواد روی خواص فیزیکی خاک بوده و کمتر به تأثیر این مواد روی خواص شیمیایی و مکانیکی خاک پرداخته شده است. اگر چه ادعای تولید کنندگان آن است که مواد مذکور خنثی بوده و تغییرات کیفی در آب و خاک ایجاد نمی‌نماید، اما اثرات زیست محیطی این مواد در محیط آب و خاک و تأثیر آنها در کشاورزی پایدار موضوعی است که تحقیقات و تأمل بیشتری را می‌طلبد.

۶- کاربرد این مواد برای صرفه‌جویی در مصرف آب کشاورزی و افزایش بازدهی آب را می‌توان در کشت‌های باگی دیم نظیر انگور، زیتون، در کشت نهال انواع درختان میوه، در کشت صیفی و سبزیجات به ویژه مناطقی که چندین نوبت در سال این گیاهان کشت می‌شوند، در کشت‌های گلخانه‌ای و پرورش گل و گیاهان زینتی و در کشت محصولاتی نظیر برنج، نیشکر و چغندر قند که مصرف آب زیادی دارند، خلاصه نمود که هر یک نیاز به تحقیق و پژوهش بیشتر دارد.

مطلوبی که در پایان مورد تأکید مجدد قرار می‌گیرد این که در صورت تایید فایده کاربرد مواد ابرجاذب در هر یک از مواردی که در بالا ذکر شد، اقتصادی نبودن استفاده از این مواد در حال حاضر هرگونه امکان کاربرد این مواد در سطوح وسیع زراعی و باگی را با اشکال مواجه می‌نماید.

## ۵- منابع مورد استفاده

- روفه‌گری نژاد، کاظم و اسماعیل عاصمی. ۱۳۶۱. پرلیت و تولید آن در جهان. انتیتو پرلیت آذربایجان شرقی. نشریه شماره ۱ و ۲.
  - سهراب، فرحناز. ۱۳۸۲. ارزیابی تاثیر افزودن مواد جاذب رطوبت بر ظرفیت نگهداری آب در اراضی آبخیز اردستان. پایان‌نامه کارشناسی ارشد رشته آبیاری و زهکشی. دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان، ۱۳۲ صفحه.
  - سیادت، حمید و محمدحسین عنایت. ۱۳۶۳. نکاتی در مورد تحقیقات موردنیاز در زمینه آب و آبیاری. مجموعه مقالات کنفرانس صرفه‌جویی در مصارف آب کشاورزی، شرب و صنعت. وزارت نیرو.
  - شرفا، مهدی. ۱۳۶۶. اثر پرلیت و هیدروپلاس بر تخلخل، ظرفیت نگهداری رطوبت و آبگذری خاکها. پایان‌نامه کارشناسی ارشد رشته خاکشناسی. دانشکده کشاورزی، دانشگاه تهران.
  - شریعتی، محمدرضا. ۱۳۶۶. اثر پرلیت در حفظ رطوبت خاک. پایان‌نامه کارشناسی ارشد رشته خاکشناسی. دانشکده کشاورزی، دانشگاه تهران.
  - کریمی، احمد. ۱۳۷۲. بررسی تأثیر ماده اصلاحی ایگتا روی برخی خصوصیات فیزیکی خاک و رشد گیاه. پایان‌نامه کارشناسی ارشد رشته خاکشناسی. دانشکده کشاورزی، دانشگاه تهران.
  - کیخایی، فاطمه. ۱۳۸۰. بررسی اثر پلیمر سوپرجاذب PR3005A بر میزان آب مصرفي و برخی خصوصیات کمی و کیفی گیاه کتان روغنی. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس. ۹۶ صفحه.
  - مؤذن قمصری، بهروز، ایرج الهدادی، غلامعباس اکبری و فیروزه یزدانی. ۱۳۸۴. بررسی تأثیر مقادیر مختلف سوپرجاذب TarawatA200 و سطوح مختلف تنش خشکی روی رشد و عملکرد ذرت علوفه‌ای. مجموعه مقالات نهمین کنگره علوم خاک ایران. ۶-۹ شهریور. تهران.
  - یزدانی، فیروزه، ایرج الهدادی، غلامعباس اکبری و مهدی شرفا. ۱۳۸۴. بررسی تأثیر کاربرد هیدروژل‌های سوپرجاذب به منظور کاهش تنش خشکی در سویا. مجموعه مقالات نهمین کنگره علوم خاک ایران. ۶-۹ شهریور. تهران.
- 10- Ayrer, M., Propagation of tea clones by cutting, Faculty of Agriculture, Ankara university, Turkey, 1984.
- 11-Cook, C. D., Perlite: what it is and it can do for you, Nurser Seryman & Garden Center, U. K., 1978.
- 12- "Horticultural perlite for succesfull planting", pub No. 74, perlite Institute, New York.

- 13- "Hydroplus: Water storing substance", sudevco corporation, Tehran, Iran, 1986.
- 14- "IGETA Green- G, Technical information", Fertilizers Dept., Sumitomo chemical Co. LTD, Japan.
- 15- "IGETA GREEN-P, Technical information", Fertilizers Dept., Sumitomo chemical Co. LTD. Japan.
- 16- Langford, R. L., Perlite: supply & Demand, pub. No. 203, silvaperl products LTD. U. K., 1980L.
- 17- Moor, G., Sports truf: better plying surfaces with perlite amendments, 1985.
- 18- Munsuz, N., Substrates and perlite in agriculture, perl. Inst. Inc. New yourk, 1985.
- 19- Silberbush, M. and Adar, E. and Malach, Y. and De- Malach, Y. (1993). Use of an hydrophilic polymer to improve water storage and availability to crops grown in sand dunes, Agricultural water management, 23:303-313.
- 20- Sivapalan, S., Effect of polymer on soil water holding capacity and plant water use efficiency, Proceeding of 10<sup>th</sup> Australian agronomy conference, Horbart, 2001.

## کارگاه فنی آبیاری سطحی مکانیزه

۱۳۸۴ آذر ماه ۱۳

بهینه سازی مصرف آب در آبیاری سطحی در جهت مدیریت بهتر و بهبود

کیفیت با استفاده از تانسیومتر

سینا بشارت<sup>۱</sup>، بهنام حبیب‌زاده<sup>۲</sup>

چکیده:

برای تامین رطوبت مورد نیاز، آبیاری یکی از بخش‌های اصلی و مهم در مدیریت مزرعه بشمار می‌رود. آبیاری سطحی قدیمی‌ترین روش آبیاری است که در اکثر نقاط جهان رواج دارد. اگر به درستی طراحی و اجرا شود، به دلیل سادگی و عدم نیاز به وسایل و دستگاه‌های ویژه، برای زارعین یکی از بهترین روش‌ها محسوب می‌شود. اگر پارامترهای مؤثر بر پیشروی آب به درستی مورد بررسی قرار گیرند، می‌توان راندمان مصرف آب را افزایش داد. آبیاری نامناسب عامل کاهش کیفیت و کمیت محصول است پس باید بصورت علمی و بوسیله افراد متخصص انجام گیرد. اطمینان از فواصل مناسب بین آبیاری و میزان آب بسیار ضروریست و عوامل متعدد و پیچیده‌ای در آن دخیل هستند، مانند محیط کشت، تابش، نوع گیاه، دوره رشد و نیاز آبی گیاه. تعیین زمان و مقدار هر آبیاری با در نظر گرفتن عوامل وابسته بسیار پیچیده است. معمولاً زمان هر آبیاری با استفاده از نمایه‌های ظاهری گیاه و محیط تشخیص داده می‌شود که بسیار مشکل بوده و از دقت کافی برخوردار نیست پس نمی‌توان مدیریت جامعی را به کار برد. هدف از این تحقیق تعیین زمان و میزان هر آبیاری با توجه به آب مورد نیاز گیاه با استفاده از دستگاه تانسیومتر (Tensiometer) می‌باشد. در این مقاله با استفاده از تانسیومتر موجود و با نصب آن در سه عمق مختلف ریشه در مزرعه روش‌های محاسبه زمان هر آبیاری و کنترل دقیق مدت زمان آبیاری درائه شده است. با نصب تانسیومترها در عمقهای سه‌گانه طول ریشه، میزان آب وارد شده به خاک و جذب شده توسط گیاه پس از آنالیز بدست می‌آید. البته شرایط موثر در هر دوره از آبیاری مد نظر قرار گرفته است. با این روش‌ها کنترل و مدیریت مزرعه از نظر آبیاری مطلوب، بهتر و دقیق‌تر خواهد بود.

۱- عضو هیات علمی گروه آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه

Email: s.besharat@urmia.ac.ir

تلفن: ۰۴۴۱-۳۴۴۵۹۳۶

فاکس: ۰۴۴۱-۲۷۷۹۵۵۸

۲- کارشناس گروه مهندسی آب

نتایج نشان می‌دهد که میزان کیفیت و کمیت محصول بالا رفته و کارایی مصرف آب (Water Use Efficiency) و راندمان افزایش پیدا کرده است.

**کلمات کلیدی:** آبیاری سطحی، نیاز آبی گیاه، کارایی مصرف آب، تانسیومتر

#### مقدمه:

حرکت در مسیر تولیدات کشاورزی فقط با دانستن چگونگی پرورش محصولات مقدور نخواهد بود. چه شما مالک محل کسب خود باشید یا برای شخص دیگری کار کنید، موفقیت شما بستگی به توانایی در مدیریت امکانات، سرمایه و وقت دارد. برای حمایت از رشد مطلوب گیاهان، محیط رشد باید مواد غذایی و آب گیاه را به صورت مناسب فراهم سازد. محیط رشد از ذرات جامد، آب و هوا تشکیل یافته که هر کدام برای رشد گیاه بسیار با اهمیت هستند. آبیاری نامناسب در مزرعه عامل کاهش کیفیت و کمیت محصول است. پس باید به صورت علمی و بوسیله افراد متخصص انجام گیرد. اگر آبیاری از جنبه اقتصادی به طور سنتی انجام شود، بسیار ساده و تا اندازه‌ای خسته کننده است. به همین علت به این مهم اهمیتی داده نشده و این کار را به افراد کم تجربه و اگذار می‌کنند. اگر این کارگران در کار دقت کافی نداشته باشند و در زمان نامناسب از مقدار نامعین آب استفاده کنند، محصولات دچار مشکل و آسیب خواهد شد و کیفیت مطلوبی نخواهد داشت.

اطمینان از فواصل زمانی مناسب بین هر آبیاری و مقدار آب بسیار ضروریست و عوامل متعددی مانند محیط کشت، تابش، نوع گیاه، دوره رشد، تهویه و نیاز آبی گیاه در آن دخیل هستند.

دو روش مهم در تشخیص زمان آبیاری وجود دارد: (الف) استفاده از نمایه‌های گیاه، (ب) استفاده از نمایه‌های خاک. ساده‌ترین روش برای تعیین زمان آبیاری این است که برخی از خصوصیات بارز گیاه را در نظر گرفته و تغییرات آنرا در روزهای بعد از آبیاری تعقیب کنیم. نمایه‌های ظاهری مانند شادابی برگها و شاخه‌ها و رنگ برگها از جمله پارامترهایی می‌باشند که با تغییر شدید آنها در هنگام تشنجی گیاه می‌توان زمان آبیاری را تعیین کرد. معمولاً تشخیص زمان و مقدار هر آبیاری با در نظر گرفتن عوامل وابسته بسیار پیچیده است و با استفاده از نمایه‌های ظاهری گیاه این عمل از دقت کافی برخوردار نخواهد بود به طور مثال امکان دارد تغییر رنگ گیاه در اثر آفات گیاهی باشد نه کمبود آب. به دلیل وجود این مشکلات نمی‌توان مدیریت جامعی را برای آبیاری در مزرعه به کار برد. هدف از این تحقیق تعیین زمان و میزان هر آبیاری با توجه به آب مورد نیاز گیاه می‌باشد.

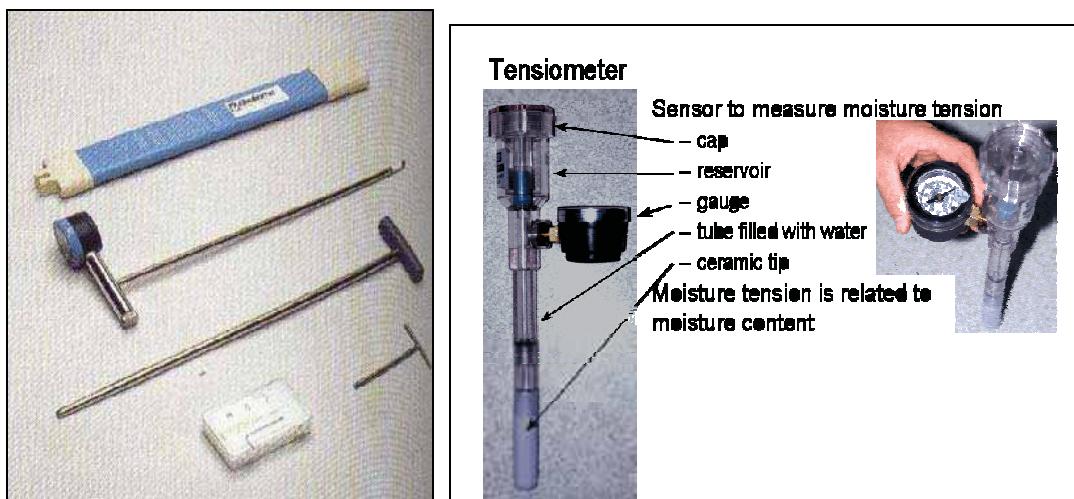
#### مواد و روش‌ها:

آب با نیروهای مختلف در خاک نگهداری می‌شود که برای خارج کردن و یا جابه‌جا کردن آن می‌بایست بر این نیروها فائق آییم. این نیروها به دلیل موقعیت ثقلی آب، چسبندگی آب به خاک و خصوصیات شیمیایی آب است که هر کدام پتانسیل مخصوص به خود را اعمال کرده و پتانسیل آب در خاک، که

معمولًا آنرا با حرف یونانی  $\varphi$  نشان می‌دهند در واقع مجموع این پتانسیل‌ها است. در بحث آب و خاک معمولاً پتانسیل ارجح‌تر از رطوبت خاک است به عنوان مثال رشد گیاهان در خاک‌های با بافت‌های مختلف متفاوت است حتی اگر این خاکها در صد رطوبت یکسان داشته باشند و می‌توان نتیجه گرفت که نگهداشت رطوبت در خاک و یا حرکت آن از یک نقطه به نقطه دیگر و جذب آب توسط گیاه نیز بر اساس پتانسیل آب است نه مقدار رطوبت. نکته مهم استفاده از پتانسیل این است که نیازی به تعیین بافت خاک نیست و نتایج ارائه شده در تمام خاکها صادق است. پتانسیل کل آب و خاک شامل پتانسیل ثقلی، پتانسیل فشاری، پتانسیل اسمزی و پتانسیل ماتریک است که با واحد بار (Bar) بیان می‌شود. هدف آبیاری تأمین شرایط رطوبتی مناسب یا به عبارت دیگر حفظ شرایط رطوبتی مطلوب در منطقه رشد است بطوریکه رشد گیاه دچار محدودیت نگردد. منطقه رشد و فعالیت ریشه اغلب گیاهان زراعی به بخش غیر اشباع نیمرخ خاک محدود می‌شود زیرا که ریشه اغلب گیاهان در شرایط خاک اشباع جاییکه تهویه محدود است رشد نمی‌کند. از این جهت می‌توان گفت رشد گیاه به مؤلفه پتانسیل فشاری ارتباطی ندارد اگر غلظت نمک در محیط کشت قابل اغماض باشد مؤلفه اسمزی پتانسیل آب خاک بر رشد گیاه و بر جذب آب توسط گیاه تاثیر کمی خواهد داشت بنابراین در محیط ریشه در خاک پتانسیل کل آب خاک برابر پتانسیل ماتریک می‌باشد.

پتانسیل ماتریک در اثر جذب مولکولهای آب و ذرات جامد خاک بوجود می‌آید و ریشه برای جذب آب در خاک باید بر این نیرو غلبه کند. هرقدر رطوبت آب در خاک کاهش یابد نیروی جاذبه آب و خاک افزایش می‌یابد و پتانسیل آب و خاک منفی‌تر خواهد شد و به طبع آن نیرویی که باید گیاه صرف کند تا آب را به داخل گیاه وارد نماید افزایش می‌یابد. در اکثر گیاهان بهترین زمان جذب گیاه حالتی است که پتانسیل آب و در خاک  $2/3$  بار است و در ۱۵ بار گیاه قادر به جذب آب نخواهد بود. البته در گیاهان مختلف این اعداد متفاوت است. پس می‌توان نتیجه گرفت که زمان هر آبیاری بستگی به نوع گیاه و نیروی ماتریک آب خاک دارد.

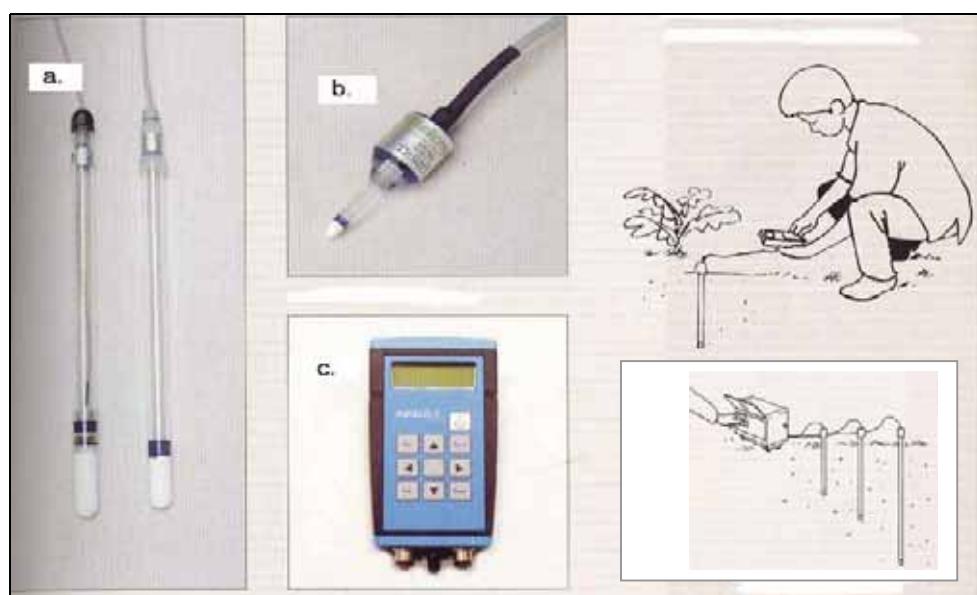
اندازه‌گیری پتانسیل ماتریک توسط تانسیومتر انجام می‌شود. تانسیومترهای موجود عبارتند از تانسیومتر جیوه‌ای، فلزی ثابت و متحرک، و الکترونیکی هر یک از تانسیومترها کاربرد خاص خود را خواهند داشت. تانسیومترهای جیوه‌ای به علت مشکلات اندازه‌گیری مورد استفاده قرار نمی‌گیرند و بیشتر از تانسیومترهای فلزی استفاده می‌شود. تانسیومتر فلزی ثابت مطابق شکل (۱) شامل یک درپوش، خلاء سنج فلزی، یک لوله پلاستیکی شفاف که پر از آب است و در قسمت پایین لوله کلاهک سرامیکی نصب می‌شود. این نوع تانسیومتر در طول فصل کشت در یک نقطه ثابت نصب می‌شود. تانسیومتر فلزی متحرک که در شکل (۲) نشان داده شده است نسبت به تغییرات رطوبت و پتانسیل ماتریک حساس‌تر بوده و سریع عکس‌العمل نشان می‌دهد بنابراین می‌توان به صورت متحرک در نقاط مختلف مزرعه از آن استفاده نمود.



شکل (۲): تانسیومتر

شکل (۱): تانسیومتر فلزی ثابت

تانسیومتر الکترونیکی که کارآیی بالایی در تعیین زمان آبیاری دارد، کارآیی مشابه با تانسیومترهای دیگر دارد با این تفاوت که به جای خلاء سنج فلزی از خلاء سنج الکترونیکی استفاده می‌گردد (شکل ۳).

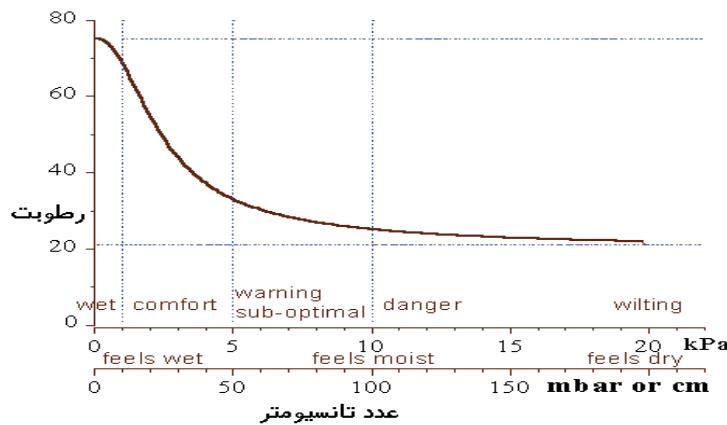


شکل (۳): تانسیومتر الکترونیکی:  
a. سنسور مربوط به عمقهای مختلف، b. میکرو سنسور،  
c. خلاء سنج الکترونیکی

روش کار: این تحقیق در یک مزرعه بر روی گیاه چفتدر انجام گرفت. سیستم آبیاری به صورت سطحی شیاری بود. سنسورها یا همان سرامیکهای تعیین مکش در محیط کشت در سه عمق مختلف توسعه ریشه نصب گردید. به این صورت که عمق ریشه به سه قسمت مساوی تقسیم‌بندی شده و در هر قسمت

یک سنسور قرار گرفت. فاصله سنسورها از هم ۲۰ متر در نظر گرفته شد. تمام سنسورها به یک خلاء سنج الکتریکی نصب گردید. داده‌های به دست آمده در هر لحظه به سیستم کنترل مرکزی که شامل یک کامپیوتر پردازشگر می‌باشد وارد می‌گردید. بر اساس داده‌های وارد شده به کامپیوتر زمان قطع و وصل آبیاری کنترل می‌شد. البته قبل از شروع کار برنامه‌ریزی دقیق بر اساس نوع گیاه و محیط رشد وارد کامپیوتر شده بود تا زمان نیاز آبیاری و یا عدم نیاز به آب از طریق سیستم مرکزی تشخیص داده شود که روش کار به صورت زیر بود.

اعداد تانسیومتر بر حسب بار بیان می‌گردد و هر قدر عدد تانسیومتر افزایش یابد نشان‌دهنده کاهش رطوبت در خاک و در نتیجه کاهش جذب آب از طریق گیاه می‌باشد (شکل ۴).



شکل (۴): منحنی بین رطوبت خاک و پتانسیل ماتریک-تانسیومتر

بنابراین اعدادی که توسط تانسیومتر قرائت می‌شود باید به دقت مورد تفسیر قرار گیرند. قرائت صفر یعنی خاک در وضعیت اشباع قرار دارد و یک یا دو روز بعد از آبیاری این حالت بر طرف می‌شود. ۰/۱ - ۰/۰، یعنی خاک در وضعیت ظرفیت مزرعه است و نیاز به آبیاری ندارد. در عدد ۰/۰، آبیاری می‌تواند شروع شود البته در خاکهای لوم شنی و بین ۰/۵ - ۰/۴، برای خاکهای سیلت لومی و ۰/۶ - ۰/۵ برای خاکهای رسی چون این تفاوتها برای هر نوع خاک و گیاه از نظر تحلیل مشکل است بطور کلی آبیاری زمانی آغاز می‌شود که عدد ۰/۶ نشان داده شود. آبیاری در این وضعیت حاکی از آن است که رطوبت خاک در حد آب سهل‌الوصول تأمین می‌شود. ۰/۷ شروع تنفس آبی است ولی گیاه ممکن است صدمه ببیند. ۰/۰ در کمترین رطوبت خاک قرار دارد و گیاه صدمه می‌بیند. البته این اعداد برای گیاهان مختلف می‌تواند تغییر جزئی داشته باشد به طور مثال توت‌فرنگی گیاه حساسی می‌باشد و زمان شروع آبیاری در عدد ۰/۳ بار قرار دارد.

### بحث و نتایج:

در عمل نتایج نشان داد که سنسور تانسیومتر در سه عمق توسعه ریشه باید نصب گردد و برای اغلب محصولات زمان مناسب آبیاری وقتی است که تانسیومتر فوقانی  $0/5 - 0/3$  بار و تانسیومتر میانی  $0/7 - 0/6$  و تحتانی شروع خشکی  $0/8$  بار را نشان دهد. پس سیستم مرکزی به این صورت برنامه ریزی شد که سیستم آبیاری به کلید قطع و وصل الکترونیکی مجهز گردید. بر اساس اعداد فرستاده شده از تانسیومتر زمان دقیق شروع آبیاری به سیستم انتقال داده می شد و کلید وصل آب به کار می افتد. در دوره حساس گیاه (میانی) باید  $1/0$  از اعداد ارائه شده کم شود تا گیاه آسیب نبیند. ولی در دوره برداشت (نهایی) می توان با افزایش  $1/0$  به اعداد ارائه شده تنفس جزئی به گیاه وارد کرد تا کیفیت محصول افزایش یابد. زمانی که تانسیومتر میانی  $1/0$  بار یا تانسیومتر تحتانی  $2/0$  بار را نشان می داد آبیاری قطع می گردید. با تفسیر اعداد تانسیومتر در سه عمق مختلف ریشه، دقیقاً می توان میزان آب ورودی به عمق توسعه ریشه را بدست آورد.

در عمل آبیاری سطحی با تانسیومتر می تواند اثرات مثبتی را در پی داشته باشد. هر زمان که گیاه واقعاً نیاز به آب دارد آبیاری انجام می گیرد و تعداد آبیاری در یک فصل رشد  $3$  تا  $4$  مرتبه کاهش میابد (نسبت به سنتی) که کاهش چشمگیر آب را در پی خواهد داشت و از شیوع آفات جلوگیری خواهد شد (چغندر قند). استفاده مداوم از تانسیومتر در مزرعه و مقایسه نتایج باعث پیشرفت در آبیاری شده و به راحتی می توان با رفع ایرادات سالهای قبل محصولی با کیفیت و کمیت بالا برداشت نمود. مقدار آب آبیاری، کیفیت و کمیت محصول در دو نوع آبیاری یکی به صورت کاملاً علمی بر اساس تانسیومتر و دیگری بر اساس نمایه های گیاهی (تجربی) مورد بررسی قرار گرفت. این داده ها از لحاظ میزان آب مصرفی و کارآیی مصرف آب با یکدیگر مقایسه شده اند. کارآیی مصرف آب مقدار ماده خشک تولید شده به ازای هر واحد آب مصرفی توسط گیاه می باشد که این پارامتر از اهمیت خاصی برخوردار است و میزان صحیح مصرف آب را نشان می دهد. همانطور که مشاهده می شود در جدول (۱) داده های به دست آمده از آبیاری به وسیله تانسیومتر اختلاف قابل توجهی با آبیاری تجربی دارد.

جدول (۱) : مقایسه نتایج آبیاری تجربی و آبیاری الکترونیکی توسط تانسیومتر

	در طول آزمایش	
	آبیاری کنترل شده	آبیاری توسط تانسیومتر
محصول (ton/ha)	۶۵	۸۵
آب مصرفی ( $\text{gallons}/\text{ft}^2$ )	۲۴/۴	۱۷/۹
کارآیی مصرف آب (%)	۳۳	۶۵
راندمان مصرف (%)	۶۴	۸۶

از لحاظ کیفیت، محصول مورد بررسی قرار گرفت که در این مورد نیز آبیاری از طریق تانسیومتر محصول با کیفیت‌تر از لحاظ خلوص و مشخصات ظاهری گیاه داشته است.

روش مورد نظر نتایج فراوانی را به دنبال داشته است: (الف) در این روش کنترل و مدیریت آبیاری دقیق‌تر در مزرعه انجام گرفت و نیاز به کارگر فراوان نبود. (ب) به راحتی می‌توان در تغییر برنامه کامپیووتری بر اساس تابش، فصل رویش و دوره رویش زمان وصل جریان آب را در جهت کارآیی بالاتر تغییر داد. (ج) گیاه و محیط کشت همیشه در یک حالت ایده‌آل قرار داشته و آفات و امراض کمتر دیده شد. (د) در این روش مشخصات محیطی از جمله دما و رطوبت را نیز می‌توان وارد برنامه کرد تا بر اساس مشخصات محیطی، برنامه زمانبندی آبیاری تغییر نماید. (ی) با وارد کردن کمی تنش آبی در برخی محصولات مشاهده شد که کیفیت آنها افزایش یافته است که با این روش اعمال تنش جزئی به گیاه به سادگی قابل برنامه‌ریزی بود. (و) معمولاً دوره آبیاری و مقدار هر آبیاری مساوی در نظر گرفته می‌شود ولی در این روش آبیاری زمانی انجام می‌گرفت که گیاه به آب نیاز داشت پس دوره‌های آبیاری معمولاً در مراحل مختلف متفاوت بودند. (ه) نکته مهم استفاده از پتانسیل این است که نیازی به تعیین بافت خاک نیست و نتایج ارائه شده در تمام خاکها صادق است. در این تحقیق از تانسیومترهای ثابت و متحرک در عمقهای مختلف ریشه نیز استفاده گردید و اعداد قرائت شده به صورت تانسیومتر الکترونیکی کنترل می‌شد.

#### منابع:

- ۱- بای بوردی، م (۱۳۸۰). اصول مهندسی آبیاری. روابط آب و خاک، دانشگاه تهران، ۲۷۰ ص.
- ۲- علیزاده، ا (۱۳۷۸). رابطه آب و خاک و گیاه. آستان قدس رضوی، ۳۵۳ ص.
  
- 3- Lieth, J., D. Burger, P. Kiehl, S. Tjosvold, G. Vogel. 1990. Reduce run-off from your potted crops by watering based on soil moisture. Grower Talks. September 1990, p.24-32.
- 4- Plaut, Z., N. Zieslin, and N. Lelev. 1976. Effect of different soil moisture regimes and canopy wetting on 'Baccara' roses. Scientia Hort. 5: 277-285.
- 5- Tjosvold, S.A. and K.F. Schulbach. 1991. How to reduce water use and maximize yields in greenhouse roses. California Agriculture. May-June 1991, p. 31-32.



## کارگاه فنی آبیاری سطحی مکانیزه

۱۳۸۴ آذر ماه

### ارزیابی بازده آب آبیاری طی چند دهه گذشته در سطح کشور

فرحناز سهراب، فریبرز عباسی<sup>۱</sup>

#### چکیده

در این پژوهش به منظور بررسی وضعیت بازده آب آبیاری در دهه‌های اخیر مطالعه‌ای بر روی بازده آبیاری در سطح کشور صورت گرفته است. هدف از تحقیق جمع‌بندی، مرور و تحلیل نتایج و یافته‌های تحقیقاتی روی بازده آبیاری است. به همین منظور نتایج حاصل از تحقیقات انجام شده در سطح کشور که در قالب گزارش‌های پژوهشی، پایان‌نامه‌های تحصیلی، مقالات علمی – پژوهشی از منابع مختلف علمی نظیر کتابخانه‌های موسسات پژوهشی، کتابخانه‌های دانشگاهها، گروههای مهندسی آب کشاورزی و بانکهای اطلاعاتی در شبکه اینترنت و غیره جمع‌آوری شده است. تحقیقات انجام شده بر روی بازده آبیاری مزارع تحت کشت محصولات مختلف در سطح کشور در سه دهه اخیر حاکی از آن است که در استانهای مختلف کشور بازده کاربرد آب آبیاری بستگی به مدیریت مزرعه، روش آبیاری، نوبت آبیاری (مرحله رشد گیاه) و نوع گیاه از ۱۱ درصد در شهریار کرج در سال ۱۳۷۵ در روش آبیاری جویچه‌ای تا ۹۴/۷ درصد در ارومیه در سال ۱۳۷۵ در روش آبیاری نواری- کرتی متغیر بوده است. با توجه به روش آبیاری، در روش آبیاری سطحی حداقل بازده ۱۱ درصد در روش جویچه‌ای و حداقل آن ۹۴/۷ درصد در ارومیه در سال ۱۳۷۵ در روش نواری- کرتی بود. علت بالا بودن بازده آبیاری در این روش، مناسب بودن بافت خاک، جویچه و نوارهای با انتهای بسته، طول کوتاه و شیب کم بود. در روش‌های آبیاری تحت فشار حداقل بازده ۳۷/۴ در روش سنترپیوت در منطقه کشت و صنعت مغان گزارش گردیده است. علت پایین بودن آن عدم تطابق کارکرد سیستم با طراحی دستگاه به دلیل پایین بودن یکنواختی پخش بود. حداقل بازده ۸۴/۶ در روش قطره‌ای (تیپ) در همدان بود. نتایج همچنین نشان می‌دهد که بازده شبکه‌های آبیاری در سه دهه اخیر از حداقل ۱۳/۵ درصد در دشت کوثر خوزستان در سال ۱۳۷۲ تا ۸۰/۴ درصد در دشت

۱- به ترتیب کارشناس ارشد و عضو هیأت علمی (استادیار) مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی کرج

سراب آذربایجان شرقی در سال ۱۳۷۷ متغیر بود. علل پایین بودن بازده شبکه‌های آبیاری، عدم آبیاری شبانه‌روزی، عدم تسطیح اراضی و نبود شبکه فرعی، یکپارچه نبودن اراضی و ضعف آموزشی زارعین بود. از طرفی نتایج نشان داد که عوامل بی‌شماری در دستیابی به افزایش بازدهی آبیاری دخالت دارند. از جمله این عوامل عملیات زیر بنایی برای شبکه آبرسانی و آبیاری، مدیریت بهره برداری از آب و خاک، الگوهای کشت مناسب، عملیات زراعی و انتخاب روش‌های مناسب توزیع آب و آبیاری است. در این راستا انتخاب روش‌های نوین آبیاری و تغییر در نظام مدیریت آبیاری اصل مسلمی است که باید دنبال شود.

**كلمات کلیدی:** آبیاری، بازده کاربرد آب آبیاری، مدیریت زارعین، استان‌های مختلف کشور

#### مقدمه

بررسی بیلان آب کشور نشانگر آنست که علی‌رغم مهار تمامی آب‌های سطحی و قابل استحصال و با توجه به روند بی‌رویه رشد جمعیت از یک سو و نیز گسترش شهرنشینی و توسعه بخش‌های صنعت و خدمات در مقایسه با بخش کشاورزی، در آینده نه چندان دور با کمبود جدی آب مواجه خواهیم شد. بنابراین در برنامه‌های توسعه اقتصادی کشور، توجه زیادی نسبت به افزایش بهره‌وری آب و بهبود بازده آبیاری در بخش کشاورزی شده است. هر چند با پیشرفت روزافزون علم و تکنولوژی، شیوه‌های نوینی در آبیاری پا به عرصه گذاشته‌اند. با این وجود هنوز در بسیاری از کشورهای جهان حتی کشورهای پیشرفته، آبیاری سطحی یکی از مهمترین روش‌های آبیاری است که پژوهشگران برای پیشرفت و توسعه آن قدم برداشته و روش‌های جدیدی برای طراحی آن ابداع نموده‌اند. این روش قدیمی‌ترین و معمول‌ترین روش کاربرد آب در مزارع بوده و از اهمیت خاص برخوردار است. بنابراین اصلاح روش‌های آبیاری سطحی، اعمال مدیریت صحیح در زمان و مقدار آب آبیاری، تسطیح، تجهیز، نوسازی و یکپارچه‌سازی، تعیین طول بهینه مزارع تحت آبیاری، انتخاب بدۀ ورودی مناسب و ابعاد نوار و کرت‌های آبیاری از جمله عواملی هستند که در تلفات آبیاری نقش بسزایی داشته و انتخاب صحیح آنها باعث بهبود بازدهی آبیاری می‌گردد.

در طراحی، مدیریت و بهره‌برداری از سیستمهای آبیاری مشکل اساسی در تصمیم‌گیری مقدار بازده آبیاری می‌باشد. بازده‌های حدسی و فاقد اندازه‌گیری، بسیار گمراه کننده و اکثر موقع مهندسین را مواجه با مسئله عدم اطمینان در محاسبات می‌کند. بنابراین در اثر فقدان چنین داده‌هایی روش حدس جایگزین تخمین‌های اساسی گردیده و باعث به کارگیری ضرایب اطمینان بالایی در طراحی تاسیسات آبی و سیستمهای آبیاری و بالاخره منجر به سرمایه‌گذاری بیشتر از نیاز می‌شود. متأسفانه افزایش بازده آبیاری و کاهش تلفات آب همیشه با حداکثر تولید ملازمه ندارد و آن هنگامی تأثیر مثبت و متناسب در رشد گیاه دارد که ابتدا مدیریت آبیاری اعمال شده باشد. نتایج تحقیقات و مطالعات مختلف بیانگر آن است که در بخش کشاورزی کشور آب به شکل‌های مختلف و به میزان زیادی تلف می‌شود. به نحوی که متوسط بازده

آبیاری در کشور بین ۳۲ تا ۳۷ درصد تغییر می‌نماید که مقدار آن از متوسط کشورهای در حال توسعه یافته (۶۰ درصد) پایین‌تر می‌باشد. یعنی حدود ۷۰ درصد از منابع آب به صورت تبخیر، نفوذ عمقی، جریانات سطحی به زهکش‌ها و از طریق رودخانه‌هایی که به دریا ریخته و یا از مرزهای کشور خارج می‌شوند [۱ و ۹].

هدف از این تحقیق جمع‌بندی، مرور و تحلیل نتایج و یافته‌های تحقیقاتی روی بازده آبیاری در دهه‌های اخیر است. به همین منظور نتایج حاصل از تحقیقات انجام شده در سطح کشور که در قالب گزارش‌های پژوهشی، پایان‌نامه‌های تحصیلی، مقالات علمی – پژوهشی از منابع مختلف علمی نظیر کتابخانه‌های موسسات پژوهشی، کتابخانه‌های دانشگاهها، گروههای مهندسی آب کشاورزی و بانکهای اطلاعاتی در شبکه اینترنت و غیره جمع‌آوری شده است. به دنبال آن نتایج و دستورالعمل‌های کاربردی برای بخش اجرا با تکیه بر دسته بندی تحقیقات انجام یافته و تعیین نقاط خلاء و کمبود برای تحقیقات بیشتر در آینده ارائه شده است. پس از جمع‌آوری داده‌ها و تحلیل آنها ضمن بررسی روند تغییرات بازده آب آبیاری طی سه دهه گذشته، برای هر استان متوسطی از بازده آبیاری تحت شرایط موجود به عنوان راهنمای ارائه شده است.

دادگر و همکاران (۱۳۵۳) آبیاری‌های جویچه‌ای و بارانی برای مزرعه چغندرقند در کرج را در سال‌های ۱۳۵۰ و ۱۳۵۱ ارزیابی نمودند. نتایج نشان داد که به علت مدیریت نادرست، مدت زمان آبیاری جویچه‌ها بین ۸/۵ تا ۲۲/۵ ساعت متغیر بوده و همین عامل باعث تفاوت مقدار زیادی آب به صورت رواناب و نفوذ عمقی بوده است. در این مطالعه مقدار آب خالص ذخیره شده در ناحیه ریشه تنها در عمق‌های بین ۲۰ تا ۵۰ سانتی‌متر اندازه‌گیری شد که به نظر می‌رسد عمق توسعه ریشه برای گیاه چغندرقند بیش از این است. این مسئله به طریق دیگر در مقدار کم آب خالص مصرفی (۷۱۱ و ۵۴۶ میلی‌متر) در آبیاری جویچه‌ای در سال‌های ۱۳۵۰ و ۱۳۵۱ نشان داده شده است. مقدار نیاز آبی بالقوه گیاه چغندرقند در کرج ۹۲۰ میلی‌متر گزارش شده است (فرشی و همکاران، ۱۳۷۶) که به مراتب بیشتر از مقادیر فوق الذکر در کرج می‌باشد [۳]. وزارت کشاورزی آمریکا<sup>۱</sup> (۱۹۷۷) ارقامی برای بازده آبیاری در طرح‌های که بخوبی طراحی شده و چند سال در حال بهره‌برداری بوده‌اند ارائه نموده است. طبق این تحقیق بازده کاربرد آبیاری در آبیاری سطحی در خاک با بافت سبک ۵۵ درصد، در بافت متوسط ۷۰ درصد و در بافت سنگین ۶۰ درصد بود [۱۵].

سازمان حفاظت خاک آمریکا<sup>۲</sup> بازده کاربرد آبیاری را در آبیاری جویچه‌ای در طرح‌های که بخوبی طراحی شده و چند سال از بهره‌برداری آن می‌گذشت از ۵۵ تا ۷۰ درصد گذاش نموده است [۱۵].

پایدار و سه رابی (۱۳۷۲) به منظور بررسی امکان افزایش بازده آبیاری جویچه‌ای با استفاده از روش موجی<sup>۱</sup> و مقایسه آن با روش سنتی آزمایشی در مزرعه مؤسسه تحقیقات چغندر قند واقع در کمال آباد کرج انجام دادند. در این آزمایش تیمارهای مختلفی از نظر زمان سیکل در نظر گرفته شد. برای هر تیمار چهار آبیاری با فواصل زمانی ۱۰ روزه تکرار گردید. نتایج نشان داد در روش موجی بازده آبیاری نسبت به روش سنتی افزایش داشته و بیشترین افزایش مربوط به اولین آبیاری (خاک و آب) بوده است. وی بیشنده نمود با انجام آزمایشاتی از این قبیل در خاکهای مختلف و در زمانهای مختلف قطع و وصل سیستم و با تغییر در پارامترهای هیدرولیکی جویچه (دبی ورودی، شیب، طول جویچه و...) حالت بهینه مدیریت آبیاری را می‌توان بدست آورد [۲].

میرابوالقاسمی (۱۳۷۳) با انجام آزمایش‌هایی در تعدادی از شبکه‌های سنتی دشت‌های خوزستان، تبریز و کرمانشاه متوسط بازده انتقال را بین ۲۳ تا ۵۰ درصد و متوسط بازده کاربرد آب در مزرعه را بین ۴۵ تا ۶۰ درصد و متوسط بازده کل را بین ۱۲/۵ تا ۲۲ درصد برآورد نمود [۱۴].

ایزدی و همکاران (۱۹۹۱) بازده کاربرد آبیاری در یک مزرعه نیشکر در آمریکا را در یک سری جویچه‌های مجاور همدیگر در سه حالت پیوسته، آبیاری با کاهش حریان<sup>۲</sup> و آبیاری موجی ارزیابی نمودند. بازده کاربرد آب از ۴۰ تا ۶۰ درصد گزارش شد [۱۷].

فاطمی و شکرالله (۱۳۷۵) بازده آبیاری شبکه دز را در یک دوره ۹ ساله (۱۳۶۱-۶۹) ارزیابی نموده‌اند. نتایج نشان داد که در دوره ۹ ساله بهره‌برداری از شبکه آبیاری دز حداقل بازده کل آبیاری در اراضی مورد نظر ۲۶ درصد، حداقل آن ۱۸ درصد و متوسط آن ۲۱ درصد بوده است. این مقادیر در مقایسه با آنچه مشاور پیش‌بینی کرده بود به مراتب کمتر است. بازده کل آبیاری طبق نظر مشاور ۵۴ درصد بود (۹۰ درصد بازده انتقال و ۶۰ درصد بازده کاربرد). علت کم بودن بازده کل در نتیجه عواملی همچون عدم آبیاری شبانه‌روزی، عدم تسطیح اراضی و نبود شبکه فرعی، یکپارچه نبودن اراضی و ضعف آموزشی زارعین بود [۸].

شماعی و همکاران (۱۳۷۵) بازده کاربرد آب آبیاری در سیستم آبیاری جویچه‌ای مرسوم و نحوه کار آن در مزارع یکپارچه (۱۵ مزرعه) و پراکنده (۸ مزرعه) استان چهارمحال و بختیاری را تحت مدیریت و شرایط موجود زارعین ارزیابی نمودند. بطور کلی علت پایین بودن بازده کاربرد آب آبیاری، عدم مدیریت صحیح، وجود علفهای هرز و خاکی بودن کانالها، عدم استفاده از سیفون جهت انتقال آب به جویچه و نداشتن برنامه آبیاری بود. در شرایط حداقل نیاز آبی و تحت شرایط یکسان (طول، شیب و دبی یکسان جویچه‌ها، اما با کاهش زمان آبیاری به اندازه‌ای که در انتهای جویچه نیاز خالص آبیاری تأمین گردد) بازده کاربرد آب آبیاری از ۴۳/۳ به ۶۲/۵ درصد افزایش داشت. در جدول ۲۴، بازده کاربرد آب آبیاری در اراضی یکپارچه و پراکنده ارائه شده است [۵].

1 - Surge irrigation

2- Cut back

عباسی و همکاران از سال ۱۳۷۳ تا ۱۳۷۷ مطالعاتی را در استان‌های خراسان، گلستان و اصفهان بر روی ارزیابی بازدهی روش‌های آبیاری سطحی انجام دادند. حداقل و حداکثر بازده کاربرد آب در مزارع تحت مطالعه خراسان به ترتیب  $65/2$ ،  $32/6$  درصد، در مزارع گرگان  $29/7$  و  $68/7$  درصد و در مزارع اصفهان  $17/6$  و  $59/1$  درصد اندازه‌گیری شد [۷ و ۱۲].

کیانی و آبیار (۱۳۷۹) دو روش آبیاری بارانی و جویچه‌ای را در مزرعه تحت کشت پنبه در ایستگاه تحقیقات هاشم آباد گرگان را از نظر فنی و اقتصادی طی دو سال ارزیابی نمودند. دو قطعه زمین به ابعاد  $120 \times 10$  متر برای آبیاری جویچه‌ای و  $25 \times 25$  متر برای آبیاری بارانی کلاسیک بود. شاخص‌های فنی در روش آبیاری جویچه‌ای شامل: میزان آب مصرفی، بازده کاربرد آب، ضریب یکنواختی، تلفات رواناب و نفوذ عمقی و در آبیاری بارانی شامل: میزان آب مصرفی، بازده کاربرد آب، تلفات پاششی و ضریب یکنواختی بودند. نتایج نشان داد که بازده کاربرد آب در آبیاری بارانی حدود ۲۲ درصد نسبت به آبیاری جویچه‌ای افزایش داشت. یکی از عوامل مهم در کاهش بازده کاربرد آب در روش نشتی حجم زیاد تلفات ناشی از رواناب انتها مزرعه بود. حداقل تلفات نفوذ عمقی در روش جویچه‌ای در آبیاری اول بود. علت آن پیشروی کند آب و از طرفی برای تأمین نیاز گیاه آب مدت زمان بیشتری در مزرعه جاری بود. فشار کارکرد پایین آپیش‌ها از عوامل اصلی در کاهش ضریب یکنواختی در آبیاری بارانی بود نتایج تحلیل اقتصادی نشان داد علیرغم پایین بودن متوسط عملکرد پنبه در روش بارانی، با صرفه‌جویی در میزان آب مصرفی، باعث افزایش سطح زیر کشت آبی به میزان  $82/0$  هکتار شد. درآمد خالص، ناخالص و کار و مدیریت به ترتیب به مقدار  $37/2$  و  $5$  درصد نسبت به روش نشتی افزایش داشت [۱۲].

پلایان و متیوس (۲۰۰۴) تغییر در بازده کاربرد آب آبیاری را با اعمال تغییر در مدیریت آبیاری در منطقه بارندناس اسپانیا ارزیابی کردند. سیستم آبیاری در این منطقه ۱۵ هزار هکتاری بیشتر روش آبیاری سطحی بود. زمان معمول آبیاری در این ناحیه  $2/8$  ساعت در هکتار بود که نتایج نشان داد با کاهش زمان آبیاری به مقدار اپتیمم،  $1/7$  ساعت در هکتار، بازده کاربرد آب آبیاری از مقدار معمول خود یعنی  $44/4$  درصد به مقدار کفایت  $70$  درصد افزایش داشت [۱۶].

قدمی و سیدان (۱۳۸۱) به منظور افزایش بازده آبیاری در استان همدان عملکرد سیستم‌های آبیاری را مورد ارزیابی قرار دادند. بر اساس بررسی انجام گرفته در استان، میانگین بازده آبیاری سطحی (جویچه‌ای)،  $48/2$  درصد بدست آمد. روش آبیاری نواری در سطح استان بسیار کم مورد استفاده قرار می‌گیرد. متوسط بازده کاربرد روش آبیاری نواری در استان  $24/9$  درصد بود. روش کرتی - جویچه‌ای نیز در برخی مزارع استفاده می‌شود. در بررسی انجام گرفته، بازده آبیاری روش کرتی - جویچه‌ای  $64/5$  درصد بدست آمد. با در نظر گرفتن بازده آبیاری کرتی در سایر مناطق ایران و مطالعات و بازدیدهای انجام شده در این پژوهه از مزارع استان، بازده کاربرد آبیاری کرتی بطور میانگین  $51$  درصد می‌توان در نظر گرفت. علل عدمه پایین بودن بازده آبیاری سطحی در استان همدان، ضعف طراحی، مدیریت آبیاری، توپوگرافی زمین، عدم یکپارچه‌سازی اراضی و نداشتن برنامه آبیاری مشخص شد. سیستم سنتریپیوت

(دوران مرکزی) در سطح استان بسیار محدود می‌باشد. این سیستم با توجه به سرمایه اولیه مورد نیاز، اندازه و شکل مزارع در استان همدان قابلیت توسعه زیادی ندارد. با توجه به مطالعات انجام گرفته متوسط بازده کاربرد سیستم سترپیوت  $8/80$  درصد بود. متوسط بازده کاربرد سیستم کلاسیک ثابت  $60$  درصد و کلاسیک نیمه متحرک  $57/8$  درصد بود. بازده کاربرد سیستم آبیاری قطره‌ای (تیپ) با توجه به مطالعات انجام شده در سطح استان  $84/6$  درصد بود. در بعضی از مزارع به علت طراحی نامناسب بازده کاربرد این سیستم‌ها پایین و در حدود  $57$  درصد برآورده است [۱۰].

طائفة رضایی و همکاران (۱۳۸۲) از سال  $1374$  تا  $1378$  بازدهی کاربرد آب را در  $21$  مزرعه در استان‌های آذربایجان غربی، کرمان و خوزستان تحت شرایط زارعین مورد ارزیابی قرار دادند. نتایج نشان داد که بازدهی کاربرد آبیاری بسته به مدیریت زارع، روش آبیاری، نوع محصول و... متغیر است. حداقل متوسط بازده کاربرد آب با  $18$  درصد مربوط به مزرعه کاهو در شبکه دز بوده و حداقل آن نیز با  $95$  درصد مربوط به مزرعه گندم با آب رودخانه در منطقه ارومیه بود. حداقل و حداقل بازدهی کاربرد آب در مزارع تحت مطالعه استان آذربایجان غربی به ترتیب  $36$  و  $95$  درصد، در مزارع کرمان  $31$  و  $78$  درصد و در مزارع منطقه دزفول (شبکه دز)،  $18$  و  $56$  درصد بود. از طرفی نتایج نشان داد که مدیریت و روش آبیاری، طول جویچه و نوار، شبیب مزرعه و بافت خاک تأثیر بسزایی در افزایش بازدهی کاربرد آب در مزرعه دارد [۶].

سپاسخواه (۱۳۸۳) نتایج حاصل از مطالعات انجام شده در خصوص بازده آبیاری در روش‌های آبیاری سطحی در کشور را ارزیابی نمود. ارزیابی وی نشان داد که مقدار بازده آبیاری سطحی در کشور کمتر گزارش شده است. یکی از علتها، روش نه‌چندان درستی بود که در اندازه‌گیری بازده کاربرد آبیاری در مزرعه به کار گرفته می‌شد. نگرش مجدد به بازده کاربرد آب در مزرعه نشان داد که در شرایطی که طراحی و مدیریت درستی برای آبیاری سطحی در مزرعه به کاربرد شود می‌توان انتظار بازده  $70$  درصد داشت. این مقدار می‌تواند با بازده آبیاری بارانی رقابت نماید. با در نظر گرفتن مدیریت «کم آبیاری» حتی می‌توان بازدهی بیش از  $70$  درصد را نیز برای تخمین نیاز آب مزرعه، به کار برد. با روش‌هایی از قبیل تحویل حجمی آب آبیاری به مزرعه، آبیاری شبانه با طولانی کردن جویچه‌های آبیاری، اعمال کم آبیاری در برنامه ریزی پروژه‌های آبیاری و استفاده از روش‌های آبیاری تحت فشار متناسب با نوع گیاه، آب و هوا، خاک و سطح آگاهی زارعین می‌توان از تلفات آب جلوگیری نمود [۴].

کانونی و همکاران (۱۳۸۴) بازده کاربرد آبیاری جویچه‌ای تحت مدیریت‌های مختلف دولتی و خصوصی در دشت مغان روی دو محصول چغندرقند و ذرت را ارزیابی نمودند. نتایج نشان داد که متوسط بازده‌های آبیاری در اکثر مزارع مطالعه شده نسبت به عوامل متعددی از قبیل مدیریت مزارع، طول و شبیب قطعات متناسب با خصوصیات فیزیکی خاک و نوع محصول متغیر است. در مزارع ذرت در مدیریت‌های بخش خصوصی بازده مصرف آب به مرتبه بهتر از مدیریت‌های بخش دولتی بود که یکی از علل بالا بودن بازده‌های آبیاری در بخش خصوصی اعمال کم آبیاری در مزرعه و تحت تنش قرار گرفتن محصول بود.

علت کم آبیاری در مزارع بخش خصوصی بخاطر قطع آب ورودی به مزرعه قبل از رسیدن آب به انتهای مزرعه بود که زارعین بخاطر نبودن زهکش انتهایی مزرعه و جلوگیری از ماندابی و خفگی ریشه گیاه انجام می‌دادند. در مزارع چغدرقند بازده مصرف آب در مزارع تحت مدیریت دولتی بیشتر بود. علت آن کوچک بودن طول جویچه‌های آبیاری (حدود ۲۵۰ متر)، نفوذپذیری خاک و شیب طولی مزرعه بود. متوسط بازده مصرف آب تحت مدیریت بخش دولتی در مزرعه ذرت و چغدرقند در دو سال متوالی به ترتیب  $28/2$  درصد و  $74/2$  درصد و تحت مدیریت بخش خصوصی به ترتیب  $71/6$  درصد و  $42/3$  درصد برآورد شد [۱۱].

## مواد و روش‌ها

از آنجا که هدف از تحقیق حاضر مرور و جمع‌بندی و تحلیل نتایج و یافته‌های تحقیقاتی روی بازده آبیاری در سطح کشور می‌باشد. به همین منظور تحقیقات انجام شده در سطح کشور که در قالب گزارش‌های پژوهشی، پایان‌نامه‌های تحصیلی، مقالات علمی – پژوهشی از منابع مختلف علمی نظری کتابخانه‌های موسسات پژوهشی، کتابخانه‌های دانشگاهها، گروههای مهندسی آب کشاورزی و بانکهای اطلاعاتی در شبکه اینترنت و غیره جمع‌آوری شده است. به دنبال آن نتایج و دستورالعمل‌های کاربردی برای بخش اجرا با تکیه بر دسته بندی تحقیقات انجام یافته و تعیین نقاط خلاء و کمبود برای تحقیقات بیشتر در آینده ارائه شده است. پس از جمع‌آوری داده‌ها و تحلیل آنها ضمن بررسی روند تغییرات بازده آب آبیاری طی چهار دهه گذشته، برای هر استان متوسطی از بازده آبیاری تحت شرایط موجود به عنوان راهنمای ارائه شده است.

## نتایج و بحث:

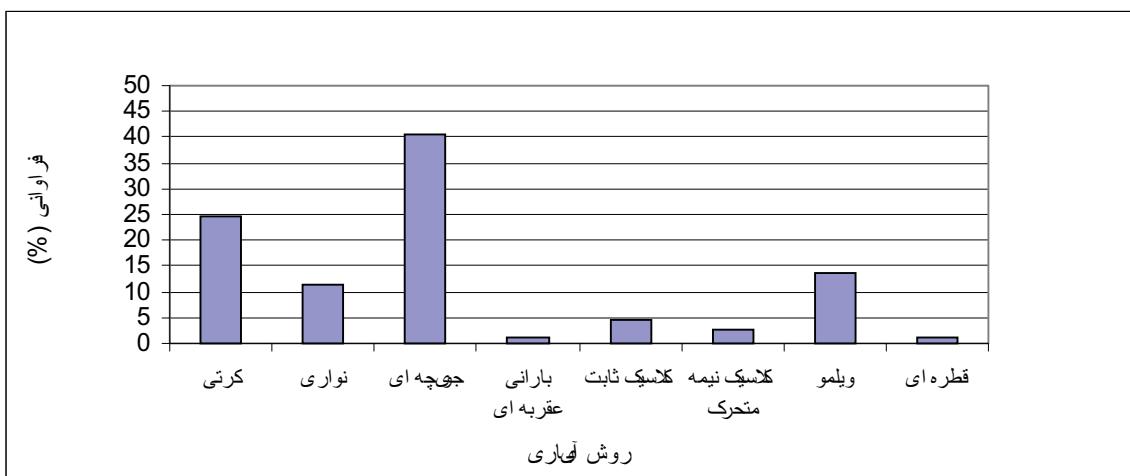
نتایج مطالعات نشان می‌دهد موارد ذیل مهمترین مشکلات مربوط به آب در کشاورزی و پایین بودن بازده آبیاری می‌باشد:

- بی‌توجهی به طرز مصرف، زمان مصرف و میزان مصرف آب توسط زارعین.
- عدم آگاهی کشاورزان به روش‌های صحیح آبیاری
- عدم تسطیح اراضی
- عدم رعایت ضوابط آبیاری چون عمق و طول کرت‌ها؛ رعایت عمق آبیاری در روش ثقلی عمل مشکل است. تنها در سیستم‌های پیشرفته آبیاری می‌توان عمق آب را محاسبه و به میزان نیاز آب در اختیار گیاه قرار داد. در حال حاضر زارعین حتی در مراحل اولیه کشت با آبیاری سنگین مزارع ضربات سنگینی را بر زمین وارد می‌سازند و عملاً مقدار قابل ملاحظه‌ای از املاح را از دسترس آن خارج می‌نمایند.
- عدم کنترل میزان آب ورودی به مزرعه

- عدم آشنایی زارعین با بافت خاک: آگاهی از بافت خاک در مدیریت آبیاری بسیار اهمیت دارد. در اراضی با خاک شنی در عمق یک متر تنها می‌توان هفت سانتی‌متر آب ذخیره نمود حال آنکه در اراضی رسی این رقم به ۱۷ سانتی‌متر می‌رسد. به این ترتیب در اراضی سنگین می‌توان فاصله آبیاری‌ها را افزایش داد. غالب زارعین اطلاع دقیقی از این پدیده ندارند و به این ترتیب زمینه اتلاف فراوان آب را به ویژه در اراضی شنی فراهم می‌سازند.
  - عدم تخصیص آب با زمان مورد نیاز برای آبیاری: در بسیاری از مناطق کشور زمان آبیاری نه تنها بر اساس میزان نیاز گیاه بلکه تنها بر پایه میزان آب دسترسی به آب انجام می‌پذیرد.
  - عدم پوشش انها و وجود علف‌های هرز در مسیر کانال‌ها و انها
  - غلط بودن سیستم آبرسانی
  - عدم استفاده از وسائل اندازه‌گیری
  - پراکندگی و کوچکی قطعات زراعی
- تحقیقات انجام شده بر روی بازده آبیاری مزارع تحت کشت محصولات مختلف در سطح کشور در چهار دهه اخیر حاکی از آن است که در استانهای مختلف کشور بازده کاربرد آب آبیاری بستگی به مدیریت مزرعه، روش آبیاری، نوبت آبیاری (مرحله رشد گیاه) و نوع گیاه از ۱۱ درصد در شهریار کرج در سال ۱۳۷۵ در روش جویچه‌ای تا ۹۴/۷ درصد در ارومیه در سال ۱۳۷۵ در روش آبیاری نواری-کرتی متغیر بوده است.
- درصد فراوانی تحقیقات انجام شده در روش‌های آبیاری در دهه‌های گذشته در جدول ۱ و نمودار ۱ ارائه شده است. بیشترین درصد فراوانی روش آبیاری مطالعه شده در سطح کشور ۴۱ درصد و مربوط به آبیاری سطحی و روش جویچه‌ای می‌باشد. و کمترین درصد فراوانی ۱ درصد و مربوط به روش قطره‌ای بوده است. علی‌رغم گذشت سال‌ها از توسعه روش‌های جدید آبیاری هنوز هم این روش‌ها در اکثر کشورهای جهان مورد استقبال بهره‌برداران قرار نگرفته‌اند. این مهم عمدتاً به دلیل عدم آشنایی اکثر آنها با این روش‌ها است.

جدول ۱ - درصد فراوانی روش‌های آبیاری انجام شده در چهار دهه گذشته

آبیاری تحت فشار						آبیاری سطحی			روش آبیاری
قطرهای	ویلمو	کلاسیک نیمه متحرک	کلاسیک ثابت	بارانی عقربه‌ای	کرتی	نوواری	جویچه‌ای	روش آبیاری	
۲	۲۵	۵	۸	۲	۴۵	۲۱	۷۴	فراوانی	
۰/۰۱	۰/۱۴	۰/۰۳	۰/۰۴	۰/۰۱	۰/۲۵	۰/۱۲	۰/۴۱	درصد فراوانی	



نمودار ۱- درصد فراوانی روش‌های آبیاری انجام شده در چهار دهه گذشته

روند تغییرات بازده آب آبیاری طی چهار دهه گذشته، برای هر استان تحت شرایط موجود به عنوان راهنمای در جدول ۲ ارائه شده است. با توجه به روش آبیاری، در روش آبیاری سطحی حداقل بازده ۱۱ درصد در روش جویچه‌ای و حداکثر آن  $\frac{94}{7}$  درصد در ارومیه در سال ۱۳۷۵ در روش نواری-کرتی بود. علت بالا بودن بازده آبیاری در این روش، مناسب بودن بافت خاک، جویچه و نوارهای با انتهای بسته، طول کوتاه و شبیب کم بود. در روش‌های آبیاری تحت فشار حداقل بازده  $\frac{37}{4}$  در روش سنترپیوت که علت پایین بودن بازده عدم تطابق کارکرد سیستم با طراحی دستگاه به دلیل پایین بودن یکنواختی پخش و بازدهی کاربرد بالقوه بود. حداکثر بازده  $\frac{84}{6}$  در روش قطره‌ای (تیپ) در همدان بود. از طرفی نتایج نشان می‌دهد که بازده شبکه‌های آبیاری در سه دهه گذشته از حداقل  $\frac{13}{5}$  درصد در دشت کوثر خوزستان در سال ۱۳۷۳ تا  $\frac{80}{4}$  درصد در دشت سراب آذربایجان شرقی در سال ۱۳۷۷ متغیر بود. علل پایین بودن بازده کل شبکه‌های آبیاری، عدم آبیاری شبانه‌روزی، عدم تسطیح اراضی و نبود شبکه فرعی، یکپارچه نبودن اراضی و ضعف آموزشی زارعین بود.

جدول ۲ - مقادیر حداکثر، حداقل و متوسط بازده آبیاری در استان‌های مختلف کشور در چهار دهه گذشته

استان	حداکثر	حداقل	متوسط	روش آبیاری در حالت حداکثر	روش آبیاری در حالت حداقل
خوزستان	۹۰/۹۶	۱۶/۷۵	۴۸/۷۲	کرتی	کرتی
خراسان	۶۵/۳	۳۲/۶۰	۴۹/۸۸	جویچه‌ای	جویچه‌ای
کرمان	۷۷/۸۰	۲۲/۰۰	۴۷/۷۳	جویچه‌ای	نواری
فارس	۷۱/۷۰	۳۰/۸۰	۴۶/۵۳	جویچه‌ای	جویچه‌ای
اصفهان	۵۹/۱۰	۱۷/۶۰	۴۱/۷۵	جویچه‌ای	نواری
تهران	۷۵/۸۰	۱۱/۰۰	۴۲/۰۷	بارانی عقریه‌ای	بارانی عقریه‌ای
آذربایجان شرقی	۹۴/۷۰	۳۶/۲۰	۵۹/۶۲	نواری	نواری
آذربایجان غربی	۹۴/۰۰	۳۷/۴۰	۸۰/۵۶	بارانی عقریه‌ای	جویچه‌ای
چهارمحال بختیاری	۲۶/۱۰	۳۴/۶	۲۵/۲۵	جویچه‌ای	جویچه‌ای
گیلان	۷۳/۴۰	۲۸/۳۰	۴۹/۱۲	کرتی	کرتی
گلستان	۶۸/۷۰	۲۹/۷۰	۴۷/۰۰	کرتی	کرتی
همدان	۸۴/۶	۲۷/۷۰	۷۱/۲۲	ویلمو	نواری

مقادیر حداکثر و حداقل بازده آب آبیاری طی چهار دهه مورد مطالعه در جدول ۳ ارائه شده است. حداکثر بازده آبیاری در دهه اول ۶۳ درصد در روش آبیاری کلاسیک ثابت و حداقل آن ۱۸/۵ درصد در روش جویچه‌ای بود. در دهه دوم آماری موجود نبود. در دهه سوم حداکثر بازده آبیاری ۹۴/۷ درصد در روش نواری و حداقل آن ۱۱ درصد در روش جویچه‌ای و در نیم دهه چهارم حداکثر بازده ۸۴/۶ در روش قطره‌ای (تیپ) و حداقل آن ۷/۲۷ درصد در روش نواری بوده است.

جدول ۳ - مقادیر حداکثر و حداقل بازده آبیاری در دهه‌های مورد مطالعه

حداقل بازده					حداکثر بازده					بازده آبیاری دهه
منطقه	محصول	روش آبیاری	بازده (درصد)	منطقه	محصول	روش آبیاری	بازده (درصد)			
کرج	چغندر قند	جویچه‌ای	۱۸/۵	کرج	چغندر قند	کلاسیک ثابت	۶۳	۱۳۵۰-۶۰		
-	-	-	-	-	-	-	-	۱۳۶۰-۷۰		
کرج	چغندر قند	جویچه‌ای	۱۱	ارومیه	گندم	نواری	۹۴/۷	۱۳۷۰-۸۰		
همدان	نواری	گندم	۲۷/۷	همدان	قطره‌ای (تیپ)	-	۸۴/۶	۱۳۸۰-۸۵		

نتیجه اینکه بازده کل آبیاری کشور، ۶۴ درصد استاندارد جهانی است. براساس استانداردهای جهانی، میزان آب خالص مصرفی در بخش کشاورزی کشور باید  $53/6$  میلیارد متر مکعب باشد در حالیکه براساس یک برآورد جدید میزان آب مصرفی در این بخش  $83/5$  میلیارد متر مکعب است. افزایش بهرهوری آب کشاورزی در مقایسه با بهرهوری سایر منابع مهم کشور در زمره مشکل‌ترین آنها به حساب می‌آید. عمدۀ ترین چالش‌های موجود در ارتقای بهرهوری آب کشاورزی شامل کوچک بودن مالکیت‌های کشاورزی، فقدان شبکه‌های آبیاری فرعی مدرن، فقدان سطح و شکل دادن اراضی آبی، فقدان پوشش مناسب نهرها و کانال‌های آبیاری، نبود یک سیستم زهکشی مناسب، تخریب اراضی آبی، نبود انگیزه‌های لازم برای کار کشاورزی، وجود سیستم اعتباری نامناسب برای کارهای آبی در سطح مزارع، غالب بودن دیدگاه‌های شهرنشینی در سازمان‌های دولتی، فقدان مراکز آموزشی، تحقیقاتی و ترویجی کارا برای ارائه خدمات آبیاری تحت فشار و ثقلی، در اولویت بودن سد سازی برای تأمین آب رستایی، کمبود مجتمع مناسب مدیریتی بهره‌برداری و نگهداری شبکه‌های آبیاری، فقدان سیستم قضایی محلی در ارتباط با تخلفات آبیاری در کشور و فقدان مزارع نمایشی نمونه و ... [۱].

نتایج مطالعات انجام شده حاکی از آن است که افزایش بازده آبیاری و استفاده بهینه از آن به عوامل مختلفی بستگی دارد. این عوامل عمدتاً خارج از چهارچوب وظایف و مسئولیت‌های یک نهاد یا دستگاه است. در صورتیکه بانک‌ها و منابع اعتباری از کشاورزان در توسعه روش‌های نوین آبیاری حمایت نکند عملأ طرح‌های توسعه که در این خصوص تدوین می‌شوند با شکست روبرو خواهند شد. یا اینکه اگر در سیاست‌های کلان توسعه کشور توسعه سدها و مخازن آبی پیش‌بینی نگردد عملأ در فصول پر باران بخش قابل ملاحظه‌ای از آب‌های کشور از دسترس خارج می‌شوند. توجه به موارد ذیل می‌تواند به میزان قابل ملاحظه‌ای به بهینه سازی مصرف آب کمک نماید.

- استفاده بهینه از آب‌های استحصالی: متوسط بازده آبیاری به صورت خوب‌بینانه در کشور ۲۱ درصد است. یعنی ۶۹ درصد از آب کشور به دلایل مختلف به هدر می‌رود. به این ترتیب باید شرایطی فراهم آورده تا از آبهای استحصالی استفاده بهتری بعمل آید.

- مدیریت منابع آب زیرزمینی: کاهش سطح آب زیرزمینی نه تنها در ایران بلکه در سراسر جهان یکی از بزرگترین مشکلات کشورها در حوزه آب است. کاهش سطحی آب زیرزمینی در مناطق وسیعی از دشت‌های فلات مرکزی (کرمان، رفسنجان، چهرم، یزد، اصفهان و ...) اتفاق افتاده است و در سطحی کل کشور بیلان آبهای زیرزمینی سالانه ۴ میلیارد متر مکعب است.

- مهار آب‌های سطحی: لاپرواپی قنوات، تغذیه مصنوعی، پخش سیلاب و بازسازی چشمه‌ها به نحو مؤثری در مهار آب‌های سطحی موثر است.

- نرخ گذاری آب: یکی از علل تلفات آب در کشور قیمت پایین آب می‌باشد. تعیین آب ب‌های مناسب و مشارکت مردم به ویژه زارعین در تأمین بخشی از آن می‌تواند در استفاده بهینه از آب کمک شایانی کند.
- افزایش آگاهی مردم
- ساماندهی و تدوین برنامه‌های توسعه با توجه به محدودیت‌های آب در کشور: به این معنی که آب اساساً خود کالایی است که جهت‌گیری‌های توسعه باید با توجه به ظرفیت‌های آن صورت گیرد. نمی‌توان طرح‌های توسعه را به سمت وسوئی هدایت کرد که نیاز آب فراتر از پتانسیل‌های موجود در کشور باشد.
- آموزش حرفه‌ای کشاورزان و بهره‌برداران: توجه به ترویج کشاورزی نوین، ترویج روش‌های کشاورزی متناسب با شرایط مناطق خشک و نیمه‌خشک و آموزش روش‌های استفاده بهینه از آب و روش‌های حفاظت خاک به میزان زیادی می‌تواند به افزایش بازده آبیاری در کشور کمک کند. تقویت نظام‌های ترویجی به ویژه با به کارگیری رهیافت‌های علمی متناسب با برنامه‌های حفاظت خاک در این زمینه می‌تواند مفید باشد.
- استفاده از روش‌های نوین آبیاری و صرفه‌جویی در مصرف آب
- توسعه و اصلاح کانال‌های آبیاری حتی در آبیاری سنتی
- مدیریت شبکه‌های آبیاری با مشارکت مردم و افزایش حسن مسئولیت‌پذیری در آنها
- توسعه پوشش کانال‌های آبیاری: ایجاد پوشش برای کانال‌های آبیاری حتی در روش‌های سنتی می‌تواند به میزان قابل ملاحظه‌ای از مصرف بیش از اندازه آب در کشور بکاهد. البته صرف ساخت پوشش برای کانال آبیاری کفايت نمی‌کند. بهره‌برداران از کانال‌ها باید آموزش‌های لازم برای حفظ و نگهداری و اصلاح کانال‌ها را دیده باشند. بدھی است که تدوین یک برنامه بهره‌برداری و نگهداری دقیق از جمله ابزار ضروری و مهم مدیریت هر شبکه آبیاری و زهکشی است.
- در کنار این موارد تشكیل انجمن‌های مصرف‌کنندگان آب، تشکیل سازمان‌های متعدد رفتار سنگی، ایجاد تشكلات مناسب بهره‌برداری و نگهداری شبکه‌های آبیاری، انطباق روش‌های آبیاری با شرایط آب و خاک، گیاه و اقلیم به منظور بهینه کردن این روش‌ها و تأمین بودجه کافی برای امور فوق از طریق تخصیص درصد ناچیزی از درآمد فروش نفت خام و همچنین اختصاص درصدی از منافع صنایع و خدمات تخریب کننده منابع طبیعی و آلوده کننده محیط زیست از دیگر پیشنهادها در جهت ارتقای بهره‌وری آب و افزایش بازده آبیاری می‌باشد.

واقعیت آن است که متأسفانه طی نیم قرن آبیاری مدرن در کشور، کار قابل توجهی در امر ارتقای بهره‌وری آب کشاورزی صورت نگرفته است و آمار ارائه شده گویای این واقعیت است که کارهای انجام شده در تأمین آب و آبیاری به نحوی بوده که هنوز فاصله زیادی بین مساحت‌های اراضی آبخور سدهای

مخزنی و بندهای انحرافی با اراضی تحت پوشش شبکه‌های اصلی و فرعی و همچنین اراضی تحت پوشش طرحهای تجهیز و نوسازی مزارع وجود دارد و این امر از نظر اقتصادی توجیه پذیر نیست. این امر به همراه کوتاهی در کارهای مدیریت آب باعث شده تا بهره‌وری آب کشاورزی در سطح پایین باشد و حجم زیاد تلفات آب موجب خسارت زیاد به اقتصاد کشور شده است.

#### منابع:

- احسانی، م. و خالدی، م. ۱۳۸۲. بهره‌وری آب کشاورزی. کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران. شماره ۵. صفحه ۱۱۵-۱۲۸.
- پایدار، ز. و سهرابی، ر. ۱۳۷۲. بررسی امکان افزایش بازده آبیاری جویچه‌ای با روش موجی. مجموعه مقالات ششمین سمینار کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران، ۶ - ۴ اردیبهشت ۱۳۷۲، تهران، صفحات ۳۴۲-۳۵۵.
- دادگر، م.ع.، قریشی‌زاده، م. و فرجودی، ک. ۱۳۵۳. گزارش بررسی احتیاج آبی چغدرقند در کرج به دو طریق آبیاری نشتی و باران مصنوعی. مجموعه مقالات سومین سمینار کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران، صفحات ۳۸۲-۳۶۶.
- سپاسخواه، ع. ر. ۱۳۸۳. نگرشی دوباره بر پژوهش‌های بازده آبیاری در جمهوری اسلامی ایران. مجموعه مقالات روش‌های پیشگری از اتلاف منابع ملی، ۱۹-۲۱ خردادماه ۱۳۸۳، تهران، صفحات ۵۳-۶۲.
- شماعی، غ.، موسوی، س.ف. و مصطفی‌زاده، ب. ۱۳۷۵. ارزیابی بازده‌های سیستم آبیاری شیاری در اراضی یکپارچه و پراکنده استان چهار محال بختیاری. مجموعه مقالات هشتمین سمینار کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران، ۲-۱ آبان‌ماه ۱۳۷۵، تهران، صفحات ۱۵۹-۱۴۹.
- طایفه رضایی، ح.، معیری، م. و ریاحی، ح. ۱۳۸۲. ارزیابی بازدهی روشهای آبیاری سطحی و نحوه کار آنها در سطح کشور. گزارش پژوهش نهایی مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، شماره ۱۰۰/۸۲، کرج، ۷۰ صفحه.
- عباسی، ف.، مامن پوش، ع.، باغانی، ج. و کیانی، ع. ۱۳۷۸. ارزیابی بازدهی روشهای آبیاری سطحی و نحوه کار آنها در سطح کشور. گزارش پژوهش نهایی مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، شماره ۴۹/۷۸، کرج، ۴۵ صفحه.
- فاطمی، م. ر. و شکرالهی، ا. ۱۳۷۲. ارزیابی بازده آبیاری در شبکه دن. مجموعه مقالات ششمین سمینار کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران، ۶ - ۴ اردیبهشت ۱۳۷۲، تهران، صفحات ۸۹-۸۲.
- فرشی، ع. ا.، خیرابی، ج.، سیادت، ح.، میرلطیفی، م.، دربندی، ص.، سلامت، ع. ر.، انتصاری، م. ر. و سادات‌میرئی، م. ح. ۱۳۸۲. مدیریت آب آبیاری در مزرعه. کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران. شماره ۷۶. ۱۷۸ صفحه.

- ۱-قدمی فیروزآبادی، ع. و سیدان، س. م، ۱۳۸۱. بررسی عملکرد سیستم‌های آبیاری و معرفی بهترین گزینه‌ها به منظور افزایش بازده آبیاری در استان همدان. سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی استان همدان، ۲۵۰ صفحه.
- ۱۱-کانونی، ا.، ۱۳۸۴. ارزیابی بازده آبیاری جویچه‌ای تحت مدیریت‌های مختلف در منطقه مغان. گزارش پژوهش نهایی مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، شماره ۸۴/۵۴۷، کرج، ۵۳ صفحه.
- ۱۲-کیانی، ع. ر. و آبیار، ن. م، ۱۳۷۹. بررسی و مقایسه فنی و اقتصادی روش‌های آبیاری بارانی و نشتی بر خواص کمی و کیفی پنبه، مجله تحقیقات فنی مهندسی کشاورزی، جلد ۵، شماره ۱۹، صفحات ۵۱ - ۶۷
- ۱۳-مأمن پوش، ع.، عباسی، ف. و موسوی، س.ف.، ۱۳۸۰. ارزیابی بازده کاربرد آب در روش‌های آبیاری سطحی در برخی مزارع استان اصفهان. مجله تحقیقات مهندسی کشاورزی. جلد ۲، شماره ۹، صفحات .۴۲ - ۵۸
- ۱۴-میرابوالقاسمی، ۵.، ۱۳۷۳. ارزیابی بازده آبیاری در تعدادی از شبکه‌های سنتی ایران. مجموعه مقالات هفتمین همایش کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران، ۳۱ مردادماه لغایت ۲ شهریور ۱۳۷۳، تهران، صفحات ۱-۱۶.

- 15-Doorenbos, J., and W. O. Pruitt, 1977. Guide lines for predicting crop water requirements. FAO Irrigation and Drainage paper, No 24.
- 16-Playán, E., and L. Mateos, 2004. Modernization and optimization of irrigation systems to increase water productivity. "New directions for a diverse planet". Proceedings of the 4th International Crop Science Congress, 26 Sep. – 1 Oct., 2004, Brisbane, Australia. Published on CDROM. Web site [www.cropscience.org.au](http://www.cropscience.org.au)
- 17-Izadi, B., D. Studer, and I. McCann, 1991. Maximizing set-wide furrow irrigation application efficiency under full irrigation strategy, Trans. ASAE, 34(5): 2006-2014.

## کارگاه فنی آبیاری سطحی مکانیزه

۱۳۸۴ آذر ماه ۱۳

### تغییر مدیریت آبیاری مزارع برنج خوزستان ضرورتی اجتناب ناپذیر

شکرالله آبسالان، عبدالعلی گیلانی<sup>۱</sup>

#### چکیده

برنج مهمترین محصول تابستانه در استان خوزستان است. طبق آمارها سطح زیر کشت آن در سال زراعی ۱۳۸۳ معادل ۵۱ هزار هکتار بوده است. همزمانی کشت برنج با شروع فصل گرم و استفاده از شیوه آبیاری غرقابی برای کرتها، باعث افزایش مصرف آب بصورت تبخیر و تعرق می‌گردد. دانش فنی پایین زارعین برنجکار در زمینه شیوه‌های مناسب تهیه زمین و عدم استفاده از عمل پادلینگ (گل خرابی) در خاکهایی که شرایط آن را دارد نیز منجر به افزایش تلفات آب آبیاری بصورت فرونشست عمقی می‌گردد. دامنه وسیع سازگاری این گیاه به مدیریتهای مختلف آبیاری از یک طرف و خطای عمومی در انگاشت وفور آب بدلیل عدم تحويل حجمی آن و نقش آبیاری مداوم و زیاد در کنترل علفهای هرز از طرف دیگر، منجر به استفاده از آب در زراعت این گیاه به مقدار بیشتر از آنچه به واقع نیاز آبی این گیاه می‌باشد، گردیده است. صرفه‌جویی در آب مصرفی زراعت برنج علاوه بر ایجاد زمینه گسترش سطح زیرکشت و افزایش تولید نهایی منجر به جلوگیری از تخریب اراضی به اشکال بالا آمدن سطح ایستابی و ماندابی شدن نیز می‌گردد. بنابراین ضروری است با اتخاذ تمهداتی نظیر: کاهش زمان آبیاری، قطع آب در مقاطعی از دوره رشد، کاهش مقدار آب آبیاری، تغییر روش آبیاری و تغییر یا اصلاح روشهای کاشت، از مصرف بی رویه آب جلوگیری و در یک برنامه ریزی چند ساله و فرایندی گام به گام در کنار مبادرت به اقداماتی زیربنایی نظیر تسطیح و یکپارچه‌سازی اراضی، مدیریتهایی از آبیاری را که قابل پذیرش برای زارعین است آزمون و توصیه نمود. براین اساس این پژوهش به عنوان گام اول این برنامه با سه رژیم آبیاری هر روزه (شاهد)، یک روز در میان و دو روز در میان، و سه رقم برنج به صورت آزمایش اسپلیت پلات در

قالب بلوکهای کامل تصادفی با سه تکرار طی دو سال در ایستگاه تحقیقات شابور اجرا گردید. نتایج نشان داد عملکرد دانه در رژیم آبیاری شاهد (هر روزه) با یک روز در میان اختلاف معنی‌داری نداشته، لیکن با آبیاری دو روز در میان دارای تفاوت معنی دار است. در رژیم آبیاری یک روز در میان علی رغم کاهش  $\frac{31}{4}$  درصد آب ذخیره شده در کرت نسبت به تیمار شاهد، مقدار عملکرد دانه ۲ و درصد افزایش یافت، همچنین رژیم آبیاری دو روز در میان با کاهش  $\frac{49}{2}$  درصد در آب ذخیره شده در کرت نسبت به تیمار شاهد، تنها  $\frac{10}{6}$  درصد کاهش عملکرد دانه را نشان داد.

## مقدمه

برنج در بین گیاهان عمدۀ زراعی دارای خصوصیات منحصر به فردی به لحاظ مصرف آب می‌باشد. وجود بافت آئرانشیم در ریشه، ساقه و برگ موجب می‌شود که گیاه قسمت اعظم اکسیژن مصرفی را از هوا تأمین کند. این توانایی باعث شده است که گیاه بتواند در رژیمهای آبی متفاوتی رشد کند.

توسعه یا ادامه کشت برخی از گیاهان زراعی بخصوص برنج در استان خوزستان، به دلیل همزمانی با دمای بسیار بالای محیط در فصل تابستان همواره سؤال برانگیز بوده است. بطوریکه با وجود منابع آب فراوان 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 نشاپی 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 محققین را به این موضوع معطوف نموده که رژیم آبیاری غرقابی دائم برای رشد برنج شرط لازم نبوده 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.

کرد زنگنه (۱۳۷۲) با مطالعه چهار رژیم آبیاری شامل: غرقاب دائم، آبیاری ۱۲ ساعته، تناوب یک و دو روز در میان بر روی رقم آمل ۲ گزارش نمود که بین تیمارها تفاوت معنی داری نیست (۲). میشرا 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 (۷).

ابراهیم (۱۹۹۵) با بررسی تاثیر آبیاری متناوب بر روی عملکرد دانه دو رقم برنج گزارش نمودند که رقم مقاوم به خشکی ITT در تناوب آبیاری هیچگونه کاهش عملکردی نسبت به آبیاری دائم نداشته است، اما در رقم گیزا باید دور آبیاری تا یک ماه پس از نشاءکاری، ۶ روز و سپس می‌تواند تا ۱۰ روز افزایش یابد

(۳). داس و جات (۱۹۷۷) با مطالعه اثر سه نوع مدیریت آبیاری (غرقاب، حد وسط، آپلند) بر روی طول ریشه چهار رقم برنج بیان نمودند که صرفنظر از تفاوت‌های ژنتیکی بین ارقام، بیشترین طول ریشه در شرایط غرقابی و کمترین نیز مربوط به شرایط آپلند می‌باشد(۱).

پرادهان و همکاران (۱۹۷۳) در یک آزمایش گلخانه‌ای جهت بررسی برخی خصوصیات برنج در مرحله حداقل پنجه زنی، با اعمال رژیمهای رطوبتی (غرقابی تا پتانسیل ۱۰۰- سانتی بار) به این نتیجه رسیدند که با کاهش پتانسیل آب خاک به ۱۰۰- سانتی بار، ارتفاع بوته، تعداد پنجه، وزن خشک شاخ و برگ و تعداد ریشه‌ها بطور قابل ملاحظه ای کاهش یافت (۹). در بررسی ۸ رژیم آبیاری بر روی رقم Chianuny 242 طی فصل خشک در IRRI مشخص شد که ایجاد شرایط غرقابی در آغاز تمایز خوش و تأمین آب کافی در اوایل مرحله زایشی باعث افزایش معنی‌داری در عملکرد می‌شود(۴).

ولز و شوکلی (۱۹۷۸) با مقایسه ۶ روش مدیریت آبیاری بر روی عملکرد و مرحله رسیدن برنج رقم استاربونت نشان دادند که دوره طولانی خشکی در اوایل فصل و زهکشی در اواخر دوره رویش در مقایسه با زهکشی در اوایل رشد رویشی یا در موقع پرشدن دانه‌ها دارای اثر بیشتری بر روی عملکرد می‌باشد(۱).

وادوکوی و چاد (۱۹۹۸) در آزمایشی بر روی گیاه برنج جهت دستیابی به رژیمی با بالاترین کارایی مصرف آب در نیجریه نتیجه گرفتند که بالاترین کارایی مصرف آب مربوط به شرایط اشباع کامل خاک در مقایسه با رژیم غرقابی و رژیم آبیاری که رطوبت خاک را در حد ظرفیت مزرعه حفظ می‌کند، می‌باشد (۸).

لی و همکاران (۱۹۹۳) در چین تغییرات کمی و کیفی دو رقم برنج را از مرحله پرشدن دانه به بعد تحت سه رژیم رطوبتی: حفظ رطوبت در مکشاهای ۰/۰۲ و ۰/۰۴ مگاپاسکال و غرقاب دائم بررسی نموده، نتیجه گرفتند که از نظر عملکرد و تغییرات کیفی هیچ تفاوت معنی داری بین این سه رژیم رطوبتی وجود ندارد(۶). اسلام و ادریس (۱۹۹۱) در بنگلادش یک رقم برنج را تحت ۶ رژیم رطوبتی قرار داده، نتیجه گرفتند که رژیم رطوبتی در شرایطی که مکش خاک ۱/۰ بار نگهداشت شود ضمن تولید مشابه غرقاب دائم، موجب صرفه جویی در مصرف آب می‌شود، در حالیکه رژیم رطوبتی در شرایط مکش معادل ۲/۰ بار، موجب کاهش بیش از ۴۰ درصدی در عملکرد می‌گردد(۵).

این آزمایش به منظور بررسی واکنش ارقام به چند رژیم آبیاری غرقابی و شناخت یک رژیم آبیاری که ضمن قرابت با عرف منطقه به لحاظ شیوه مدیریت، در کاهش مصرف آب موثر باشد طراحی و اجرا گردیده است.

## مواد و روش‌ها

این تحقیق بصورت اسپلیت پلات در قالب بلوکهای کامل تصادفی در سه تکرار و با دو فاکتور اجرا گردید. فاکتور اصلی شامل ۳ رژیم آبیاری: ۱-I- آبیاری هر روزه (شاهد)، ۲-II- آبیاری یک روز در میان و

I۳- آبیاری دو روز در میان و فاکتور فرعی شامل ۳ رقم: V۱- LD183، V۲- عنبوری قرمز دانه متوسط و V۳- عنبوری قرمز دانه کوتاه بود.

این طرح شامل ۹ کرت به ابعاد ۱۲\*۴ متر مربع بود که در هر کرت ۳ رقم به روش نشایی کشت گردید بطوریکه ارقام محلی عنبوری قرمز به فواصل ۲۰\*۲۰ و رقم پر محصول LD183 به فواصل ۲۵\*۲۵ سانتیمتر مربع نشاء کاری شد. فاصله ارقام در هر کرت ۰/۷۵ متر بود. علفهای هرز بطور مرتب و جین گشته تا اثرات رژیمهای آبیاری را تحت تأثیر قرار ندهد.

آب ورودی و خروجی به هر کرت بوسیله فلوم W.S.C Tip ۱ و ۴ اندازه‌گیری شد. مقدار کود مورد نیاز پس از آنالیز خاک و بر اساس توصیه بخش خاک و آب با سه تقسیط: ۴۰٪ پایه بصورت پادلینگ، ۳۰٪ در ابتدای شکل گیری جوانه اولیه خوش و ۳۰٪ باقیمانده در مرحله آبستنی به عنوان سرکهای اول و دوم مصرف گردید. همچنین کود پتابسیم نیز به مقدار ۱۰۰ کیلو گرم در هکتار از منبع سولفات پتابسیم در زمان انتقال نشاء مصرف گردید.

تجزیه واریانس ساده در هر سال و تجزیه واریانس مرکب از میانگین دو ساله داده‌های مربوط به خصوصیات زراعی: عملکرد دانه، تعداد پنجه در متر مربع، تعداد دانه در خوش، درصد باروری خوش، وزن هزار دانه، ماده خشک کل (بیوماس)، شاخص برداشت و ارتفاع بوته انجام گرفت. آزمون مقایسه میانگین به روش دانکن صورت گرفت.

## نتایج و بحث

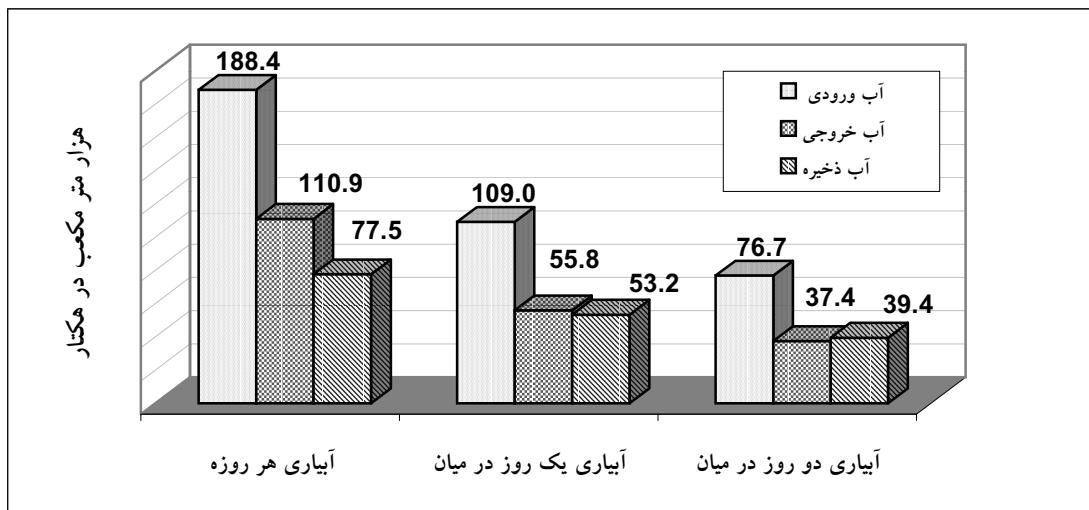
نتایج تجزیه واریانس بر روی میانگین دو ساله نشان داد اثر رژیم آبیاری بر روی عملکرد دانه معنی‌دار است. با توجه به میانگینها، رژیم آبیاری یک روز در میان با متوسط تولید ۴/۸ تن بیشترین عملکرد دانه و رژیم آبیاری دو روز در میان، با ۶/۰ تن کاهش (۴/۲ تن در هکتار) کمترین عملکرد را داشت (جدول ۱).

جدول ۱- مقایسه میانگین دو ساله مربوط به عملکرد دانه و ماده خشک کل ارقام مورد آزمایش تحت تأثیر تیمارهای مورد مطالعه

رژیم های آبیاری	عملکرد دانه (t / ha)	ماده خشک (t / ha)
شاهد	۴/۷ a	۱۰/۷ a
تناوب یک روزه	۴/۸ a	۱۰/۹ a
تناوب دو روزه	۴/۲ b	۹/۲ b

نتایج حاصله از برآورد حجم آب آبیاری کرتها آزمایشی شامل آب ورودی، خروجی و ذخیره در شکل ۱ آمده است. آب ذخیره شده در کرتها آزمایشی و بسط آن به هکتار در رژیمهای هر روزه، یک روز در میان و دو روز در میان به ترتیب ۳۹۴۰۰، ۷۷۵۰۰ و ۵۳۲۰۰ متر مکعب در هبرآورد گردید (شکل ۱).

آب ذخیره شده در کرتاهای آزمایشی بر حسب سانتی متر در روز برای رژیم‌های هر روزه، یک و دو روز در میان به ترتیب ۷/۷، ۵/۳ و ۳/۹ براورد گردید.



شکل ۱- میزان آب ورودی، خروجی و ذخیره کرتاهای آزمایشی در تیمارهای مختلف آبیاری

میزان تغییرات میانگین آب ورودی، خروجی و ذخیره و تأثیر آن بر عملکرد و ماده خشک در دو رژیم آبیاری یک روز و دو روز در میان نسبت به تیمار شاهد در جدول ۲ آمده است.

جدول ۲- مقایسه میانگین آب ورودی، خروجی و ذخیره در رژیم‌های آبیاری یک روز و دو روز در میان نسبت به تیمار شاهد و تأثیر آن بر متوسط عملکرد دانه و ماده خشک کل

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 (%)
%۱۴	%۱۰/۶	۵۹/۲	%۱۱/۹	%۲	۴۲/۱
		۶۶/۳			۴۹/۷
		۴۹/۲			۳۱/۴
کاهش	کاهش	افزایش	افزایش	آب ذخیره شده در کرت	آب ورودی
					آب خروجی

ملاحظه می‌شود که در آبیاری یک روز در میان علی‌رغم کاهش ۴۲ درصد آب ورودی و کاهش ۳۱/۴ درصد در آب ذخیره شده در کرت نسبت به تیمار شاهد، ۲ درصد افزایش در عملکرد دانه و ۱۱/۹ درصد افزایش عملکرد ماده خشک کل حاصل گردیده است. رژیم آبیاری دو روز در میان کاهش ۵۹/۲ درصد در

آب ورودی و ۶۶/۳ درصدی در آب ذخیره شده در کرت منجر به کاهش ۱۰/۶ درصد در عملکرد دانه و ۱۴ درصد در عملکرد ماده خشک کل گردیده است. به نظر می‌رسد در رژیم آبیاری یک روز در میان به سبب ایجاد شرایط تهویه بهتر، بستر مناسبی برای توسعه ریشه، جذب عناصر غذایی و کاهش اثرات سوء احتمالی مسمومیت عناصر میکرو فراهم و منجر به افزایش عملکرد گردیده است. به عبارتی در این رژیم آبیاری اهمیت نسبی تهویه بیشتر و در رژیم آبیاری دو روز در میان اهمیت نسبی موجودیت آب بیشتر است.

بنظر می‌رسد مصرف واقعی آب در مزارع برنج این استان به مراتب بیشتر از آنچه که نیاز واقعی گیاه است باشد. مشاهده کرتاهای غرقاب شده تا حدود ۲۰ سانتیمتر یا بیشتر درکشت مستقیم (بدون عملیات گل خرابی) در شرایطی که بنظر نمی‌رسد تمهیدات عملی برای تحویل حجمی آب به کشاورز وجود داشته باشد، دلیلی بر این مدعاست. همچنین آب مصرفی برآورد شده در تیمار شاهد این پژوهش و نتایج بدست آمده از اجرای این طرح به شکل تحقیقی- ترویجی در دو مزرعه واقع در شهرستانهای رامهرمز و شوشتر تحت مدیریت زارعین نشان داده است که مصرف آب به مراتب بیشتر از نیاز گیاه می‌باشد.

شناخت تفاوت دیدگاهی پیرامون مساله آب میان متخصصین آب و کشاورزی با زارعین در زمینه بهره‌برداری از منابع آب از اهم مواردی است که در برون رفت از این شرایط موثر است. معمولاً متخصصین توصیه‌هایی مبتنی بر کاهش مصرف آب حتی همراه با پذیرش کاهش عملکرد محصول یا افزایش هزینه تولید، به منظور بهره‌گیری از سطوح زراعی بیشتر و نیل به تولید بالاتر دارند که با رویه زارعین مبنی بر دستیابی به حداقل تولید از قطعات تحت تملک خود (با توجه به غیریکپارچه بودن اراضی) در تنافض است. برای نزدیک نمودن این فاصله دیدگاهی لازم است در یک برنامه‌ریزی چند ساله و فرایندی گام به گام در کنار مبادرت به اقداماتی زیربنایی نظیر تسطیح و یکپارچه‌سازی اراضی، مدیریتهايی از آبیاری را که قابل پذیرش برای زارعین است آزمون و توصیه نمود و همزمان اقدامات متناسب جهت تحویل حجمی آب به بهره‌برداران انجام گیرد. تا زمانی که قیمت آب واقعی نگردد، غالب زارعین روش‌های مرسوم آبیاری (غرقابی روزانه) را که سهولت بیشتر مدیریت مزرعه، بخصوص کنترل علفهای هرز را در پی دارد، ترجیح می‌دهند.

تغییر مدیریت‌ها متناسب با نیاز واقعی گیاه به لحاظ فاصله بسیار با رویه مدیریت غالب آبیاری منطقه دارد ممکن است با عدم پذیرش یا حتی تقابل با زارعین روبرو گردد. بنابراین نتیجه این تحقیق (برتری رژیم آبیاری یک روز در میان) که در آن با حفظ شکل کلی مدیریت رایج و تنها با تغییر در زمان آبیاری زمینه صرفه جویی موثر در آب مهیا گردیده است به عنوان اولین گام در بهبود مدیریت آبیاری مزارع برنج خوزستان توصیه گردید و نتایج اجرای آن به صورت تحقیقی- ترویجی در دو شهرستان استان با استقبال زارعین روبرو شد.

## نتیجه‌گیری

نتایج این تحقیق در تایید بسیاری تحقیقات مشابه، نشان داد که ایجاد غرقاب دائم در آبیاری گیاه برنج نه تنها یک ضرورت نیست بلکه در مناطق خشک و نیمه خشک که حصول کارایی مصرف آب بالاتر حائز اهمیت فراوان است، مقرر به فایده‌تر آن است که با پذیرش هزینه‌های مدیریتی، با کاهش زمان یا مقدار آبیاری در مصرف آب صرفه‌جویی نماییم.

آبیاری یک روز در میان را که قادر تفاوت معنی‌دار با شاهد (آبیاری هر روزه) است برای مناطقی که شرایط عمومی آن مشابه منطقه مورد آزمایش است، توصیه می‌گردد. رژیم آبیاری دو روز در میان با توجه به نسبتها کاهش آب آبیاری و عملکرد (۶۶ درصد کاهش مصرف آب و ۱۰/۶ درصد کاهش در عملکرد) حائز اهمیت فراوان بوده و با احتیاط بیشتر قابل توصیه است. اجرای طرحهای تکمیلی آبیاری سطحی برای ارزیابی واکنش ارقام مختلف به مقادیر کمتر آب بر اساس نیاز واقعی گیاه، ضمن بررسی اقتصادی این مدیریتهای آبیاری، ضروری است.

## منابع:

- ۱- تی‌پیر، آی. دی و ام. ام. پیت. ۱۹۸۲. رابطه آب و خاک در گیاهان زراعی. چاپ سوم. ترجمه کوچکی، ع. م. حسینی و م. نصیری محلاتی. (۱۳۷۶). انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. ۳۳۷-۳۷۸.
- ۲- کرد زنگنه ، علی . ۱۳۷۲ . اثر رژیمهای مختلف آبیاری برنج بر رقم آمل. گزارش پژوهشی برنج خوزستان.
  
- 3- Ibrahim,M.A.M.1995. Irrigation interval effects on rice production in the Nile delta. *Irrig.Sci.* 16(1): 29-33.
- 4- IRRI Annual Report, IRRI.Los Banos.Philippines.1973.P.53.
- 5- Islam,M.S. and Idris,m.1991.Influence of moisture regime on the yield performance of HYV rice in Bangladesh.*Annals of Bangladesh agriculture.* 1991.No.1:2.105-107.
- 6- Lee,J.F,et.al.1993. Effects of management for soil moisture regime on growth and quality of rice during grain filling stage.*Bulletin of Taichung District Agricultural Improvement Station.*NO.39, 41-50.
- 7- Mishra,H.S., T.R.Rathore and T.R.Pant.1991.Effect of water regimes on soil physical properties and yield of rice in Mallisols of Tarai region. *Agricultural water management.*No.20:1,71-80.
- 8- Nwadukwe,P.D. and Chude,V.O.1998.Manipulation of the irrigation schedule of rice as a means of maximizing water use efficiency and irrigation efficiency in the semi-arid tropics.*Journal of Arid Environments.*No.40:3, 331-339.
- 9- Pradhan,S.K.,vavada,S.B. and kar,S. (1973) .*Plant soil.*38(3).501-507.



## کارگاه فنی آبیاری سطحی مکانیزه

۱۳۸۴ آذر ماه

### تأثیر آبنمودهای مختلف جریان ورودی بر عملکرد آبیاری نواری

بهروز مصطفیزاده، جهانگیر عابدی کوپائی، مریم دهقانی<sup>۱</sup>

#### چکیده

آبیاری نواری یکی از روش‌های متداول آبیاری سطحی است که عملکرد هیدرولیکی آن تحت تأثیر آبنمود جریان ورودی آب به نوار قرار دارد. در این مطالعه، حالت‌های مختلف آبنمود جریان ورودی آب به نوار شامل دبی ثابت، دبی تقلیل‌یابنده، دبی کاهش تدریجی، دبی تقلیل‌یابنده اصلاح شده و دبی کاهش تدریجی اصلاح شده در دو مزرعه آزمایشی آبیاری نواری متعلق به دانشگاه صنعتی اصفهان برای حجم یکسان آب آبیاری مورد ارزیابی قرار گرفت. آمار مزرعه‌ای از قبیل طول نوار، عرض نوار، شبیب نوار، بافت خاک، رطوبت اولیه خاک قبل از آبیاری، زمان پیشروی، زمان پسروی، دبی ورودی و دبی خروجی از نوار اندازه‌گیری شدند. آبنمودهای جریان ورودی و جریان خروجی، منحنی‌های پیشروی و پسروی و توزیع رطوبت تحت‌الارضی برای هر یک از نوارهای مزارع آزمایشی رسم گردید. ضرایب و توان معادله نفوذ کوستیاکف-لوئیس به روش بیلان حجم برای هریک از مزارع آزمایشی تعیین گردید. نتایج نشان داد که در هر دو مزرعه آزمایشی ضریب یکنواختی برای تیمار دبی تقلیل‌یابنده اصلاح شده بیشتر از ۸۰ درصد می‌باشد. بطور کلی تیمار دبی تقلیل‌یابنده اصلاح شده به دلیل فرونشست عمقی کمتر و راندمان نیاز آبی ۱۰۰ درصد نسبت به سایر تیمارها عملکرد نسبی بهتری را نشان داد.

واژه‌های کلیدی: آبیاری نواری، آبنمود جریان ورودی، عملکرد هیدرولیکی

۱- به ترتیب دانشیار، استادیار و دانشجوی کارشناسی ارشد آبیاری، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان

## مقدمه

کاهش تلفات آب و افزایش بازده آبیاری یکی از اصول اساسی در توسعه کشاورزی است. بررسی عملکرد آبیاری سطحی تحت مدیریت زارعان حاکی از آن است که بازده کاربرد آب در اکثر مناطق در حد قابل قبولی نیست. مطالعات انجام شده نشان می‌دهند که روش آبیاری، تأثیر بسزایی در افزایش بازده آبیاری داشته و تلفات آب در مزرعه عمدتاً ناشی از نفوذ عمقی آب به خارج از ناحیه توسعه ریشه است (۶). روش‌های آبیاری تحت فشار، توزیع یکنواختی رطوبت را افزایش می‌دهند. اما به کارگیری این روش‌ها مستلزم انرژی و سرمایه‌گذاری اولیه نسبتاً زیادی است. در شرایط فعلی از نظر اقتصادی نیاز به روش‌های آبیاری سطحی برای کاهش سرمایه‌گذاری اولیه و صرفه‌جویی در انرژی امری ضروری به نظر می‌رسد. با وجود این برای تشویق زارعان به شیوه‌های جدید، این روش‌ها باید علاوه بر توزیع یکنواختی بالا، مستلزم صرف هزینه اولیه، هزینه نگهداری و کارگر کمتری باشند و مانعی برای عملیات زراعی ایجاد نکنند (۱).

به دلیل وضعیت خاص انرژی در جهان و در راستای پایداری اقتصادی مزارع آبی، محققان برای اصلاح، توسعه، بهبود و ابداع روش‌هایی که ضمن نیاز به سرمایه کمتر، بتوانند از نیروی ثقل استفاده نمایند و مصرف انرژی را کاهش دهند، تلاش زیادی به عمل آورده‌اند (۲). آبیاری موجی<sup>۱</sup> و آبیاری کابلی<sup>۲</sup> دو نمونه از این تحولات در زمینه بالا بردن بازده و خودکار نمودن روش‌های آبیاری سطحی‌اند (۱۳ تا ۱۵). در آبیاری موجی که در سال ۱۹۷۹ پیشنهاد و معروفی شد به جای جریان پیوسته آب به جویچه‌ها (شیارها) و نوارهای مزرعه، از جریان منقطع استفاده می‌شود. جریان منقطع سبب افزایش سرعت پیشروی آب و در نتیجه توزیع یکنواخت‌تر رطوبت در طول مزرعه می‌گردد (۵). در این روش آبیاری با تعیین طول دوره قطع و وصل مناسب، می‌توان رواناب را کنترل نمود و مقدار آن را کاهش داد (۶). آبیاری موجی، نوع متنابع از آنمود<sup>۳</sup> (هیدروگراف) جریان ورودی است که آثار آن بویژه در کاهش حجم آب لازم برای تکمیل مرحله پیشروی بر محققان آشکار است. تحقیقات متنوعی در زمینه آبیاری موجی از نظر تأثیر بر نفوذپذیری خاک، افزایش سرعت پیشروی، توزیع مجدد آب، مدل‌سازی جریان، خودکار نمودن انتقال آب و حتی جایگزینی آن با آبیاری قطره‌ای انجام شده است (۱۶، ۱۰، ۴).

آبیاری کابلی که در سال ۱۹۸۱ ابداع شد نوعی آبیاری جویچه‌ای است که در آن از لوله‌های دریچه‌دار استفاده می‌شود (۱۱). در این روش، افزایش بازده آبیاری از طریق کاهش تدریجی جریان ورودی امکان‌پذیر است (۱۲، ۹، ۸).

1. Surge irrigation

2. Cablegation irrigation

3 . Hydrograph

با تأمل در توسعه آبیاری سطحی به این نکته پی می‌بریم که یکی از مسائل مهم و اساسی در شیوه‌های متعدد آبیاری نواری، تقاضت این روش‌ها در نحوه ورود آب به داخل نوار است. لذا می‌توان آنها را در قالب آبنمود جریان ورودی مورد بحث و بررسی قرار داد. در این مورد به چند تحقیق اشاره می‌شود.

جریان ورودی پیوسته و ثابت<sup>۱</sup> به واحدهای تحت آبیاری سطحی، غالب‌ترین شکل آبنمود جریان ورودی در نظام‌های آبیاری سطحی از گذشته‌های دور تا کنون بوده است. با این حال، این باور حتمی است که این رژیم جریان، عملکرد بهینه‌ای برای آبیاری نخواهد داشت (۷).

روش‌های عمدۀ و متداول آبیاری سطحی از نظر نوع رژیم جریان ورودی عبارتند از: روش جریان ثابت و روش جریان کات بک یا تقلیل‌یابنده<sup>۲</sup> که هر دو روش در مقایسه با جریان سرج جزء روش‌های جریان پیوسته محسوب می‌گردند. در روش جریان ثابت از ابتدا تا پایان عمل آبیاری، دبی ورودی ثابت است که در این حالت، ایجاد رواناب سطحی و یکنواخت نبودن نفوذ در طول مزرعه، اجتناب‌ناپذیر است. در جریان کات بک، پیش روی آب با یک دبی غیر فرسایشی صورت می‌گیرد. سپس برای به حداقل رسانیدن رواناب، دبی واردۀ به نوار به مقدار طراحی شده یا در حد نصف کاهش داده می‌شود (۶، ۸).

ایزدی و همکاران (۱۰) با استفاده از مدل موج جنبشی<sup>۳</sup>، آبنمودهای مختلف جریان ورود آب به جویچه را شامل جریان ثابت، جریان تقلیل‌یابنده و جریان سرج (موجی) شبیه‌سازی کردند. نتایج شبیه‌سازی نشان داد که با استفاده از جریان‌های تقلیل‌یابنده و سرج در مقایسه با جریان پیوسته می‌توان بین ۵ تا ۷ درصد در حجم آب کاربردی صرفه‌جویی کرد.

آلازبا و فانگمیر (۷) تأثیر شکل آبنمود جریان ورود آب به نوار را بر راندمان کاربرد آب با استفاده از مدل اینرسی-صفر<sup>۴</sup> شبیه‌سازی کردند. نتایج شبیه‌سازی آنها نشان داد که راندمان کاربرد برای جریان تقلیل‌یابنده اصلاح شده بیشتر است.

هدف از این تحقیق بررسی اثر پنج شکل مختلف آبنمود جریان ورود آب به نوار بر عملکرد هیدرولیکی آبیاری نواری در دو مزرعه مختلف است.

## مواد و روش‌ها

این تحقیق در مزارع آزمایشی متعلق به دانشگاه صنعتی اصفهان شامل مزرعه دانشگاه و مزرعه خزانه انجام گرفت. در جدول ۱ بعضی از خصوصیات مربوط به این مزارع آزمایشی ارائه شده است.

- 
1. Continuous flow
  2. Cut-back flow
  3. Kinematic-wave model
  4. Zero-inertia model

### جدول ۱. برخی از خصوصیات مربوط به مزارع آزمایشی

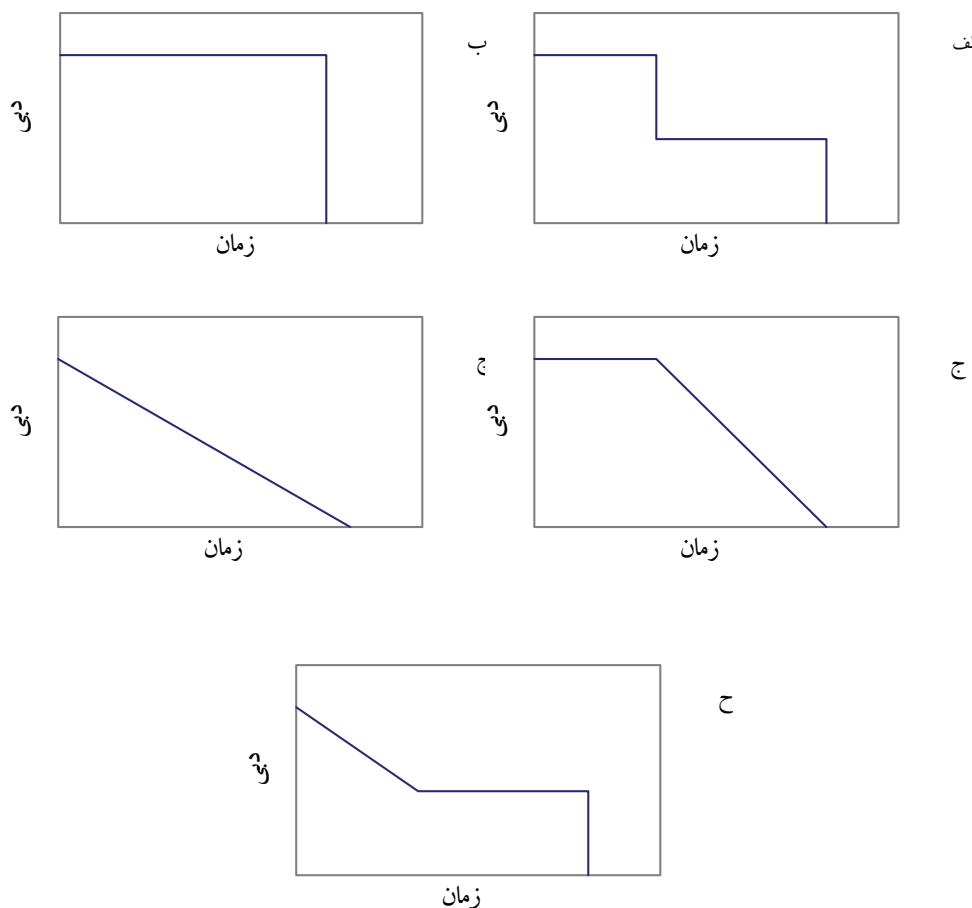
مزرعه آزمایشی	مزرعه	درصد شن	درصد رس	درصد رسیلت	درصد خاک	بافت	طول نوار	عرض نوار	شیب زمین	رطوبت
دانشگاه	دانشگاه	۴۰	۳۰/۵	۲۹/۵	۴۰	لوم	۴۰	۳/۸۵	(درصد)	حجمی
خزانه	خزانه	۳۶	۳۷	۲۷	۴۰	لوم رسی	۴۰	۳/۸۵	(درصد)	(درصد)

در هر دو مزرعه آزمایشی عملیات تهیه زمین شامل شخم و دیسک به وسیله تراکتور انجام شد و نوارهایی به طول ۴۰ متر و عرض ۳/۸۵ متر آماده شد. آبیاری برای اولین بار انجام می‌شد و ضریب زبری مزرعه ۰/۰۴ در نظر گرفته شد. پنج حالت مختلف آبنمود جریان ورود آب به نوار در هر دو مزرعه آزمایشی برای حجم یکسان آب ورودی (قریباً برابر ۶/۵۲ مترمکعب در واحد عرض نوار) ایجاد شد (شکل ۱). این آبنمودها عبارت بودند از: آبنمود جریان ثابت، آبنمود جریان تقلیل یابنده، آبنمود جریان کاهش تدریجی<sup>۱</sup>، آبنمود جریان تقلیل یابنده اصلاح شده<sup>۲</sup> و آبنمود جریان کاهش تدریجی اصلاح شده<sup>۳</sup>. در تیمار اول دبی جریان ورودی آب به نوار در طول آبیاری ثابت بود. در تیمار دوم بعد از رسیدن آب به انتهای نوار دبی جریان ورودی آب به نوار به اندازه نصف مقدار دبی اولیه رسید و این مقدار تا آخر زمان آبیاری ثابت بود. در تیمار سوم دبی جریان ورودی آب به نوار از شروع آبیاری به تدریج کم شد به طوری که در پایان زمان آبیاری به صفر رسید. در تیمار چهارم دبی جریان ورودی آب به نوار تا پایان زمان آبیاری پیش روی ثابت بود و بعد از آن به صورت تدریجی کم شد تا در پایان آزمایش دبی به صفر رسید. در تیمار پنجم از ابتدای شروع آبیاری دبی ورودی به نوار به تدریج کم شد تا اینکه وقتی دبی ورودی به اندازه نصف مقدار اولیه اش رسید بقیه آزمایش با همان دبی نصف شده تا پایان زمان آبیاری ادامه یافت. ایجاد آبنمودهای مختلف برای نوارهای آزمایشی، از طریق تنظیم دریچه انتقال آب که در کanal بالادست نوارها قرار داشت انجام می‌شد.

قبل از انجام هر آزمایش در سه نقطه مختلف نوار از عمق ۳۰ سانتی‌متری برای تعیین رطوبت اولیه خاک، نمونه برداری شد. شیب هر مزرعه آزمایشی با استفاده از دوربین نقشه‌برداری تعیین گردید. برای هر نوار ایستگاه‌بندی به فواصل ۵ متر از ابتدای نوار انجام شد. در ابتدا و انتهای هر نوار آزمایشی به منظور تعیین دبی ورودی و خروجی فلوم‌های اندازه‌گیری نصب شدند. سپس دبی ورودی مورد نظر از طریق فلوم وارد نوار شد و ارتفاع آب در هر فلوم نسبت به زمان در طول مدت آبیاری یادداشت شد.

1. Gradual reducing flow
2. Modified cut-back flow
3. Modified gradual reducing flow

برای تعیین فرصت نفوذ برای قسمت‌های مختلف نوار زمان رسیدن آب به هر یک از ایستگاه‌های مختلف یادداشت شد. معمولاً جریان ورودی و خروجی آب از آغاز آبیاری تا پایان آن دارای تغییراتی بود که در دوره‌های مختلف زمانی از شروع آزمایش اعداد مربوط به اشل فلوم ورودی ثبت می‌گردید و بعد از رسیدن آب به انتهای نوار برای فلوم خروجی همین عمل صورت می‌گرفت. این عملیات تا به صفر رسیدن مقدار دبی ورودی و خروجی در نوار ادامه یافت و زمان ناپدید شدن آب یا پسروی در هر ایستگاه نیز ثبت شد.



شکل ۱. پنج آینمود مختلف جریان ورود آب به نوار شامل (الف) جریان ثابت، (ب) جریان تقلیلیابنده، (ج) جریان کاهش تدریجی، (چ) جریان تقلیلیابنده اصلاح شده و (ح) جریان کاهش تدریجی اصلاح شده.

برای تعیین معادله نفوذ کوستیاکف-لوئیس<sup>۱</sup> در هر یک از مزارع آزمایشی، یک آزمایش با دبی ورودی ثابت انجام شد که زمان آزمایش تا بعد از رسیدن به دبی خروجی ثابت ادامه یافت. سپس با داشتن اطلاعات اندازه‌گیری شده و استفاده از روش بیلان حجم معادله نفوذ کوستیاکف-لوئیس تعیین شد (۶).

1 . Kostiakov-Lewis

معادله نفوذ کوستیاکف-لوئیس به شرح زیر است:

$$Z = Kt^a + f_0 t \quad [1]$$

که در آن:

$Z$  = حجم آب نفوذ یافته در واحد طول و عرض نوار پس از زمان نفوذ  $t$  (مترمکعب بر مترمربع)

$a$  = نمای معادله (بدون بعد)

$K$  = پارامتر معادله (مترمکعب بر متر مربع بر دقیقه به توان  $a$ )

$t$  = زمان نفوذ (دقیقه)

$f_0$  = سرعت نفوذ نهایی خاک (مترمکعب بر مترمربع بر دقیقه) که از معادله زیر محاسبه شد:

$$f_0 = \frac{Q_{in} - Q_{out}}{L} \quad (2)$$

که در آن:

$Q_{in}$  = دبی ثابت جریان ورودی (مترمکعب بر دقیقه در واحد عرض نوار)

$Q_{out}$  = دبی ثابت جریان خروجی (مترمکعب بر دقیقه در واحد عرض نوار)

$L$  = طول نوار (متر)

برای ارزیابی مزارع مورد مطالعه، آبنمودهای جریان ورودی و جریان خروجی نوارها رسم گردید و با تجزیه و تحلیل این آبنمودها حجم آب کاربردی و حجم رواناب برای هر نوار محاسبه شد. تفاوت زمان پیشروی با زمان پسروی هر ایستگاه در طول نوار برابر زمان نفوذ در نظر گرفته شد و با استفاده از معادله نفوذ، عمق آب نفوذ یافته در هر ایستگاه محاسبه گردید. در این مطالعه عمق آب مورد نیاز آبیاری برابر ۸ سانتی متر فرض شد. با ترسیم عمق آب نفوذ یافته به خاک در هر ایستگاه در طول نوار پروفیل رطوبت تحتالارضی به دست آمد که با انتگرالگیری آن حجم آب نفوذ یافته به نوار محاسبه شد. سپس شاخصهای ارزیابی با استفاده از معادلات زیر تعیین شدند (۶).

$$E_a = \frac{V_{st}}{V_{app}} \times 100 \quad (3)$$

که در آن:

$E_a$  = راندمان کاربرد (درصد)

$V_{st}$  = حجم آب ذخیره شده در منطقه ریشه (مترمکعب در واحد عرض)

$V_{app}$  = کل حجم آب مصرفی که از اطلاعات آبنمود جریان ورودی محاسبه می شود (مترمکعب در واحد عرض)

$$E_r = \frac{V_{st}}{V_{rq}} \times 100 \quad (4)$$

که در آن:

$E_r =$  راندمان نیاز آبی<sup>۱</sup> (درصد)

$V_{rq} =$  حجم آبی که جهت تأمین نیاز آبی لازم است (مترمکعب در واحد عرض)

$$R_r = \frac{V_{ro}}{V_{app}} \times 100 \quad (5)$$

که در آن:

$R_r =$  رواناب (درصد)

$V_{ro} =$  حجم رواناب که از اطلاعات آنمود جریان خروجی محاسبه می‌شود (مترمکعب در واحد عرض)

$$D_r = \frac{V_{dp}}{V_{app}} \times 100 \quad (6)$$

که در آن:

$D_r =$  فرو نشت عمقی (درصد)

$V_{dp} =$  حجم فرونشت عمقی (مترمکعب در واحد عرض)

$$D_u = \frac{Z_{lq}}{Z_L} \times 100 \quad (7)$$

که در آن:

$D_u =$  ضریب یکنواختی (درصد)

$Z_{lq} =$  متوسط عمق آب نفوذیافته در یک چهارم پایین نوار

$Z_l =$  متوسط عمق آب نفوذیافته در کل نوار

بین حجم آب نفوذ یافته در مزرعه که با توجه به آنمودهای جریان ورودی و جریان خروجی محاسبه می‌شود با حجم آب نفوذ یافته که با استفاده از منحنی پیشروی-پسروی و معادله نفوذ بدست می‌آید معمولاً اختلافی وجود دارد که این اختلاف به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$E_{rr} = \frac{V_{inf} - (V_{app} - V_{ro})}{V_{app} - V_{ro}} \times 100 \quad (8)$$

که در آن:

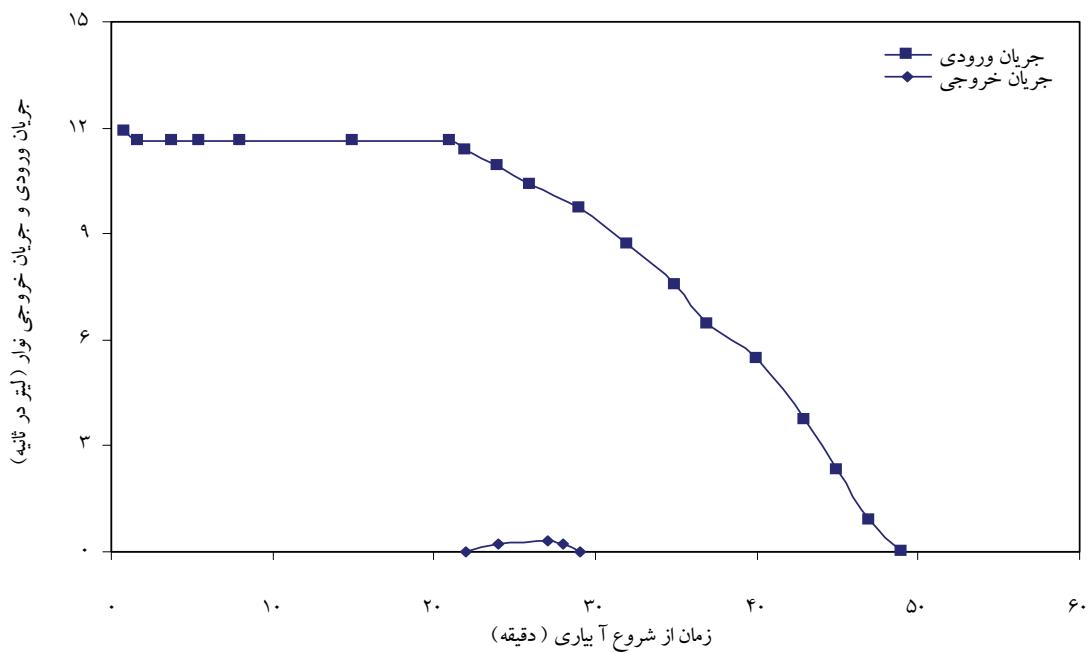
$E_{rr} =$  خطای بیلان حجمی (درصد)

$V_{inf} =$  حجم آب نفوذ یافته که از منحنی پیشروی-پسروی و معادله نفوذ محاسبه می‌شود (مترمکعب در واحد عرض)

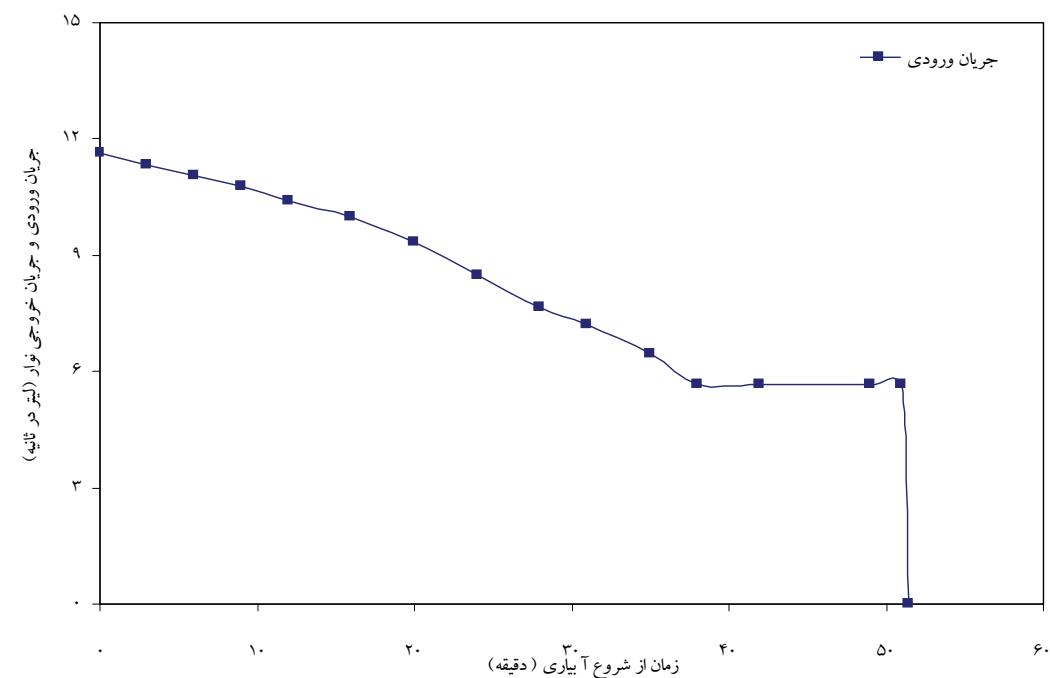
## نتایج و بحث

تجزیه و تحلیل ارقام آزمایش‌های نفوذ (جدول ۲) حاکی از آن است که سرعت نفوذ نهایی نوار (د) برای هر دو مزرعه آزمایشی تقریباً مشابه یکی‌گر هستند. نمای معادله نفوذ (ح) در مزرعه آزمایشی خزانه اندکی بیشتر از مزرعه آزمایشی دانشگاه است. ضریب معادله نفوذ (پ) در مزرعه آزمایشی خزانه کمتر از مزرعه آزمایشی دانشگاه می‌باشد. این ضرائب و نمای نشان می‌دهند که به‌طور کلی مقدار نفوذ تجمعی در مزرعه آزمایشی خزانه کمتر از مزرعه آزمایشی دانشگاه است. برای هر یک از تیمارهای مورد مطالعه، آبنمودهای جریان ورودی و جریان خروجی اندازه‌گیری شد که به طور مثال نمونه‌ای از آبنمودهای اندازه‌گیری شده برای تیمارهای ۴ و ۵ برای مزرعه آزمایشی خزانه در شکل‌های ۱ و ۲ ارائه گردیده است.

با استفاده از این آبنمودها و اطلاعات اندازه‌گیری شده، شاخصهای ارزیابی عملکرد هیدرولیکی برای هر یک از مزارع آزمایشی و برای هریک از تیمارهای مورد مطالعه محاسبه گردید که این نتایج به تفکیک برای مزرعه آزمایشی دانشگاه در جدول ۳ و برای مزرعه آزمایشی خزانه در جدول ۴ ارائه شده است. با توجه به اطلاعات ارائه شده در این دو جدول مشاهده می‌شود که تیمار ۱ یعنی دبی ورودی ثابت دارای درصد رواناب بیشتری نسبت به بقیه تیمارها است. فرزنام نیا نتایج مشابهی برای آبیاری شیاری بدست آورد (۲). در تیمار ۲ یعنی دبی تقلیل‌یابنده، نسبت به تیمار دبی ثابت رواناب کاهش یافته است. در تیمار ۳ یعنی دبی کاهش تدریجی نسبت به بقیه تیمارها راندمان نیاز آبی کمتر و فرونشت عمقی بیشتر شده است. بنابراین در هر دو مزرعه آزمایشی تیمار دبی کاهش تدریجی دارای عملکرد مناسبی نبوده است. در تیمار ۴ یعنی تیمار دبی تقلیل‌یابنده اصلاح شده نسبت به بقیه تیمارها درصد فرونشت عمقی کاهش و ضریب یکنواختی افزایش یافته است. جداول ۲ و ۴ نشان می‌دهند که در هر دو مزرعه آزمایشی، به‌طور کلی تیمار دبی تقلیل‌یابنده اصلاح شده نسبت به بقیه تیمارها دارای عملکرد نسبی بهتری می‌باشد. آلازبا و فانگمیر (۷) که با استفاده از مدل اینرسی-صفر شرایط مزرعه‌ای آبیاری نواری را شبیه‌سازی کردند نتیجه گرفتند که راندمان کاربرد آب برای جریان تقلیل‌یابنده اصلاح شده بیشتر است. در تیمار ۵ یعنی دبی کاهش تدریجی اصلاح شده نسبت به تیمار کاهش تدریجی یعنی تیمار ۳ راندمان نیاز آبی افزایش یافته است. بنابراین با توجه به نتایج بدست آمده مشاهده می‌شود که آبنمود کاهش تدریجی بدلیل داشتن راندمان پایین نسبت به بقیه تیمارها نمی‌تواند موجب بهبود کارآبی آبیاری نواری گردد.



شکل ۱. نمونه‌ای از هیدروگراف‌های جریان ورودی و جریان خروجی برای مزرعه آزمایشی خزانه، تیمار دبی تقلیل‌یابنده اصلاح شده



شکل ۲. نمونه‌ای از هیدروگراف‌های جریان ورودی و جریان خروجی برای مزرعه آزمایشی خزانه، تیمار دبی کاهش تدریجی اصلاح شده

به دلیل تشابه روند کاهشی آبنمود کاهش تدریجی با روند نزولی سرعت نفوذ آب در خاک، انتظار می‌رود روند تغذیه و مصرف آب توسط خاک یکسان گشته و در نتیجه بازده آبیاری افزایش یابد. لیکن در عمل آشکار گشت که در این طرز تکر مطلبی مورد توجه قرار نگرفته است، زیرا هر چند حالت ایده‌آل آن خواهد بود که دبی ورودی، به طور پیوسته کاهش یابد تا در اثر تغییرات کاهشی نفوذ، اتلاف آب از طریق رواناب و فرونشت عمقی حداقل شود، اما این پدیده در یک محدوده خاص مثلاً در اطراف یک نقطه از خاک بیشتر روی می‌دهد. اگر در این نقطه ابتدا با شدت بالا و بتدريج با شدت‌های کمتر آب به خاک تزریق شود (به عبارت دیگر تغییرات شدت جریان ورودی متناسب با تغییرات شدت نفوذ آب به داخل خاک باشد) مشاهده خواهد شد روانابی در اطراف نقطه مذکور ایجاد نمی‌شود. پس برای ایجاد و رسیدن به چنین حالتی که نزدیک به شرایط ایده‌آل است باید این عمل را در طول نوار و برای کل نقاط نوار به وجود آورد. لذا، در آبنمود کاهش تدریجی و حالت اصلاح شده آن‌که کاهش شدت جریان فقط در نقطه ابتدائی نوار رخ می‌دهد نمی‌توان بازده مطلوب را برای کل نوار ایجاد کرد. به طور کلی این آبنمود جریان ورودی به نوار، هر چند رواناب را به علت کاهش سرعت پیشروی آب کم می‌کند، برای تأمین کمبود رطوبت خاک در انتهای نوار، درصد فرونشت عمقی در ابتدای نوار را بالا خواهد برد و سبب غیر یکنواختی خواهد شد. هر چند، استفاده از آبنمود جریان ورودی کاهش تدریجی در مزرعه خزانه، که شبیب بیشتر و بافت خاک سنگین‌تر دارد تا حدی یکنواختی توزیع آب را در طول نوار در مقایسه با مزرعه دانشگاه افزایش داده است. پس با توجه به این مطالب پیشنهاد می‌شود بجای به کارگیری دبی ورودی ثابت در مزارع از دبی ورودی تقلیل‌یابنده و خصوصاً دبی تقلیل‌یابنده اصلاح شده استفاده شود. همچنین برای بهتر شدن عملکرد آبیاری در صورت امکان با حداقل دبی ورودی غیر فرسایشی به نوار آبیاری انجام شود. هر چند که تأثیر آبنمود جریان ورود آب به نوار بر عملکرد هیدرولیکی نوار به عوامل مختلفی از جمله دبی جریان ورودی، بافت خاک، شبیب نوار، ضریب زبری نوار، پوشش گیاهی و غیره بستگی دارد ولی به طور کلی با توجه به شرایط مزارع آزمایشی در این تحقیق می‌توان نتیجه گرفت که تیمار دبی تقلیل‌یابنده اصلاح شده به دلیل فرونشت عمقی کمتر و راندمان نیاز آبی ۱۰۰ درصد نسبت به بقیه تیمارها دارای عملکرد نسبی بهتری است.

با توجه به اینکه مطالعه ارائه شده اولین مطالعه در زمینه تأثیر آبنمود جریان ورود آب به نوار در ایران می‌باشد پیشنهاد می‌گردد تأثیر پارامترهای فوق الذکر بر عملکرد هیدرولیکی آبیاری نواری برای حالت‌های مختلف آبنمود جریان ورود آب به نوار مورد مطالعه قرار گیرد تا با کاهش اتلاف آب آبیاری بتوان راندمان کاربرد آب در مزرعه را برای آبیاری نواری که یک روش متداول آبیاری در ایران است افزایش داد.

جدول ۲. پارامترهای معادله نفوذ کوستیاکف-لوئیس برای مزارع آزمایشی.

$K(m/min^a)$	$A$	$f_0(m/min)$	مزرعه آزمایشی
۰/۰۵۸	۰/۳۷	۰/۰۰۱۵	دانشگاه
۰/۰۲۳	۰/۴۳	۰/۰۰۱۵۷	خزانه

جدول ۳. مقایسه شاخص‌های ارزیابی برای مزرعه آزمایشی دانشگاه.

تیمار	حجم	آب	راندمان	راندمان نیاز	فرونشت	رواناب	ضریب	خطای بیلان
کاربردی	۶/۹۵	۴۶	۱۰۰	۵۸/۲	۳/۲	۷۳	یکنواختی (درصد)	۰/۰۵۸
کاربرد	۶/۸۶	۴۶/۶	۱۰۰	۵۷/۷	۰/۴	۷۴	یکنواختی (درصد)	۰/۰۲۳
۶/۵۴	۲۴/۴	۵۰	۷۱/۷	۰	۷۸	-۳/۹	(درصد)	حرجمی
۶/۸۳	۴۶/۹	۱۰۰	۵۵/۸	۰/۱۵	۸۰/۳	۲/۸۵	(درصد)	۷/۴
۶/۳۹	۴۱/۲	۸۲/۵	۶۶	۰	۶۸/۴	۷/۳	(درصد)	حرجمی

جدول ۴. مقایسه شاخص‌های ارزیابی برای مزرعه آزمایشی خزانه.

تیمار	حجم	آب	راندمان	راندمان نیاز	فرونشت	رواناب	ضریب	خطای بیلان
کاربردی	۶/۷۶	۴۷/۳	۱۰۰	۴۷/۴	۳	۷۹/۳	یکنواختی (درصد)	-۲/۳
کاربرد	۶/۶۷	۴۸	۱۰۰	۴۵/۹	۰/۳۵	۸۰	یکنواختی (درصد)	-۰/۷۵
۶/۵	۳۰/۷	۶۲/۵	۶۵/۱	۰	۸۲/۷	۸۱	(درصد)	-۴/۲
۶/۵	۴۹/۳	۱۰۰	۴۴/۳	۰/۱۳	۰	۵۷	حرجمی (درصد)	-۰/۱
۶/۵	۴۷/۵	۹۷/۸	۶۰	۰	۵۷	۷/۵	(درصد)	-۲/۳

## منابع مورد استفاده

- اسدی، م. ا. ۱۳۷۳. تحولات جدید در آبیاری سطحی در جهان. مجموعه مقالات اولین کنگره سیاستگذاری امور زیر بنایی در بخش کشاورزی، تهران، ۴۳۷-۴۵۷.
- فرزام نیا، م. ۱۳۷۶. مقایسه عملکرد هیدرولیکی آبیاری شیاری تحت روش‌های کات بک، واکر و اسکوگربو و سنتی. پایان نامه کارشناسی ارشد آبیاری، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان.
- کمپر، دبلیو. دی. سی. کین کید، آر. وی. ورستل، دبلیو. اچ. هینمان، تی. جی. تروت و جی. ای. چیمن. ۱۳۷۵. آشنایی با آبیاری کابلی. ترجمه: نیریزی، س.، ت. سهرابی، م. ماهرانی و ن. حیدری، گروه کار آبیاری مکانیزه و میکرو، کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران.
- گلن، ای. اس. و همکاران. ۱۳۷۵. آبیاری موجی. ترجمه سهرابی، ت.، حیدری، ن.، توکلی، ع. ر. و نیریزی، س.، گروه کار آبیاری مکانیزه و میکرو، کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران.
- مصطفیزاده، ب. ۱۳۶۹. مقایسه پیش روی آب در آبیاری شیاری با جریان‌های پیوسته و سرج در سه مزرعه در اصفهان. مجله علوم کشاورزی ایران ۲۱ (۱ و ۲): ۹-۱۵.
- واکر، دبلیو. آر و جی. وی. اسکوگربو. ۱۳۷۵. آبیاری سطحی: تئوری و عمل، ترجمه: مصطفیزاده، ب. و س. ف. موسوی، تهران، انتشارات فرهنگ جامع، ۴۹۷ صفحه.
- 7- Alazba, A. A. and D. D. Fangmeier. 1995. Hydrograph shape and border irrigation efficiency, *J. Irrig. and Drain. Eng., ASCE* 121 (6): 452-457.
- 8- Bautista, E. and W. W., Wallender. 1993. Optimal management strategies for cut-back furrow irrigation, *J. Irrig. and Drain. Eng., ASCE* 119 (6): 1099–1114.
- 9- Humphries, M. and T. J. Trout. 1990. Feedback control of cablegation systems, Visions of the future proceedings of the 3 rd National Irrigation Symposium held in conjunction with the 11 th Annual International Irrigation. ASAE: 667-674.
- 10- Izadi, B., D. Studer and I. MacCann. 1990. Maximum set-wide furrow irrigation application efficiency under full irrigation strategy. *Trans. ASAE* 34 (5): 2006-2014.
- 11- Kemper, W. D., W. H. Heinemann, D. C. Kincaid and R. V. Worstell. 1981. Cablegation: I. Cable controlled plug in perforated supply pipes for automatic furrow irrigation. *Trans. ASAE* 24 (6): 1526-1532.
- 12- Kemper, W. D., T. J. Trout and D. C. Kincahd. 1987. Cablegation automated supply for surface irrigation, In: Advances in irrigation, D. Hillel (ed), Academic press, Orlando. 4: 1-66.
- 13- Sousa, P. L., M. R., Camaria and A. Monteria. 1993. Operation and management of a cablgation system, Der. ISA. Libson: 43-58.
- 14- Tacker, P. 2003. Border irrigation good alternative, Available at: [http://deltafarmpress.com/ar/arming\\_border\\_irrigation\\_good/](http://deltafarmpress.com/ar/arming_border_irrigation_good/).
- 15- Trout, T. J. and D. C., Kincaid. 1993. Cablegation evaluation methodology, *Applied Engineering in Agriculture*. 9 (6): 523-528.
- 16- Walker, W. R. 2003. Sirmod III: Surface irrigation simulation, evaluation and design. Utah State University, Logan, Utah, U. S. A. Available at: [www.irri-net.org/sirmod/-9k](http://www.irri-net.org/sirmod/-9k).

## The effect of different inflow hydrographs on hydraulic performance of border irrigation

### Abstract

Border irrigation is one of the common method of surface irrigation which its hydraulic behavior is influenced by the border inflow hydrograph. In this study, different border inflow hydrographs including constant inflow, cut-back inflow, gradual reducing inflow, modified cut-back inflow and modified gradual reducing inflow were evaluated in two experimental farms belong to Isfahan University of Technology for the same volume of irrigation water. Field data including border length, border width, slope, soil texture, initial soil moisture, advance time, recession time, border inflow and border outflow were collected. Inflow hydrograph, outflow hydrograph, advance, recession and infiltrated water along the border were plotted for each experimental border. The parameters of the Kostiakov-Lewis infiltration function were determined for each experimental farm using volume balance method. The results showed that for both experimental farms the coefficient of uniformity for the modified cut-back inflow treatment is more than 80 percent. In general, the modified cut-back inflow treatment because of low deep percolation and water requirement efficiency of 100 percent showed better performance as compared to the other treatments.

**Keyword:** Border irrigation, Inflow hydrograph, Hydraulic performance



## کارگاه فنی آبیاری سطحی مکانیزه

۱۳۸۴ آذر ماه ۱۳

### ارزیابی کود آبیاری در روش‌های آبیاری سطحی

فریبرز عباسی، فرحناز سهراب، مهرنوش ایلانلو<sup>۱</sup>

#### چکیده

امروزه در کشاورزی نوین کاربرد تؤمن کودهای ازته و آب تحت عنوان کودآبیاری در روشهای آبیاری تحت فشار عمومیت پیدا کرده است. در این روش از کاربرد کود، 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. علی‌رغم مزایای ذکر شده متناسفانه تاکنون مسئله کود آبیاری 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. هدف از این مقاله ارزیابی و بررسی مسائل فنی کود آبیاری در روشهای آبیاری سطحی شامل یکنواختی توزیع روی و زیر سطح خاک، بهترین زمان تزریق کود و مدت زمان تزریق کود به سیستم آبیاری است. در این مقاله، نتایج یکسری آزمایش‌های مزرعه‌ای در رژیمهای مختلف آبیاری جویچه‌ای (انتها باز، کاهش جریان و انتها بسته) و نواری ارائه و مقایسه گردیده است. نتایج نشان دادند که تزریق کود در تمام مدت زمان آبیاری و یا تزریق کود در نیمه دوم آبیاری و یا در زمان‌های انتهایی آبیاری یکنواختی بیشتری را ایجاد می‌نماید.

نتایج همچنین نشان می‌دهد که تزریق کود در پالس‌های کوتاه مدت (short pulse) یکنواختی توزیع کود را کاهش می‌دهد.

#### مقدمه

شیماًبیاری (Chemigation) کاربرد هر ماده شیمیایی همراه آب را گویند. این مواد شامل حشره‌کش‌ها، ضد غفوونی کننده‌ها، نماتد کش‌ها و کودها می‌باشد. متداولترین کاربرد شیماًبیاری، کود آبیاری است که

۱- به ترتیب عضو هیأت علمی (استادیار)، کارشناس ارشد و کارشناس مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی کرج

استفاده از کودها از طریق سیستم‌های آبیاری است. شیما آبیاری بیش از ۴۰ سال قدمت دارد و همراه با آبیاری بارانی مطرح گردید. کود آبیاری در دهه‌های اخیر بویژه در آبیاری بارانی و قطره‌ای پیشرفت چشمگیری داشته است. کود آبیاری نیازمند آگاهی از خصوصیات گیاه نظری مصرف روزانه مواد غذایی و توزیع ریشه در خاک، خصوصیات کود (درجه حلالیت و قابلیت حرکت در خاک)، خصوصیات شیمیایی خاک (pH و ظرفیت تبادل کاتیونی) و کیفیت آب آبیاری (pH و EC) است. در روشهای آبیاری تحت فشار بدلیل کنترل و مدیریت راحت‌تر، سالهای است که کاربرد کودها همراه آب آبیاری متداول است. اما در روشهای آبیاری سطحی، کود آبیاری بدلیل کافی نبودن روابط طراحی و دستورالعمل‌های مدیریتی چندان گسترش نیافته است. تلفات بصورت رواناب سطحی و نفوذ عمقی و نبود یک مدل ریاضی مناسب برای بررسی حرکت توأم آب و املاح روی و زیر سطح خاک از دیگر مشکلات کود آبیاری در روشهای آبیاری سطحی است (عباسی و همکاران، ۲۰۰۳). تریدگیل (۱۹۸۵) در یک مطالعه موردی در ایالات متحده نشان داد در حالیکه ۶۱ درصد سیستم‌های قطره‌ای و ۴۳ درصد سیستم‌های بارانی از کود آبیاری استفاده می‌کنند، تنها ۳/۵ درصد از روشهای آبیاری سطحی از این روش استفاده می‌کنند. دلیل این امر یکنواختی توزیع کمتر و تلفات از طریق رواناب سطحی ذکر گردید. بولت و همکاران (۱۹۹۴) نیز کود آبیاری در آبیاری موجی را با استفاده از یک مدل ریاضی بررسی نمودند. نتایج شبیه سازی‌های آنها نشان داد که استفاده از کود در سیکل نهایی بالاترین یکنواختی توزیع را دارد. نتایج آزمایشات جینز و همکاران (۱۹۹۲) در آبیاری کرتی نشان داد که کود آبیاری پتانسیل افزایش نفوذ عمقی کود را به همراه دارد. نتایج آزمایشات کود آبیاری قبلی جینز و همکاران (۱۹۸۸) نیز نشان از آبشوئی سریع کود از طریق جریان ترجیحی را دارد. پلایان و فاسی (۱۹۹۷) یکنواختی کود آبیاری را در آبیاری نواری ارزیابی نمودند. نتایج آزمایش‌های آنها نشان داد که ضریب توزیع یکنواختی نیمه پایین بین ۳ تا ۵۲ درصد متغیر بود. نتایج آنها همچنین نشان داد که تزریق کود در تمام مدت زمان آبیاری بیشترین یکنواختی توزیع و تزریق بصورت پالس‌های کوتاه (Short pulse) کمترین یکنواختی را داشت.

هدف از این مقاله بررسی مسائل فنی کود آبیاری شامل یکنواختی توزیع، زمان تزریق کود به سیستم آبیاری و مدت زمان تزریق در روشهای مختلف آبیاری جویچه‌ای و نواری است.

## مواد و روش‌ها

در این تحقیق، برای بررسی و ارزیابی مسائل فنی کود آبیاری از داده‌های پلایان و فاسی (۱۹۹۷) برای آبیاری نواری و در آبیاری جویچه‌ای آزمایش‌های مزرعه‌ای در دو بافت خاک لوم ماسه‌ای و لومی به ترتیب در مرکز تحقیقات کشاورزی ماریکوپا (آریزونا) و مزرعه ۴۰۰ هکتاری مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر (کرج) اجرا گردید. در خاک لوم ماسه‌ای یک آزمایش روی جویچه‌های با جریان آزاد و سه آزمایش روی جویچه‌های با انتهای بسته انجام شد. (عباسی و همکاران، ۲۰۰۳) طول جویچه‌ها ۱۱۵ متر و فواصل آنها مطابق عرف منطقه یک متر انتخاب گردید. در این آزمایش‌ها برای ارزیابی یکنواختی

توزیع املاح در طول جویچه‌ها از بروماید کلسیم استفاده بعمل آمد. در آزمایش جویچه با انتهای باز (FD) و یکی از آزمایش‌های با انتهای بسته (۱۰۰٪) بروماید کلسیم در تمام مدت زمان آبیاری همراه آب آبیاری به سیستم تزریق شد. در حالیکه در دو آزمایش دیگر روی جویچه‌های با انتهای بسته، بروماید کلسیم به ترتیب در نیمه اول (FH) و نیمه دوم (SH) آبیاری به آب آبیاری اضافه گردید.

در خاک لومی (مزرعه ۴۰۰ هکتاری) آزمایش‌ها روی دو رژیم آبیاری جویچه‌ای (انتها باز و بسته با کاهش جریان) و سه تیمار تزریق کود نیترات پتابسیم شامل تزریق در تمام مدت زمان آبیاری، تزریق در نیمه اول آبیاری و تزریق در نیمه دوم آبیاری در دو تکرار (در مجموع ۱۲ آزمایش) اجرا شد. طول جویچه‌ها بین ۱۶۰ تا ۱۷۵ متر و فواصل آنها ۷۵/۰ متر انتخاب گردید. در این آزمایش‌ها آبیاری اول و دوم به منظور یکنواخت کردن زبری سطح و نفوذپذیری جویچه‌ها با آب معمولی و آبیاری سوم با تزریق کود و اعمال تیمارهای کودی اجرا گردید. نتایج این آزمایش‌ها در حال تجزیه و تحلیل بوده و بعداً ارائه خواهد شد.

برای تعیین یکنواختی توزیع املاح در طول جویچه‌ها، نمونه‌های آب حاوی کود در زمان‌ها و ایستگاه‌های مختلف در طول جویچه‌ها برداشت و تا زمان آنالیز در سردخانه نگهداری شدند. سپس، یکنواختی توزیع کود در جویچه‌ها با استفاده از مقدار آب نفوذ یافته و غلظت املاح در هر ایستگاه و شاخص‌های ضریب توزیع یکنواختی نیمه<sup>۱</sup> (DU<sub>LH</sub>) و چارک<sup>۲</sup> (DU<sub>LQ</sub>) پایین تعیین گردید. ضرایب توزیع یکنواختی نیمه و چارک پایین در آزمایش‌های آبیاری نواری با استفاده از مدل پلایان و فاسی (۱۹۹۷) و در آبیاری جویچه‌ای با استفاده از مدل ریاضی عباسی و همکاران (۲۰۰۳) نیز برآورد و با مقادیر اندازه گیری شده مقایسه گردید.

## بحث و نتایج

مقادیر اندازه گیری شده و پیش‌بینی شده ضرائب توزیع یکنواختی نیمه و چارک پایین آب و کود در آزمایش‌های آبیاری جویچه‌ای در خاک لوم ماسه‌ای در جدول (۱) ارائه شده است. آزمایش‌های ۱۰۰٪ و FH بیشترین ضرائب توزیع یکنواختی آبیاری و آزمایش‌های ۱۰۰٪ و SH بیشترین ضرائب توزیع یکنواختی کود را دارند. این بدان معنی است که تزریق کود در تمام مدت زمان آبیاری ویا تزریق در نیمه دوم آبیاری مناسبترین گزینه برای آبیاری جویچه‌ای در خاک مورد مطالعه بودند.

پایین بودن ضرائب یکنواختی توزیع کود در آزمایش SH در مقایسه با مقادیر به دست آمده برای آزمایش ۱۰۰٪ جای تأمل دارد. دلیل اصلی این امر بالا بودن ضریب زبری مانینگ و متفاوت بودن خصوصیات نفوذپذیری جویچه‌ها در این آزمایش بود (عباسی و همکاران، ۲۰۰۳). تفاوت ضریب زبری و

1- Distribution uniformity of low half  
2 -Distribution uniformity of low quarter

خصوصیات نفوذپذیری خاک در این آزمایش به حدی بود که علی‌رغم دبی ورودی تقریباً یکسان در سه آزمایش انجام شده روی جویچه‌های با انتهای بسته، جبهه پیشروی در آزمایش SH هرگز به انتهای مزرعه نرسید.

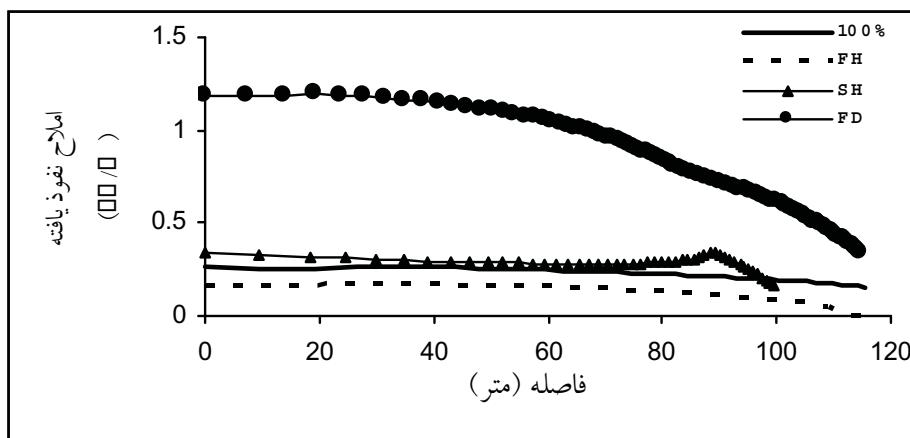
کمترین ضرائب توزیع یکنواختی کود در آزمایش FH که تزریق در نیمه اول آبیاری بود، حاصل شد. این بدان دلیل است که بخش عمده کود در قسمت‌های ابتدائی جویچه که شدت نفوذپذیری نیز در ابتدای آبیاری زیاد است نفوذ نموده و به قسمت‌های پایینی جویچه نخواهد رسید. در مجموع مقایسه نتایج چهار آزمایش فوق نشان می‌دهد که ضریب یکنواختی توزیع کود به عوامل مختلفی نظیر دبی ورودی، خصوصیات نفوذپذیری، زبری سطح خاک و زمان تزریق کود به سیستم دارد. دبی ورودی در آزمایش‌های ۱۰۰٪، SH و FD به ترتیب ۱/۱۳۲/۲۹، ۱/۱۳۲/۲۸ و ۱/۰۷ لیتر بر ثانیه بود. دلیل اصلی پایین بودن ضرائب یکنواختی توزیع در آزمایش FD در مقایسه با آزمایش ۱۰۰٪ دبی ورودی کمتر بود.

در اغلب آزمایش‌ها مطابقت خوبی بین ضرایب یکنواختی توزیع اندازه‌گیری شده در مزرعه و پیش‌بینی شده به وسیله مدل ریاضی عباسی و همکاران (۲۰۰۳) وجود داشت. در آزمایش‌های FH و SH و FD تفاوت مقادیر پیش‌بینی شده و اندازه گیری شده  $DU_{LQ}$  نسبتاً زیاد است. دلیل اصلی این اختلاف به تعداد نقاطی که در محاسبه یکنواختی توزیع دخالت داده شده‌اند، بر می‌گردد. مقادیر اندازه‌گیری شده یکنواختی توزیع بر اساس چهار نقطه به فواصل ۲۵ متر در طول جویچه‌ها محاسبه لیکن مقادیر پیش‌بینی شده بسته به اندازه گام زمانی ( $\Delta t$ ) که توسط کاربر تعریف می‌شود، در این آزمایش‌ها حدود ۳۰ نقطه بوده است. مقادیر پیش‌بینی شده کود نفوذ یافته در هر یک از آزمایش‌های فوق در شکل ۱ نشان داده شده‌اند. مقادیر کود نفوذ یافته در آزمایش FD به دلیل طولانی بودن زمان آبیاری در مقایسه با ۳ آزمایش دیگر نسبتاً بیشتر است.

جدول ۱- مقادیر اندازه‌گیری شده و پیش‌بینی شده ضرائب توزیع یکنواختی نیمه و چارک پایین آب و کود (بر حسب درصد) در آزمایش‌های آبیاری جویچه‌ای در خاک بافت لومی ماسه‌ای

( Abbasی و همکاران، ۲۰۰۳ )

توزیع یکنواختی کود (اندازه‌گیری)		توزیع یکنواختی کود(مدل)		توزیع یکنواختی آب(مدل)		آزمایش
DU <sub>LH</sub>	DU <sub>LQ</sub>	DU <sub>LH</sub>	DU <sub>LQ</sub>	DU <sub>LH</sub>	DU <sub>LQ</sub>	
۸۷/۴	۷۵/۶	۸۵/۳	۷۷/۸	۸۵/۳	۷۷/۸	% ۱۰۰
۶۱/۸	۲۰/۶	۶۲/۲	۳۲/۲	۸۳/۵	۷۴/۶	FH
۷۳/۹	۳۸/۷	۸۳	۷۰/۸	۷۰/۸	۵۲/۸	SH
۷۱/۹	۳۴/۵	۷۳/۳	۵۷/۸	۷۳/۳	۵۷/۸	FD



شکل ۱- مقادیر پیش‌بینی شده املاح نفوذ یافته در طول جویچه‌های آزمایشی خاک لوم ماسه‌ای  
(عباسی و همکاران، ۲۰۰۳،)

نتایج ضرائب یکنواختی توزیع کود در آزمایش‌های پلایان و فاسی (۱۹۹۷) روی نوارهای با انتهای بسته در جدول ۲ ارائه گردیده است. این آزمایش‌ها با استفاده از کود نیترات آمونیوم برای ۳ دبی ورودی  $A_3 = ۵۰$ ،  $A_2 = ۳۳$ ،  $A_1 = ۰$  و  $Q_3 = ۷/۸۲$ ،  $Q_2 = ۴/۹۴$ ،  $Q_1 = ۳/۳۶$  لیتر بر ثانیه و ۳ تیمار تزریق کود شامل درصد تکمیل فاصله پیشروی اجرا شدند. طول نوارهای آزمایشی ۲۸۰ متر، عرض آنها بین ۳/۵۵-۲/۹ متر، شب آنها ۰/۰۰۱ و در هر آزمایش ۱۰۰ کیلو گرم کود نیترات آمونیوم در مدت زمان ۵ دقیقه به سیستم تزریق شد.

علی‌رغم بالا بودن نسبی یکنواختی توزیع آب در اغلب آزمایشها، یکنواختی توزیع کود در همه آزمایش‌های انجام شده نسبتاً پایین است. یکی از دلایل اصلی پایین بودن یکنواختی توزیع کود در این آزمایش‌ها کوتاه بودن مدت زمان تزریق کود (۵ دقیقه) به سیستم آبیاری بوده است. تزریق پالس‌های کوتاه مدت بخصوص در اوایل آبیاری موجب می‌شود که کود تزریق شده به سیستم در آب آبیاری رقیق و بخش عده آن در قسمت‌های ابتدائی نوار نفوذ نماید. نتایج این آزمایش‌ها نشان می‌دهد که تزریق کود پس از تکمیل ۳۳ درصد و یا ۵۰ درصد فاصله پیشروی یکنواختی توزیع بیشتری را در مقایسه با تزریق در ابتدای آبیاری ایجاد نماید. نتایج شبیه‌سازی‌های پلایان و فاسی (۱۹۹۷) با استفاده از یک مدل ریاضی ساده برای بررسی گزینه‌های مختلف کوددهی نشان می‌دهد که در صورت عدم مدیریت صحیح تزریق کود در آبیاری نواری با انتهای باز می‌تواند تا ۶۰ درصد کود تزریق شده را به صورت رواناب از انتهای مزرعه تلف نماید. در کرت‌های مسطح تزریق کود در اواخر زمان پیشروی کمترین یکنواختی توزیع و تزریق در تمام مدت زمان آبیاری بالاترین یکنواختی توزیع را خواهد داشت. برای کاهش تلفات کود به صورت نفوذ عمقی مناسب‌ترین گزینه تزریق کود به سیستم آبیاری در دیرترین زمان ممکن است. در این

حال نفوذ عمقی به حداقل ممکن خواهد رسید. هر چند این گزینه ممکن است موجب افزایش تلفات به صورت رواناب از انتهای مزرعه و کاهش یکنواختی توزیع را در رژیمهای انتها بسته به دنبال داشته باشد.

**جدول ۲- مقادیر ضرائب یکنواختی توزیع آب و کود در آزمایش‌های آبیاری نواری با انتهای بسته (پلایان و فاسی، ۱۹۹۷)**

یکنواختی توزیع کود (%)		یکنواختی توزیع آب (%)		آزمایش
DU <sub>LH</sub>	DU <sub>LQ</sub>	DU <sub>LH</sub>	DU <sub>LQ</sub>	
۶/۰۶	۴/۳۸	۹۶/۲۸	۹۲/۵۶	A <sub>1</sub> Q <sub>1</sub>
۲/۸۸	۱/۶۵	۹۶/۸۸	۹۲/۴۳	A <sub>1</sub> Q <sub>2</sub>
۳۰/۷۸	۱۹/۹۸	۷۶/۳۴	۷۳/۲	A <sub>1</sub> Q <sub>3</sub>
۳۳/۵۹	۲۵/۷۹	۷۱/۳۸	۶۶/۹۱	A <sub>2</sub> Q <sub>1</sub>
۵۱//۵۸	۴۱/۵۸	۹۱/۳۴	۹۰/۰۳	A <sub>2</sub> Q <sub>2</sub>
۱۱/۱۰	۹/۷۹	۳۸/۴۹	۳۴/۱۱	A <sub>2</sub> Q <sub>3</sub>
۱۹/۳۸	۱۳/۸۸	۹۲/۵۸	۹۰/۶۶	A <sub>3</sub> Q <sub>1</sub>
۳۹/۹۴	۳۰/۰۶	۹۶/۷۳	۹۲/۴۱	A <sub>3</sub> Q <sub>2</sub>
۲۸/۵۵	۲۱/۳۶	۶۳/۵	۵۹/۳۹	A <sub>3</sub> Q <sub>3</sub>

### نتیجه گیری

کود آبیاری نسبت به روشهای مرسوم و سنتی دارای مزایای فراوانی از جمله عدم فشردگی خاک، عدم آسیب دیدگی گیاه، کاهش انرژی، استفاده تقسیطی و مکرر از کودها، کاهش مصرف کود و آلودگی‌های زیست محیطی است. این روش کوددهی به خاطر کنترل و مدیریت راحت‌تر ساله‌است که در روشهای آبیاری تحت فشار استفاده می‌شود. لیکن در آبیاری سطحی بدلیل مشکلات خاص کمتر توسعه یافته است. در این مقاله، مسائل فنی کود آبیاری شامل یکنواختی توزیع، زمان شروع تزریق و مدت زمان تزریق کود به سیستم در روشهای آبیاری جویچه‌ای و نواری ارزیابی گردید. نتایج نشان دادند که محدودیت اصلی کود آبیاری در روشهای آبیاری سطحی مشکل یکنواختی توزیع آن است. کارائی این روش کوددهی در روشهای آبیاری سطحی به شدت تحت تاثیر معیارهای طراحی و مسائل مدیریتی است که کمبود آنها به دلیل نوبودن ایده در روشهای مختلف آبیاری سطحی احساس می‌شود.

نتایج همچنین نشان داد که تزریق کود در تمام مدت زمان آبیاری و یا تزریق در نیمه دوم آبیاری و یا در زمانهای انتهایی آبیاری (مثلث  $\frac{1}{3}$  آخر) و یا هنگام تکمیل ۵۰-۳۰ درصد فاصله پیشروی یکنواختی توزیع را بیشتر و تزریق در نیمه اول آبیاری و یا تزریق بصورت پالس‌های کوتاه مدت یکنواختی توزیع را کاهش

می‌دهد. نتایج حاکی از آن است که یکنواختی توزیع به عوامل مختلفی از جمله دبی ورودی، نفوذپذیری، ضریب زبری سطح خاک، زمان شروع تزریق کود به سیستم آبیاری و مدت زمان تزریق بستگی دارد.

## منابع

- 1- Abbasi, F., J. Simunek, M. Th. van Genuchten, J. Feyen, F. J. Adamson, D. J. Hunsaker, T. S. Strelkoff and P. Shouse, 2003. "Overland water flow and solute transport: Model development and field data analysis." *J. Irrig. Drain. Eng.*, 129(2): 71-81.
- 2- Boldt, A. L., Watts, D. G., Eisenhauer, D. E., and Schepers, J. S. (1994). "Simulation of water applied nitrogen distribution under surge irrigation." *Trans. ASAE*, 37(4): 1157-1165.
- 3- Jaynes, D. B., Bowman, R. S., and Rice, R. C., (1988). "Transport of conservative tracers in the field under continuous flood irrigation." *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 52: 618-624.
- 4- Jaynes, D. B., Rice, R. C., and Hunsaker, D. J. (1992). "Solute transport during chemigation of a level basin." *Trans. ASAE*, 35 (6): 1809-1815.
- 5- Playan, E. and Faci, J. M. (1997). "Border irrigation: Field experiment and a simple model." *Irrig. Sci.*, 17(4):163-171.
- 6- Threadgill, E. D. (1985). "Chemigation via sprinkler irrigation: Current status and future development." *Applied Eng. In Agriculture* 1(1): 16-23.



## کارگاه فنی آبیاری سطحی مکانیزه

۱۳۸۴ آذر ماه ۱۳

### بررسی اثر افزایش پلهای دبی جریان بر روی پیشروی آب در شیار در آبیاری موجی

مهدی قبادی نیا، تیمور سهرابی، مهدی میرابزاده،<sup>۱</sup> W.R. Walker

#### چکیده:

آبیاری موجی به عنوان روشی پیشرفته و جدید در آبیاری سطحی که توانسته راندمان کاربرد آب را در آبیاری جوی و پشتنهای افزایش دهد مورد توجه قرار دارد. بر طبق تحقیقات انجام شده آبیاری موجی بیشترین اثر را در آبیاری اول دارد ولی در آبیاری‌های سوم و بعد از آن بهتر از آبیاری پیوسته عمل نمی‌کند. در حاکهای شور نیز آبیاری موجی باعث افزایش نفوذپذیری می‌گردد. در این تحقیق ۴ تیمار مورد بررسی قرار می‌گیرد که عبارتند از آبیاری پیوسته، آبیاری موجی با دبی ثابت، آبیاری پیوسته با افزایش پلهای جریان و آبیاری موجی با افزایش پلهای جریان. نتایج نشان داد که در نوبت‌های آبیاری اول و دوم میزان آب مصرفی در آبیاری موجی با افزایش پلهای جریان به طور متوسط به ترتیب به میزان ۱۰ و ۱۲ درصد کمتر از آبیاری موجی با دبی ثابت در زمان پیشروی بوده است و در آبیاری سوم و چهارم میزان آب مصرفی آبیاری پیوسته با افزایش پلهای جریان به ۷ درصد کمتر از سایر تیمارها در زمان پیشروی بوده است.

#### مقدمه

آبیاری جوی و پشتنهای از روشهای آبیاری سطحی است که به دلیل اینکه سطح کمتری از مزرعه را خیس می‌کند، تطبیق پذیری بیشتری با شبکهای مختلف دارد و بطورکلی از پذیرش بیشتری نزد کشاورزان برخوردار است مورد توجه قرار داشته و مطالعات زیادی بر روی آن صورت گرفته است(۱۱ و ۱۴). از جمله تلفات عمدی آب در آبیاری جوی و پشتنهای می‌توان به نفوذ عمقی و رواناب انتهایی اشاره نمود. برای کاهش این تلفات روشهای مختلفی از جمله روشهای موجی، بازیافت آب پایاب، روش کابلی و روش کاوش

۱. به ترتیب دانشجوی دکتری، دانشیاران گروه آبیاری پردیس کشاورزی و منابع طبیعی کشاورزی کرج دانشگاه تهران و استاد دانشگاه ایالتی یوتا

## منابع

- ۱- امینی‌زاده. ر، لیاقت. ع، محمودیان شوشتاری. م. ۱۳۸۱. تهیه مدل ریاضی جهت بررسی تاثیر محیط خیس شده و تغییرات مکانی نفوذ در شبیه سازی و راندمان آبیاری جویچه‌ای. پایان نامه
- ۲- بهزاد. م، محمودیان شوشتاری. م. ۱۳۷۴ . آبیاری موجی- خلاصه بعضی از تحقیقات انجام شده. مجله آب و خاک و ماشین. شماره ۹
- ۳- بهزاد. م، محمودیان شوشتاری. م. ۱۳۷۵. مطالعه اثر محیط خیس شده بر نفوذ آب در جویچه‌ها. رساله دکتری. دانشگاه تربیت مدرس.
- ۴- سهرابی. ت، حیدری. ن، توکلی. ع، نیریزی. س. ۱۳۷۵. آبیاری موجی. کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران، وزارت نیرو. ۱۴۵ صفحه.
- ۵- سهرابی. ر، پایدار. ز. ۱۳۷۲. بررسی امکان افزایش راندمان آبیاری با روش موجی. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران.
- ۶- قویدل، م. ع. ۱۳۷۶. مدل ریاضی آبیاری موجی در شیار و ارزیابی مزرعه‌ای عملکرد آن. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران.
  
- 7- Bishop, A., Walker, W.R., Allen, N. L. and Poole, G. J. 1981. "Furrow advance rates under surge flow systems." *J. Irrig. Drain. Eng.*, 107(3), 257-264
- 8- Childs, J. L., Wallender, W. W., and Hopmans, J. W. 1993. "Spatial and seasonal variation of furrow infiltration." *J. Irrig. Drain. Eng.*, 119(1), 74-90.
- 9- Elliott, R.L. and Walker, W.R. 1982. "Field evaluation of furrow infiltration advance functions." *Trans ASAE* 25, 396 – 400.
- 10-Frangmeier, D. D. and Ramsery, M. K. 1987. "Intake characteristics of irrigation furrows." *Trans ASAE*, 696-705.
- 11-James, L. G. 1988."Principles of farm irrigation system design." John Wiley and Sons LTD.
- 12-Samani, Z. A., Walker, W. R., Jeppson, R. W. and Willrdson, L. S. 1985. "Numerical solution for unsteady two dimensional infiltration in irrigation furrows." *Trans ASAE.*, 28(4), 1186-1190.
- 13-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.
- 14-Walker, W. R. and Skogerboe, G.V. 1982 . "Surface irrigation , Theory and practice." Prentice-Hall New Jersey.

دبی جریان پیشنهاد شده است. روش موجی که توسط استرینگهام و کلر (۱۹۷۹) پیشنهاد شد طبق تعریف بیوشاب عبارتست از کاربرد متناوب آب آبیاری در شیار یا نوار که بوسیله یک سری از فاصله زمانی‌های متغیر یا ثابت قطع و وصل ایجاد می‌شود(۷ و ۱۴). مطالعات اولیه نشان داد که استفاده متناوب آب در مزرعه در هنگام مرحله پیشروی باعث بهبود نفوذپذیری خاک می‌شود. تحقیقات انجام یافته می‌بین توانایی آبیاری موجی در بهبود بهره‌برداری و تغییرپذیری سیستمهای آبیاری سطحی بود. تحقیقات مزرعه‌ای در یوتا و آیدaho در سال ۱۹۸۱ بر روی خاکهای با بافت‌های مختلف (لوم شنی تا لوم رسی) نشان داد که مؤثرترین نتایج از یک خاک لوم شنی بدست آمد. تحقیقات انجام گرفته در ایالات کلرادو، آیدaho و واشنگتن نیز بیانگر این مسأله بود که آبیاری موجی باعث کاهش زمان پیشروی و همچنین کاهش حجم آب مصرفی می‌گردد. تقریباً بدون استثناء آبیاری موجی در کاهش حجم آب مورد نیاز برای پیشروی در طی اولین آبیاری پس از شخم، مؤثرتر از آبیاری‌های بعدی بوده است(۴ و ۲). واکر و همکاران (۱۹۸۲) به این نتیجه رسیدند که آبیاری موجی در خاکهای شنی نسبت به خاکهای لوم سیلتی یا لوم رسی تأثیر بیشتری دارد (۹). پودمور و داک(۱۹۸۴) و شلگل(۱۹۸۲) بیان داشتند که مدیریت نامناسب آبیاری موجی در مرحله بعد از پیشروی می‌تواند رواناب را افزایش دهد. از آنجاییکه جبهه پیشروی موج سریعتر از جبهه پسروی است، در صورت استفاده از دوره‌های زمانی کوتاه مدت ممکن است که امواج در یکدیگر ادغام شده و سبب کاهش تأثیرات ناشی از پیشرفت موج شوند. از طرف دیگر دوره‌های زمانی طولانی مدت سبب افزایش زمان نفوذ آب در قسمتهای خشک مزرعه شده و در نتیجه موجب افزایش نفوذ عمقی می‌گردد. دوره‌ای که بسیار کوتاه مدت باشد نمی‌تواند مرحله پیشروی را کامل کند و دوره‌ای که بسیار طولانی باشد سبب آبیاری بیش از حد مزرعه در طی مرحله پیشروی می‌شود(۴ و ۱۳). نفوذ یکی از پارامترهای مهم تأثیرگذار در آبیاری موجی است. نفوذ در طی زمان و از مکانی به مکان دیگر تغییر می‌کند(۸). مطالعات نشان می‌دهند که کاربرد متناوب آب باعث کاهش نفوذ پذیری و در نتیجه باعث افزایش سرعت پیشروی می‌گردد(۴). پارامتر تأثیرگذار دیگر بر روی میزان نفوذ محیط خیس شده است. فرانگمیر و رامزی(۱۹۸۷) بیان داشتند که میزان نفوذ با محیط خیس شده رابطه خطی دارد. سرعت نفوذ با محیط خیس شده و در نتیجه با مقدار دبی افزایش می‌یابد(۱۰). تقریباً تغییرات نفوذ می‌تواند با تغییرات محیط خیس شده بیان شود. تحقیقات انجام شده توسط مدلهای ریاضی نشان داده است که وقتی تأثیر محیط خیس شده بر پارامترهای نفوذ در نظر گرفته می‌شود نتایج شبیه‌سازی بهتری بدست آمده است(۱ و ۳). سامانی و همکاران (۱۹۸۵) نشان دادند که یک رابطه نسبی بین عمق آب، محیط خیس شده و شدت نفوذ وجود دارد(۱۲). همانگونه که ذکر گردید تلفات نفوذ عمقی در اثر تفاوت زمان نفوذ بین ابتداء و انتها یکی از عوامل مهم تلفات در آبیاری جوی و پشت‌های است. تفاوت نفوذ تنها به اختلاف مدت زمان نفوذ در ابتداء و انتها بستگی ندارد بلکه تفاوت محیط خیس شده را بین ابتداء و انتها در کل مدت زمان آبیاری نیز باعث تفاوت نفوذ می‌گردد. لذا اثر محیط خیس شده را باید در روابط منظور کرد. در نتیجه با منظور کردن اثر محیط خیس شده این تفاوت بیشتر می‌شود، برای اینکه اثر آن را در زمان بعد از پیشروی کمتر نمود باید

تفاوت عمق آب نفوذ یافته در ابتداء و انتهای شیار در فاز پیشروی را به حداقل رسانید. علاوه بر موارد ذکر شده کیفیت آب آبیاری نیز بر روی میزان نفوذ موثر است. حیدری و همکاران(۲۰۰۱) با آزمایش بر روی چهار تیمار کیفیت آب نشان دادند که تأثیر جریان موجی در کاهش نفوذ خاک یا اثر موجی دارای اثر بیشتری در تیمارهای با شوری کم و اثر کمتری یا اثر معکوس(افزایش در نفوذ) در تیمارهای با شوری و شور سدیمی بالا بود. در تیمارهای جریان موجی با شوری بالا و شور سدیمی بالا کاهش در نفوذ در آبیاری اول ناچیز بود. در حالیکه نفوذ تیمار جریان پیوسته کاهش معنی‌داری در آبیاری اول نشان داد. این نشان می‌دهد که موجی باعث افزایش نفوذپذیری خاک تحت تیمارهای با شوری بالا می‌باشد. در آبیاری دوم و سوم برای تمام تیمارها نفوذپذیری موجی از تیمار جریان پیوسته بیشتر بود.

### تعريف مسأله

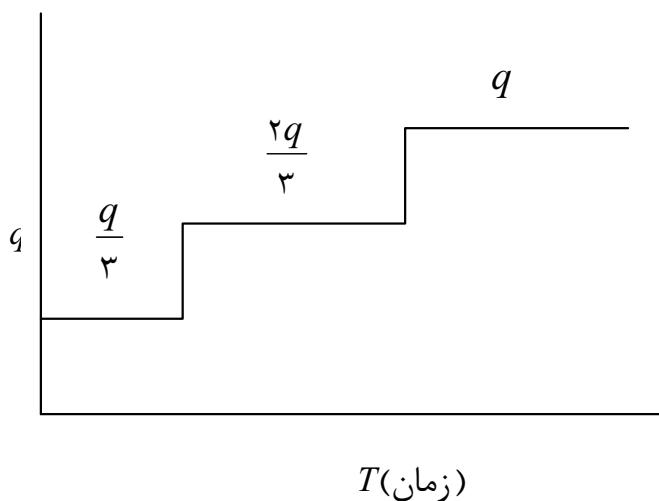
بطور خلاصه مزايا و معایب آبیاری موجی را می‌توان به صورت زیر بیان کرد:

- ۱- آبیاری موجی در خاکهای لوم شنی بهترین جواب را می‌دهد ولی در خاکهای رسی نتوانسته است بهتر از آبیاری پیوسته عمل کند.
- ۲- آبیاری موجی در آبیاری اول بهترین جواب را می‌دهد و در آبیاری‌های دوم و سوم بهتر از آبیاری پیوسته عمل نمی‌کند.
- ۳- در آبهای با شوری بالا آبیاری موجی باعث افزایش نفوذپذیری و در نتیجه باعث افزایش آب مصرفی می‌گردد.

با توجه به مشکلات و مسائل ذکر شده آیا روشی می‌توان به کار برد که هم اثر موج را داشته باشد و هم در خاکها مسئله‌دار و آبهای با کیفیت پایین موجب افزایش نفوذ نگردد و میزان مصرف آب را کاهش دهد. در این راستا مدیریت‌هایی جهت آبیاری جوی و پشتیه ارائه گردید که در ذیل توضیح داده خواهد شد.

### (۱) آبیاری پیوسته با افزایش پله‌ای جریان

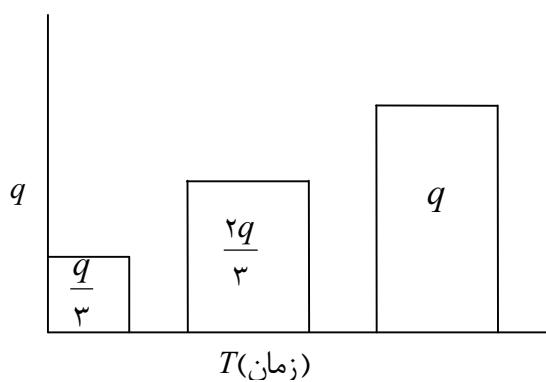
در این روش آبیاری شیار از یک دبی حداقل شروع شده و در گامهای زمانی مشخص دبی افزایش می‌یابد تا به حداقل دبی فرسایشی برسد و فاز پیشروی تکمیل گردد(شکل ۱). برای سادگی اجرا حداقل از ۳ دبی استفاده شد. در این حالت محیط خیس شده به تدریج افزایش می‌یابد. با افزایش دبی جریان در گام دوم و سوم محیط خیس شده نیز افزایش می‌یابد در حالیکه در ابتداء رطوبت لایه سطحی افزایش یافته و میزان نفوذ با افزایش رطوبت کاهش می‌یابد در نتیجه در گام دوم و سوم تعادلی بین آب نفوذ یافته در ابتداء و در فواصل مختلف شیار بوجود می‌آید.



شکل ۱. افزایش پله‌ای دبی در جریان پیوسته

**۲) آبیاری موجی با افزایش پله‌ای جریان**

این روش مشابه روش فوق است با این تفاوت که در هر گام افزایش دبی یک زمان قطع جریان وجود دارد بدین معنی که ابتدا دبی حداقل در شیار قرار داده می شود بعد از زمان  $t_1$  که باید جریان اضافه شود. جریان به مدت  $t$  قطع و سپس جریان با دبی  $2$  وارد شیار می‌گردد و این عمل ادامه پیدا می‌کند تا جریان به حداقل دبی انتخابی برسد و با حداقل دبی انتخابی طول شیار یا فاز پیشروی تکمیل می‌گردد(شکل ۲).



شکل ۲. افزایش پله‌ای دبی در حالت موجی

## چرا افزایش پلهای دبی جریان؟

دو علت اصلی برای انتخاب این شیوه‌ها وجود داشت:

- ۱- با رسم منحنی‌های پیشروی جریان مشاهده گردید که در زمانهای اولیه پیشروی آب در شیار منحنی‌های دو دبی متواالی تقریباً بر هم منطبق است و بنابراین می‌توان آبیاری شیار را با دبی یک گام پایین‌تر شروع نمود و در نهایت به دبی نهایی که برای شیار در نظر گرفته شده رسید.
- ۲- دبی کمتر، عمق آب کمتر درون شیار و محیط خیس شده کوچکتر را به همراه دارد. در نتیجه در زمانهای ابتدایی نفوذ و عمق آب نفوذ یافته در ابتدای شیار کمتر بوده و با افزایش دبی در نواحی خشک شیار عمق آب درون شیار و محیط خیس شده افزایش یافته که باعث افزایش نفوذ می‌گردد.

با توجه به موارد فوق ۴ تیمار جهت آزمایش در نظر گرفته شد:

- ۱- آبیاری پیوسته با دبی ثابت
- ۲- آبیاری موجی با دبی ثابت
- ۳- آبیاری موجی با افزایش پلهای جریان
- ۴- آبیاری پیوسته با افزایش پلهای جریان

## مواد و روش‌ها

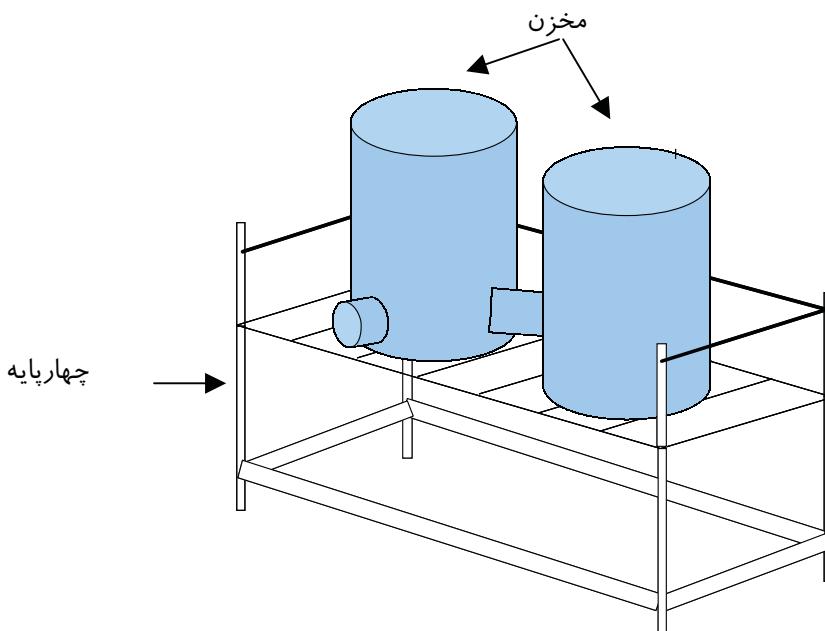
برای انجام این آزمایش حداقل سه شیر جهت اعمال تغییرات دبی برای هر شیار در نظر گرفته شد. بدین معنی که سه دبی ورودی متفاوت برای هر شیار اعمال گردید. طراحی و ساخت لوازم و وسایل مورد نیاز در مرکز تحقیقات آب گروه آبیاری انجام گرفت. جهت تثبیت جریان و جلوگیری از نوسانات ارتفاع آب از مخزنی که از اتصال دو بشکه ۲۲۰ لیتری هم تشکیل شده بود استفاده گردید. اجزاء این دو بشکه یا مخزن در شکل‌های ۳ و ۴ نشان داده شده است. به منظور انتقال آب از کanal خاکی مزرعه به مخزن تأسیسات از یک پمپ پیستونی با سوخت دیزل با دبی حدود ۹ lit/s استفاده گردید. برای تأمین ارتفاع کافی در زیر بشکه‌ها که بتوان تغییرات ناشی از نوسانات ارتفاع آب و شبیب زمین در خروجی‌ها را به حداقل رسانید از یک چهارپایه استفاده شد این چهارپایه به گونه‌ای طراحی گردید که ارتفاع آن قابل تنظیم باشد ارتفاع چهارپایه بین ۶۵ تا ۱۴۰ سانتیمتر قابل تغییر بود. آب بوسیله پمپ به مخزن اول وارد شده و نوسانات ناشی از پمپ گرفته شده و بعد جریان به مخزن دوم وارد می‌شد و از مخزن دوم آب وارد سیستم توزیع می‌گردید. با توجه به اینکه خروجی‌ها، شیرهای گازی بودند و شیرها مانند روزنه عمل می‌نمایند. دبی خروجی از یک روزنه از رابطه زیر بدست می‌آید:

$$Q = mAH^\alpha \quad (1)$$

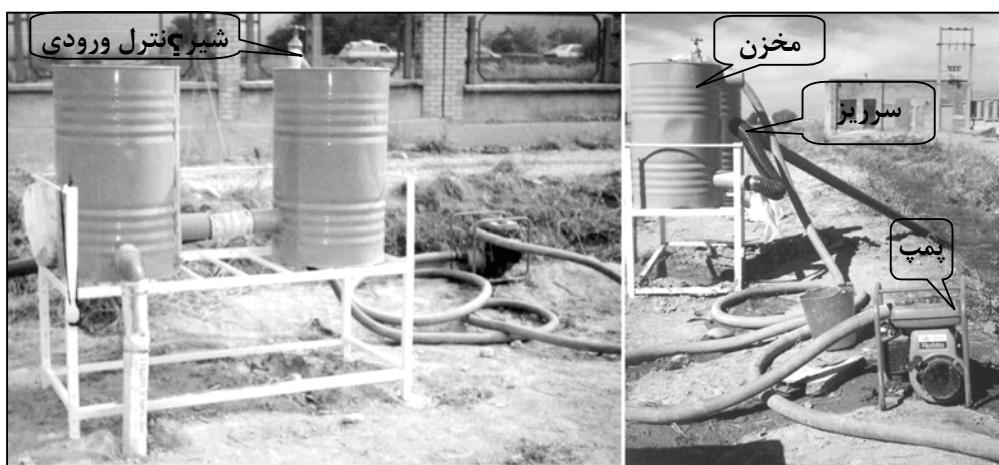
$$\log Q = \log m + \frac{1}{\alpha} \log H \Rightarrow \frac{dQ}{Q} = \frac{1}{\alpha} \frac{dH}{H} \quad (2)$$

بنابر رابطه فوق درصد خطای نسبی دبی  $\left( \frac{dH}{H} \right)$  متناسب با خطای نسبی ارتفاع  $\left( \frac{dQ}{Q} \right)$  می‌باشد در

نتیجه با افزایش ارتفاع خطای نسبی ارتفاع و به تبع آن خطای نسبی دبی کاهش می‌یابد بنابراین برای اینکه بتوان تغییرات ناشی از نوسانات دبی ایجاد شده توسط پمپ و سیستم را به حداقل رسانید لازم بود که ارتفاع زیادی جهت این منظور ایجاد کرد. بدین منظور از یک چهارپایه با حداقل ارتفاع ۶۵ سانتی‌متر استفاده شد که با توجه به دبی خروجی از شیرها ارتفاع چهارپایه نیز قابل تنظیم بود.



شکل ۳. نمایی از مخزن و چهارپایه مورد استفاده در طرح



شکل ۴. نمای سیستم مورد استفاده در طرح

برای انتقال آب از مخزن به سیستم توزیع آب از یک لوله پلیکا با قطر ۹۰ میلی‌متر و به طول ۱۲ متر و یک لوله شلنگی به طول ۶ متر استفاده گردید. این لوله توسط یک لوله قابل انعطاف آتش‌نشانی به مخزن وصل می‌شد. لوله توزیع آب از یک قطعه لوله به طول ۲ متر که مجهز به ۹ عدد شیر گازی یک اینچ بود (برای هر شیار ۳ شیر)، تشکیل شده بود (شکل ۵). دبی ورودی به شیار بوسیله شیرهای گازی تنظیم و جریان ورودی به شیار به وسیله درپوش قطع و وصل می‌گردید. با استفاده از درپوشها و تنظیم شیرها امکان تغییر دبی ورودی و تسريع در قطع و وصل جریان فراهم گردید. برای ثبت ارتفاع آب در مخزن و بمنظور فراهم آوردن دبی ثابت ورودی به شیارها از سرریز و شیر کنترل ورودی به مخزن استفاده شد تا دبی ورودی به شیار ثابت بماند.

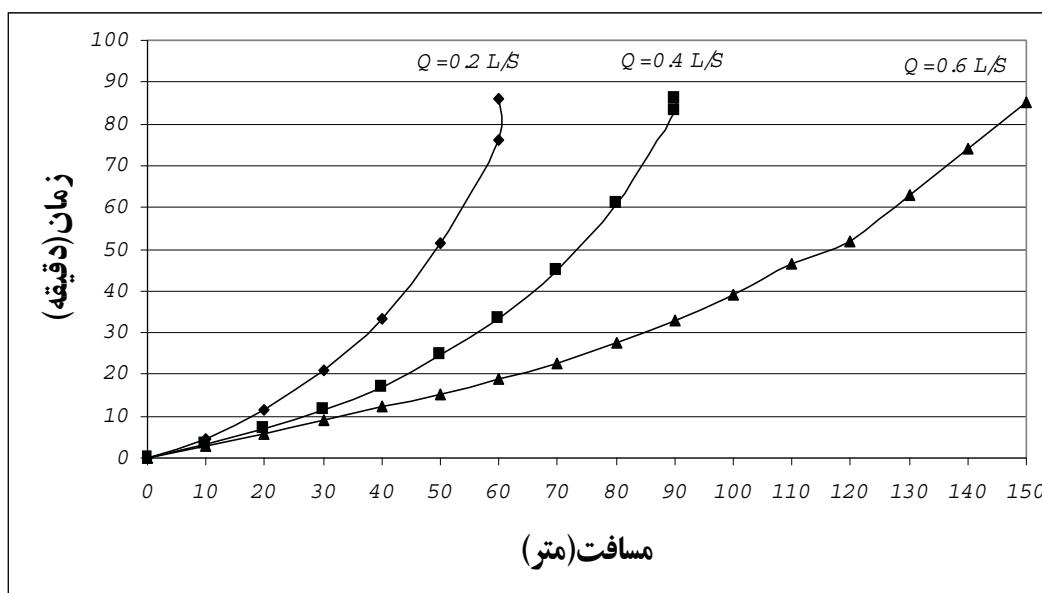


شکل ۵. سیستم توزیع آب در شیارهای تحت مطالعه

### روش انجام آزمایش‌ها

آزمایشها در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران واقع در کرج صورت گرفت. 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. برای انجام این آزمایشها ابتدا از زمین نقشه‌برداری و شبیب مزرعه تعیین شد. سپس زمین شخم، دیسک و ماله زده شد و در نهایت شیارها احداث گردید. طول شیارها در ابتدا ۱۵۰ متر در نظر گرفته شد اما با انجام آزمایش‌های اولیه مشخص گردید که افزایش طول به بیش از ۲۰۰ متر ضروری است. داده‌های مزرعه‌ای شامل داده‌های پیشروع و اندازه‌گیری رطوبت و دبی ورودی و خروجی شیار بود. برای اجرای صحیح آبیاری موجی داشتن زمان وصل و قطع بهینه ضروری بود و در مورد آبیاری‌های پیوسته و موجی با افزایش پله‌ای جریان باید در زمانهای مناسب برای استفاده از هر دبی در شیار مشخص

می‌گردید. بنابراین با توجه به تحقیقات گذشته (۵ و ۶) در این مزرعه بر روی آبیاری موجی با دبی ثابت برای طول ۱۵۰ متر زمان وصل و قطع ۲۰ دقیقه در نظر گرفته شد اما با انجام آزمایشها مشخص گردید که اگر زمان قطع به ۱۰ دقیقه کاهش یابد تغییری در کل زمان وصل برای آبیاری موجی بوجود نمی‌آید لذا زمان قطع به ۱۰ دقیقه کاهش داده شد. در مورد طول ۲۰۰ متر با توجه به آزمایش‌های انجام شده در طول ۱۵۰ متر زمان وصل به ۳۰ دقیقه و زمان قطع به ۱۵ دقیقه افزایش یافت. در مورد انتخاب زمانهای مناسب جهت آبیاری موجی و پیوسته با افزایش پله‌ای جریان از منحنی‌های پیشروی در آبیاری اول کمک گرفته شد. در ابتدا منحنی‌های پیشروی برای آبیاری پیوسته برای دبی‌های  $0/2$ ،  $0/4$  و  $0/6$  (لیتر بر ثانیه) تهیه گردید. منحنی‌های پیشروی برای دبی‌های مختلف در شکل ۶ نشان داده شده است. با بررسی منحنی‌های پیشروی مشاهده می‌گردد که منحنی در نقاطی تغییر شیب زیادی پیدا می‌کند و در نتیجه فاصله این منحنی با منحنی‌های با دبی بیشتر، زیادتر می‌گردد. این تغییر در شیب نمودار را می‌توان به عنوان زمان تغییر دبی در نظر گرفت. به عنوان مثال در مورد دبی  $0/2$  لیتر بر ثانیه زمانی که تغییر ناگهانی در شیب منحنی به وجود آمده است زمان ۱۵ دقیقه است. همانگونه که از منحنی شکل ۶ مشاهده می‌گردد در مدت ۱۵ دقیقه جبهه پیشروی آب توانسته است فاصله ۲۵ متر را طی کند و بعد از آن در ۱۵ دقیقه دوم ۱۵ متر دیگر را طی کرده است بنابراین زمان تغییر دبی از  $0/2$  به  $0/4$  زمان ۱۵ دقیقه مناسب به نظر می‌رسد. به عبارت دیگر زمان ۱۵ دقیقه مناسب برای آبیاری با دبی  $0/2$  است و بیش از این زمان برای آبیاری با این دبی باعث هدر رفتن آب می‌شود. در مورد دبی  $0/4$  لیتر بر ثانیه این زمان بین ۲۰ تا ۳۰ دقیقه است در نتیجه برای آبیاری با دبی  $0/4$  لیتر بر ثانیه مدت زمان ۲۵ دقیقه انتخاب گردید. ادامه مرحله پیشروی تا تکمیل مرحله پیشروی با دبی  $0/6$  لیتر بر ثانیه صورت می‌گیرد. بنابراین با توجه به نکات فوق دبی مورد نظر و زمان مورد نیاز جهت آبیاری با هر دبی، انتخاب و آبیاری انجام شد.



شکل ۶. منحنی‌های پیشروی برای سه دبی انتخابی

## نتایج و بحث

همانگونه که از شکلهای ۷ و ۸ مشاهده می‌گردد برای هر دو طول ۱۵۰ و ۲۰۰ متر هر دو تیمار آبیاری موجی توانست فاز پیشروی را تکمیل نماید در حالیکه این امکان برای آبیاری‌های پیوسته در طول ۲۰۰ متر حاصل نگردید. زمان فاز پیشروی برای آبیاری موجی با دبی ثابت کمتر از آبیاری موجی با افزایش پله‌ای جریان بوده است. در نگاه اول به نظر می‌رسد که چون زمان پیشروی بیشتر بوده است، حجم آب مصرفی نیز باید بیشتر باشد اما با توجه به جدول ۱ مشاهده می‌شود که در هر دو طول ۱۵۰ و ۲۰۰ متر میزان آب مصرفی در حالت موجی با افزایش پله‌ای جریان کمتر از آبیاری موجی با دبی ثابت بوده است و پس از آن آبیاری پیوسته با افزایش پله‌ای جریان، آبیاری موجی با کاهش و افزایش جریان و در نهایت آبیاری پیوسته قرار دارد. درصد کاهش حجم آب مصرفی برای طول شیار ۱۵۰ متر نسبت به حالت موجی ۱۴ درصد و نسبت به حالت پیوسته ۳۷ درصد بوده است. با افزایش طول به ۲۰۰ متر چون حجم آب مصرفی افزایش یافته است بنابراین این مقدار در مقایسه با طول ۱۵۰ متر به ۴ درصد کاهش یافت اما اگر میزان آب مصرفی را برای طول ۱۵۰ متر (در شیار ۲۰۰ متر) محاسبه گردد این مقدار حدود ۷ درصد می‌شود. تفاوت این مقادیر شاید به دلیل تغییر فصل آبیاری باشد. در نتیجه با انتخاب طول مناسب و دبی‌های مناسب می‌توان با استفاده از این روش بازده بهتری در آبیاری جوی و پشت‌های بدست آورد.

همانگونه که از منحنی‌های رطوبتی در شکلهای ۱۲ تا ۱۶ و جداول یکنواختی توزیع (جدول ۲ و ۳) رطوبت خاک مشاهده می‌شود آبیاری موجی با افزایش پله‌ای جریان توزیع یکنواخت‌تری نسبت به آبیاری موجی با دبی ثابت می‌تواند داشته باشد. چون محیط خیس شده رابطه مستقیم با میزان نفوذ دارد در نتیجه با توجه به اینکه در ابتدای شروع آبیاری دبی ورودی کم است بنابراین محیط خیس شده نیز کوچک است بنابراین تأثیر دو عامل محیط خیس شده و ارتفاع آب درون شیار باعث کاهش نفوذ در زمانهای اولیه و ابتدای شیار شده است. در زمان قطع جریان عواملی که بر روی نفوذ در آبیاری موجی تأثیر می‌گذارند در این حالت نیز عمل کرده و زمانی که وصل مجدد جریان وجود دارد نفوذ در ابتدای شیار کم و چون محیط خیس شده نسبت به حالت قبل افزایش پیدا می‌کند در نتیجه تعادلی بین نفوذ در ابتدای شیار و فواصل میانی بوجود می‌آید که این امر باعث بهتر شدن توزیع یکنواختی در طول شیار می‌گردد. به این نکته باید توجه داشت که در آبیاری اول چون گیاه تازه کشت شده است لذا نیازی به آبیاری عمیق نیست و تنها رساندن رطوبت به دانه و یا خیس کردن تمام شیار کافی است. مسئله دیگر زمان انجام آبیاری اول است در بعضی از زراعتها بدلیل اینکه با وجود میزان آب محدود بتوان سطح زیر کشت را افزایش داد و سپس بوسیله بارندگی‌های فصلی نیاز آبیاری تأمین گردد، آبیاری اول بسیار مهم است بنابراین اگر بتوان با استفاده از روشی سطح زیر کشت را افزایش داد، در طول دوره رشد که باران تأمین کننده نیاز آبی

گیاهان است مشکلی از نظر تأمین رطوبت وجود نخواهد داشت. در نتیجه اهمیت آبیاری اول برای زراعتها و زمانهای مختلف متفاوت است.

قبل از آبیاری دوم مشابه عملیات زراعی مرسوم در مزرعه، شیارها بوسیله تراکتور دیسک زده و یک شخم سطحی زده شد تا عمق شیار کاهش یابدکه باعث از بین رفتن شکل شیارها شده و انتظار میرفت با توجه به شخمی که شیارها خورده بودند آبیاری موجی بهتر از آبیاری پیوسته عمل کند اما رطوبت بالای لایه‌های زیرین و شخم سطحی که لایه‌های بالایی خورده بود باعث متراکم شدن لایه زیرین شده بود. این مسئله تأثیر زیادی روی پیشروی جریان در آبیاری دوم داشت. همانگونه که از شکل ۹ مشاهده می‌شود در این مورد نیز آبیاری موجی با افزایش پله‌ای جریان در کل زمان بیشتری برای تکمیل فاز پیشروی نیاز داشته است اما در نهایت میزان آب مصرفی در آبیاری موجی با افزایش پله‌ای جریان به میزان ۱۲ درصد کمتر از آبیاری موجی با دبی ثابت بوده است و مصرفی برابر با آبیاری پیوسته داشته است. در این مورد آبیاری پیوسته با افزایش پله‌ای جریان دارای بیشترین مصرف آب بوده است. در آبیاری‌های نوبت‌های سوم و چهارم با شکل‌گیری مقطع جریان از اثر آبیاری موجی با افزایش پله‌ای جریان کاسته شده به گونه‌ای که مصرف آب در این تیمار بیش از آبیاری موجی با دبی ثابت گردید.

در منحنی‌های شکل‌های ۹ و ۱۰ نکته قابل توجه روندی است که منحنی بعد از افزایش دبی به  $4/0$  لیتر بر ثانیه دارد. همانگونه که مشخص است دو منحنی پیشروی دبی ثابت و منحنی افزایش پله‌ای دبی با افزایش دبی به  $4/0$  لیتر بر ثانیه روند تقریباً یکسانی داشته است و بیشترین فاصله بین دو منحنی در زمانی که دبی  $2/0$  لیتر بر ثانیه در شیار وجود دارد، اتفاق می‌افتد. به نظر می‌رسد با حذف دبی  $2/0$  لیتر بر ثانیه و انتخاب زمان بیشتری برای دبی  $4/0$  لیتر بر ثانیه و سپس افزایش به مقدار  $6/0$  لیتر بر ثانیه زمان پیشروی کاهش یافته و در ضمن امکان کاهش میزان آب مصرفی نیز بوجود می‌آید. بنابراین انتخاب دبی مناسب همراه با زمان مناسب آبیاری می‌تواند در آبیاری بسیار مؤثر باشد.

### نتیجه‌گیری

- ۱- در آبیاری اول، آبیاری موجی و موجی با افزایش پله‌ای جریان و آبیاری پیوسته با افزایش پله‌ای جریان از آبیاری پیوسته بهتر عمل نموده است.
- ۲- آبیاری موجی با افزایش پله‌ای جریان نسبت به آبیاری موجی با دبی ثابت توانست در آبیاری اول و دوم در زمان پیشروی به طور متوسط ۱۰ درصد مصرف آب را کاهش دهد. در ضمن موجب بهبود توریع رطوبت در خاک شد.
- ۳- در آبیاری‌های سوم و چهارم، آبیاری موجی و موجی با افزایش پله‌ای جریان اثر خود را از دست داده و مزیتی نسبت به آبیاری پیوسته ندارد.

- ۴- با شکل گیری مقطع شیار آبیاری موجی و موجی با افزایش پله‌ای جریان اثر خود را از دست داده در حالیکه آبیاری پیوسته با افزایش پله‌ای جریان دارای بیشترین اثر می‌شود.
- ۵- آزمایشها نشان دادند که اگر طول شیار به گونه‌ای انتخاب شود که با سه موج فاز پیشروی کامل گردد بهترین نتیجه حاصل می‌شود.
- ۶- انتخاب روش آبیاری موجی با افزایش تدریجی جریان این امکان را می‌دهد که از دبی بیشتر از حداکثر دبی غیر فرسایشی استفاده کرد. زیرا با خیس شده شیار در موج اول که دبی کمتر از حداکثر دبی غیر فرسایشی است چسبندگی ذرات افزایش و در نتیجه حد آستانه حرکت ذرات افزایش می‌یابد که امکان آبیاری با دبی بیش از دبی حداکثر غیر فرسایشی را فراهم می‌آورد که به تبع آن کاهش مصرف آب و افزایش سطح زیر کشت را به دنبال دارد.

### پیشنهادها

- ۱- آبیاری موجی با افزایش پله‌ای جریان و آبیاری پیوسته با افزایش پله‌ای جریان در بافت‌های مختلف بررسی گردد.
- ۲- آبیاری پیوسته با افزایش پله‌ای جریان در آبهای با شوری بالا که آبیاری موجی جواب نمی‌دهد بررسی گردد.
- ۳- پیدیده افزایش پله‌ای جریان مدل گردد و زمان بهینه و دبی مناسب با استفاده از مدل انتخاب گردد.
- ۴- آبیاری موجی با افزایش پله‌ای جریان با دبی بیش از حداکثر دبی غیر فرسایشی بررسی گردد و با روش آبیاری موجی با دبی ثابت مقایسه شود.

### تشکر و قدردانی

منابع مالی این تحقیق از قطب آبیاری گروه آبیاری دانشگاه تهران تأمین شده است که بدینوسیله سپاسگزاری می‌شود.

جدول ۱: درصد افزایش (کاهش) حجم آب مصرفی در زمان پیشروی برای تیمارهای مورد آزمایش در مقایسه آبیاری پیوسته

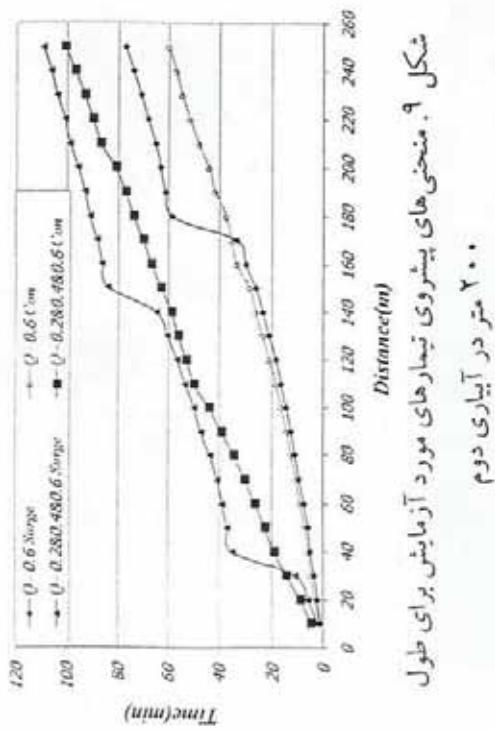
(lit/s) ۰/۶ موجی	(lit/s) ۰/۶-۰/۴-۰/۲ پیوسته	(lit/s) ۰/۶-۰/۴-۰/۲ موجی	نوع جریان
۳۷(-)(۱۴)/٪ نسبت به حالت موجی)	(۲۴)-(-)	(۲۷)-(-)	آبیاری اول(برای طول ۱۵۰ متر)
۴(نسبت به حالت موجی)	-	-	آبیاری اول(برای طول ۲۰۰ متر)
۰	۱۵	۱۲	آبیاری دوم
۱۴	(۷)-(-)	۰	آبیاری سوم
۲/۵	(۶)-(-)	۰	آبیاری چهارم

جدول ۲ . یکنواختی توزیع رطوبت در خاک برای تیمارهای آبیاری مورد آزمایش برای شیار ۱۵۰ متری(٪)

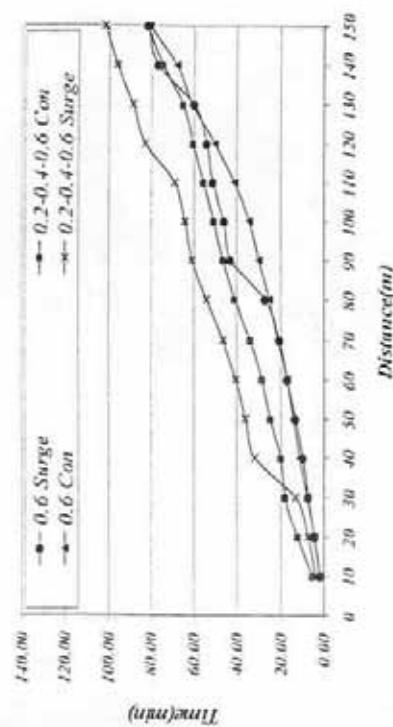
(lit/s) ۰/۶-۰/۴-۰/۲ موجی	(lit/s) ۰/۶ پیوسته	(lit/s) ۰/۶ موجی	عمق خاک
۹۷/۵	۹۸/۶	۹۵/۵	۲۰
۹۵/۷	۹۲/۲	۸۸/۶	۴۰
۹۵/۷	۸۶/۵	۸۸/۶	۶۰

جدول ۳ . یکنواختی توزیع رطوبت در خاک برای تیمارهای آبیاری مورد آزمایش برای شیار ۲۰۰ متری (٪)

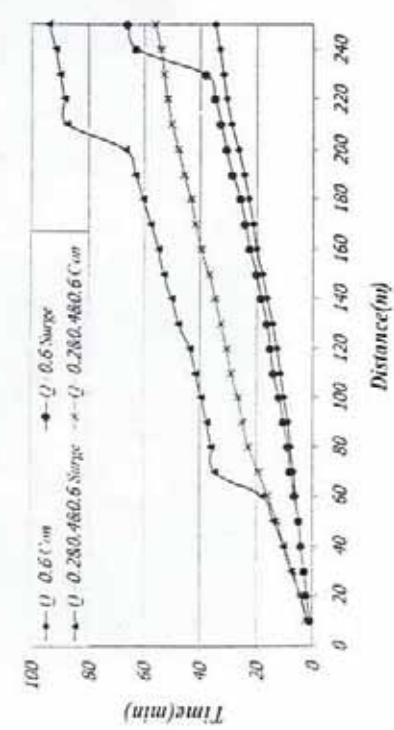
(lit/s) ۰/۶-۰/۴-۰/۲ موجی	(lit/s) ۰/۶ پیوسته	(lit/s) ۰/۶ موجی	عمق خاک
۹۷/۲	۹۸/۴	۹۰/۸	۲۰
۹۰	۹۰/۵	۸۹	۴۰
۸۹/۲	۸۸/۹	۸۷	۶۰



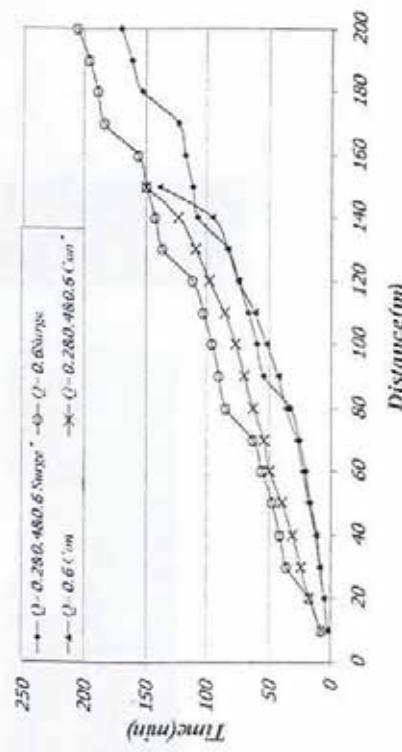
شکل ۹. منحنی های پیشروی تیمارهای مورد آزمایش برای طول ۲۰۰ سانتی متر در آبیاری دوم



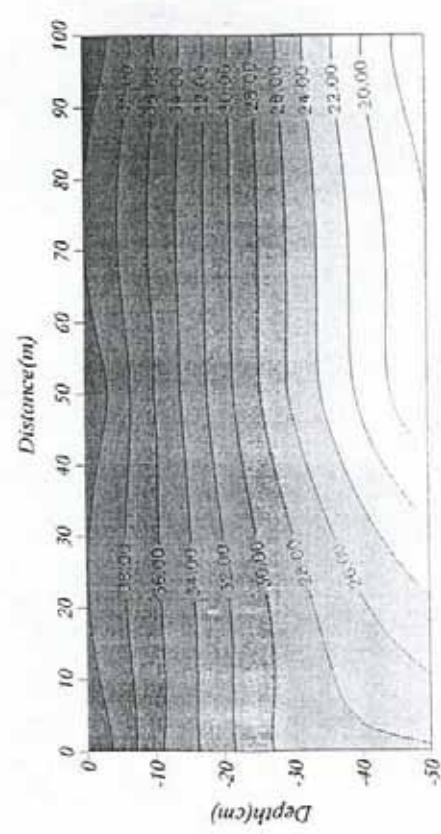
شکل ۱۰. منحنی های پیشروی تیمارهای مورد آزمایش برای طول



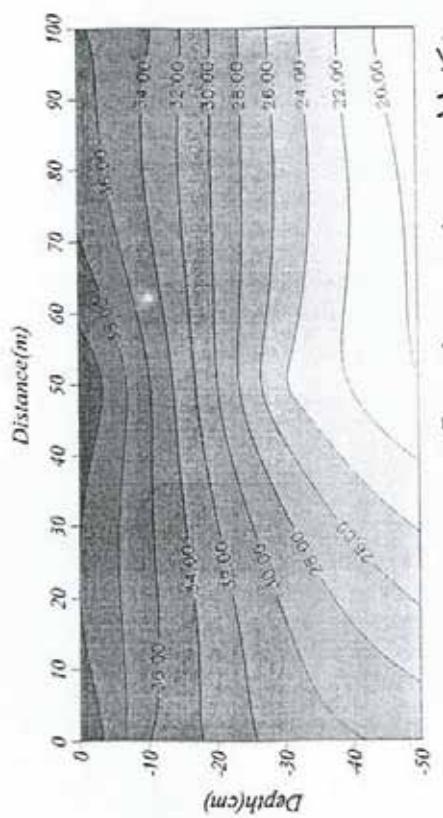
شکل ۱۱. منحنی های پیشروی تیمارهای مورد آزمایش برای طول ۲۰۰ سانتی متر در آبیاری سوم



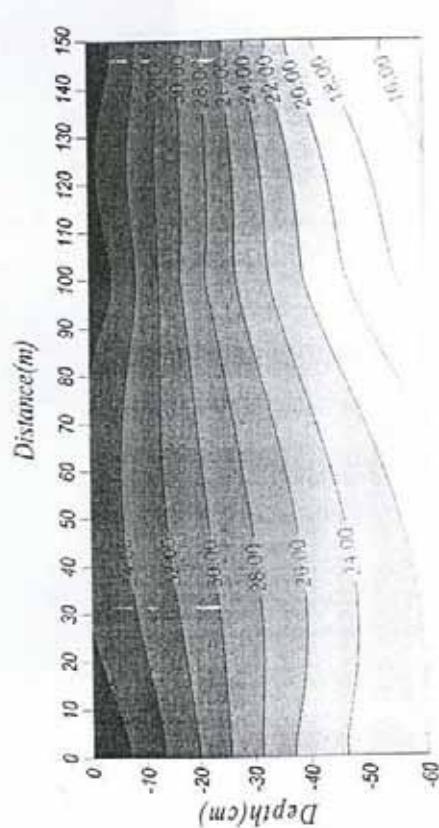
شکل ۱۲. منحنی های پیشروی تیمارهای مورد آزمایش برای طول ۲۰۰ سانتی متر در آبیاری اول



شکل ۱۳. توزع رطوبت در خاک در آبیاری ۱/۸، پیوسته برای طول ۱۰۰ متر

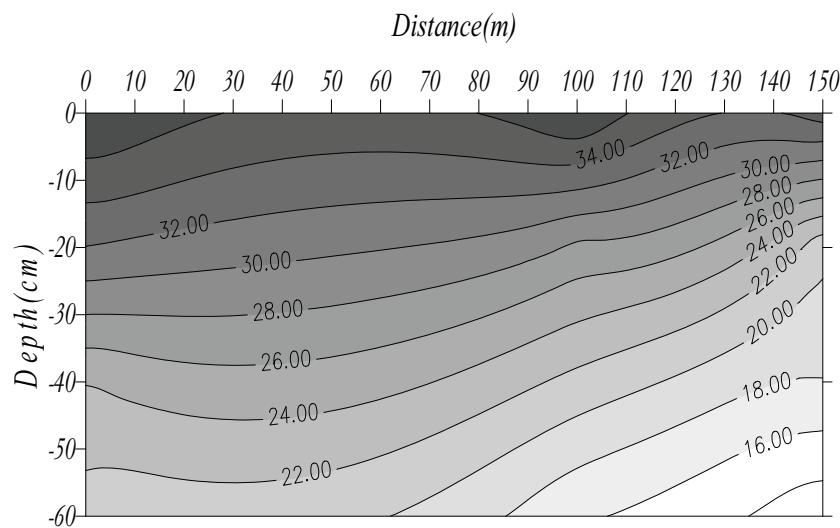


شکل ۱۴. توزع رطوبت در خاک در آبیاری ۱/۸، موجی برای طول ۱۵۰ متر

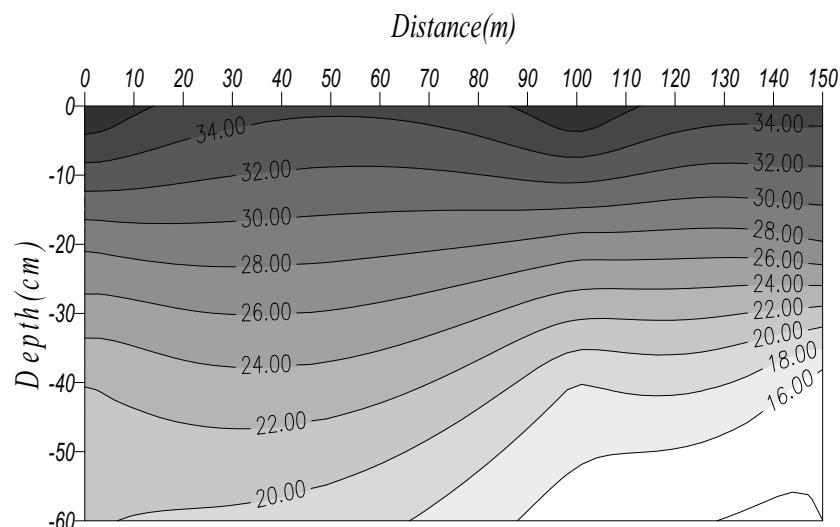


شکل ۱۵. توزع رطوبت در خاک در آبیاری ۱/۸، پیوسته برای طول ۲۰۰ متر

شکل ۱۶. توزع رطوبت در خاک در آبیاری موجی با افزایش بلندی جریان در شیار ۱۵۰ متری با دیجیتال لیزر بر ثانیه



شکل ۱۵. توزیع رطوبت در خاک در شیار ۲۰۰ متری در آبیاری ۶/۰ موجی



شکل ۱۶. توزیع رطوبت در خاک در شیار ۲۰۰ متری در آبیاری ۶-۰/۴-۰/۲ موجی

## کارگاه فنی آبیاری سطحی مکانیزه

۱۳۸۴ آذر ماه

تعیین پارامترهای معادلات نفوذ کوستیاکف و کوستیاکف - لؤئیس

برای آبیاری غلام گردشی

محمد مهدی کفایتی<sup>۱</sup>، بهروز مصطفیزاده<sup>۲</sup>، منوچهر حیدرپور<sup>۳</sup>

### چکیده

روش آبیاری سطحی یکی از قدیمی‌ترین روش‌های آبیاری است که به علت کم بودن هزینه اولیه آن (در مقایسه با روش آبیاری بارانی و قطره‌ای) تا به حال تحقیقات زیادی برای افزایش راندمان آن انجام گرفته است. برای استفاده بهینه از آب افزایش راندمان آبیاری ضروری است که پارامترهای معادله نفوذ که نقش اساسی در ارزیابی و طراحی سیستم‌های آبیاری دارند، با دقت خوبی تخمین زده شوند. آبیاری غلام گردشی یکی از روش‌های سنتی آبیاری شیاری در ایران است. با اینکه هنوز مطالعات جامعی پیرامون عملکرد هیدرولیکی این سیستم صورت نگرفته ولی زیاد بودن راندمان آبیاری این روش آبیاری در مزارع شیبدار بطور تجربی ثابت شده است. در این مقاله، روشهای ارائه گردیده است که می‌تواند پارامترهای معادلات نفوذ کوستیاکف و کوستیاکف-لؤئیس را بدون نیاز به محاسبات پیچیده، برای روش آبیاری غلام گردشی محاسبه نماید. در این مقاله با استفاده از معادله موازنۀ آبی و با در نظر گرفتن حجم ذخیره سطحی و محاسبه آن، حجم نفوذ تجمعی در زمانهای مختلف محاسبه و بر اساس آن پارامترهای معادلات نفوذ کوستیاکف و کوستیاکف-لؤئیس تعیین می‌گردد.

کلمات کلیدی: معادله موازنۀ آبی، ذخیره سطحی، نفوذ، آبیاری غلام گردشی.

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان

۲- دانشیار گروه آبیاری، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان

۳- استادیار گروه آبیاری، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان

## مقدمه

روش آبیاری سطحی یکی از قدیمی‌ترین روش‌های آبیاری است که به علت کم بودن هزینه اولیه آن (در مقایسه با روش آبیاری بارانی و قطره‌ای) تا به حال تحقیقات زیادی برای افزایش راندمان آن انجام گرفته است. به منظور ارزیابی، طراحی و یا شبیه‌سازی یک سیستم آبیاری سطحی در وحله اول نیاز به تعیین معادله نفوذ می‌باشد. هر چه این معادله دقیق‌تر ارزیابی گردد، بهتر می‌توان سیستم آبیاری مورد نظر را ارزیابی، طراحی و یا شبیه‌سازی نمود (۲). برای استفاده بهینه از آب و افزایش راندمان آبیاری لازم است که پارامترهای معادله نفوذ بخصوص در رابطه با عمق آب، محیط خیس شده و شکل هندسی شیار با دقت خوبی تخمین زده شوند. در صورتیکه پارامترهای معادله نفوذ با دقت مناسب و نزدیک به شرایط مزرعه‌ای تعیین نگردند ممکن است آبیاری بی‌رویه و در نتیجه فرونشست عمقی و رواناب انتهاهی صورت پذیرد و یا آبیاری، کمتر از مقدار مورد نیاز انجام گیرد که در هر دو صورت، راندمان آبیاری کم خواهد بود (۱). برای سیستم‌های استاندارد نظیر آبیاری شیاری، کرتی و نواری روش‌های متعددی جهت تعیین پارامترهای معادله نفوذ وجود دارند. از آن جمله می‌توان به روش‌های استوانه‌های نفوذسنج، شیار مسدود شده، نفوذ سنج گردشی<sup>۱</sup> و بیلان حجم<sup>۲</sup> اشاره نمود (۳). روش استوانه‌های نفوذسنج برای روش‌های آبیاری کرتی، نواری و بارانی کاربرد دارد و معادله به دست آمده معمولاً نیاز به تعديل سازی دارد (۴). سایر روش‌های تعیین نفوذ ذکر شده در بالا برای آبیاری شیاری کاربرد دارند که از بین آن‌ها، روش بیلان حجم و روش نفوذ سنج گردشی به علت اینکه تأثیر دینامیک جریان در تعیین معادله نفوذ را در نظر می‌گیرند و جریان آب تحت شرایط طبیعی زبری، شکل هندسی و محیط خیس شده شیار صورت می‌گیرد، از دقت خوبی برخوردار هستند (۴ و ۳).

روش بیلان حجم برای اولین بار توسط کریستیانسن و همکاران (۱۹۶۶) معرفی گردید. در تحقیقات به عمل آمده این روش به مرتب ساده‌تر و دقیق‌تر از سایر روش‌های است (۴ و ۸). این روش با داشتن دقت زیاد در آبیاری غلام گردشی کاربرد ندارد، زیرا در این روش آبیاری فرضیات روش بیلان حجم نظیر یکنواخت بودن جریان، یکنواخت بودن مقطع شیار و یکنواخت بودن شبیه شیار صادق نمی‌باشد.

نانسی و لامبرت (۱۹۷۰) برای اولین بار دستگاه اندازه‌گیری نفوذ آب به شیار، در حالتی که رواناب انتهای شیار به یک منبع آب برگردانده می‌شود را ابداع نمودند و مالانو (۱۹۸۲) این دستگاه را تکمیل نمود (به نقل از ۶). این روش دارای معایب و محدودیتهاست می‌باشد که از آن جمله مقدار ذخیره‌سطحی در طی آزمایش در محاسبه پارامترهای معادله نفوذ لاحاظ نمی‌شود و برای طول کوتاهی از شیار (معمولًاً ۶ تا ۱۲ متر) به کار می‌رود که در برخی مزارع نمی‌تواند شرایط نفوذ در کل شیار را ارائه نماید (۴). در آبیاری غلام گردشی نیاز به استفاده از طول زیادی از شیار است که با افزایش طول شیار و افزایش زمان آزمایش،

1- Recycling furrow infiltrometer

2- Volume balance method

تجهیزات مورد استفاده باید در اندازه‌های بزرگتری به کار گرفته شود در عین حال خطای حاصل از در نظر نگرفتن ذخیره سطحی افزایش می‌یابد.

هدف از تحقیق حاضر ارائه روشی برای تعیین پارامترهای معادلات نفوذ کوستیاکف<sup>۱</sup> و کوستیاکف-لوئیس<sup>۲</sup> برای آبیاری غلام‌گردشی می‌باشد.

## مواد و روش‌ها

تجهیزات مورد نیاز در این روش عمدهً شامل وسائل اندازه‌گیری دبی می‌باشند که باید در ابتدا و انتهای شیار نصب گردند. برای این کار می‌توان از وسایلی نظیر سرریز، روزنَه و پارشال فلوم استفاده نمود. پس از نصب وسایل اندازه‌گیری آب، دبی جریان ورودی و دبی جریان خروجی از شیار اندازه‌گیری و در فرم‌های مشخص ثبت می‌گردد. با داشتن این اطلاعات می‌توان هیدروگراف‌های جریان ورودی و خروجی را ترسیم نمود. آبیاری تا زمانی ادامه می‌یابد که نفوذ به نهایی برسد و این زمان با ثابت شدن هیدروگراف خروجی تحقق می‌یابد.

معادله موازنۀ (تعادل) آبی برای سیستم آبیاری سطحی در حال آبیاری که دارای رواناب باشد به صورت زیر می‌باشد:

$$V_{in} = V_{ss} + V_{inf} + V_{out} \quad (1)$$

که در آن:

$$V_{in} = \text{حجم آب ورودی بر حسب متر مکعب}$$

$$V_{ss} = \text{حجم آب ذخیره سطحی بر حسب متر مکعب}$$

$$V_{inf} = \text{حجم آب نفوذ کرده بر حسب متر مکعب}$$

$$V_{out} = \text{حجم آب خروجی بر حسب متر مکعب}$$

حجم آب نفوذ کرده برابر است با:

$$V_{inf} = V_{in} - (V_{out} + V_{ss}) \quad (2)$$

با داشتن مقادیر حجم آب نفوذی، پارامترهای معادلات نفوذ کوستیاکف و کوستیاکف-لوئیس قابل محاسبه است که مراحل کار به شرح زیر می‌باشد:

### ۱- محاسبه حجم آب ورودی و حجم آب خروجی

حجم آب ورودی در زمان  $t$  برابر است با مساحت زیر هیدروگراف ورودی از زمان صفر تا زمان  $t$  که با قانون ذوزنقه یا سایر روش‌ها قابل محاسبه می‌باشد. حجم آب خروجی در زمان  $t$  نیز همانند حجم آب ورودی با استفاده از هیدروگراف خروجی قابل محاسبه است.

1- Kostiakov

2- Kostiakov-Lewis

## ۲- محاسبه ذخیره سطحی

ذخیره سطحی از مقدار صفر در ابتدای آبیاری شروع شده و پس از مدتی که آب از نقطه خروجی سیستم خارج شد تقریباً به مقدار حداقل خود می‌رسد. از این زمان به بعد مقدار ذخیره سطحی را می‌توان تقریباً ثابت فرض نمود. در زمان قطع آبیاری، ذخیره سطحی مازاد بر نفوذ به تدریج از سیستم خارج شده و به مقدار صفر می‌رسد. حجم ذخیره سطحی در زمانی که مقدار آن ثابت است به صورت زیر قابل محاسبه است:

$$V_{ss} = V_{out(t_{cut}-t_{end})} + V_{inf(t_{cut}-t_{end})} \quad (3)$$

که در آن:

$V_{out(t_{cut}-t_{end})}$  = حجم آب خارج شده در نقطه خروجی از زمان قطع جریان تا زمانی که دبی در نقطه خروجی صفر می‌شود بر حسب مترمکعب

$V_{inf(t_{cut}-t_{end})}$  = حجم آب نفوذ کرده از زمان قطع جریان تا زمانی که دبی در نقطه خروجی صفر می‌شود بر حسب مترمکعب

$t_{cut}$  = زمان قطع جریان آب از زمان شروع آبیاری بر حسب دقیقه

$t_{end}$  = زمان قطع رواناب در نقطه خروجی از زمان شروع آبیاری بر حسب دقیقه

۱-۲- محاسبه  $V_{out(t_{cut}-t_{end})}$ : حجم آب خارج شده در نقطه خروجی در مدت زمان  $t_{cut} - t_{end}$  که برابر است با سطح زیر منحنی هیدروگراف خروجی از زمان  $t_{cut}$  تا  $t_{end}$  که با روش ذوزنقه‌ای قابل محاسبه است.

۲-۲- محاسبه  $V_{inf(t_{cut}-t_{end})}$ : حجم آب نفوذ کرده در سیستم در مدت زمان  $t_{cut} - t_{end}$  که با داشتن نفوذ نهایی خاک از معادله (۴) قابل محاسبه است (۳):

$$V_{inf(t_{cut}-t_{end})} = \frac{(t_{cut} - t_{end}) \times f_o}{2} \quad (4)$$

که در آن:

$f_o$  = سرعت نفوذ نهایی خاک بر حسب مترمکعب بر دقیقه

برای محاسبه نفوذ نهایی می‌توان از هیدروگراف‌های جریان ورودی و جریان خروجی کمک گرفت. با فرض اینکه زمان تداوم آبیاری در حدی باشد که منطقه مورد آزمایش به نفوذ نهایی برسد، نفوذ نهایی در طول شیار برابر است با:

$$f_o = \frac{Q_{in} - Q_{out}}{L} \quad (5)$$

که در آن:

$Q_{in}$  = مقدار دبی در نقطه ورودی بر حسب مترمکعب بر دقیقه

$Q_{out}$  = مقدار دبی در نقطه خروجی وقتی به مقدار ثابتی می‌رسد بر حسب مترمکعب بر دقیقه

$L$  = طول شیار بر حسب متر

### ۳- محاسبه حجم آب نفوذ کرده

پس از محاسبه حجم جریان ورودی، حجم جریان خروجی و ذخیره سطحی، نهایتاً با استفاده از رابطه (۲) حجم آب نفوذی برای زمان‌های مختلف محاسبه می‌گردد که بر حسب مترمکعب خواهد بود. با تقسیم حجم نفوذ کرده بر کل طول شیار، حجم آب نفوذی بر حسب مترمکعب بر متر به دست می‌آید.

### ۴- محاسبه پارامترهای معادلات کوستیاکف و کوستیاکف-لوئیس

برای محاسبه ضرایب معادلات فوق با داشتن ارقام جدول (۱) یعنی ارقام  $t$  و  $Z$  می‌توان از نرم‌افزار Excel یا روش دو نقطه استفاده نمود.

جدول ۱- نتایج حاصل از آزمایش نفوذ

Time (دقیقه)	$V_{in}$ (مترمکعب)	$V_{out}$ (مترمکعب)	$V_{ss}$ (مترمکعب)	$V_{inf}$ (مترمکعب)	$Z$ (مترمکعب بر متر)
۰	۰	۰	۰	۰	۰
۲۰	۱/۷۱۰	۰/۶۳۳	۰/۵۱۱	۰/۵۶۷	۰/۰۱۹
۳۰	۲/۶۹۹	۱/۵۲۴	۰/۵۱۱	۰/۶۶۴	۰/۰۲۲
۶۰	۵/۶۳۸	۴/۳۰۴	۰/۵۱۱	۰/۸۲۲	۰/۰۲۷
۹۰	۸/۷۲۱	۷/۱۵۵	۰/۵۱۱	۱/۰۵۵	۰/۰۳۵
۱۱۱	۱۰/۸۸۸	۹/۲۱۲	۰/۵۱۱	۱/۱۶۵	۰/۰۳۹

### اجرای آزمایش عملی در پارک کوهستانی صفه

برای بررسی و آزمایش روش بیان شده در این مقاله در عمل، یک سیستم غلام گردشی در جنوب اصفهان انتخاب و آزمایش تعیین معادله نفوذ برای آن انجام شد. سیستم مورد نظر به طول ۲۸۵ متر در دامنه کوه صفه قرار گرفته است. دبی آبیاری یعنی دبی آب ورودی به شیار تا حدی متغیر و طبق اندازه‌گیری‌های انجام شده، حداقل حدود ۱/۷ لیتر در ثانیه بود. شیب در جهت طولی شیار متغیر و به طور متوسط حدود ۸/۷ درصد می‌باشد. بستر شیار در محدوده قوس‌ها، سنگریزه و در سایر نقاط خاکی بود.

برای انجام آزمایش، ۳۰ متر اول شیار انتخاب شد. برای اندازه‌گیری دبی ورودی به شیار و دبی خروجی از محدوده مشخص شده شیار، از دو پارشال فلوم استفاده شد که رابطه دبی و ارتفاع فلوم قبلات گردیده بود. زمان قطع جریان آب ۱۱۱ دقیقه از شروع آزمایش بود و ۱۳۷ دقیقه بعد از شروع آزمایش مقدار جریان خروجی از فلوم انتهایی به صفر رسید.

## نتایج و بحث

با مقایسه حجم آب نفوذ کرده حاصل از اختلاف کل حجم آب ورودی به شیار و کل حجم آب خروجی از آن که توسط هیدروگرافهای ورودی و خروجی به دست آمد، مقدار نفوذ محاسبه شد. برای این منظور کل طول شیار آزمایشی به فواصل ۵ متری، ایستگاه گذاری شد و دو فلوم، یکی در ابتدا و یکی در انتهای شیار نصب گردید. سپس ارتفاع آب در فلومهای ورودی و خروجی در زمان‌های مختلف در طول آبیاری یادداشت شد. زمان رسیدن جریان آب به هر ایستگاه (پیشروی) در مرحله آبیاری و همچنین ناپدید شدن آب از هر ایستگاه (پسروی) پس از پایان آبیاری ثبت گردید. فرصت نفوذ در هر ایستگاه برابر با اختلاف زمان پیشروی و پسروی در آن ایستگاه می‌باشد. با قرار دادن فرصت نفوذ هر ایستگاه در معادله نفوذ، مقدار عمق آب نفوذ کرده در آن ایستگاه محاسبه شد.

محاسبات مربوط به مقادیر نفوذ در زمان‌های مختلف در جدول (۱) ارائه شده است. جدول (۲) حجم کل آب ورودی و حجم کل آب خروجی را نشان می‌دهد که تفاوت آن، حجم آب نفوذ کرده در کل شیار است. همچنین حجم کل آب نفوذ کرده در کل شیار با استفاده از فرمول معادلات نفوذ کوستیاکف و کوستیاکف-لوئیس در این جدول ارائه شده است. مقایسه نتایج به دست آمده از جدول (۲) نشان می‌دهد که روش ارائه شده از دقت خوبی در تعیین پارامترهای معادلات نفوذ کوستیاکف و کوستیاکف-لوئیس در روش آبیاری غلام گردشی برخوردار است.

جدول ۲- محاسبه نفوذ به روش‌های مختلف

$V_{in}$ مترمکعب	$V_{out}$ مترمکعب	$V_{inf}$ مترمکعب	$Z$ کوستیاکف مترمکعب	$Z$ کوستیاکف-لوئیس مترمکعب
۱۱/۱۰	۳/۹۳	۷/۱۷	۷/۷۵	۷/۱۳

نتایج نشان می‌دهد که حجم نفوذ محاسبه شده با استفاده از معادلات نفوذ کوستیاکف و کوستیاکف-لوئیس به ترتیب  $2/9$  و  $7/6$  درصد با مقدار محاسبه شده توسط هیدروگرافهای ورودی و خروجی تفاوت داشته، که این خطا قابل اغماض و ناشی از خطای انسانی در انجام آزمایشات و خطاها اندازه‌گیری می‌باشد.

## تشکر و قدردانی

این پژوهه تحقیقاتی با شماره ۱۳۳۲ و حمایت سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور، سازمان پارک‌ها و فضای سبز شهر اصفهان و دانشگاه صنعتی اصفهان انجام یافته است که بدبینوسیله سپاسگزاری می‌گردد. همچنین از آقایان مهدی علی‌خاچی و بهزاد قنبریان دانشجویان رشته آبیاری به خاطر همکاری در جمع‌آوری آمار صحرایی، صمیمانه قدردانی می‌شود.

## منابع

- ۱- سقائیان نژاد اصفهانی، س.ج. ۱۳۷۴. تأثیر محیط خیس شده بر روی پارامترهای معادلات نفوذ در آبیاری شیاری. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان.
- ۲- مروج الاحکامی، ب. ۱۳۸۳. مقایسه پارامترهای هیدرولیکی آبیاری شیاری با آبیاری شیاری گردشی. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان.
- ۳- مصطفیزاده، ب و س. ف. موسوی. ۱۳۷۵. آبیاری سطحی: تئوری و عمل(ترجمه). نوشته دبلیو. آر. واکر و گ. وی. اسکوگربو، انتشارات فرهنگ جامع، ۴۸۹ صفحه.
- ۴- مصطفیزاده، ب و س. ف. موسوی. ۱۳۷۰. تعیین پارامترهای معادله نفوذ کوستیاکف- لوئیس با استفاده از معادله بیلان حجم در یک مزرعه شیاری در اصفهان. مجله علوم و صنایع کشاورزی، جلد ۵، شماره (۱)، صفحات ۱۱۲-۱۰۱.
- ۵- مصطفیزاده، ب. ر. فتاحی و س. ف. موسوی. ۱۳۷۵. کاربرد مدل موج جنبشی در ارزیابی سیستم آبیاری شیاری. مجله علوم کشاورزی ایران، جلد ۲۷، شماره (۳)، صفحات ۵۴-۴۴.
- ۶- مصطفیزاده، ب و س. ف. موسوی. ۱۳۶۸. مقایسه نفوذ آب به شیار تحت روش های سرج و سنتی در آبیاری شیاری در سه مزرعه در اصفهان. مجله علوم و صنایع کشاورزی، جلد ۳، شماره (۲)، صفحات ۴۴-۲۵.
  
- 7- Christiansen, J. E, A. A. Bishop, F.W. Kiefer, Jr. and Y. S. Fok. 1966. Evaluation of intake rate constants as related to advance of water in surface irrigation. Trans. ASAE 9(2): 671-674.
- 8- Lai, R. and A. C. Pandya. 1977. Volume Balance method for computing infiltration in surface irrigation. Trans. ASCE 15(1): 67-72.



## کارگاه فنی آبیاری سطحی مکانیزه

۱۳۸۴ آذر ماه

### دستگاه اتوماتیک ثبت پیشروی آب در آبیاری سطحی

یاسین اسرрош<sup>۱</sup>، بهروز مصطفیزاده<sup>۲</sup>، سیدسعید اسلامیان<sup>۳</sup>

#### چکیده

اندازه‌گیری سرعت پیشروی آب در آبیاری سطحی از اهمیت خاصی برخوردار است. توزیع آب نفوذ یافته در طول مزرعه و نتیجتاً اتلاف آب و راندمان آبیاری تحت تأثیر پیشروی آب در طول مزرعه قرار دارند. اگر سرعت پیشروی آب با دقت بالا اندازه‌گیری گردد، زمان قطع جریان را که منجر به کاهش اتلاف آب آبیاری و افزایش راندمان آب آبیاری گردد را می‌توان براساس سرعت پیشروی آب تعیین نمود. از طریق اندازه‌گیری سرعت پیشروی آب اتوماتیک نمودن سیستم راحت‌تر انجام می‌گیرد. در این مطالعه یک دستگاه الکترونیکی و اتوماتیک ثبت پیشروی آب در طول مزرعه طراحی و ساخته شد. دستگاه ساخته شده ساده، سبک، کوچک و کم خرج است و می‌تواند به کامپیوتر متصل گردد و سیگنال رسیدن آب به نقاط مختلف در طول مزرعه را به دستگاه کنترل کننده مرکزی در مزرعه ارسال کند تا در صورت لزوم بعد از رسیدن آب به نقطه معین در طول مزرعه سیستم انتقال آب به مزرعه قطع گردد. بعد از اینکه آب به سنسورهای نصب شده در نقاط مختلف در طول مزرعه رسید سیگنال به بخش مونیتورینگ دستگاه ارسال خواهد شد. یک مزرعه آزمایشی آبیاری جویچه‌ای برای ارزیابی دستگاه مورد استفاده قرار گرفت. سنسورها در فواصل ۵ متری در طول جویچه آزمایشی نصب گردیدند. آب با دبی ثابت به جویچه انتقال یافت. ارقام پیشروی آب با استفاده از دستگاه و با استفاده از اندازه‌گیری مستقیم برداشت شد. نتایج نشان داد که دستگاه قادر است با دقت بالائی پیشروی آب در طول جویچه را بطور اتوماتیک اندازه‌گیری کند.

**واژه‌های کلیدی:** آبیاری سطحی، پیشروی، دستگاه اتوماتیک ثبت پیشروی، اتوماتیک نمودن

۱- دانشجوی گروه آبیاری، دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان

۲- دانشیار گروه آبیاری، دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان

۳- دانشیار گروه آبیاری، دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان

## مقدمه

پیشرفت در ساخت تجهیزات آبیاری، طراحی، افزایش راندمان آبیاری، اجرا و مدیریت زراعی در دو دهه اخیر قابل توجه بوده است و همچنان ادامه دارد. پیشرفتها در تکنولوژی آبیاری به آبیارها کمک می‌کند تا با اطلاعات مناسب و به هنگام تر، سیستمهای آبیاری، آبهای زیرزمینی و بارندگی را مدیریت کند (۲ و ۳). سنسورهای رطوبت خاک و دیگر دستگاههای الکترونیکی از سال ۱۹۷۰ بعنوان ابزاری برای مدیریت آبیاری و برنامه ریزی و بهره مندی مناسب از آب باران جهت آبیاری بهتر و موثرتر توسط بسیاری از آبیارها در کشورهای توسعه یافته استفاده می‌شوند.

یکی از رایجتری روش‌های آبیاری کشتزارها، آبیاری سطحی است که در آن آب به صورت ثقلی در روی زمین جریان یافته و سطح زمین به عنوان جذب کننده و انتقال دهنده آب مورد استفاده قرار می‌گیرد. آبیاری سطحی قدیمی‌ترین، ساده‌ترین، قابل اطمینان ترین و در اغلب موارد از لحاظ اقتصادی به صرفه ترین روش آبیاری است. لیکن برای کارآمد تر شدن احتیاج به اصلاح از نظر روش آبیاری و مدل‌سازی ریاضی دارد (۴ و ۵).

دشواری در مدل سازی مشخصات نفوذ خاک تحت آبیاری سطحی و نبود تجهیزات قابل اطمینان برای اندازه گیری متغیرهای متعدد، مانع از پذیرش تکنولوژی برای بهینه ساختن این روش ساده آبیاری بوده است. مدل‌های ریاضی مناسب و همساز با کامپیوتر در سال ۱۹۸۰ در دانشگاه ایالتی یوتا به خوبی پیشرفت کردند و پس از آن در سال ۱۹۹۰ در دانشگاه کوئیزلند جنوبی بهبود پیدا کرده و برنامه‌هایی به آنها افزوده شد. در کنار توسعه برنامه‌های کامپیوتری، دستگاههای دقیق الکترونیکی (که داده‌های ورودی مورد نیاز مدل‌ها را تامین می‌کردند) مانند سنسورهای پیشروی، جریان سنج و دیتالاگر طراحی و ساخته شدند.

با توجه به نبود چنین دستگاههایی در کشور عزیzman ایران، گران بودن نمونه‌های خارجی و نیاز مبرم بخش کشاورزی به این تجهیزات، اقدام به طراحی و ساخت سنسورهای تشخیص پیشروی جریان سطحی آب در مزارع آبیاری سطحی گردید تا با استفاده از آن در کنار سایر تجهیزات اتوماتیک کردن آبیاری بتوان با اعمال مدیریت بهتر راندمان کاربرد آب را افزایش، آب مصرفی مزارع را کاهش و روش‌های سنتی آبیاری را تغییر داد و استفاده از نیروی انسانی را به حداقل رساند و نهایتاً محصول بیشتری تولید کرد. مجموعه طراحی و ساخته شده برای تعیین دقیق زمان قطع و یا قطع و وصل جریان آب (در مورد آبیاری موجی) در آبیاری سطحی شامل جویچه، نوار و کرت با توجه به مسافت و ترسیم دقیق نمودار پیشروی جریان آب و دیگر کاربردهای مشابه و مرتبط با پارامترهای زمان-مسافت استفاده می‌شود. همچنین در آبیاری موجی (سرج) که از روش‌های مدرن آبیاری سطحی است برای تشخیص پایان فاز پیشروی در کنار سرج والوها مورد استفاده قرار می‌گیرند (۶ و ۷). قابل ذکر است که دستگاه سرج والو نیز برای نخستین بار در کشور توسط نویسنده‌گان مقاله حاضر طراحی و ساخته شده است (۸).

## مواد و روشها

اندازه‌گیری کمیتها فیزیکی در یک مزرعه کشاورزی به پارامترهای قابل بررسی و تجزیه و تحلیل با استفاده از روش‌های رایج دستی و مشاهده مستقیم عموماً بسیار وقت گیر، نیازمند نیروی انسانی، پر زحمت، پر هزینه و گاهی هم کم دقت می‌باشد. پیشرفتهای دو دهه اخیر در علوم الکترونیک و کامپیوتر به ما این اجازه را می‌دهد تا عناصری را که اصطلاحاً "سنسور" می‌نامیم جایگزین عامل انسانی برای مشاهدات معمول، تکراری و وقت‌گیر کنیم. هر سنسور بسته به طراحی به تغییراتی که در هوا، آب و خاک اتفاق می‌افتد واکنش نشان داده و امکان ثبت آن به صورت عددی را فراهم می‌سازد. این گیرندهای حساس می‌توانند از لحاظ مدار الکترونیکی و ساختمان پروبهای بسیار ساده و یا در حد یک کامپیوتر تک بورد کوچک که قابلیت تجزیه و تحلیل داده‌های برداشتی در محل را دارد پیشرفته باشند. تکنولوژیهای مختلفی در زمینه ساخت این سنسورها به کار گرفته می‌شوند که از برجسته ترین آنها می‌توان به این موارد اشاره کرد:

القا الکترومغناطیس، رسانایی الکتریکی، ترانزیستورهای اثر میدانی انتخاب کننده یون، سنسورهای اپتو الکترونیک، سنسورهای تشخیص جابجایی التراسونیک و ترکیبی از این تکنولوژیها. دستگاهی که در این پژوهش طراحی و ساخته شده است مجهز به یک سیستم میکروکنترل است که امکان ارتباط همزمان دستگاه با بیش از ۱۰۰ سنسور را فراهم می‌نماید.

### اجزا و شیوه کارکرد دستگاه:

- ۱- گیرنده و آشکارساز سیگنال (شکل ۱-الف)
- ۲- پروبها و فرستندهای سیگنال (شکل ۱-ب)



(ب)



(الف)

شکل ۱-الف) گیرنده و آشکارساز سیگنال (دستگاه مادر) ب) فرستنده سیگنال (سنسور)

فرستندهای سیگنال درون مزرعه و به فواصل مورد نظر از یکدیگر قرار می‌گیرند و به صورت سیمی یا بیسیم با دستگاه مادر (گیرنده و آشکارساز سیگنال) که در بیرون از زمین و در جای مناسب قرار داده می‌شود در ارتباط هستند. توضیح هر بخش بشرح زیر است.

### گیرنده و آشکارساز سیگنال

بطور کلی کیت الکترونیکی این بخش دارای واحد محاسبه و پردازش (آی سی میکروکنترولر)، حافظه استاتیک برای ثبت داده‌های برداشت شده با ظرفیتی در حدود ۲۰۰۰ داده، گیرنده و آشکار ساز امواج رادیویی، پورت استاندارد برای اتصال به رایانه، رابط کاربر بصورت صفحه نمایش (LCD)، صفحه کلید (Keypad) و آنتن است. تغذیه دستگاه به عهده یک باتری خشک ۱۲ ولتی ۱۲۰۰ میلی آمپر- ساعت قابل شارژ می‌باشد که پس از ۷ تا ۱۰ ساعت شارژ توسط شارژر با توجه به جریان مصرفی مدار که در حدود ۴۰ میلی آمپر است، حداقل ۳۰ ساعت جوابگوی دستگاه خواهد بود. دستگاه مادر (شکل ۱-الف) در ابعاد  $15 \times 15 \times 6$  سانتیمتر و به وزن تقریبی ۶۰۰ گرم (بدون باتری) می‌باشد. کاربرد هر یک از اجزاء نشان داده شده در شکل ۱-الف بشرح زیر می‌باشد (شکل ۲):



شکل ۲- صفحه نمایش، صفحه کلید، کلید روشن و خاموش و سایر اجزا رابط کاربر

#### الف) صفحه کلید

- ۱: F1: برای بازگشت به وضعیت اولیه و خارج شدن از وضعیت مد.
- ۲: F2: پس از فشار دادن کلید Enter حافظه بر روی نقطه شروع سنت می‌شود.
- ۳: F3: جهت پاک کردن حافظه استاتیک دستگاه پس از تایید بوسیله کلید Enter.
- ۴: Enter: با فشار دادن این کلید وارد مد حافظه خواهیم شد و از طریق کلید ۸ به تعداد داده‌های ثبت شده و بوسیله کلیدهای ۷ و ۹ به مقادیر موجود در حافظه دسترسی خواهیم داشت. همچنین کلید E برای انتقال داده‌های برداشت شده از حافظه به رایانه از طریق پورت استاندارد به کار می‌رود.
- ۵: A: این کلید دستگاه را وارد مد بیسیم می‌کند. با فشار دادن کلید Start دستگاه آماده دریافت امواج رادیویی (سیگنال) از طریق آنتن خود می‌گردد و به طور همزمان تایмер دستگاه نیز فعال می‌شود.

- LED زرد رنگ که مرتبا خاموش و روشن می‌شود نشان دهنده قرار گیری دستگاه در این وضعیت است. حال اگر جبهه پیشروی به پروبهایی که در مزرعه قرار دارند برسد سیگنالی برای دستگاه مادر فرستاده می‌شود که نتیجه آن ذخیره زمان دریافت پیام در حافظه استاتیک دستگاه، روشن شدن LED سبز رنگ و به صدا در آمدن بوق الکترونیکی (Buzzer) برای چند ثانیه است.
- ۶- B: در این مدل ارتباط سنسورها با دستگاه مادر از طریق سیم می‌باشد. مانند وضعیت A تایмер فعال شده و آماده ثبت زمان به محض دریافت سیگنال می‌گردد.
- ۷- C: در این حالت دستگاه را می‌توان به عنوان یک تایمر صرف، دارای حافظه با امکان بازیابی برای ذخیره پارامتر زمان، جهت آزمایش‌هایی که در مزرعه انجام می‌شوند به کار برد.
- ۸- D: این کلید به همراه چند دیگر جهت تنظیمات داخلی دستگاه به کار می‌رود.
- ب) صفحه نمایش: برای مشاهده تغییرات احتمالی در تنظیمات دستگاه، انتخاب مد مورد نظر و مشاهده و بازیابی داده‌های ذخیره شده در حافظه دستگاه به کار می‌رود.
- ج) کلید سیاه رنگ: برای روشن و خاموش کردن دستگاه می‌باشد.
- د) کلید زرد رنگ: با فشار آن دستگاه از کار متوقف شده و آماده دریافت دستور از کاربر می‌گردد.
- ه) کلید سبز رنگ: بک لایت صفحه نمایش است و امکان مشاهده در تاریکی را فراهم می‌کند.

### پروبهای و فرستندهای سیگنال

این بخش همانطور که گفته شد در مزرعه و در مسیر حرکت جریان آب قرار می‌گیرد. کیت الکترونیکی آن مجهز به یک مدار حساس برای تشخیص رطوبت، تولید کننده و فرستنده سیگنال و پورت اتصال برای ارتباط سیمی، آتن و پروبهایی (شکل ۳- ب) است که در کف جویچه یا نوار گذاشته می‌شوند.



(ب)



(الف)

شکل ۳- الف) سیم رابط بین دستگاه مادر و سنسورها (ب) پروبهایی که در مسیر جریان قرار می‌گیرند

تغذیه مدار به عهده باتری ۹ ولت کتابی ۲۰۰ میلی آمپر - ساعت از نوع قابل شارژ است که دستگاه را برای حدودا ۵۰۰ بار استفاده کفایت می‌کند. دستگاه (شکل ۱- ب) در ابعاد  $11 \times 8 \times 4$  سانتیمتر و به وزن تقریبی ۱۵۰ گرم می‌باشد. سر سفید رنگ پروپها (که در واقع مکعبی از تفلون به ابعاد  $1 \times 2 \times 2$  و دو قطعه کوچک ورق آهن گالوانیزه است) در کف جویچه آبیاری و در مسیر جریان آب قرار داده شده و فیش آن به جعبه سنسور متصل می‌گردد. کلید سیاه رنگ (شکل ۴- الف) قرار گرفته در پهلوی بدنه پلاستیکی برای روشن و خاموش کردن و کلید فشاری کنار آن برای ری ست و آماده نمودن مدار جهت تشخیص رطوبت استفاده می‌شود.



(ب)



(الف)



(ج)



(د)

شکل ۴- الف) کلید روشن و خاموش و ری ست (ب)، (ج) و (د) نزدیک شدن جریان آب به پروب و عبور از روی آن

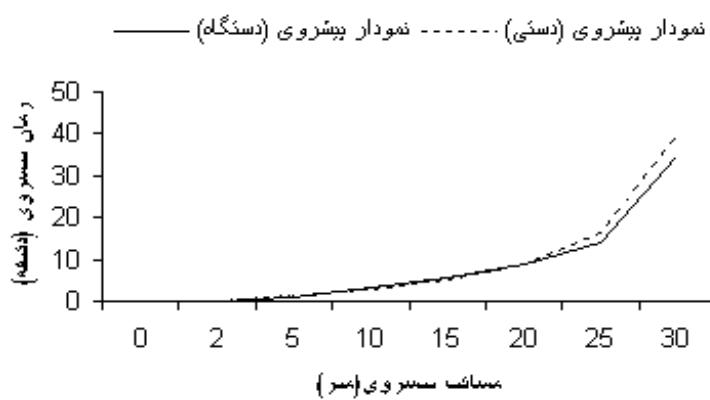
### نتیجه گیری و بحث

جهت ارزیابی دستگاه آزمایشی در مزرعه خزانه دانشگاه صنعتی اصفهان (شکل ۵) انجام شد و سنسورها با فواصل مساوی ۵ متری از یکدیگر، در ۷ ایستگاه در مسیر جریان آب در طول جویچه‌های آبیاری قرار داده شدند.



شکل ۵- نمایی از مزرعه خزانه دانشگاه صنعتی اصفهان و محل تست دستگاه

آزمایش با سنسورها جهت حصول اطمینان ۵ بار تکرار گردید. در کنار داده برداری توسط دستگاه، زمان‌های پیشروی آب در جویچه به صورت دستی جهت مقایسه نهایی یادداشت شدند. در پایان نمودار پیشروی که از دو روش اندازه‌گیری با دستگاه و اندازه‌گیری مستقیم بدست آمد جهت مقایسه رسم گردید (شکل ۶).



شکل ۶- نمودار پیشروی آب در جویچه با اندازه‌گیری دستی و استفاده از دستگاه

شکل ۶ شباهت بسیار نزدیک نتایج حاصل از دو روش اندازه‌گیری دستی و اندازه‌گیری توسط دستگاه را نشان می‌دهد. در حالت دستی حداقل دقت در داده برداری به کار گرفته شد و دستگاه الکترونیکی نیز با کنترل قبلی انجام شده بر روی آن بدون خطا اقدام به ذخیره زمانهای مربوط به پیشروی نموده است. اندک تفاوت موجود و عدم انتظامی صد درصد دو نمودار برهمنمایی بدلیل عواملی چون تاخیر چند ثانیه‌ای در قرائت مستقیم می‌باشد و شکل ۶ نشان می‌دهد که دستگاه پیشنهادی قادر است پیشروی آب در طول

مزرعه را با دقت بسیار بالا ثبت کند. از ارقام ثبت شده می‌توان برای فرمان قطع و وصل جریان آب و یا تغییر از روش جریان پیوسته به جریان آبیاری موجی و یا سایر روش‌های آبیاری سطحی استفاده کرد تا آبیاری بصورت دلخواه براساس کاهش اتلاف آب آبیاری انجام پذیرد.

### سپاسگذاری

بدین وسیله از آقایان مهندس سانیان دانشجوی مهندسی برق دانشگاه صنعتی اصفهان و مهندس مظاہری دانشجوی مهندسی برق دانشگاه صنعتی شریف به خاطر همکاری و راهنمایی صمیمانه و از دانشگاه صنعتی اصفهان بخاطر تامین هزینه طرح و سایر امکانات پژوهشی سپاس گذاری می‌گردد.

### فهرست منابع

- ۱- اسرрош، ی.، مصطفیزاده، ب. و س. اسلامیان. ۱۳۸۲. طراحی و ساخت دستگاه اندازهگیر خودکار نوسانات سطح آب. مجموعه مقالات هشتمین سمینار سراسری آبیاری و کاهش تبخیر، کرمان ۷-۸ بهمن، صفحات ۱۸۱-۱۷۵.
- ۲- کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران. ۱۳۷۵. آبیاری موجی. گروه کار آبیاری مکانیزه و میکرو. وزارت نیرو. ۱۴۸ ص.
- ۳- مصطفی زاده، ب. و ف. موسوی. ۱۳۷۵. آبیاری سطحی: تئوری و عمل (ترجمه). انتشارات فرهنگ جامع. ۴۹۶ ص.
- 4- Fekersillassie; D. and D. E. Ensenhauer., (2000), "Feedback-controlled surge irrigation: I. Model development." Trans. of the ASAE, 43 (6): 1621-1630.
- 5- Stringham; G. E., and J. Keller. Proc., (1979), "Surge flow for automatic irrigation. Presented at the July. 1979, ASCE Irrig. and Drain. Div. Special conference, held at Albuquerque. N. M.., pp. 132-142.
- 6- Walker, W. R. 2003. Sirmod III: Surface irrigation simulation, evaluation and design. Utah State University, Logan, Utah, U. S. A. Available at: [www.irri-net.org/sirmod/-9k](http://www.irri-net.org/sirmod/-9k).
- 7- Yonts; C. D., E. Eisenhauer, and D. Fekersillassie., (1996), "Impact of surge irrigation on furrow advance." Trans. of the ASAE, 39 (3): 973-979

## Automatic water advance recorder for surface irrigation

Y. Osroosh, B. Mostafazadeh and E. Eslamian

Former Student and Associate Professors, Irrigation Department, College of Agriculture,  
Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran.

### Abstract

The measurements of the water advance in surface irrigation are important. Water distribution along the field and consequently water losses and irrigation efficiency are influenced by water advanced along the field. If water advance front be measured accurately, the cut-off time can be determined based on the advance time which results in less runoff or deep percolation and higher application efficiency. Easier automation is another advantage of monitoring water advance front. In this study an automatic and electronic water advance recorder with high accuracy was designed and manufactured. The equipment is simple, light, small and inexpensive and can be connected to the computer in the field to analyze the data and send signal to the water delivery system to the furrows to shut down the system when water reaches to the certain point along the field. After water reaches to the probes that are installed at predetermined distances along the field, the signal will be sent to the monitoring portion of the device. A furrow irrigation experimental field was used for the field test. The probes were installed on the soil surface inside the furrows at 5 meters distance interval along the field. Constant discharge was delivered to each furrow. Advance water was measured by the probes and also by direct methods. The results showed that the device is able to accurately measure and stored water advance data.

**Keywords:** Surface irrigation, advance, automatic water advance recorder, automation



## کارگاه فنی آبیاری سطحی مکانیزه

۱۳۸۱۴ آذر ماه ۱۳

بررسی و مقایسه گزینه‌های انتقال آب و روش‌های مختلف آبیاری سطحی،  
تحت فشار و دو سامانه‌ای (تلفیق آبیاری سطحی و تحت فشار) در طرح توسعه  
شبکه آبیاری و زهکشی واحد عمرانی ۵ دشت دوسالق (کرخه)

حسین چاکری<sup>۱</sup>، محمدعلی امینی مطلق<sup>۲</sup>، ابراهیم آدینه<sup>۳</sup>

### ۱- چکیده

مطالعات مرحله اول طرح آبیاری و زهکشی کرخه طی سالهای ۶۷-۷۱ در شرایط غیرمعارف (شرایط بعد از جنگ) انجام شده است. در برنامه‌ریزی اولیه منابع آب و در شرایط بهره‌برداری از سد مخزنی کرخه با تنظیم ۲/۶ میلیارد مترمکعب، تأمین آب مورد نیاز سطحی بالغ بر ۲۲۰۰۰ هکتار از اراضی پایاب سد کرخه بشرح زیر موردنظر بوده است :

- ۱- اراضی کرخه علیا (اراضی پایاب سد تنظیمی - انحرافی پایپل) ۵۵۰۰ هکتار
- ۲- اراضی آبخور تونل انتقال آب دشت عباس ۱۷۰۰ هکتار
- ۳- اراضی کرخه سفلی (اراضی پایاب سد انحرافی حمیدیه) ۱۴۸۰۰ هکتار

همزمان با مطرح شدن احداث سدهای برقابی بالادست سد کرخه و افزایش حجم آب قابل تنظیم، توسعه اراضی پایاب سد کرخه بشرح زیر در دستور کار قرار گرفت :

۴- توسعه اراضی آبخور تونل انتقال آب دشت عباس تا سقف ۵۰۰۰ هکتار در راستای سیاستهای توسعه مناطق مرزی (شامل ۱۷۰۰ هکتار اراضی دشت عباس و ۳۳۰۰ هکتار اراضی دشت‌های فکه و عینخوش).

۵- تفکیک اراضی طرحهای کوثر و چمران از سیستم دز و کارون و الحاق آن به سیستم کرخه. اشاره می‌شود طرحهای مذکور قبل از مطالعات توجیهی حوزه کرخه، در حوزه‌های دز و کارون بطور مستقل مطالعه شده است. بررسیهای انجام شده نشان می‌دهد الحاق این اراضی در سطح ۸۰۰۰ هکتار به سیستم کرخه به لحاظ فنی و اقتصادی از توجیه‌پذیری بیشتری برخوردار است.

لازم به ذکر است با اضافه شدن اراضی فکه و عینخوش به اراضی آبخور تونل انتقال آب دشت عباس (ردیف ۴) بررسیهای انجام شده نشان می‌دهد آبرسانی به بخشی از اراضی کرخه علیا (واحد عمرانی ۵

۱- کارشناس ارشد و سرپرست پژوهش‌بهینه‌سازی تخصیص منابع آب حوزه کرخه - مهندسی مشاور مهاب قدس

۲- کارشناس ارشد و سرپرست طرح آبیاری و زهکشی دشت اوان- مهندسی مشاور مهاب قدس

۳- کارشناس آبیاری و زهکشی مهندسی مشاور مهاب قدس

دشت دوسالق) که به طریق پمپاژ از کanal اصلی پایپ PMC و استفاده از روش آبیاری سطحی پیش‌بینی شده بود از طریق کanal فکه به روش ثقلی امکان‌پذیر است.

در مطالعات یکپارچه‌سازی منابع آب کرخه با هدف ارائه طرح‌های بهینه مصرف آب، بازنگری‌های لازم در سیستم‌های انتقال آب، شبکه‌های آبیاری و زهکشی و روش‌های آبیاری با رعایت جنبه‌های فنی و اقتصادی انجام گردیده است.

مقاله حاضر به لزوم بازنگری سیستم انتقال آب و شبکه اصلی و فرعی آبیاری و زهکشی واحد عمرانی ۵ دشت دوسالق می‌پردازد. در این مقاله گزینه‌های انتقال آب، روش‌های مختلف آبیاری اعم از سطحی، تحت فشار و نیز روش‌های دو سامانه‌ای (تلغیق آبیاری سطحی و تحت فشار) مورد بررسی قرار گرفته و گزینه برتر به لحاظ فنی و اقتصادی انتخاب شده است.

## ۲- مقدمه

رویدخانه کرخه پرآب‌ترین رودخانه کشور بعد از رودخانه‌های دز و کارون می‌باشد که در حوزه‌ای به وسعت ۵۰۰۰ کیلومتر مربع و با دبی ۱۷۶ مترمکعب در ثانیه به جلگه خوزستان وارد می‌شود. سد مخزنی کرخه با هدف تامین آب آبیاری، تولید انرژی برقابی، کنترل سیل و تامین نیازهای زیست محیطی ساخته شده است. حجم آب قابل تنظیم سد کرخه حدود ۳/۶ میلیارد مترمکعب می‌باشد که با احداث سدهای برقابی پاعلام، سیمره و سازین در بالادست سد کرخه و افزایش توانایی تنظیم سد کرخه به ۴/۳ میلیارد مترمکعب، آب موردنیاز اراضی پایاب سد کرخه در سطحی بالغ بر ۳۳۰/۰۰۰ هکتار بشرح زیر تامین خواهد گردید:

### الف - کرخه علیا (اراضی پایاب سد تنظیمی - انحرافی پایپ)

دشت‌های پایپ شامل اوان، دوسالق، ارایض و باغه جمعاً در سطح ۵۵۰۰ هکتار (خالص) با آبگیری و انحراف آب از محل سد تنظیمی - انحرافی پایپ و انتقال آب توسط کanal اصلی پایپ Pay-e-pol . Main Canal (PMC)

### ب - اراضی آبخور تونل انتقال آب دشت عباس

دشت‌های عباس، فکه و عین‌خوش<sup>۱</sup> جمعاً در سطح ۵۰۰۰ هکتار.

### ج - کرخه سفلی (اراضی پایاب سد انحرافی حمیدیه)

دشت‌های آزادگان، جنوب کرخه نور، کوثر<sup>۲</sup>، چمران<sup>۳</sup>، حمیدیه، قدس و... در سطح ۲۲۵۰۰ هکتار.

۱- در مطالعات اولیه سطح اراضی پایاب تونل انتقال به اراضی دشت عباس در سطح ۱۷۰۰۰ هکتار محدود می‌شد متعاقباً در راستای سیاست‌های توسعه مناطق مرزی وزارت نیرو، دشت‌های فکه و عین‌خوش در سطح ۳۳۰۰۰ هکتار به اراضی آبخور تونل اضافه گردید و بدین ترتیب سطح اراضی آبخور تونل به ۵۰۰۰ هکتار افزایش یافت. بررسی‌های انجام شده نشان می‌دهد با اجرای سیستم انتقال آب و شبکه آبیاری دشت فکه، آبرسانی به بخشی از اراضی دشت دوسالق (واحد عمرانی ۵) که قبلاً به روش پمپاژ از کanal پایپ PMC پیش‌بینی شده بود) از طریق امتداد کanal فکه تا راس اراضی واحد عمرانی ۵ بصورت ثقلی امکان‌پذیر بوده و نسبت به پمپاژ از توجیه‌پذیری بیشتری برخوردار است (موضوع مقاله).

۲- در مطالعات اولیه و قبل از شروع مطالعات طرح کرخه، تامین آب اراضی کوثر و چمران به ترتیب از رودخانه‌های دز و کارون بطور مستقل و به طریق پمپاژ پیش‌بینی شده بود. مطالعات بعدی نشان داد آبرسانی به اراضی کوثر از رودخانه کرخه با پمپاژ (ارتفاع دینامیکی) کمتر مقدور بوده و توجیه بیشتری دارد. مضاف بر آن آبرسانی به اراضی چمران از سیستم کرخه بطریق ثقلی امکان‌پذیر بوده و به لحاظ فنی و اقتصادی نسبت به پمپاژ از کارون توجیه‌پذیری بیشتری دارد. بدین ترتیب با الحاق اراضی کوثر، چمران و توسعه اراضی پائین دست طرح چمران جمعاً حدود ۸۰۰۰ هکتار به اراضی آبخور کرخه سفلی اضافه گردید.

- با عنایت به مطالب فوق و تغییرات پیش آمده در سیستم‌های انتقال آب به اراضی که عمدتاً ناشی از پراکندگی، ناهمزنمانی و عدم جامع‌نگری مطالعات طرح‌ها از یک طرف و ضرورت مصرف بهینه آب در اراضی بالادست و پائین‌دست سد کرخه و نیز تأمین نیازهای زیست محیطی تالاب هورالعظیم از طرف دیگر بوده است. مطالعات طرح یکپارچه‌سازی منابع آب کرخه تحت عنوان "بهینه‌سازی تخصیص منابع آب کرخه" در دستور کار قرار گرفت. در شرایط اجرای کامل طرح‌های آبیاری پیشنهادی، تجدید نظر در سیاست‌های کشاورزی و الگوهای زراعی، کاربرد روش‌های جدید آبیاری و ارائه طرح‌های بهینه انتقال آب و آبیاری و زهکشی اهداف طرح محقق خواهد گردید (نقشه‌ضمیمه).

- در این مقاله ضمن اشاره مختصر به عوامل مؤثر در انتخاب سیمای طرح توسعه واحد عمرانی ۵ دشت دوسالق (کرخه) گزینه‌های آبگیری و آبرسانی، شبکه‌های اصلی و فرعی آبیاری و نیز روش‌های مختلف آبیاری شامل روش سطحی، تحت فشار و دو سامانه‌ای مورد بررسی و تجزیه و تحلیل فنی و اقتصادی قرار گرفته است.

### ۳- سیمای طرح توسعه

در ارائه سیمای طرح‌های توسعه آبیاری، با هدف بهره‌برداری بهینه از منابع آب و خاک گستره طرح، کلیه عوامل تأثیرگذار شامل ملاحظات فنی، اقتصادی، مسائل اجتماعی و اجرایی و ... در نظر گرفته می‌شود. در انتخاب سیمای طرح توسعه واحد عمرانی ۵ دوسالق دو عامل اساسی زیر نقش عمدت دارند :

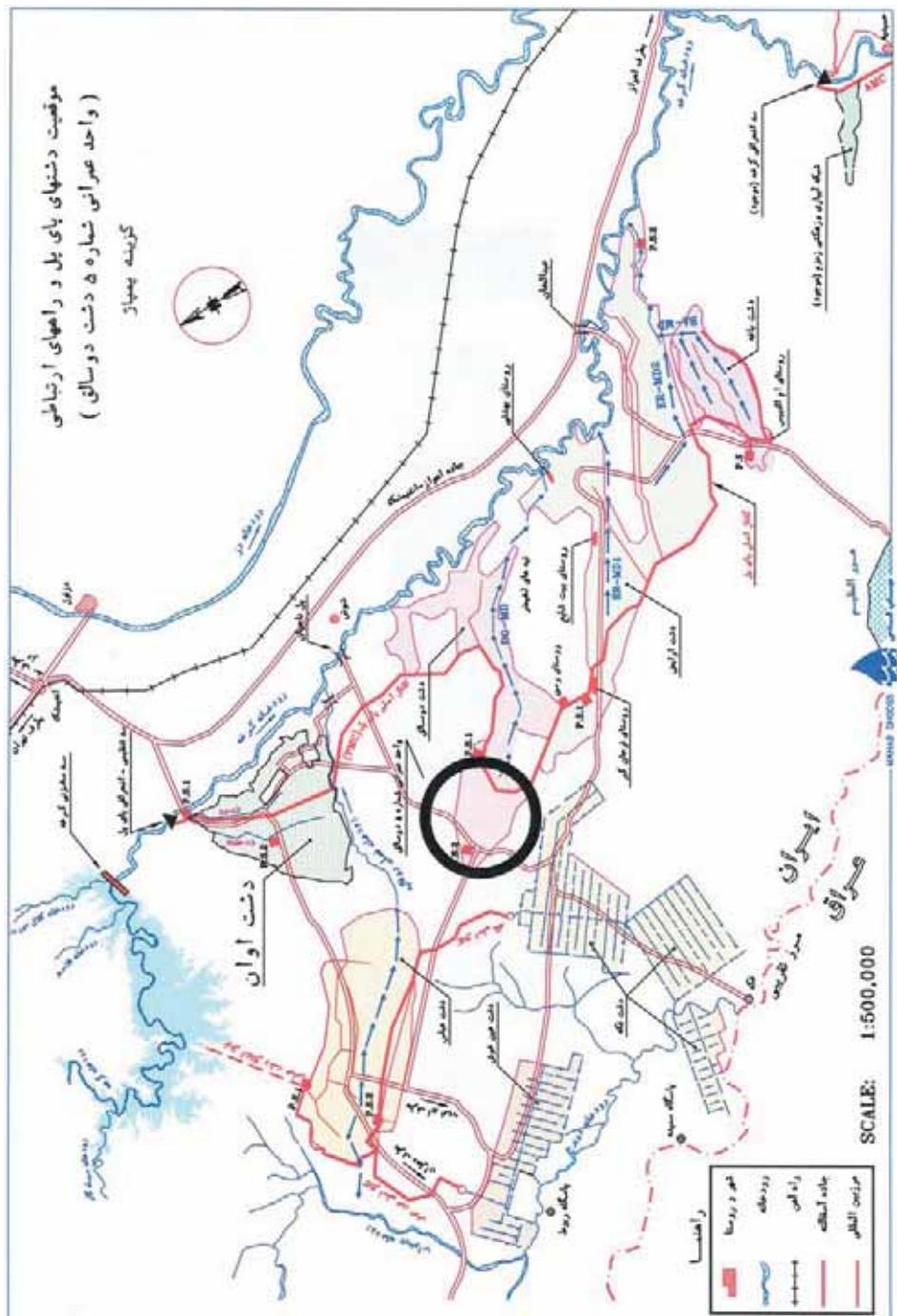
۱- نحوه آبگیری و انتقال آب به اراضی.

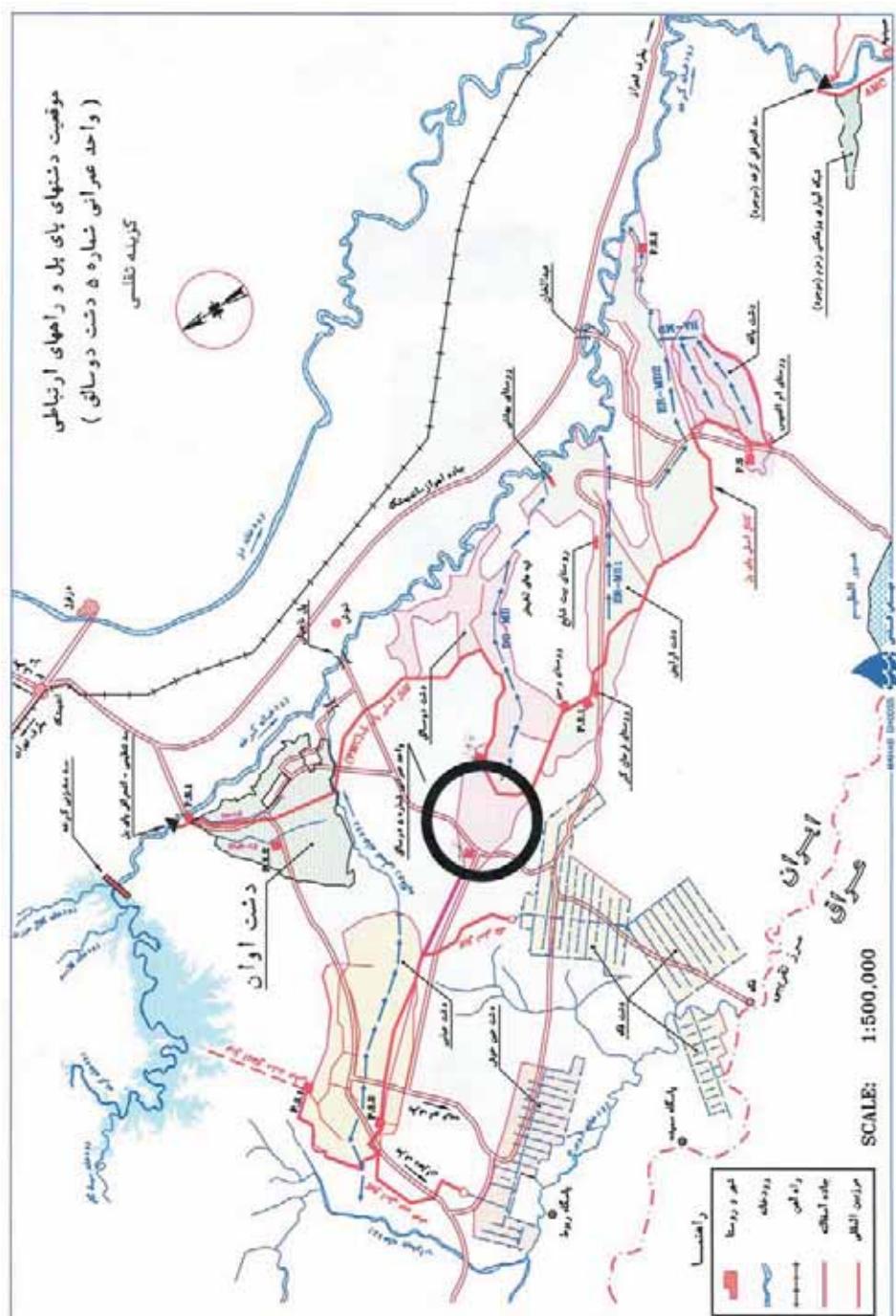
۲- روش‌های مختلف آبیاری.

گزینه‌های آبگیری و انتقال آب در ۲ گروه تعریف شده‌اند :

**گروه اول - گزینه‌های آبگیری از کanal اصلی پای‌پل (PMC)**  
کanal مزبور از محل سد تنظیمی انحرافی پای‌پل آبگیری نموده و پس از طی حدود ۴۴ کیلومتر از پائین‌دست محدوده اراضی واحد عمرانی ۵ دوسالق عبور می‌نماید. آبرسانی به اراضی از طریق احداث ایستگاه پمپاژ صورت می‌گیرد (گزینه پمپاژ).

**گروه دوم - گزینه‌های آبگیری از کanal فکه**  
کanal مزبور از کanal اصلی دشت عباس منشعب شده و پس از طی مسافتی برابر با ۴۶ کیلومتر و مشروب نمودن دشت فکه تا رأس اراضی واحد عمرانی ۵ دوسالق امتداد می‌یابد. جریان آب به طریق ثقلی توسط لوله و یا کanal به ابتدای شبکه آبیاری و زهکشی انتقال می‌یابد.  
شایان ذکر است در طراحی سیمای طرح توسعه روش‌های مختلف آبیاری اعم از سطحی، تحت فشار و دو سامانه‌ای (تلفیق آبیاری سطحی و تحت فشار) نقش اساسی دارند (گزینه ثقلی).





#### ۴- معرفی گزینه‌های مختلف طرح توسعه

گزینه‌های طرح توسعه واحد عمرانی پنج دوسالق بشرح زیر تعریف شده و مشخصات آنها در جدول شماره (۱) ارائه گردیده است.

##### ۴-۱- گزینه یک - تأمین آب مورد نیاز اراضی از کanal اصلی پایپل

الف - زیرگزینه ۱-۱- آبگیری از کanal اصلی پایپل با احداث ایستگاه پمپاژ و آبیاری سطحی

در این گزینه آب مورد نیاز واحد عمرانی بوسیله آبگیری از کanal اصلی پایپل به طریق پمپاژ تأمین می‌شود.

اجزای زیرگزینه ۱-۱ شامل ایستگاه پمپاژ، سیستم انتقال، کانالهای درجه یک و دو و شبکه فرعی آبیاری سطحی روباز می‌باشد. بطور کلی ازنظر فنی محدودیت خاصی در انتخاب این روش وجود ندارد و مزایای آن شامل شبکه کم و توپوگرافی منظم اراضی می‌باشد.

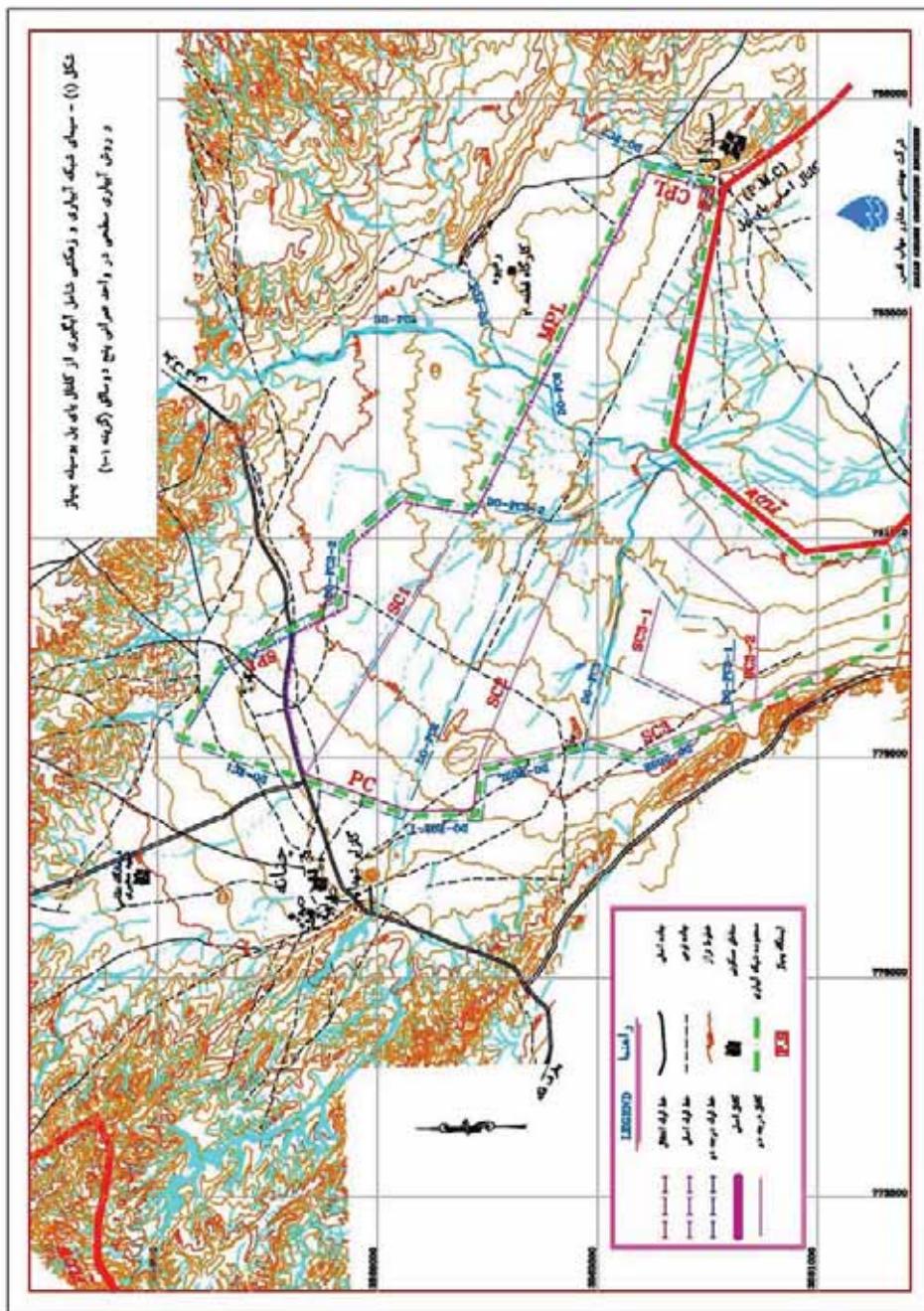
سیمای کلی این زیرگزینه در شکل شماره (۱) و مشخصات اجزای طرح همراه با هزینه‌های مربوط به آنها به ترتیب در جداول شماره (۲) و (۳) ارائه گردیده است.

##### ب - زیرگزینه ۲-۱- آبگیری از کanal اصلی پایپل با احداث ایستگاه پمپاژ و آبیاری تحت فشار

در زیرگزینه ۲-۱ تأمین آب مورد نیاز شبکه آبیاری مانند زیرگزینه ۱-۱ بوسیله آبگیری از کanal اصلی پایپل صورت می‌پذیرد. اجزای این گزینه شامل ایستگاه پمپاژ، سیستم انتقال، خطوط لوله اصلی و درجه یک و دو و شبکه فرعی آبیاری تحت فشار به روش بارانی می‌باشد. دلیل انتخاب روش بارانی سهولت تأمین ارتفاع دینامیکی با توجه به طرح خطوط لوله تحت فشار در شبکه اصلی می‌باشد.

جدول ۱- مشخصات گزینه‌های مختلف طرح توسعه در واحد عمرانی پنج دوسالق

راندمانهای آبیاری (درصد)				مساحت خالص (هکتار)	ضریب ناخالصی	روش آبیاری	شرح	گزینه
کل	کاربرد	توزیع	انتقال					
۵۰	۶۵	۸۵	۹۰	۲۰۴۰	۰/۸۵	سطحی	آبگیری از کanal اصلی پایپل (PMC) بوسیله پمپاژ	۱-۱
۶۵	۷۰	۹۷	۹۵	۲۲۸۰	۰/۹۵	تحت فشار	آبگیری از کanal اصلی پایپل (PMC) بوسیله پمپاژ	۲-۱
۵۰	۶۵	۸۵	۹۰	۲۰۴۰	۰/۸۵	سطحی	آبگیری بوسیله کanal از کanal فکه (FMC)	۱-۳
۶۵	۷۰	۹۷	۹۵	۲۲۸۰	۰/۹۵	تحت فشار	آبگیری بوسیله لوله از کanal فکه (FMC)	۲-۲
۶۰	۶۵	۹۷	۹۵	۲۱۶۰	۰/۹۰	کم فشار	آبگیری بوسیله لوله از کanal فکه (FMC)	۳-۲



جدول ۲- مشخصات اجزای طرح توسعه در زیرگزینه ۱-۱

ردیف	اجزای طرح توسعه	طول (m)	قطر (mm)	ظرفیت حداکثر (Lit/sec)	ارتفاع دینامیکی (m)
۱	سیستم انتقال آب (خط لوله)	۹۹۴۰	۹۰۰~۱۰۰۰	۱۳۴۶	-
۲	ایستگاه پمپاژ	-	-	۱۳۴۶	۴۰
۳	شبکه آبیاری و زهکشی (کانال و زهکشی روباز)	۱۷۶۴۷	-	۲۳۱~۱۳۴۶	-

**جدول ۳- هزینه کلی سیستم انتقال و شبکه آبیاری و زهکشی در زیرگزینه ۱-۱ (میلیون ریال)**

ردیف	شرح	خرید	اجرا	جمع
۱	سیستم انتقال آب (خط لوله)	۱۲۳۵۶	۱۷۲۳	۱۵۰۷۹
۲	ایستگاه پمپاژ	۷۷۷۰	۱۸۱۰	۹۵۸۰
۳	شبکه اصلی آبیاری و زهکشی (کanal و زهکشها روباز)	۹۸۹	۱۷۷۳۰	۱۸۷۱۹
۴	جمع	۲۲۱۱۵	۲۱۲۶۳	۴۲۳۷۸
۵	شبکه فرعی آبیاری و زهکشی (کanal و زهکشها عمیق)	۱۹۳۰	۲۲۵۵۰	۲۴۴۸۰
جمع کل				
۶۷۸۵۸				

از نظر فنی شرایط حاکم بر منطقه طرح برای این روش مناسب بوده و یکی از محسن آن افزایش راندمان آبیاری است.

سیمای کلی زیرگزینه ۲-۱ در شکل شماره (۲) و مشخصات اجزای طرح توسعه همراه با هزینه‌های مربوط به آنها به ترتیب در جداول شماره (۴) و (۵) ارائه شده است.

**جدول ۴- مشخصات اجزای طرح توسعه در زیرگزینه ۲-۱**

ردیف	اجزای طرح توسعه	طول (m)	قطر (mm)	ظرفیت حداکثر (Lit/sec)	ارتفاع دینامیکی (m)
۱	سیستم انتقال آب (خط لوله)	۸۹۳	۹۰۰	۹۱۲	-
۲	ایستگاه پمپاژ	-	-	۹۱۲	۷۵
۳	شبکه آبیاری و زهکشی (خطوط لوله تحت فشار)	۲۰۴۴۳	۲۵۰~۹۰۰	۶۶~۹۱۲	-

**جدول ۵- هزینه کلی سیستم انتقال و شبکه آبیاری و زهکشی در زیرگزینه ۲-۱ (میلیون ریال)**

ردیف	شرح	خرید	اجرا	جمع
۱	سیستم انتقال آب (خط لوله)	۱۱۲۹	۱۷۹	۱۳۰۸
۲	ایستگاه پمپاژ	۷۶۸۰	۱۷۷۰	۹۴۵۰
۳	شبکه اصلی آبیاری و زهکشی (خطوط لوله تحت فشار و زهکشها روباز)	۱۲۷۱۶	۵۶۶۰	۱۸۳۷۶
۴	جمع	۲۱۵۲۵	۷۶۰۹	۲۹۱۳۴
۵	شبکه فرعی آبیاری و زهکشی (خطوط لوله تحت فشار)	۲۶۹۶۶	۶۱۳۹	۲۳۱۰۵
جمع کل				
۶۲۲۳۹				

**۴-۲- گزینه دو - تأمین آب مورد نیاز اراضی از کanal فکه****الف - زیرگزینه ۱- آبگیری از کanal فکه و آبیاری سطحی**

روش آبیاری در زیرگزینه ۱-۲ مانند زیرگزینه ۱-۱، آبیاری سطحی است با این تفاوت که آب مورد نیاز اراضی بصورت ثقلی از کanal فکه تأمین و انتقال خواهد یافت. اجزای این زیرگزینه شامل سیستم انتقال، کanalهای درجه یک و دو و شبکه فرعی آبیاری سطحی روباز می‌باشد.

سیما کلی زیرگزینه ۱-۲ در شکل شماره (۲) و مشخصات اجزای طرح توسعه همراه با هزینه‌های مربوط به آنها به ترتیب در جداول شماره (۶) و (۷) ارائه گردیده است.

**ب - زیرگزینه ۲- آبگیری از کanal فکه و آبیاری تحت فشار**

در این زیرگزینه اراضی طرح مانند زیرگزینه ۲-۱ به روش آبیاری تحت فشار، آبیاری خواهد شد. آب مورد نیاز شبکه توسط آبگیری از کanal فکه انجام می‌شود. انتقال آب به سمت اراضی طرح بصورت لوله تحت فشار بوده و به منظور تأمین ارتفاع دینامیکی مورد نیاز سیستم آبیاری تحت فشار، یک دستگاه ایستگاه پمپاژ بصورت بوسترپمپ در محل تحویل آب به شبکه آبیاری احداث خواهد شد.

روش آبیاری انتخابی در این گزینه، آبیاری بارانی است و دلایل انتخاب آن نیز مانند زیرگزینه ۲-۱ می‌باشد، با این تفاوت که در این گزینه هزینه‌های تأمین ارتفاع دینامیکی برای سیستم آبیاری بعلت وجود فشار طبیعی بسیار اندک است.

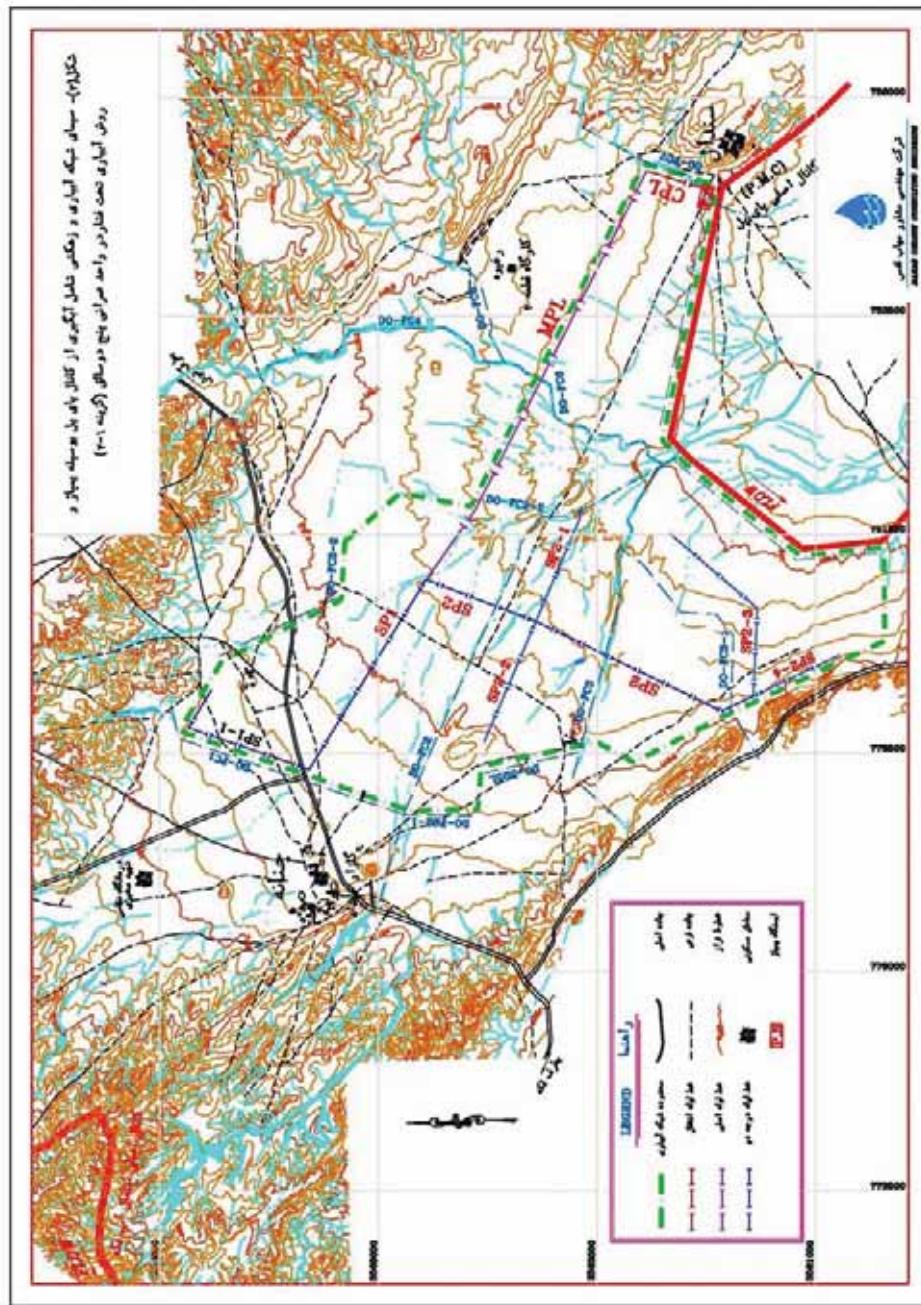
سیما کلی گزینه زیرگزینه ۲-۲ در شکل شماره (۴) و مشخصات اجزای طرح توسعه همراه با هزینه‌های مربوط به آنها به ترتیب در جداول شماره (۸) و (۹) ارائه گردیده است.

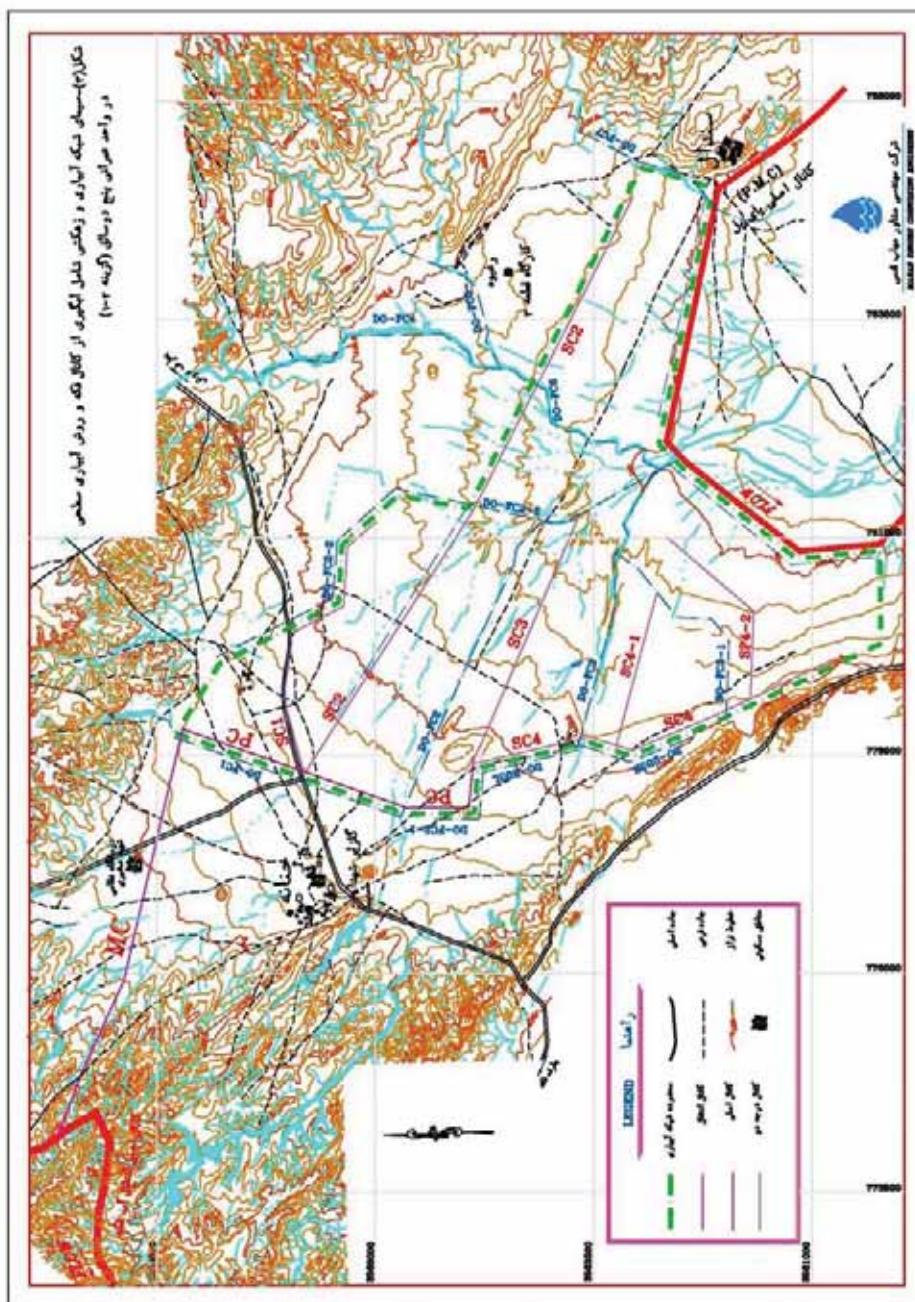
**ج - زیرگزینه ۳- آبگیری از کanal فکه و آبیاری تحت فشار**

در زیرگزینه ۳-۲ آبیاری اراضی به روش تحت فشار در شبکه اصلی و سیستم کم فشار در شبکه فرعی انجام خواهد شد. انتقال آب به شبکه آبیاری، پس از آبگیری از کanal فکه با استفاده از لوله تحت فشار صورت می‌پذیرد بعلاوه شبکه اصلی و بخشی از شبکه فرعی نیز بصورت لوله می‌باشد. ارتفاع دینامیکی مورد نیاز برای این سیستم آبیاری بوسیله نیروی ثقل حاصل از اختلاف ارتفاع طبیعی بین نقطه آبگیری از کanal فکه و محل تحویل آب به اراضی شبکه، تأمین می‌گردد.

روش آبیاری کم فشار شامل لوله‌های درجه سه و لوله‌های دریچه‌دار با فشار کم برای توزیع آب در سطح مزرعه می‌باشد.

سیما کلی زیرگزینه ۳-۲ در شکل شماره (۴) و مشخصات اجزای طرح توسعه همراه با هزینه‌های مربوط به آنها به ترتیب در جداول شماره (۱۰) و (۱۱) ارائه گردیده است.



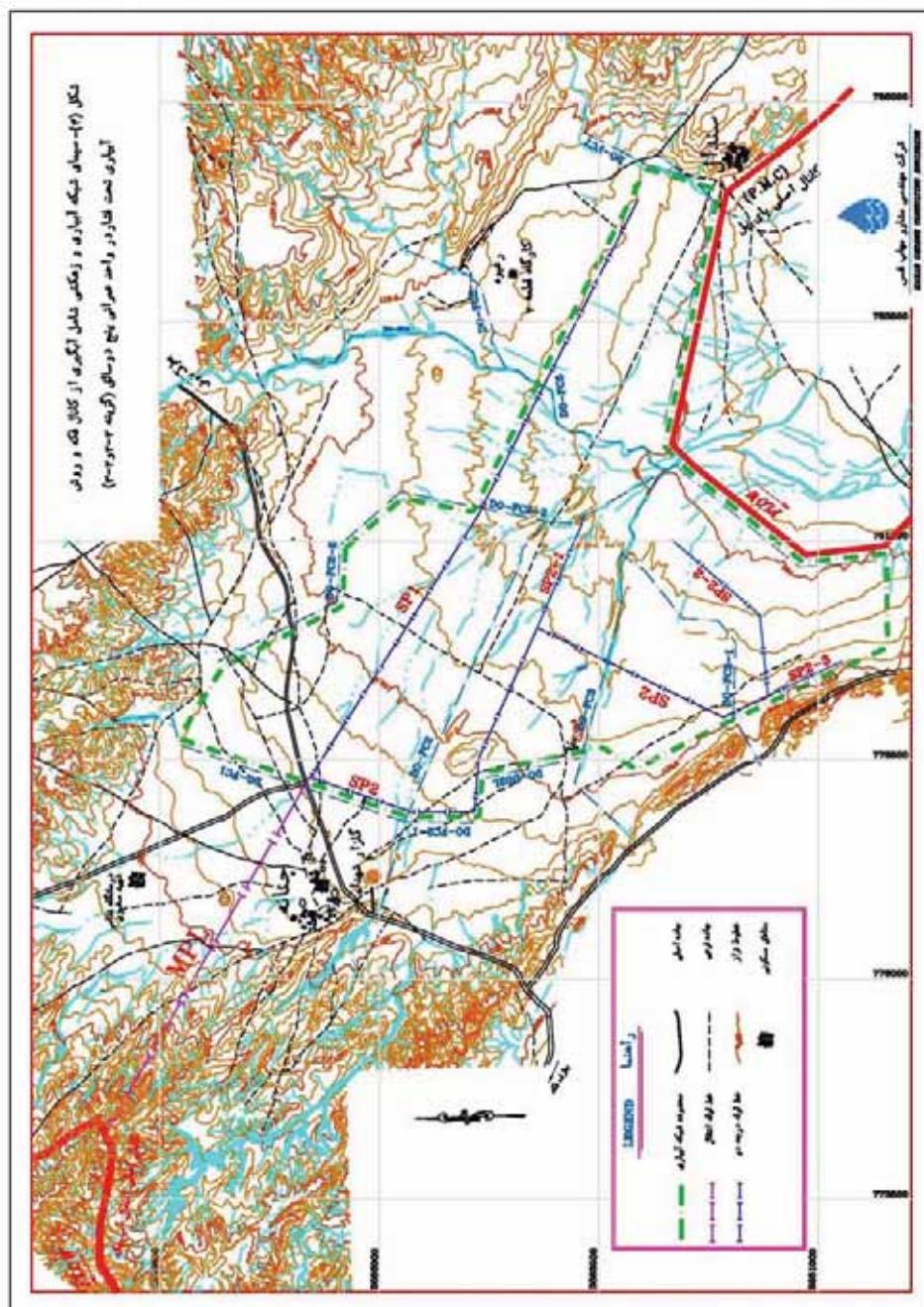


جدول ۶- مشخصات اجزای طرح توسعه در زیرگزینه ۱-۲

ردیف	اجزای طرح توسعه	طول (m)	قطر (mm)	ظرفیت حداکثر (Lit/sec)	ارتفاع دینامیکی (m)
۱	سیستم انتقال آب (کanal)	۴۵۰۵	-	۱۳۴۶	-
۲	ایستگاه پمپاژ	-	-	-	-
۳	شبکه آبیاری و زهکشی (کanal و زهکشی روباز)	۲۶۹۱۴	-	۲۴۲~۱۳۴۶	-

جدول ۷- هزینه کلی سیستم انتقال و شبکه آبیاری و زهکشی در زیرگزینه ۱-۲ (میلیون ریال)

ردیف	شرح	خرید	اجرا	جمع
۱	سیستم انتقال آب (کanal)	۵۲۴	۲۰۹۷	۲۶۲۱
۲	ایستگاه پمپاژ	-	-	-
۳	شبکه اصلی آبیاری و زهکشی (کanal و زهکشها روباز)	۳۱۳۲	۲۱۱۶۴	۲۴۲۹۶
۴	جمع	۳۶۵۶	۲۳۲۶۱	۲۶۹۱۷
۵	شبکه فرعی آبیاری و زهکشی (کanal و زهکشها عمقی)	۱۹۳۰	۲۲۵۵۰	۲۴۴۸۰
	جمع کل	۵۵۸۶	۴۵۸۱۱	۵۱۳۹۷



جدول ۸- مشخصات اجزای طرح توسعه در زیرگزینه ۲-۲

ردیف	اجزای طرح توسعه	طول (m)	قطر (mm)	ظرفیت حداکثر (Lit/sec)	ارتفاع دینامیکی (m)
۱	سیستم انتقال آب (خط لوله)	۴۶۲۴	۱۰۰۰	۹۱۲	۳۲
۲	ایستگاه پمپاژ	-	-	۹۱۲	۱۰
۳	شبکه آبیاری و زهکشی (لوله و زهکشها روباز)	۱۹۷۲۴	۲۵۰~۷۰۰	۶۶~۹۱۲	-

جدول ۹- هزینه کلی سیستم انتقال و شبکه آبیاری و زهکشی در زیرگزینه ۲-۲

(میلیون ریال)

ردیف	شرح	خرید	اجرا	جمع
۱	سیستم انتقال آب (خط لوله)	۵۴۰۰	۱۱۹۰	۶۵۹۰
۲	ایستگاه پمپاژ	۱۶۵۵	۱۳۶۰	۳۰۱۵
۳	شبکه اصلی آبیاری و زهکشی (خطوط لوله تحت فشار و زهکشها روباز)	۱۰۵۴۵	۵۳۴۳	۱۵۸۸۸
۴	جمع	۱۷۶۰۰	۷۸۹۳	۲۵۴۹۳
۵	شبکه فرعی آبیاری و زهکشی (خط لوله تحت فشار)	۲۶۹۶۶	۶۱۳۹	۲۳۱۰۵
جمع کل				۵۸۵۹۸

## ۵- مقایسه اقتصادی و انتخاب گزینه برتر

گزینه‌های مختلف طرح توسعه در واحد عمرانی پنج دوسالق پس از انجام بررسیهای فنی از نقطه نظر اقتصادی نیز مورد مقایسه و ارزیابی قرار گرفته و در نهایت زیرگزینه ۲-۲ بعنوان گزینه برتر انتخاب شده است.

جدول شماره (۱۲) خلاصه هزینه‌های مختلف را نشان می‌دهد.

## ۶- بحث و نتیجه‌گیری

جامع‌نگری مطالعات طرحهای بزرگ تأمین آب و شبکه‌های آبیاری با هدف مصرف بهینه آب و ارائه طرحهای فنی و اقتصادی از اهمیت زیادی برخوردار است. بررسیهای انجام شده نشان می‌دهد مطالعات پرآکنده و مستقل آب و خاک بدون توجه به یکپارچه‌سازی منابع آب حوزه آبریز ممکن است منجر به ارائه

طرحهایی شود که به لحاظ فنی و اقتصادی توجیه‌پذیر نبوده و هزینه‌های زیادی را به طرح تحمیل نماید. در یک بررسی موردنی با توجه به نتایج حاصل از بررسی گزینه‌های مختلف طرح واحد عمرانی پنج دوسالق می‌توان چنین نتیجه‌گیری نمود که انتخاب روش آبیاری دو سامانه‌ای بعلت طرح خطوط تحت فشار با استفاده از نیروی نقل جهت تأمین ارتفاع دینامیکی سیستم تحت فشار از جمله عوامل تأثیرگذار در برتری این گزینه می‌باشد. توصیه می‌شود در ارائه طرحهای توسعه آبیاری استفاده از ویژگیها و شرایط بالقوه و طبیعی منطقه نیز مدنظر قرار گیرد.

جدول ۱۰- مشخصات اجزای طرح توسعه در زیرگزینه ۳-۲

ردیف	اجزای طرح توسعه	طول (m)	قطر (mm)	ظرفیت حداکثر (Lit/sec)	ارتفاع دینامیکی (m)
۱	سیستم انتقال آب (خط لوله)	۴۶۲۴	۹۰۰	۱۱۹۰	۲۳
۲	ایستگاه پمپاز	-	-	-	-
۳	شبکه آبیاری و زهکشی (خطوط لوله تحت فشار)	۱۹۷۲۴	۲۵۰~۷۰۰	۶۶~۱۱۹۰	-

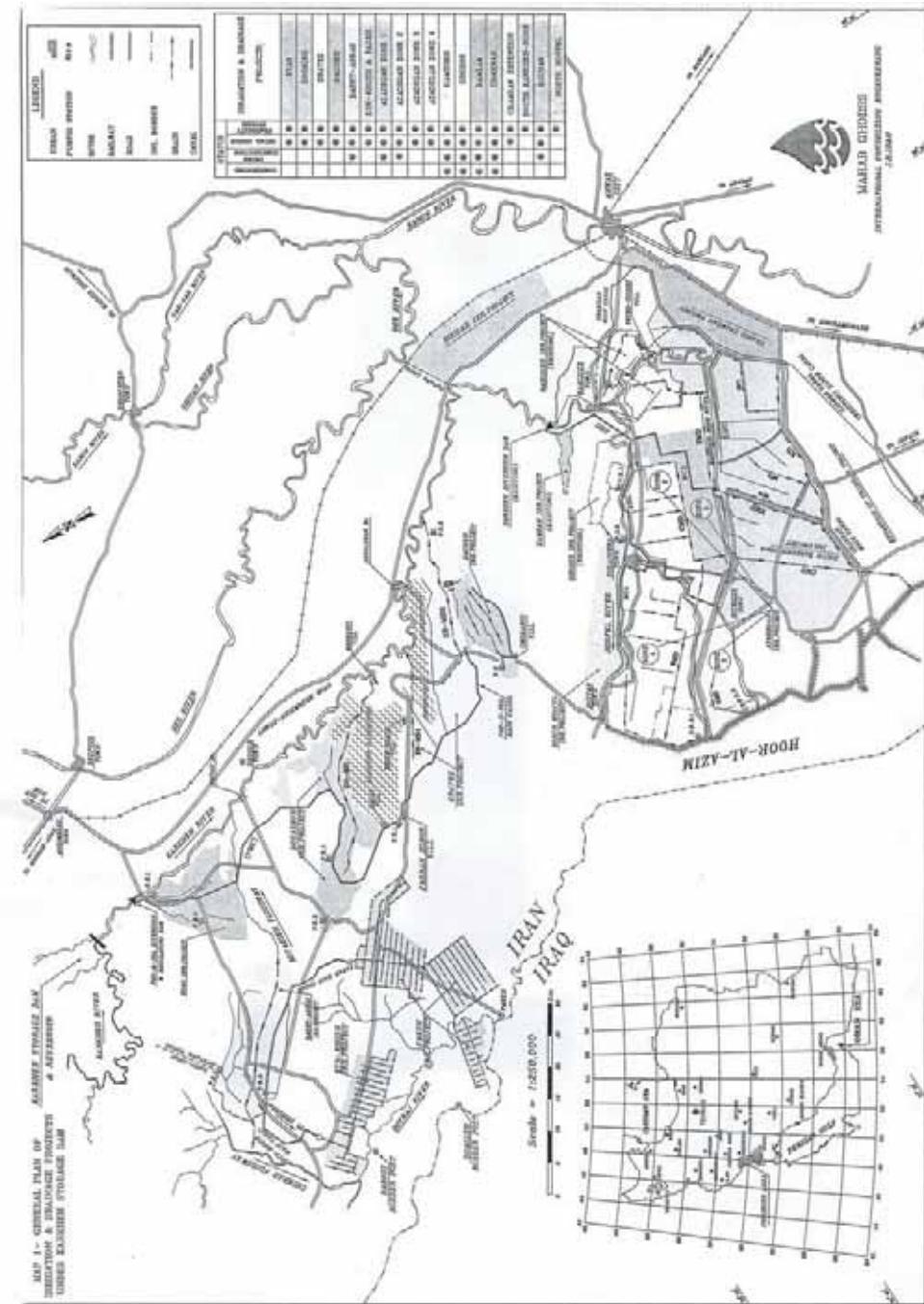
جدول ۱۱- هزینه کلی سیستم انتقال و شبکه آبیاری و زهکشی در زیرگزینه ۳-۲ (میلیون ریال)

ردیف	شرح	خرید	اجرا	جمع
۱	سیستم انتقال آب (خط لوله)	۵۱۴۰	۱۳۱۰	۶۴۵۰
۲	ایستگاه پمپاز	-	-	-
۳	شبکه اصلی آبیاری و زهکشی (خطوط لوله تحت فشار و زهکشی‌های روباز)	۱۱۰۶۹	۵۴۳۷	۱۶۵۰۶
۴	جمع	۱۶۲۰۹	۶۷۴۷	۲۲۹۵۶
۵	شبکه فرعی آبیاری و زهکشی (خطوط لوله تحت فشار و لوله‌های دریچه‌دار و زهکشی‌های عمقی)	۳۳۰۰	۲۴۵۸۷	۲۷۸۸۷
جمع کل				۵۰۸۴۳

## جدول ۱۲- هزینه کلی گزینه‌های طرح توسعه در واحد عمرانی پنج دوسالق

(میلیون ریال)

ردیف	هزینه	زیرگزینه ۱-۱	زیرگزینه ۲-۱	زیرگزینه ۳-۲	زیرگزینه -۲-۲
۱	سیستم انتقال آب	۱۵۰۷۹	۱۳۰۸	۲۶۲۱	۶۵۹۰
۲	ابستگاه پمپاژ یا بوستر پمپ	۹۵۸۰	۹۴۵۰	۰	۳۰۱۵
۳	لوله اصلی	۰	۷۲۴۳	۰	۰
۴	کانالهای درجه یک، دو و ابینه فنی	۱۰۲۶۸	۰	۱۵۶۶۱	۰
۵	هزینه‌های آبگیری از سیستم دشت عباس و فکه	۰	۰	۱۳۰۰	۲۰۰
۶	zechestehای سطحی	۷۳۳۵	۳۶۶۷	۷۳۳۵	۳۶۶۷
۷	لولهای درجه دو	۱۱۱۶	۷۴۶۶	۰	۱۲۶۳۹
۸	جمع	۴۳۳۷۸	۲۹۱۳۴	۲۶۹۱۷	۲۵۴۹۳
۹	شبکه آبیاری سطحی	۱۸۰۴۷	۰	۱۸۰۴۷	۰
۱۰	شبکه آبیاری تحت فشار	۳۳۱۰۵	۰	۳۳۱۰۵	۳۳۱۰۵
۱۱	شبکه آبیاری کم فشار	۰	۰	۰	۲۱۰۷۶
۱۲	zechesteh عمیقی	۶۴۳۳	۰	۶۴۳۳	۶۸۱۱
۱۳	جمع	۲۴۴۸۰	۳۳۱۰۵	۲۴۴۸۰	۳۳۱۰۵
۱۴	جمع کل هزینه‌ها	۶۷۸۵۸	۶۲۲۳۹	۵۱۳۹۷	۵۸۵۹۸
۱۵	مساحت خالص	۲۰۴۰	۲۲۸۰	۲۰۴۰	۲۲۸۰
	هزینه در هکتار	۳۳۲۶۳۷۲۵	۲۷۷۴۷۸۰۷	۲۵۱۹۴۶۰۸	۲۵۷۰۰۸۷۷
	نسبت فایده به هزینه با نرخ تنزیل ۷/۷	(B/C) ۲/۲۸	۲/۸۷	۳/۲۸	۳/۳۹
	نتیجه تفاضلی فایده به هزینه	(B-C) ۹۷۴۲۴	۱۳۳۳۵۴	۱۲۰۴۸۷	۱۴۴۲۱۹
	نرخ بازدهی اقتصادی	(IRR) ۱۶/۴۳	۲۱/۴۶	۲۱/۳۰	۲۲/۸۴
					۲۳/۲۳



## کارگاه فنی آبیاری سطحی مکانیزه

۱۳۸۴ ماه آذر ۱۳

### تأثیر کاربرد زئولیت در خاک بر بهینه سازی آب فضای سبز

جهانگیر عابدی کوپایی<sup>۱</sup>، جعفر اسد کاظمی<sup>۲</sup>

#### چکیده

اعمال مدیریت صحیح و بکار گیری فنون پیشرفتی به منظور حفظ ذخیره رطوبت خاک و افزایش ظرفیت نگهداشت آب در آن از جمله اقدامات مؤثر برای افزایش بازده آبیاری و در نتیجه بهبود بهره برداری از منابع محدود آب کشور است. یکی از راهکارهای استفاده بهینه از منابع آب و حفظ آن، استفاده از مواد جاذب رطوبت طبیعی مانند زئولیت است. مواد جاذب رطوبت طبیعی می‌توانند آب حاصل از آبیاری و بارندگی را جذب نموده و از فرونشست عمقی آن جلوگیری نمایند. در تحقیق حاضر اثرات متفاوت حاصل از تیمارهای بکار گرفته شده از دو نوع زئولیت فیروزکوه و سمنان بر پارامترهای منحنی مشخصه رطوبتی خاک غالب منطقه اصفهان و در دو سطح ۴ و ۶ درصد ماده جاذب رطوبت درخاک، بررسی گردیده است. همچنین تاثیر این سطوح مواد بر روی نیاز آبی سرونقره ای و عملکرد آن مورد بررسی قرار گرفته است. بطور کلی کاربرد زئولیت سمنان در سطح ۶ درصد در خاک، مقدار رطوبت قابل استفاده خاک را بیش از سایر مواد و درصدها افزایش داده است. از آنجا که مصرف این زئولیت در خاک اطراف محیط ریشه درختان می‌تواند فواید آبیاری را افزایش دهد، می‌توان از آن برای صرفه جویی در مصرف آب در فضای سبز شهرها استفاده نمود.

کلمات کلیدی: مواد جاذب رطوبت، زئولیت، منحنی مشخصه رطوبتی خاک.

۱- استادیار گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان، صندوق پستی ۸۴۱۵۶

۲- دانشجوی کارشناسی ارشد گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان

## ۱- مقدمه

بخش‌های کشاورزی و فضای سبز عمدۀ ترین مصرف کننده منابع آب کشور می‌باشند. با توجه به ارقام موجود حدود ۹۰ درصد حجم آب مصرفی در کشور در این دو بخش مصرف می‌شود. همچنین بیشترین تلفات آب نیز مربوط به این بخش می‌باشد<sup>[۱]</sup>. لذا هرگونه بهینه سازی مصرف آب در این بخش‌ها از اهمیت شایان توجهی برخوردار است. در مورد بهینه سازی مصرف آب این نکته قابل تأمل است که اگر بازده آب کشاورزی تنها ۵ درصد افزایش یابد، مقدار آب صرفه جویی شده معادل با آب مورد نیاز صنایع و معادن کشور بعلاوه آب شرب شهروندان را خواهد بود<sup>[۲]</sup>.

محدودیت منابع آب کشور ضرورت صرفه جوئی در مصرف آب را، مخصوصاً در نواحی خشک کشور، دوچندان می‌سازد. اعمال مدیریت صحیح و بکارگیری تکنیک‌های پیشرفت‌به منظور حفظ ذخیره رطوبتی خاک و افزایش ظرفیت نگهداری آب در خاک از جمله راهکارهای موثر برای افزایش راندمان آبیاری و در نتیجه بهبود بهره برداری از منابع محدود آب کشور است<sup>[۳]</sup>. از جمله تکنیک‌های جدید که می‌توان برای این منظور بکار برد استفاده از مواد جاذب رطوبت طبیعی (زئولیت‌ها) است. کاربرد کانی‌های زئولیتی بویژه با مولکول آب بیشتر و پتانسیم دار در خاک اطراف ریشه گیاهان باعث افزایش ظرفیت حفظ و نگهداری رطوبت خاک اطراف محیط ریشه می‌شود که این رطوبت به مرور زمان در اختیار گیاه قرار می‌گیرد. علاوه بر این حفره‌های موجود در شبکه زئولیت توان ذخیره سازی محلول غذایی را در محیط رشد افزایش داده و باعث استفاده بهینه از کودها می‌شوند. عملکرد زئولیت‌ها به تعداد مولکولهای آب آن، نوع گیاهان و دور آبیاری بستگی دارد که موضوع دیگر تحقیق حاضر است. بنابراین با توجه به خصوصیات این مواد، استفاده از آنها در مناطق دیم، جنگل کاری و فضای سبز شهری بنظر بسیار سودمند می‌باشد. استفاده از این سوپر جاذب‌ها در فضای سبز شهری و منابع طبیعی باعث طولانی تر شدن دور آبیاری می‌شود و این به نوبه خود نیاز به نیروی انسانی و تجهیزات آبیاری را کاهش می‌دهد. لذا با توجه به خواص مذکور، اهمیت مطالعه تاثیرات استفاده از این مواد جاذب آب و مقایسه عملکرد آنها بیشتر مشخص می‌شود.

زئولیت در طبیعت دارای منابع نسبتاً زیادی است. فضاهای خالی آنها مخزن آب و پتانسیل جذب سطحی بزرگترین کاربرد برای بهبود خاک است. زئولیت موجود در خاک می‌تواند آب مورد نیاز را برای محصولات در شدید ترین شرایط خشکی تعديل کند.

پژوهش‌ها و آزمایشات اخیر ارزیابی برای استفاده از زئولیت بعنوان اصلاح کننده خاک برای افزایش نفوذ باران به خاک، بالا بردن ظرفیت ذخیره آب خاک، و موجب دیدن بعضی اثرات مفید استفاده از باران و تعديل آب مورد نیاز برای محصولات می‌شود. اغلب پژوهش‌ها در مورد کاربرد مواد شیمیایی مصنوعی برای بهبود و اصلاح خاک است و تلاش کمی برای توسعه کاربرد مواد طبیعی صورت گرفته است.

کاوسی و رحیمی نیز (۱۲۸۲) گزارش دادند که اثر زئولیت بر عملکرد دانه برنج در سطح یک درصد و بر عملکرد کاه و کلش در سطح ۵ درصد معنی دار بوده است<sup>[۴]</sup>. میناتو (۱۹۶۸) گزارش کرد که در ژاپن زئولیت طبیعی به عنوان یک اصلاح کننده در خاکهای شنی و دارای رس کم استفاده می‌شود<sup>[۷]</sup>.

هانگ ژانبین (۲۰۰۱) نتیجه گرفت که خاک دارای زئولیت، مقایسه شده با با خاک بدون زئولیت، می‌تواند نفوذ آب به خاک را از ۳۰-۷ درصد در شب ملایم افزایش دهد و نفوذ آب را به خاک بیشتر از ۳۵ درصد در شب تند افزایش دهد. بعلاوه، خاک حاوی زئولیت می‌تواند رطوبت خاک را از ۰/۴-۱/۸ درصد در شرایط بسیار خشک افزایش دهد و ۵ تا ۱۵ درصد رطوبت خاک را در شرایط معمولی افزایش دهد. در مزرعه ظرفیت تبادل کاتیون (CEC) در خاک دارای زئولیت بیشتر از خاک نرمال است<sup>[۶]</sup>.

پیر، فرگوسن و نیبون (۱۹۸۲) بیان کردند که با افزایش ۱۰ درصد زئولیت به ماسه شسته شده جوانه زنی و استقرار جوانه‌های گراس در مقایسه با ماسه، بیشتر بود و بیوماس تولیدی با افزایش زئولیت بطور معنی داری افزایش یافت<sup>[۱۰]</sup>. همچنین فرگوسن، پیر و نیبون (۱۹۸۶) گزارش دادند که با افزایش ۵ یا ۱۰ درصد زئولیت به ماسه، جوانه زنی و استقرار گراس بطور معنی داری افزایش می‌یابد. زئولیت رشد ریشه را افزایش می‌دهد. جوانه زنی و کیفیت گراس به علت افزایش حفظ رطوبت بوسیله زئولیت کلینوپتی لولیت افزایش می‌یابد. همچنین زئولیت کلینوپتی لولیت به علت نگهداری عناصر در منطقه ریشه سبب استقرار گیاه می‌شود<sup>[۹]</sup>.

بدلین (۱۹۹۷) در رومانی با اضافه کردن ۲۵ تا ۱۰۰ تن زئولیت بر هکتار بر زمینهای زیر کشت سیب زمینی بین ۳۰ تا ۷۰ درصد افزایش مشاهده شده است<sup>[۷]</sup>. ناز و براون (۱۹۹۱) نشان دادند که کاربرد ۱۰ و ۲۰ درصد حجمی زئولیت کلینوپتی لولیت بقاء گیاه را بیشتر از ۵ درصد افزایش می‌دهد که علت آن را کاربرد زئولیت با درجه بندی بزرگتر نسبت به زئولیت کاربردی توسط فرگوسن بیان کردند. در این مطالعه افزایش زئولیت رطوبت و حالت عناصر علت اصلی بقاء گیاه بود<sup>[۸]</sup>.

## ۲- مواد و روش‌ها

در ابتدا از بافت خاک منطقه محموآباد نمونه برداری شد و برای تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی به آزمایشگاه منتقل شد که نتایج آن در جدول (۱) آورده شده است.

جدول (۱)- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک.

$\text{HCO}_3$ (ppm)	K (ppm)	Mg (ppm)	EC (dS/m)	pH	$\rho_b$ (g/cm <sup>3</sup> )	بافت خاک	عمق (cm)
۳/۷۵	۱۱/۸	۴/۶	۴/۱۴	۶/۷	۲/۶۹	رسی	۰-۳۰
۶/۲۵	۱۶	۴/۲	۴/۷۹	۷/۱	۲/۶۹	رسی	۳۰-۶۰

در این آزمایش از دو نوع ماده جاذب رطوبت طبیعی بنام‌های زئولیت سمنان و زئولیت فیروزکوه و در دو سطح استفاده ۴ و ۶ درصد در خاک بر روی یک نوع گونه گیاهی فضای سبز نام سرو نقره ای و با سه درصد نیاز آبی ۱۰۰، ۶۷ و ۳۳ درصد استفاده شده است. این تحقیق در قالب بلوک‌های کامل تصادفی و با ۳ تکرار و بصورت اسپلیت فاکتوریل اسپلیت اجرا شد. در ابتدا و در آزمایشگاه زئولیت‌های مورد استفاده تجزیه شیمیائی شدند که در جدول (۲) نتایج آن آمده است. سپس تاثیر زئولیت‌های بکاربرده شده با درصدهای مربوطه بر روی منحنی مشخصه رطوبتی خاک بررسی شد. با استفاده از دستگاه صفحات فشاری و در شش پتانسیل ماتریک (۰، ۰/۳، ۱، ۳، ۵ و ۱۵ بار) درصد وزنی رطوبت برای هر تیمار اندازه‌گیری شد.

جدول (۲). درصد مواد تشکیل دهنده زئولیت در دو منطقه فیروزکوه و سمنان

LO <sub>1</sub> (%)	P <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	K <sub>2</sub> O (%)	Na <sub>2</sub> O (%)	MgO (%)	CaO (%)	TlO <sub>2</sub> (%)	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	SiO <sub>2</sub> (%)	نمونه
۱۳/۱۹	۰/۲۱	۲۰/۶۴	۱/۱۳	۱/۱۵	۲/۲۷	۰/۳۱	۱/۳۱	۱۲/۸	۶۴/۴	سمنان
۱۳/۴۷	۰	۱/۴۸	۱/۱۹	۱/۱۶	۳/۰۴	۰/۴۲	۰/۵۸	۱۱/۷۱	۶۷/۲۴	فیروزکوه

نهال‌های یکساله و یکنواخت سرو نقره ای از خزانه سازمان فضای سبز شهرداری اصفهان تهیه شد. لازم به ذکر است که درخت سرو نقره ای با نام علمی *Cupressus arizonica* و از خانواده Cupressaceae است. درخت سریع الرشدی است که ارتفاع آن تا ۱۶ متر می‌رسد. درخت همیشه سبز مقاومی است. شاخه‌های جوان آن سخت است، تنه آنها پوسته پوسته و شکل میوه گرد است. ۱۲-۶ فلس دارد. برگ‌ها سبز مایل به نقره ای می‌باشد. موطن اصلی آن آمریکای شمالی و آریزوناست. خاک مورد نیاز آن آهکی و نیاز به آب و هوای مرطوب و سرد دارد [۵].

نهالها در اواسط اسفند ۱۳۸۳ در مرکز تحقیقات فضای سبز شهرداری اصفهان واقع در محمودآباد و در قالب ذکر شده و با خاکی که با درصدهای ۴ و ۶ با زئولیت‌های مورد استفاده ترکیب شده بود، کاشته شد. بالافصله بعد از برداشت صفات موردنظر هر نهال بعنوان برداشت اولیه اندازه گیری شد. ۲ هفته بعد از کاشت تیمارهای آبیاری ۱۰۰، ۶۷ و ۳۳ درصد نیاز آبی نهالها اعمال گردید. ۱۰۰ درصد نیاز آبی بر روی شاهدها و دو سطح ۳۳ و ۶۷ درصد نیاز آبی بر تیمارهای دیگر اعمال شد. نیاز آبی نهالها با استفاده از تشتک تبخیر کلاس A محاسبه شد. ضریب تشتک با توجه به محل قرار گرفتن آن و عوامل محیطی منطقه ۰/۷ محاسبه و اعمال گردید. ضریب سرو نقره ای نیز مانند دیگر سوزنی برگ‌ها ۱ در نظر گرفته شد. بعد از گذشت ۶ ماه و در اوایل مهر ۱۳۸۴ دومین برداشت از صفات سرو نقره ای صورت گرفت. با استفاده از

آزمون LSD در سطح ۰/۰۵ و با نرم افزار SAS داده‌های اندازه گیری شده مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت

### ۳- نتایج و بحث

#### ۳- ۱- منحنی مشخصه رطوبتی خاک

نمودارهای منحنی مشخصه رطوبتی خاک برای هر درصد استفاده زئولیت با هم و با شاهد در اشکال (۱) و (۲) آورده شده است.



شکل (۱). تغییرات منحنی مشخصه رطوبتی خاک تحت تاثیر زئولیت سمنان و فیروزکوه با سطح ۴ درصد.



شکل (۲). تغییرات منحنی مشخصه رطوبتی خاک تحت تاثیر زئولیت سمنان و فیروزکوه با سطح ۶ درصد.

نتایج حاصل از تحقیق فوق را می‌توان به شرح زیر جمع بندی کرد:  
از مطالعه کلی منحنی‌های رطوبتی خاک در محدوده بین مکشها پایین (صفر تا ۳ بار) و مکشها بالا (۳ تا ۱۵ بار) چنین نتیجه می‌شود:

- در مکشها پایین مقدار قابل توجهی از رطوبت جذب شده توسط مواد جاذب رطوبت آزاد می‌گردد.  
بعنوان مثال در سطح استفاده ۶ درصد زئولیت سمنان در شکل از ۶۳/۵۶ به ۲۷/۱۶ درصد رسیده است. بنابراین آزادسازی رطوبت در مکشها پایین برای کاربرد این نوع زئولیت یک مزیت محسوب می‌شود.
- با توجه به اینکه مقدار قابل توجهی از رطوبت در مکشها پایین آزاد می‌شود، ولی مقایسه مقادیر رطوبت باقی مانده در مکشها بالا (۳ تا ۱۵ بار) با رطوبت این محدوده از مکش با شاهد نشان می‌دهد که اختلاف رطوبت باقی مانده نسبت به شاهد با افزودن زئولیت خصوصاً در سطح ۶ درصد قابل توجه است. با توجه به سطح استفاده ۶ درصد زئولیت سمنان، درصد حجمی رطوبت در این محدوده از مکش بین ۱/۲ برابر شاهد است.

### ۳-۲ تأثیر کاربرد زئولیت‌ها بر تغییرات رشد طولی سرو نقره ای

با توجه به نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل داده‌ها که خلاصه آن در جدول (۳) آمده است رشد سرو نقره ای در تیمارهای که از زئولیت سمنان و زئولیت فیروزکوه با ۶ درصد استفاده شده و به میزان ۶۷ درصد نیاز آبی خود آبیاری شده‌اند، برابر رشد شاهد بوده است و رشد بقیه تیمارها در سطح احتمال ۰/۰۵ درصد اختلاف معنی داری با شاهد داشته‌اند. یعنی بقیه تیمارها نتوانسته اند کمبود یک سوم آب مورد نیاز سرو نقره ای را جبران و رشدی معادل شاهد داشته باشند.

به این ترتیب فقط دو تیمار زئولیت سمنان در سطح استفاده ۶ درصد و آبیاری ۶۷ درصد و همچنین تیمار زئولیت فیروزکوه در سطح استفاده ۶ درصد و آبیاری ۶۷ درصد توانسته اند رشد طولی سرو نقره ای را برابر رشد تیمار شاهد کنند. بعبارت دیگر این دو تیمار (زئولیت سمنان و فیروزکوه در سطح استفاده ۶ درصد) توانسته اند نیاز آبی سرو نقره ای را به میزان یک سوم کاهش دهند.

### ۳-۳ تأثیر کاربرد زئولیت‌ها بر تغییرات رشد قطر سرو نقره ای

با توجه به تجزیه و تحلیل داده‌ها و نتایج آن که در جدول (۳) نیز آمده است می‌توان دریافت که هیچ کدام از تیمارها نتوانسته اند تأثیر معنی داری بر روی رشد قطر داشته باشند. بعبارت دیگر هیچ کدام از تیمارها نتوانسته اند رشد قطر سرو نقره ای را به میزان تیمار شاهد افزایش دهند. تغییرات رشد قطر در همه تیمارها نسبت به تیمار شاهد کمتر است و این اختلاف رشد قطر در سطح احتمال ۰/۰۵ درصد معنی دار است. بنابر این مواد جاذب رطوبت با درصددهای ذکر شده نتوانسته اند تأثیر معنی داری بر روی رشد قطر سرو نقره ای داشته باشند.

### ۴-۳ تأثیر کاربرد زئولیت‌ها بر تغییرات رشد طول سبزینه سرو نقره‌ای

استفاده از زئولیت سمنان در دو سطح استفاده ۴ و ۶ درصد و همچنین زئولیت فیروزکوه در دو سطح استفاده ۴ و ۶ درصد در در سطح آبیاری ۶۷ درصد مورد نیاز توانسته است رشد طول سبزینه سرو نقره‌ای را به میزان رشد طول سبزینه تیمار شاهد افزایش دهد. عبارت دیگر تفاوت رشد طولی سبزینه در تیمار شاهد با تیمارهای ذکر شده در سطح ۵ درصد معنی دار نیست. ولی تیمارهای زئولیت سمنان و فیروزکوه در سطح استفاده ۴ و ۶ درصد و سطح نیاز آبی ۳۲ درصد نتوانستند رشد طولی سبزینه را با رشد طولی سبزینه تیمار شاهد برابر کنند. یعنی تغییرات طول سبزینه در این تیمارها و تیمار شاهد در سطح احتمال ۰/۰۵ معنی دار است. عبارت دیگر زئولیت سمنان و فیروزکوه در دو سطح استفاده ذکر شده توانسته اند در مورد رشد سبزینه سرو نقره‌ای، یک سوم نیاز آبی آن را کاهش دهند. همانطور که در جدول (۳) مشاهده می‌شود در تیمارهایی که ۳۲ درصد نیاز آبی اعمال شد رشد طول سبزینه منفی شد. بدین صورت که بر اثر تنفس وارد سبزینه‌های سرو نقره‌ای از قسمت پایین شروع به خشک شدن کردند. و این نشان دهنده این است که مواد جاذب رطوبت مورد استفاده در دو سطح بکار برد شده نتوانسته اند در تیمار ۳۲ درصد نیاز آبی از تنفس آبی جلوگیری کنند.

جدول (۳). مقایسه میانگین‌های رشد صفات ارتفاع، قطر و طول سبزینه در تیمارها

آبیاری ۳۳ درصد نیاز آبی				آبیاری ۶۷ درصد نیاز آبی				شاهد	رشد صفات
زئولیت فیروزکوه	زئولیت سمنان	زئولیت فیروزکوه	زئولیت سمنان	۶ درصد	۴ درصد	۶ درصد	۴ درصد		
۶ درصد	۴ درصد	۶ درصد	۴ درصد	۶ درصد	۴ درصد	۶ درصد	۴ درصد		
۲/۵ cd	۱/۱۷ d	۱/۶۷ d	۵/۶۷ d	۸/۶۷ a	۶/۶۷ b	۱۰ a	۵/۶۷ bc	۱۱/۳۴ a	ارتفاع (cm)
۰/۰۷ c	۰/۰۷ c	۰ c	۰ c	۰/۶۵ b	۰/۱۳ c	۰/۴۷ b	۰/۱۷ bc	۰/۹۸ a	قطر (cm)
-۱۶ bc	-۲۰/۳۳ c	-۱۰/۳۳ bc	-۱۹ c	۴/۳۳ a	۰/۶۵ a	۴/۵ a	-۲ a	۵ a	طول سبزینه (cm)

\* بر اساس آزمون LSD علائم مشابه نشانگر عدم تفاوت معنی دار در سطح احتمال ۰/۰۵ می‌باشد.

### ۴- نتیجه‌گیری

بطور کلی تأثیر کاربرد زئولیت‌های سمنان و فیروزکوه بر روی بافت خاک منطقه اصفهان و همچنین تأثیر آن بر روی بهینه سازی مصرف آب در فضای سبز (سرو نقره‌ای) عبارتند از:

- ۱- افزایش درصد حجمی رطوبت اشباع و درصد حجمی در مکش از منحنی مشخصه خاک.
- ۲- خاصیت آزاد سازی رطوبت در مکشها پایین خاک با بافت سنگین.
- ۳- کاهش ۳۰ درصدی نیاز آبی سرو نقره‌ای در سطح استفاده ۶ درصد.

۴- با توجه به کاهش میزان مصرف آب، می‌توان انتظار داشت که در هزینه آبیاری درختان فضای سبز صرفه جویی گردد و با توجه به قیمت ناچیز زئولیت، مصرف آن از نظر اقتصادی توجیه‌پذیر باشد.

## منابع

- ۱- حقایقی مقدم، س. ۱۳۸۲. بررسی امکان استفاده از مواد اصلاحی و نگهدارنده رطوبت در خاک جهت افزایش کارآیی مصرف آب. مجله خشکی و خشکسالی کشاورزی. شماره نهم.
- ۲- کشاورز، ع. و صادق زاده، ک. ۱۳۷۹. مدیریت مصرف آب در بخش کشاورزی، برآورد تقاضا برای آینده، بحران اقتصادی وضعیت موجود، چشم اندازهای آینده و راهکارهایی جهت بهینه سازی مصرف آب. وزارت جهاد کشاورزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی. ۲۹ صفحه.
- ۳- سهراب، ف. ۱۳۸۲. ارزیابی تاثیر مواد جاذب رطوبت بر قدرت نگهداری آب در اراضی آبخیز اردستان. پایان نامه کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی. دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان.
- ۴- کاووسی، م. و م. رحیمی. ۱۳۸۲. تاثیر کاربرد زئولیت بر عملکرد برنج. چکیده مقالات هشتمین کنگره علوم خاک ایران. انتشارات دانشگاه گیلان. صفحه: ۶۴۵-۶۴۶.
- ۵- آقابیگی، فاطمه. درختان و درختچه‌های سودمند برای کاشت در ایران. انتشارات فلاحت ایران. ص ۲۹.
  
- 6- He Xiubin, Huang Zhanbin. 2001. Zeolite application for enhancing water infiltration and retention in loess soil. Resources, Conservation and Recycling. 34: 45-52.
- 7- Bedelean, I. 1997. Properties and utilization of natural zeolites, program and abstract. 5<sup>th</sup> International Conference on the Occurrence. Island, Naples, Italy. P: 60.
- 8- Nus, J.L. and S.E. Brauen. 1991. Clinoptilolite zeolite as an amendment for establishment of creeping bentgrass on sandy media. Hortscience. 26(2): 117-119.
- 9- Ferguson, G.A., I.L. Pepper and W.R. Kneebone. 1986. Growth of creeping bentgrass on a new medium for turfgrass growth: Clinoptilolite zeolite amended sand. Agronomy Journal. 78(6): 1095-1098.
- 10- Pepper, I.L., G.A. Ferguson and W.R. Kneebone. 1982. Clinoptilolitic zeolite: A new medium for turfgrass growth. Agronomy Abstracts. P:148.

## کارگاه فنی آبیاری سطحی مکانیزه

۱۳۸۴ آذر ماه

### مقایسه فنی و اقتصادی سیستم‌های توزیع کم فشار با سیستم‌های آبیاری سطحی و بارانی

سهراب مینائی<sup>۱</sup>، مینا بهزادی نسب<sup>۲</sup>، عیسی معروف پور<sup>۳</sup>

#### چکیده

در این مطالعه، سیستم آبیاری کم فشار معرفی شده است و مزایا و معایب آن نسبت به سیستم‌های آبیاری سطحی ارائه شده است. سپس برای شبکه آبیاری واحد عمرانی شماره ۵ دشت دوسالق و اراضی شبکه آبیاری غرب شعیبیه در استان خوزستان این دو گزینه مورد مقایسه قرار گرفته است. نتایج نشان می‌دهد که در شبکه آبیاری غرب شعیبیه و واحد عمرانی ۵ دوسالق، 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. می‌توان امیدوار بود با اجرای سیستم کم فشار امکان توسعه سیستم‌های آبیاری مدرن سطحی مثل آبیاری جویچه‌ای یک در میان، آبیاری جویچه ای با دبی کاهش یافته و دیگر سیستم‌های مدرن توزیع آب در شبکه و مزرعه برای کشاورزان فراهم شده که می‌تواند با راندمان سیستم آبیاری تحت فشار (بارانی) رقابت نموده و در شرایط محدودیت اجرای کanal و سیستم تحت فشار گزینه ای مناسب باشد. ضمن این که این روش با شرایط اجتماعی منطقه نزدیک است و امکان آبشویی اولیه اراضی شور با حجم زیاد نیز فراهم است. در پایان توصیه‌ها و پیشنهادات برای ارتقاء توسعه و شناخت این سیستم ارائه شده است.

#### ۱- مقدمه

بخش کشاورزی بزرگترین مصرف کننده منابع آب در کشور ایران می‌باشد. بطوری که در حال حاضر بیش از ۹۰ درصد از کل مصرف آب در این بخش بوده و در برنامه توسعه کشور این رقم ۸۷ درصد پیش

۱- کارشناس ارشد آبیاری و زهکشی در سازمان آبیاری و زهکشی آب و برق خوزستان

۲- کارشناس ارشد آبیاری و زهکشی در سازمان آبیاری و زهکشی آب و برق خوزستان

۳- دانشجوی دکترای آبیاری و زهکشی دانشگاه شهید چمران اهواز

بینی شده است. با توجه به کمبود شدید منابع آب و همچنین گسترش غیریکنواخت مکانی و زمانی آن در کشور، استفاده بهینه از منابع آب مستلزم صرف هزینه‌های سنگین و برنامه ریزی دقیق خواهد بود. احداث سدهای مخزنی و انحرافی، احداث سیستم‌های آبگیری و انتقال آب و توسعه شبکه‌های آبیاری و زهکشی با صرف هزینه‌های بسیار انجام می‌شود، تا ضمن تأمین و انتقال آب به اراضی کشاورزی، راندمان استفاده از منابع آب را افزایش داد.

برای افزایش راندمان آب در بخش‌های انتقال، توزیع و مصرف آب در کشاورزی و به تبع آن افزایش بهره وری آب راهکارهای متعددی در احداث و بهره برداری از شبکه‌های آبیاری پیش رو می‌باشد. امروزه توجه و گسترش سیستم‌های آبیاری تحت فشار و جایگزینی این سیستم‌ها به جای سیستم آبیاری سطحی (بخصوص در داخل مزرعه) بیشترین توجه را به خود معطوف داشته است. اما در بعضی از مناطق به دلایل خاص از جمله: تبخیر و بادبردگی زیاد (در مناطق گرم و خشک و بادخیز)، وجود شرایط شوری و قلیائیت بسیار بالا که برای اصلاح اولیه آنها نیاز به ورود حجم زیادی آب به مزرعه در مدت زمانی کوتاه (دبی بالا) برای آبشویی است، صرف هزینه‌های گزاف تأمین انرژی برای شبکه‌های آبیاری تحت فشار در مناطقی که فاصله زیادی از شبکه‌های انتقال برق دارد، شرایط خاص اجتماعی، الگوهای کشت و پراکندگی اراضی در قطعات کوچک، توسعه سیستم‌های آبیاری تحت فشار در داخل مزارع را در برخی مناطق با مشکل روبرو می‌نماید و از طرف دیگر وجود برخی محدودیت‌ها برای ساخت کانال‌های آبیاری از جمله عدم وجود منابع قرضه مناسب (از نظر کمی و کیفی)، کمبود و همچنین فاصله زیاد مصالح مورد نیاز مثل شن و ماسه از منطقه، وجود خاکهای مسئله دار (تورم زا و گچی)، احداث کانال‌های آبیاری را در بخش انتقال و توزیع را با مشکلات زیادی همراه خواهد نمود. لذا باید گزینه‌ای مناسب برای چنین شرایطی هم که سیستم آبیاری بارانی و هم احداث کanal با محدودیت‌های فنی و اقتصادی همراه است، معرفی نمود. در این خصوص استفاده از سیستم‌های آبیاری کم فشار یکی از گزینه‌هایی است که در برخی از مناطق می‌تواند توصیه شود، بدین صورت که توزیع آب در شبکه توسط خطوط لوله کم فشار انجام شده و آبیاری داخل مزارع توسط هیدرولوفلوم به روش آبیاری سطحی صورت پذیرد. در این مقاله ضمن معرفی مختصر این روش و ذکر مزايا و معایب آن مقایسه فنی و اقتصادی این روش با سیستم‌های آبیاری سطحی و تحت فشار برای دو شبکه مطالعه شده در استان خوزستان می‌شود.

## ۲- سیستم‌های آبیاری کم فشار

سیستم لوله‌های زیرزمینی کم فشار عبارتست از سیستمی که حداقل فشار کارکرد آنها کمتر از ۱۰ متر باشد. این تعریف شامل اغلب سیستم‌های لوله گذاری برای توزیع آب و کاربرد آن در روش‌های آبیاری سطحی می‌باشد. سیستم‌های خطوط لوله کم فشار را می‌توان بر مبنای روش کنترل فشار به سیستم‌های بسته، نیم بسته و باز تقسیم نمود یا به لحاظ نوع تأمین فشار، آنها را به سیستم ثقلی، پمپاژ و یا ترکیبی از این دو طبقه بندی نمود [مرجع<sup>۴</sup>]. امروزه استفاده از این سیستم‌ها در شبکه‌های آبیاری و زهکشی

گسترش قابل ملاحظه‌ای یافته است. جدول شماره (۱) سطح تحت پوشش سیستم‌های آبیاری در جهان و جدول شماره (۲) سطح تحت پوشش سیستم آبیاری کم فشار در کشورهای مختلف را نشان می‌دهد.

جدول (۱) – مساحت تحت پوشش سیستم‌های مختلف آبیاری در جهان حسب هزار هکتار  
(ماخذ: مرجع [۴])

مجموع		کشورهای توسعه یافته		کشورهای در حال توسعه		نوع سیستم آبیاری
درصد	مساحت	درصد	مساحت	درصد	مساحت	
۸۹/۵	۲۲۶۸۸۳	۶۸/۶	۴۶۶۲۸	۹۷	۱۸۰۲۵۵	۱-آبیاری سطحی (بدون سیستم لوله‌های کم فشار)
۵/۵	۱۴۰۹۲	۱۸/۵	۱۲۵۹۲	۰/۸۵	۱۵۰۰	۲-بارانی
۰/۵	۱۲۰۰	۱/۵	۱۰۰۰	۰/۱۵	۲۰۰	۳-قطراهای
۴/۵	۱۱۴۲۵	۱۱/۴	۷۷۴۰	۲	۳۶۸۵	۴-لوله‌های کم فشار(برآورده شده)

جدول (۲)-برآورد مساحت تحت پوشش سیستم کم فشار در جهان (هزار هکتار) (ماخذ مرجع [۴])

جمع	آمریکای جنوبی	جنوب	نپال	افریقا	بنگلادش	هند	چین	کشورهای در حال توسعه
۳۶۸۵	۵۰	۲۰	۵	۱۰۰	۱۰	۱۰۰۰	۲۵۰۰	توسعه

کشورهای توسعه یافته	آمریکا	ژاپن(برآورده شده)	فرانسه	استرالیا	اسپانیا و پرتغال	جمع
۷۳۱۰	۲۰۰	۶۰	۴۰	۱۳۰	۷۷۴۰	۳۶۸۵

براساس این آمار در کشور امریکا ۷/۳۱ میلیون هکتار از اراضی تحت پوشش این سیستم است که اراضی تحت پوشش این نوع سیستم است. در حدود ۴۳ درصد سطوح آبیاری سطحی تحت پوشش این نوع سیستم است. اما متوسط جهانی آن فقط ۵ درصد است (مرجع ۹). در استان خوزستان در حال حاضر در حدود ۷۰۰۰ هکتار از اراضی کشت و صنعت نیشکر توسط سیستم آبیاری کم فشار در حال بهره برداری است و بیش از ۲۲۰۰ هکتار از اراضی شبکه آبیاری آبادان و خرمشهر نیز برای این سیستم طراحی شده که تقریباً ۶۰۰۰ هکتار از آن اجرا شده است. برای اکثرب خرده مالکین در کشورهای در حال توسعه که محصولات اساسی و خام را با کاربرد سیستم آبیاری سطحی و هزینه پایین کارگر تولید می‌کنند. برگشت سرمایه برای هزینه‌های ناشی از تغییر سیستم آبیاری و استفاده از سیستم‌های میکرو و

بارانی به ندرت توجیه پذیر است. بنابراین نیاز آنها به سیستم آبیاری قابل اعتمادی که بتواند پاسخگوی تغییر در نیاز آبی آنها باشد همچنان پابرجاست. بنابراین سیستم توزیع با لوله‌های زیرزمینی یک راه حل میانه بین نهرهای خاکی ارزان قیمت و سیستم آبیاری گران قیمت بارانی و میکرو است [مرجع ۴].

## ۲-۱- مقایسه فنی لوله‌های کم فشار و کanal‌های آبیاری

۱- برای احداث کanal نیاز به خاک منابع قرضه برای ساخت بدنه کanal می باشد. در حالی که برای ساخت خطوط لوله کم فشار نیاز به قرضه تقریباً متفقی است. لذا در مناطقی که فاصله منابع قرضه و منابع تأمین مصالح بتنی از منطقه دور باشد، هزینه‌های احداث کanal به طور چشمگیر افزایش می یابد.

۲- مساحت زمین تصرف شده برای احداث کanal به مراتب بیشتر از مساحت زمین تملیک شده برای احداث لوله می باشد. در نتیجه هزینه تملیک اراضی برای احداث کanal بیشتر می باشد. بعلاوه زمین تصرف شده توسط کanal از حیظ انتفاع برای کشت خارج شده، به عنوان مثال این زمین در شبکه آبیاری دو سالق در حدود ۱۵ درصد از کل اراضی یا ۳۴۰ هکتار است. در حال که برای سیستم کم فشار این مقدار ۹۰ درصد و یا ۱۴۰ هکتار است.

۳- مدت زمان اجرای شبکه آبیاری برای سیستم آبیاری کم فشار کمتر از شبکه آبیاری سطحی با کanal است.

۴- تعداد ماشین آلات مورد نیاز برای احداث سیستم آبیاری کم فشار کمتر از ماشین آلات مورد نیاز برای احداث کanal است. ضمن اینکه ماشین آلات سنگین مثل لودر، اسکریپر، غلطکها و کامیون‌های حمل و آب برای احداث کanal لازم است و در سیستم کم فشار بندرت این ماشین آلات مورد استفاده قرار می‌گیرد.

۵- مدت زمان تعطیلی کارگاه برای احداث کanal در زمان بارندگی به خصوص در خاکهای چسبنده و مسئله دار بیشتر از سیستم کم فشار است.

۶- در شرایط مساوی به ازاء هر واحد افزایش دبی مقدار تغییرات هزینه احداث لوله از کanal بیشتر است. لذا در دبی‌های بالا معمولاً استفاده از خطوط لوله مشکل ساز است.

۷- در انتقال آب توسط خط لوله، در صورت وجود انرژی اضافه در ابتدای مسیر، می تواند به نحو مطلوبی استفاده گردد. اما در انتقال بوسیله کanal که در مسیر دراپ ایجاد می شود این انرژی بدون استفاده مفید اتلاف خواهد رفت. این موضوع بخصوص در مناطقی که سیستم آبیاری داخل مزرعه نیاز به انرژی دارد، حائز اهمیت است. به عنوان مثال در مقایسه دو گزینه انتقال و توزیع آب برای شبکه آبیاری زاویه‌های دزفول، گزینه سیستم کم فشار حدود ۱۵ تا ۲۰ متر انرژی ثقلی موجود می باشد، که این انرژی در گزینه کanal با احداث دراپ اتلاف می گردد. از این انرژی می توان برای سیستم آبیاری قطره ای برای باغات منطقه و یا انرژی مورد نیاز برای تامین هد هیدروفلوم استفاده نمود.

- ۸- مقدار نشت آب از خطوط لوله با حفظ ضوابط فنی، به مراتب کمتر از نشت و تبخیر از کanal است. درنتیجه راندمان انتقال و توزیع بیشتر خواهد بود.
- ۹- در مناطقی که خاک دارای درصد گچ بالا، خاصیت تورم زایی و واگرایی باشد و ضریب پلاستیسیته مناسب نباشد برای احداث کanal به تمهیداتی همچون تعویض خاک و یا اصلاح خاک با اضافه کردن خاک مناسب که از منابع قرضه دور دست خواهد بود، در چنین شرایطی اجرای خطوط لوله کم فشار ممکن است با مشکلات کمتری همراه باشد.
- ۱۰- در مناطقی که سطح آب زیرزمینی بالا باشد، احداث خطوط لوله و کanal با مشکلات همراه خواهد بود و نیاز به ایجاد تمهیدات خاص برای هر دو روش می باشد. از جمله نصب فیلتر و زهکش برای تخلیه آب در زمان احداث کanal و یا تخلیه آب زیرزمینی در ترانشه برای نصب لوله.
- ۱۱- هزینه‌های بهره برداری و نگهداری از خطوط لوله، معمولاً کمتر از کanal است. زیرا در کanal هزینه‌های لایروبی، کنترل علف‌های هرز و تخریب آبگیرها معمولاً بیشتر است.
- ۱۲- در سیستم آبیاری کم فشار، سیستم کنترل از پایین دست برقرار می باشد، که در نتیجه تلفات شبکه نسبت به سیستم کنترل از بالا دست کاهش می یابد ، زیرا در سیستمکنترل پایین دست، آب اضافه بر در خواست محل مصرف وارد شبکه نخواهد شد. از طرفی دیگر در سیتسیم کنترل پایین دست می توان با ایجاد تمهیداتی ورودی آب به شبکه را از بالادست تنظیم نموده تا مصرف کنندگان بیش از حد مصرف ننمایند. که در نتیجه راندمان افزایش می یابد.
- ۱۳- مقدار نشت از سیستم توزیع در شبکه آبیاری کم فشار کمتر از کanal بوده در نتیجه آب کمتری از بدنه کanal به آب زیرزمینی اضافه می شود.
- ۱۴- عمر مفید سیستم‌های آبیاری کم فشار بیش از سیستم آبیاری با کanal است.
- ۱۵- در سیستم‌های آبیاری کم فشار در صورتی که انرژی مورد نیاز از نیروی ثقل تأمین نشود، هزینه‌های دوره بهره برداری ناشی از ایستگاه پمپاژ و تأمین انرژی به سیستم تحمیل می شود که در کanal این هزینه‌ها وجود ندارد.
- ۱۶- کنترل مقدار دبی سیستم‌های آبیاری توسط لوله، با دستگاه‌های اندازه گیری مکانیکی والکترونیکی با سهولت بیشتر و دقیق بهتر انجام می شود.
- ۱۷- امکان خودکار نمودن (اتوماسیون) سیستم آبیاری کم فشار نسبت به سیستم آبیاری سطحی بیشتر است.
- ۱۸- امکان استفاده و کاربرد تکنیک آبیاری جویچه ای یک در میان توسط سیستم کم فشار بكمک نصب هیدروفلوم در مزارع تسهیل می شود.
- ۱۹- امکان انجام آبیاری با دبی کاهش یافته با بکار بردن هیدروفلوم بدلیل تغییر مقدار باز شدگی دریچه‌های هیدروفلوم یا دبی ورودی به هیدروفلوم ساده تر است.

۲۰- با تنظیم دریچه‌های هیدروفلوم می‌توان ضریب یکنواختی توزیع آب و در نتیجه راندمان کاربرد در مزرعه را افزایش داد.

۲۱- هزینه‌های کارگری در سیستم هیدروفلوم برای انجام عمل آبیاری نسبت به کanal کمتر است.

۲۲- دقت وسایل اندازه‌گیری و تحویل آب در کanalها نسبت به خطوط لوله و هیدروفلوم کمتر است.

۲۳- مدت انتظار دریافت آب در سیستم کم فشار برای زارعین کمتر از سیستم کanal است.

۲۴- عمر مفید هیدروفلوم پایین بوده بطوریکه می‌بایست بعد از چند سال جایگزین شود.

### ۳- مروری بر تحقیقات

واکر و اسکوگربو (۱۹۹۷)، اظهار می‌دارند گرچه در سیستم‌های آبیاری تحت فشار بازده آبیاری بالا می‌باشد، ولی افزایش روزافزون هزینه‌های انرژی سبب گردیده که بسیاری از محققین مطالعات قابل توجهی را در زمینه افزایش بازده آبیاری سطحی انجام دهند و این روش را به عنوان جایگزین مناسبی برای روش‌های آبیاری تحت فشار پیشنهاد نمایند [گزارش شده توسط رحیمی و سپاسخواه، ۱۳۸۲].

نتایج برخی مطالعات نشان می‌دهد در صورتی که سیستم آبیاری سطحی بدرستی طراحی و مورد بهره برداری قرار گیرد دستیابی به راندمان‌های آبیاری بالا دور از دسترس نخواهد بود بطوری که در برخی شرایط می‌تواند با راندمان سایر روش‌های آبیاری برابری نماید. در مناطقی همانند خوزستان که اغلب اراضی دارای بافت نسبتاً سنگین، شبیب بسیار کم، شوری و قلیائیت بالا برخوردارند. با روش‌هایی همچون استفاده از فارو انتهای بسته، آبیاری جویچه‌ای یک در میان، طراحی و انتخاب طول صحیح و دبی جویچه‌ها و کرتها، بکار گیری کم آبیاری برنامه ریزی شده، استفاده مجدد از رواناب خروجی از انتهای مزارع و همچنین تسطیح اصولی اراضی، دسترسی به راندمان‌های بالا امکان پذیر می‌باشد.

بنا بر توصیه سرویس حفاظت خاک آمریکا (SCS) در سطح جهانی راندمان کاربرد آب در مزرعه در روش‌های آبیاری سطحی بین ۵۰ تا ۸۰ درصد پیشنهاد شده، در حالی که راندمان آبیاری بارانی و قطره‌ای بین ۶۰ تا ۸۰ درصد پیشنهاد گردیده است. راندمان کاربرد آب در مزرعه به طراحی و مدیریت آبیاری مزرعه بستگی دارد.

نتایج تحقیقات نشان داده که آبیاری راندمان آبیاری سطحی از طریق طراحی و مدیریت قوی تا ۸۵ درصد قابل افزایش است، این در حالی است که راندمان آبیاری در شور در حدود ۳۰ درصد گزارش می‌شود. معروف پور (۱۳۷۶) متوسط راندمان کاربرد آب در دو مزرعه نیشکر هفت تپه در استان خوزستان را که به روش آبیاری جویچه‌ای انتهای بسته انجام می‌شد، ۶۹ تا ۵۲ درصد بدست آورد. ملوحی (۱۳۸۲) در مزارع نیشکر کشت و صنعت امیرکبیر، راندمان کاربرد را بین ۴۲ درصد در آبیاری اول تا ۷۸ درصد در آبیاری پنجم بدست آورد. روش آبیاری جویچه انتهای بسته و بوسیله هیدروفلوم آب وارد مزرعه می‌شود. میر ابولقاسمی (۱۳۷۳) راندمان کاربرد آب در مزرعه برای شبکه‌های سنتی اهواز را ۴۵ تا ۶۰ درصد ذکر نمود. حقایقی مقدم و همکاران (۱۳۸۲)، بررسی کارایی مصرف آب و عملکرد محصول چغندر قند را در

روش‌های آبیاری سطحی و بارانی از ریابی نموده و آنها کارایی مصرف آب در سیستم‌های آبیاری بارانی، شیاری معمولی و شیاری با کاهش دبی جریان را مورد مقایسه قرار داده و نشان دادند که کارایی مصرف آب در آبیاری بارانی بهتر از روش‌های آبیاری سطحی است. همچنین نتایج این تحقیق نشان داد که در روش آبیاری سطحی با روش دبی کاهش یافته ۱۶ درصد آب نسبت به روش آبیاری سطحی معمولی صرفه جویی آب وجود دارد.

در منطقه اصفهان روش آبیاری بارانی و سطحی به ترتیب عملکرد ۹۰ و ۶۶ تن تولید پیاز را تولید نموده که نشان داد که سیستم آبیاری بارانی یا سیستم سطحی قابل رقابت نبوده است (گزارش شده توسط حقایقی مقدم و همکاران ۱۳۸۳).

کاوه (۱۳۷۸) مقدار متوسط راندمان‌های آبیاری در کشور را بین ۵۰ تا ۵۵ درصد برآورد می‌نماید و معتقد است که راندمان‌های آبیاری گزارش شده، که مقدار راندمان را حدود ۳۰ تا ۳۵ درصد پیش بینی می‌نمایند، صحیح نبوده و برآورده و بازنگری راندمان آبیاری با روش‌های صحیح در کشور باید بدروستی انجام شود. آل کثیر و همکاران راندمان توزیع آب در جویجه‌های مزارع نیشکر در کشت و صنعت نیشکر امام خمینی (شعییه) را ۸۱ تا ۹۵ درصد گزارش کرده اند. سازمان حفاظت خاک آمریکا (SCS) راندمان کاربرد آب را در آبیاری جویجه‌ای در طرح‌هایی که بخوبی طراحی شده و چند سالی در حال بهره برداری باشند از ۵۵ تا ۷۰ درصد گزارش نموده است (گزارش نقل شده از ملوحی ۱۳۸۲).

علیرغم اینکه در اکثر مواقع سیستم آبیاری تحت فشار موجبات ارتقا راندمان‌های آبیاری می‌شود، اما در برخی شرایط کاربرد سیستم‌های آبیاری سطحی بر سیستم آبیاری تحت فشار برتری دارد. همچنین برخی محدودیت‌های سیستم آبیاری تحت فشار باعث می‌شود که امکان کاربرد این سیستم در بعضی شرایط وجود نداشته و لاجرم می‌باشد در مزرعه از سیستم آبیاری سطحی استفاده نمود.

#### ۴- معرفی شبکه‌های آبیاری و زهکشی واحد عمرانی ۵ دو سالق، غرب شعییه و مقایسه فنی و اقتصادی آنها

##### ۴-۱- واحد عمرانی شماره ۵ دو سالق

این شبکه یکی از واحدهای عمرانی دشت دو سالق است. دشت دو سالق در شمال غربی و غرب استان خوزستان و حد فاصل رویخانه کرخه تا تپه‌های مرزی ایران و عراق گسترش یافته است. این اراضی از سمت شمال به قسمتی از جاده آسفالت شوش - فکه و اراضی مرتفع بین دو سالق و دشت عباس، از سمت جنوب به حدود کیلومتر ۵۱ تا ۵۸ کanal اصلی پای پل، از غرب به اراضی مرتفع حد فاصل دو سالق و دشت اوان محدود شده است. نمای کلی موقعیت این اراضی در شکل شماره (۱) ارائه شده است.

در مطالعات مرحله اول و دوم شبکه آبیاری دشت‌های تحت پوشش سد مخزنی کرخه، آب مورد نیاز کلیه اراضی دشت دوسالق از کanal پای پل تأمین می‌گردید، واحد عمرانی شماره ۵ این دشت دارای اراضی مرتفع بوده و برای آبگیری از کanal پای پل مستلزم دو مرحله پمپاژ به ارتفاع ۴۰ است، که پس از

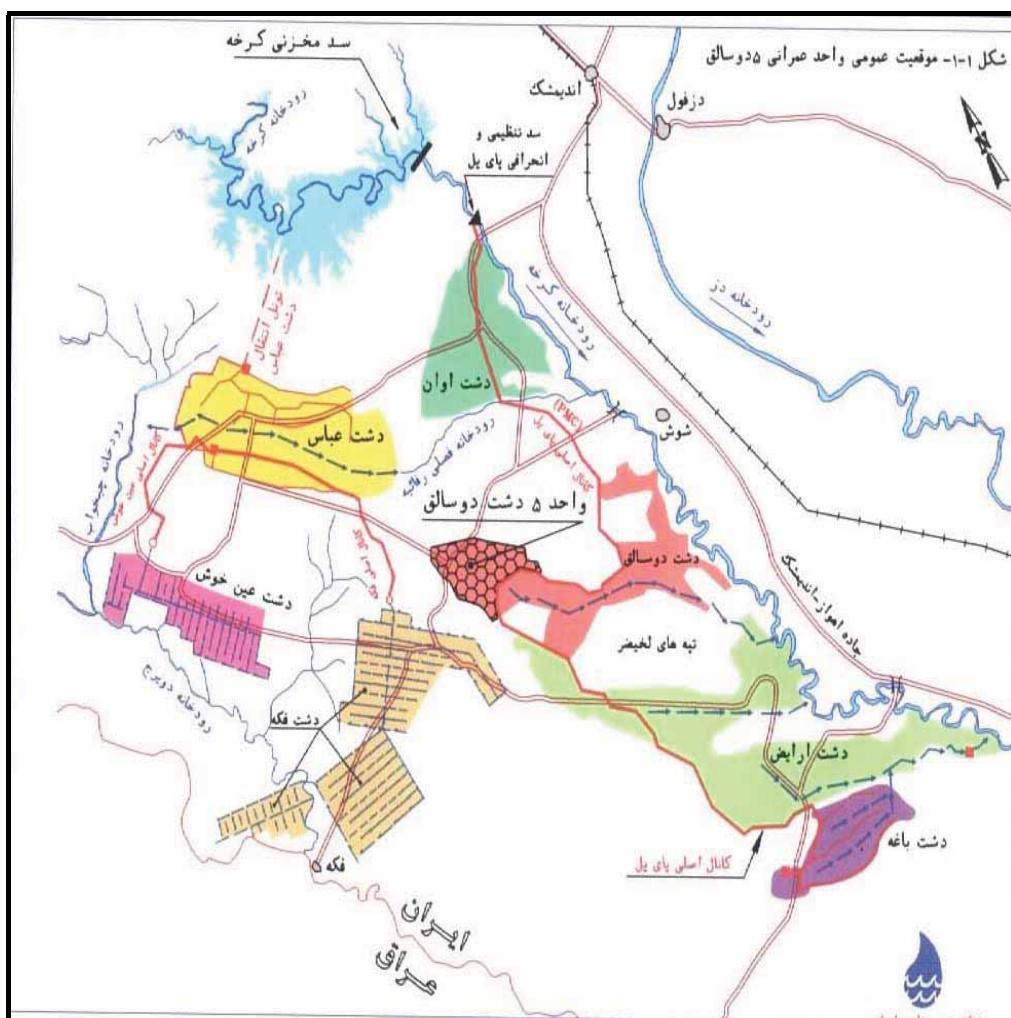
بررسی‌های مجدد ملاحظه گردید امکان تأمین آب این اراضی از کanal انتقال آب داشت عباس وجود دارد. این کanal در فاصله تقریباً ۵ کیلومتری شمال اراضی قرار گرفته و دارای رقومی بیشتر از اراضی واحد عمرانی شماره ۵ دو سالق است، لذا انتقال ثقلی آب به اراضی را ممکن می‌نمود. مطالعه بازنگری امکان تأمین آب از اراضی کanal داشت عباس توسط مشاور مهاب قدس انجام شده که نتایج آن در این گزارش ارائه شده است. در مطالعه بازنگری اراضی داشت دو سالق ۵ گزینه مختلف مورد مقایسه قرار گرفته است. این پنج گزینه عبارتند از:

- آبگیری از کanal پای پل توسط پمپاژ و سیستم آبیاری سطحی در شبکه
- آبگیری از کanal پای پل توسط پمپاژ و آبیاری تحت فشار
- آبگیری از کanal داشت عباس و آبیاری سطحی
- آبگیری از کanal داشت عباس و آبیاری تحت فشار
- آبگیری از کanal داشت عباس و آبیاری کم فشار

در مطالعات مرحله اول طرح در سال ۱۳۷۲ طرح فقط گزینه شماره (۱) مورد ارزیابی قرار گرفته بود. اما پس از تکمیل اطلاعات و نقشه‌های منطقه ملاحظه گردید که امکان آبگیری از کanal داشت عباس و سیاست توجه به سیستم‌های آبیاری مدرن در سالهای اخیر گزینه‌های آبیاری تحت فشار و سطحی مورد ارزیابی قرار گرفت. که خلاصه مشخصات و مقایسه این گزینه‌ها در جدول شماره (۳) ارائه شده است. برآوردها بر اساس فهرست بهای ۱۳۸۳ انجام شده است.

مشاهده گردید که سیستم آبیاری کم فشار از نظر فنی و اقتصادی در اراضی واحد عمرانی ۵ دو سالق از سایر گزینه‌ها برتر است. در این مورد بخصوص با توجه به اختلاف ارتفاع بین محل آبگیری از کanal انتقال آب داشت عباس و اراضی شبکه، انرژی مورد نیاز سیستم بدون استفاده از پمپاژ تأمین شده است. ضمن این که راندمان آبیاری نسبت به شبکه سطحی در حدود ۵ درصد بیشتر پیش بینی می‌شود. اما نگارنده معتقد است که تفاوت راندمان بین دو سیستم میتواند بیش از این مقدار باشد. زیرا در صورتی که از سیستم هیدروفلوم در مزارع استفاده شود، بدلیل امکان کنترل بهتر آب و رودی به مزرعه، یکنواختی توزیع بیشتر شده و راندمان کاربرد بالاتر می‌رود. ضمن این که امکان روش‌هایی همچون سیستم آبیاری سطحی با روش کاهش دبی و سیستم آبیاری جویجه‌ای یک در میان نیز فراهم خواهد شد.

شکل شماره (۱)- موقعیت اراضی واحد عمرانی دشت دوسالق در منطقه طرح



البته در مقایسه حاضر، مواردی از قبیل سرعت اجرای بیشتر سیستم آبیاری کم فشار نسبت به اجرای کanal آبیاری، کاهش هزینه‌های تملیک برای مسیر کanalها نسبت به لوله و افزایش هزینه‌های اجرایی به علت طولانی تر بودن احداث کanal نسبت به لوله و تفاوت درآمد ناشی از زودتر به بهره برداری رسیدن شبکه هزینه‌های معادل تخریب محیط زیست در اثر کاهش راندمان آبیاری لحاظ نشده است. که اگر این موارد نیز اضافه شود مشاهده می گردد که سیستم آبیاری کم فشار می تواند دارای مزایای بیشتری باشد.

#### ۴-۲- شبکه آبیاری غرب شعیبیه

محدوده طرح بخشی از اراضی دشت خوزستان واقع در منطقه شعیبیه در حد فاصل عرض‌های جغرافیایی ۳۱ درجه و ۳۵ دقیقه تا ۳۱ درجه و ۵۳ دقیقه شمالی و طول‌های جغرافیایی ۴۸ درجه و ۳۶ دقیقه تا ۴۰ درجه و ۵۰ دقیقه شرقی و به فاصله ۴۰ کیلومتری در غرب شوشتر و ۴۳ کیلومتری از شمال اهواز در

ساحل شرقی رودخانه دز واقع شده است. وسعت خالص این اراضی ۱۱۰۰ هکتار می باشد. شکل شماره (۲) موقعیت این اراضی در استان خوزستان را نشان می دهد. منبع تأمین آب این اراضی رودخانه دز خواهد بود. در اراضی شبکه آبیاری و زهکشی غرب شعیبه دو گزینه مختلف برای شبکه آبیاری و زهکشی مورد مقایسه قرار گرفت. گزینه اول انتقال و توزیع آب توسط کanal به اراضی و تحويل آب به مزارع ۶۰ تا ۱۷۲ هکتاری است . در این گزینه برای تکمیل شبکه بایست شبکه فرعی (کنالهای درجه ۳) برای تحويل آب به مزارع احداث شود. گزینه دوم استفاده از کanal انتقال آب در مقطع خاکبرداری و سپس توزیع آب در داخل شبکه با استفاده از سیستم کم فشار است. تامین فشار برای سیستم توزیع آب توسط ۱۳ ایستگاه پمپاژ که آب را به ایستگاههای پمپاژ به ارتفاع ۷ متر پمپاژ میکند تامین میشود. در جدول شماره (۴) مشخصات دو سیستم ارائه شده است

جدول شماره (۲) - خلاصه مشخصات فنی و اجرایی گزینه‌های مختلف شبکه آبیاری و زهکشی واحد

## عمرانی شماره پنج دوسالق

گزینه ۵ (آبگیری از کanal دشت عباس و آبیاری کم فشار)	گزینه ۴ (آبگیری از کanal دشت عباس و آبیاری تحت فشار)	گزینه ۳ (آبگیری از کanal دشت عباس و آبیاری تحت سطحی)	گزینه ۲ (آبگیری از کanal پای پل توسط پمپاژ و آبیاری تحت فشار)	گزینه ۱ (آبگیری از کanal پای پل توسط پمپاژ و آبیاری سطحی)	شرح
۲۴۰۰	۲۴۰۰	۲۴۰۰	۲۴۰۰	۲۴۰۰	مساحت ناخالص
۲۱۶۰	۲۲۸۰	۲۰۴۰	۲۲۸۰	۲۰۴۰	مساحت خالص
۹۵	۹۵	۹۰	۹۵	۹۰	راندمان انتقال
۹۷	۹۷	۸۵	۹۷	۸۵	راندمان توزیع
۶۵	۷۰	۶۵	۷۰	۶۵	راندمان کاربرد
۶۰	۶۵	۵۰	۶۵	۵۰	راندمان کل
۰/۵۵	۰/۴	.۶۶	۰/۴	۰/۶۶	هیدرومدول
۱/۱۹	۰/۹۱۲	۱/۳۴۶	۰/۹۱۲	۱/۳۴۲	دبی (لیتر در ثانیه)
۹۵۹۸	۸۸۶۰	۱۱۵۱۸	۸۸۶۰	۱۱۵۱۸	حجم آب مورد نیاز سالانه (متر مکعب در هکتار)
۵۰۸۴۳	۵۸۵۳۳	۵۱۳۹۷	۶۱۸۲۹	۶۷۴۴۸	کل هزینه اجرائی (میلیون ریال)
۲۳/۵	۲۵/۷	۲۵/۲	۲۷/۱	۳۳/۱	هزینه اجرائی در واحد سطح
۸۲۶	۷۷۹	۱۰۰۲	۱۶۰۱	۱۷۹۴	هزینه‌های بهره برداری و نگهداری و انرژی سالانه
۳/۶۷	۳/۳۹	۳/۲۷	۲/۸۷	۲/۲۸	B/C (در نرخ تنزیل پایه ۷ درصد)
۱۴۳۳۰.۶	۱۴۴۲۱۹	۱۲۰۴۸۷	۱۳۳۳۵۴	۹۷۴۲۴	B-C
۲۲/۲۲	۲۲/۸۴	۲۱/۳	۲۱/۴۶	۱۶/۴۳	نرخ بازدهی اقتصادی

جدول شماره (۴) - خلاصه مشخصات فنی و اجرایی گزینه‌های مختلف شبکه  
آبیاری و زهکشی غرب شعیبیه

گزینه ۲ (آبیاری کم فشار)	گزینه ۱ (آبیاری سطحی)	شرح
۱۱۲۰۰	۱۲۳۰۰	مساحت ناچالص
۱۱۱۳۰	۱۱۲۴۹	مساحت خالص
۹۸	۹۰	راندمان انتقال
۹۵	۹۰	راندمان توزیع
۶۲	۶۲	راندمان کاربرد
۵۷,۷	۵۰	راندمان کل
.۸	.۹	هیدرومدول بدون انعطاف پذیری
۱۳۰۹۵	۱۵۰۵۹	حجم آب مورد نیاز سالانه (متر مکعب در هکتار)
۱۸۵۰۵۷	۲۱۳۶۲۵	کل هزینه اجرائی بدون احتساب هزینه‌های زهکشی (میلیون ریال)
۱۷/۶۹	۲۳/۴۶	هزینه اجرائی در واحد سطح (شبکه اصلی و فرعی بدون هزینه‌های زهکشی)
۶/۳	۰/۷۵	هزینه‌های بهره برداری و نگهداری و انرژی سالانه

در شبکه آبیاری غرب شعیبیه مجموع هزینه‌های اجرایی و بهره برداری شبکه آبیاری (اصلی و فرعی) به روش ثقلی بیش از شبکه آبیاری به روش کم فشار برآورده گردید. هزینه‌های دیگری نیز در افزایش هزینه‌های شبکه آبیاری به روش ثقلی دخالت داشته از جمله آنها هزینه اضافه عملیات تسطیح اراضی، هزینه آب بهاء اختلاف تلفات آبیاری و نیز هزینه خرید منابع قرضه برای خاکریزی کانال‌ها که مجموع برآوردها منظور نشده است. مهم تر این که دوره اجرایی شبکه آبیاری کم فشار بصورت غیرمنتقطع بوده و دسترسی کشاورزان به آب توزیع شده در شبکه در سطح قطعات زراعی در کوتاهترین دوره زمانی میسر می‌گردد. همچنین تلفات بسیار زیاد آب (در حدود ۴۰ تا ۵۰ درصد)، عدم بهره برداری مناسب و تطویل زمان اختلاف میان اتمام شبکه اصلی آبیاری با شبکه فرعی در گزینه ثقلی برای اجرای گزینه کم فشار اتفاق نمی‌افتد.

##### ۵- بحث و نتیجه گیری:

با توجه به آن چه در بخش مرور تحقیقات و نتایج مقایسه فنی و اقتصادی گزینه‌های مختلف شبکه‌های آبیاری و زهکشی برای شبکه‌های آبیاری غرب شعیبیه و واحد عمرانی ۵ دو سالق ذکر شد می‌توان با توسعه سیستم‌های آبیاری کم فشار راندمان‌های آبیاری و بهره وری از را افزایش داد. استفاده از این

سیستم‌ها بخصوص در مناطقی که از نظر شرایط احداث کانال‌های آبیاری مشکلات از قبیل کمبود قرضه، عدم کیفیت مناسب خاک برای احداث کانال و همچنین در شرایط نامساعد برای آبیاری بارانی و قطره ای نظیر، باد شدید و تبخیرزیاد و خاکهای بسیار شور راهگشا است.

با توجه به نتایج حاصل از مقایسه فنی و اقتصادی گزینه‌های مختلف دو شبکه آبیاری ذکر شده می‌توان نتیجه گرفت که سیستم آبیاری کم فشار به عنوان گزینه ای مناسب و قابل رقابت در مقایسه با سیستم‌های آبیاری سطحی و تحت فشار می‌باشد. لذا اگرچه در آینده بحران کمبود منابع آب در کشور وجود دارد، اما شواهد نشان می‌دهد که در آینده ای نه چندان دور بحران انرژی نیز در پیش است. ارائه روشهایی که ضمن ارتقاء راندمان آبیاری به هزینه‌های انرژی کمتری نیاز دارند باید مورد توجه قرار گیرد. همچنین تجربیات گذشته نشان از آن دارد که احداث کانال‌های آبیاری در خاکهای مسئله دار مسائل و مشکلات و هزینه‌های به بهره برداران تحمیل می‌کند که در نتیجه باید از احداث کانال در این اراضی احتراز نمود. پس ضروریست که مشاورین، کارفرمایان و کارشناسان آب و آبیاری بررسی سیستم آبیاری کم فشار را در مطالعات شبکه‌های آبیاری مورد توجه قرار دهند تا انتخاب درستی در نوع سیستم آبیاری انجام شود. ضمن اینکه لازم است تا محققین این سیستم را بیشتر مورد ارزیابی قرار داده و از طرف متولیان امور استانداردهای لازم برای مطالعه، طراحی و اجرا تهیه شده و همچنین زمینه لازم برای تولید لوازم و مصالح مورد متناسب و مورد نیاز این گزینه فراهم شود. در آخر اینکه آموزش این سیستم در دانشگاه‌ها بعنوان یکی از سیستم‌های آبیاری مورد توجه قرار گیرد تا دانشجویان و کارشناسان با بدرستی با مبانی این روش آشنا گردند.

## ۶- تشکر و قدر دانی:

از مدیریت تحقیقات و استانداردهای آب سازمان آب و برق بخاره حمایت تهیه این مقاله تشکر و قدر دانی می‌شود. همچنین از مشاورین مهاب قدس و انهار جنوب و کلیه عزیزانی که در این زمینه از راهنمایی آنها استفاده شد سپاسگزاریم.

## منابع :

- حقایقی مقدم، الف و همکاران، ۱۳۸۲ بررسی کارایی مصرف آب و عملکرد محصول چغندرقند در روش‌های آبیاری سطحی و بارانی - مجموعه مقالات یازدهمین همایش کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران، تهران. صفحات ۲۴۷-۲۶۰
- رحیمی، م و علیرضا سپاسخواه، ۱۳۸۳. تعیین معادلات نفوذ و پیشروی آب در آبیاری جویچه ای در مزارع نیشکر هفت تپه. مجموعه مقالات دومین کنفرانس ملی دانشجویی منابع آب و خاک، دانشکده کشاورزی - دانشگاه شیراز. صفحات ۴۹-۵۵

- کاوه. فریدون، ۱۳۷۸. نقدی بر میزان بازدهی آبیاری در ایران، *فصلنامه آب و توسعه سال هفتم*، دوره جدید شماره دوم و سوم، جلد ۲۰-۲۱. صفحات ۱۲-۳۲.
- کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران ، ۱۳۸۲. استفاده از لوله‌های کم فشار در آبیاری سطحی. ترجمه و تدوین : گروه کار توسعه و مدیریت سیستم‌های آبیاری . انتشارات کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران. ۲۶۱ صفحه.
- معروف پور،ع، ۱۳۷۶. ارزیابی راندمانهای آبیاری در مزار شرکت کشت و صنعت نیشکر هفت تپه، پایان نامه کارشناس ارشد دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید چمران اهواز. ۳۱۵ صفحه
- ملوحی،ج، ۱۳۸۲. ارزیابی راندمانهای آبیاری در مزارع نیشکر استان خوزستان ( واحد امیرکبیر)، پایان نامه کارشناس ارشد دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید چمران اهواز.
- مهندسین مشاور انهر جنوب، ۱۳۸۳. مطالعات مرحله اول شبکه اصلی آبیاری و زهکشی اراضی غرب شعیبیه (حاشیه رودخانه دز). جلد سوم : گزارش طرح مقدماتی شبکه اصلی آبیاری و زهکشی - ۲۱۲ صفحه.
- مهندسین مشاور انهر جنوب، ۱۳۸۳. خلاصه گزارش انتخاب گزینه مناسب شبکه آبیاری اراضی غرب شعیبیه(حاشیه رودخانه دز). ۸ صفحه
- مهندسین مشاور مهاب قدس، ۱۳۸۳. طرح بازنگری سیستم انتقال و شبکه اصلی و فرعی آبیاری و زهکشی واحد عمرانی شماره پنج دشت دو سالق- مطالعات مرحله اول گزارش فنی شبکه آبیاری و زهکشی.
- معروف پور،ع، ۱۳۷۶. ارزیابی راندمانهای آبیاری در مزار شرکت کشت و صنعت نیشکر هفت تپه، پایان نامه کارشناس ارشد دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید چمران اهواز. ۳۱۵ صفحه
- میرابو اقسامی، ۵ ، ۱۳۷۳. ارزیابی بازده آبیاری در تعدادی از شبکه‌های سنتی ایران. مجموعه مقالات هفتمین سمینار کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران. مقاله شماره ۲۲۵.



## کارگاه فنی آبیاری سطحی مکانیزه

۱۳۸۴ آذر ماه

### افزایش راندمان آبیاری شیاری با غلتک‌های تثبیت شیار

امیر نورجو<sup>۱</sup>، حسین محمدی مزرعه<sup>۲</sup>

#### ۱-چکیده:

آبیاری جوی و پشته از روشهای متداول و کم هزینه آبیاری بوده و غالب کشت‌های ردیفی در کشور به این طریق آبیاری می‌شوند. از طرفی به علت پایین بودن راندمان آبیاری سطحی در سطح مزارع، سالانه ضمن اینکه مقادیر زیادی آب و انرژی تلف می‌شود، از کیفیت اراضی کاسته شده و آفات و امراض نیز افزایش می‌یابد. تراکم بستر شیار از روشهای افزایش سرعت پیشروی آب در شیار و کاهش زمان آبیاری و در نتیجه افزایش راندمان به شمار می‌رود. در این تحقیقی به منظور بررسی اثر تراکم شیارها در کشت‌های ردیفی بر سرعت پیشروی و راندمان آبیاری، غلتک‌هایی در شش اندازه (سه اندازه قطری ۲۵، ۴۰ و ۵۵ و دو اندازه عرضی ۱۲/۵ و ۱۵ سانتی متر) طراحی و ساخته شده و تحت سه تیمار وزنی ۲۵، ۵۰ و ۷۵ کیلوگرم در خاک لومی‌سیلیتی ایستگاه تحقیقات کشاورزی میاندوآب مورد ارزیابی قرار گرفت. عملکرد این غلتک‌ها با شیارهای دست نخورده (شاهد) و شیارهای شکل داده شده با شیپر و شیارهای متراکم شده با چرخ تراکتور مقایسه گردید. نتایج حاصله نشان داد که اثر قطر و عرض غلتک و میزان وزن اعمال شده بر روی غلتک بر روی پارامترهای آبیاری معنی دار بود.

در بین تیمارهای قطری بیشترین میزان راندمان آبیاری در تیمار قطر غلتک ۵۵ سانتی متر،  $۵۷/۴$  درصد و در بین تیمارهای عرض غلتک بیشترین میزان راندمان آبیاری در تیمار عرض غلتک ۱۵ سانتی متر،  $۵۵/۳$  درصد و در بین تیمارهای وزنی بیشترین میزان راندمان آبیاری مربوط به تیمار وزن ۷۵ کیلوگرم،  $۵۵/۱۸$  درصد بود. متوسط راندمان آبیاری در تیمارهای شیار چرخ تراکتور خورده و تیمار شاهد غلتک نخورده به ترتیب  $۴۵/۴$  و  $۴۸/۹$  درصد بود. نتایج نشان می‌دهد که استفاده از غلتک‌های تثبیت شیار باعث افزایش میزان راندمان آبیاری شده است.

۱-محقق آبیاری و زهکشی بخش تحقیقات فنی و مهندسی مرکز تحقیقات کشاورزی آذربایجان غربی

۲-محقق ماشینهای کشاورزی بخش تحقیقات فنی و مهندسی مرکز تحقیقات کشاورزی آذربایجان غربی

## ۲- مقدمه:

آبیاری جوی و پشته از روش‌های متداول و کم‌هزینه آبیاری می‌باشد. از معایب عمدۀ این روش، پایین بودن بازدۀ آبیاری می‌باشد. با کنترل سرعت نفوذ و افزایش سرعت پیشروی آب، می‌توان راندمان آبیاری را بهبود بخشیده و قابلیت استفاده از آبیاری جوی و پشته را افزایش داد. روش‌های مختلف برای کنترل سرعت نفوذ آب وجود دارد، که به غیر از روش تراکم مکانیکی، سایر روش‌ها نیازمند صرف هزینه و انرژی زیادی هستند. در روش تراکم مکانیکی، اطراف و ته شیارها با ادوات مکانیکی متراکم می‌شوند. از بهبود توزیع یکنواختی آب در مزارع، ذخیره آب، کاهش زمان آبیاری و کاهش خطر غرقابی و شوری می‌توان به عنوان مزایای این روش نام برد.

با هر سانتی متر نفوذ عمقی آب به طور متوسط ۱۴ کیلو گرم در هکتار نیترات از بین میروند که این مقدار متأثر از عملیات کوددهی و آبیاری و زمان بارندگی می‌باشد. همچنین در مطالعات در پلاتهایی که بطور مرسوم آماده شده اند بعلت نیاز به دبی ورودی بالا، فرسایش خاک زیاد است (Duk et al., 1978).

با متراکم کردن فاروها، میتوان نفوذ عمقی را کاهش داد. برای این کار غلتک‌های وزین بهتر از انواع ابزار سورتمه‌ای عمل می‌کند (Khalid and smith, 1978 - Bondurant, 1983).

تراکم در کاهش پتانسیل فرسایش‌پذیری بعضی از خاک‌ها بسیار سودمند است (Lyle & Smerdon, 1965).

با ساخت ابزار متراکم کننده شیار، تاثیر تراکم شیار بر سرعت پیشروی آب مورد مطالعه قرار گرفت. ابزار شکل دهنده فارو شامل چرخهای فارو بشکل V با قطر ۳۵ سانتیمتر که لولا شده به طوری که هر چرخ فقط از فاروی مربوط به خود پیروی کرده و مستقل از حرکت ابزار شکل دهنده یا دیگر چرخهای متراکم کننده بود. یک قسمت وزین به هر واحد چرخ متصل شده که آنهم به وزنه چمدانی مانند سنگین روی تراکتور وصل شده است. قسمت وزین مستقیماً بالای چرخ تحکیم واقع شده است و مرکز ثقل وزنه اضافه شده مستقیماً از محور چرخ موقعی که واحد مسطح و تراز است عبور مینماید، یک نگهدارنده به قسمت وزین متصل شده، طوریکه واحد میتواند بالا آورده شود. کل هر واحد شکل دهنده ۷۷ کیلو گرم است. چهار وزنه چمدانی شکل ۳۶ کیلو گرمی در بالای هر واحد متصل شده بود (Fornstorn et. al. 1985).

بعد از ساخت دستگاه در سالهای ۱۹۸۲ و ۱۹۸۳ در مرکز توسعه و تحقیقات پاول، میزان پیشروی آب در فاروهای شیار بندی شده که با دستگاه شکل دهنده فشرده شده اند، با میزان پیشروی آب در فاروهای معمولی مقایسه گردید. داده‌های فاروهای دست خورده (شیار چرخ خورده)، فاروهای نرم شده و متوسط نشان داد در همه حالات مسافت پیشروی آب در فاروهای متراکم شده بیشتر بوده است. آزمایشات در سال ۱۹۸۲ نشان داد که میزان پیشروی آب در هر دو پلاس شامل پلاتهای بدون خاکورزی و خاکورزی مرسوم، افزایش یافته است. مسافت پیشروی بدست آمده در پلاتهای بدون خاکورزی، موقعی که واحد مستحکم کننده ۱۴۴ کیلو گرم سنگینی داشت دوبار اندازه گیری شد و این مقدار تقریباً ۴۰ درصد بیشتر از مسافت پیشروی در پلاتهای با خاکورزی مرسوم بود. مسافت پیشروی آب در فاروهای بدون خاک ورزی

بعد از استحکام، به حد مسافت پیشروی آب در فاروهای با خاک ورزی مرسوم رسید. آزمایشات بیشتر در سال ۱۹۸۳ و در پاول شامل فاروهای معمولی مستحکم شده بدون وزنه و مستحکم شده با وزنه ۱۴۴ کیلو گرمی بوده است. این آزمایشها نشان داد که وزنهای اضافی برای افزایش میزان پیشروی آب در خاکهای منطقه پاول مورد نیاز است.

این مساله همچنین در مقایسه با فاروهای چرخ خورده و غیر چرخ خورده، نشان داده شد. فاروهای چرخ خورده معمولی در مقایسه با فاروهای غیر چرخ خورده، پس از استحکام، میزان پیشروی بیشتری داشتند. در هر صورت کاربرد وسیله مستحکم کننده در بهبود میزان پیشروی آب آبیاری موقفيت آميز بوده است. تاثیر تحکیم حاصل از چرخ تراکتور در شیارها توسط موسیک و همکاران مورد ارزیابی قرار گرفت. طبق این تحقیق، آب نفوذ کرده در فصل آبیاری از ۱۲۳ میلی متر به ۸۲ میلیمتر کاهش یافته و عمق آب زهکشی از  $\frac{9}{4}$  درصد به  $\frac{1}{1}$  درصد میزان آب آبیاری رسید. همچنین تحکیم حاصل از چرخهای تراکتور، متوسط جرم مخصوص خاک خشک را از  $\frac{1}{26}$  به  $\frac{1}{62}$  تن در مترمکعب افزایش داده است. در ضمن کاهش آب نفوذ کرده در شیارها بر روی تولید محصول ذرت تاثیری نداشت. با تحکیم ضربه ای شیار در خاکهای شنی با نفوذ پذیری بالا، میزان نفوذ آب در اولین آبیاری به مقدار ۴۰ درصد کاهش میابد. شخم مرسوم به عمق ۲۰ سانتیمتر اثر تحکیم شیار توسط چرخ تراکتور را از بین خواهد برد (Mosik. et al., 1981).

تعدادی از کشاورزان روشهای آبیاری تحت فشار را کنار گذاشته و به روش آبیاری شیاری روی آورده اند. یکی از مشکلات و مسائل مهم در روش آبیاری شیاری مرسوم، کاهش تولید محصول به علت توزیع غیر یکنواخت آب در طول شیار میباشد. آنان اظهار داشته‌اند که یکنواختی توزیع آب با اصلاح شیار و کاهش نفوذ پذیری افزایش یافته است (Kemper et al. , 1982).

### ۳-مواد و روش‌ها:

به منظور بررسی تاثیر غلتکها در راندمان آبیاری طرح آزمایشی در قالب بلوکهای کامل تصادفی و در چهار تکرار با شش نوع غلتک و با سه وزنه متفاوت، مجموعاً در ۱۸ تیمار در مزرعه‌ای واقع در شهرستان میاندوآب به اجرا درآمد. اندازه غلتکها  $25 \times 12/5$ ،  $25 \times 15$ ،  $40 \times 15$ ،  $40 \times 15/5$ ،  $55 \times 12/5$  و وزنهای  $25$ ،  $50$  و  $75$  کیلوگرم انتخاب گردید. انتخاب تیمار وزن بنحوی بود که استفاده از آنها بار زیادی را بر روی ردیفار و اتصال سه نقطه تراکتور اعمال نکند. برای ساخت غلتکها، از ورق آهنی  $4$  میلی‌متر اندازه‌های مورد نیاز بریده و بعد از نورد به صورت استوانه درآمدند. برای ساخت توپی از رولبرینگ‌های مخروطی استفاده شد. شاسی غلتکها طوری ساخته شده که قابلیت نصب راحت و سریع غلتکها را داشته باشد و همچنین به راحتی به شاسی فاروئر نصب گردد. تیمارهای وزنی  $25$ ،  $50$  و  $75$  کیلوگرم برای مطالعه در روی هر یک از غلتکها و به صورت عمودی در بالای غلطها قرار گرفت. برای شکل‌دهی رویه خارجی غلتکها از نوارهای تیوب‌های فرسوده استفاده شد. این نوارها با چسب آهن به رویه خارجی غلتکها چسبانده شدند تا به شکل هلال در آیند. از مزایای پوشش لاستیکی رویه خارجی

می‌توان به نرم بودن اشاره کرد که باعث می‌شود علاوه بر اینکه تراکم نسبتاً یکنواختی در جوی‌ها ایجاد شود، از وارد شدن خربات و ارتعاشات بیشتر به سایر اجزا غلتکها و تراکتور جلوگیری شود.

پس از عملیات اولیه خاکورزی، شیارهایی بطول ۱۲۰ متر ایجاد شد که ۱۰۰ متر آن جهت اندازه‌گیری پیشروی و پسروی آب در شیار به فواصل ده متری میخکوبی گردید. بافت خاک لوم سیلیتی، ظرفیت زراعی و نقطه پژمردگی بترتیب ۱۴.۷ و ۲۶.۶ درصد وزنی و وزن مخصوص ظاهری خاک ۱.۴۳ گرم بر سانتیمتر مکعب بود. در ابتدا و انتهای شیارها فلوم WSC تیپ یک و دو به منظور اندازه‌گیری میزان آب ورودی به شیار و خروجی از آن، نصب گردید. زمان آبیاری هر شیار در حدود یک ساعت آبیاری در میخکوبیهای به عمل آمده در طول شیار، ثبت گردید. زمان آبیاری هر شیار در حدود یک ساعت آبیاری در انتهای هر شیار در نظر گرفته شده و سرعت پیشروی، پسروی، حجم آب آبیاری، رواناب و نفوذ مورد توجه قرار گرفت. شبی طولی شیارها ۰/۴۸ متر بود و دبی اولیه در حدود ۰/۷ لیتر در ثانیه برای کلیه شیارها توسط یک دستگاه تانکر مجهز به کنتور آب و شیر کنترل تشییت گردید. در هر آزمایش سه شیار انتخاب و شیار وسطی به منظور اندازه‌گیری پارامترهای لازم انتخاب شد. در ضمن پس از رسیدن آب به انتهای شیار دبی به نصف کاهش یافت. در این آزمایش مدت زمان آبیاری بر اساس تامین رطوبت خاک تا حد ظرفیت زراعی مزرعه و تا عمق ۴۰ سانتیمتری بوده و با توجه به نفوذپذیری خاک (۱/۵ سانتیمتر در ساعت) فرصت مورد نیاز برای نفوذ در حدود ۱/۵ ساعت می‌باشد. با توجه به آزمایشات انجام یافته، زمان پسروی در شیار حدود نیم ساعت تعیین گردید. بنابرین، مدت زمان آبیاری کلیه تیمارها عبارت از نیم ساعت برای رسیدن آب به انتهای شیار و یک ساعت آبیاری خواهد بود.

#### ۴- نتایج و بحث:

##### ۴-۱- تاثیر قطر غلتک

تاثیر قطر غلتک در زمان پیشروی آب در شیار و افزایش راندمان معنی دار بود. در شیارهای غلتک خورده با قطر ۴۰ و ۵۵ سانتیمتر زمان پیشروی بترتیب ۳۳/۵٪، ۴۶٪ و ۵۰٪ کاهش یافت. در ضمن شیار چرخ خورده وضعیت مطلوبتری نسبت به شیار معمولی داشته است. زمان پیشروی آب در این شیارها با حدود ۲۵ درصد کاهش می‌تواند در افزایش راندمان آب نقش بسزایی را داشته باشد(جدول ۱).

جدول ۱: تاثیر قطر غلتک در زمان پیشروی آب در شیار.

قطر غلتک(سانتیمتر)	زمان پیشروی (دقیقه)	کاهش نسبی (نسبت به بدون غلتک)
۲۵	۲۹/۵۶ (a)	% ۳۳/۵
۴۰	۲۴/۲۵ (b)	% ۴۶
۵۵	۲۲/۴۴ (c)	% ۵۰
شیار چرخ خورده	۳۳/۷۲	% ۲۴/۹
بدون غلتک	۴۴/۹	-

تاثیر قطر غلتک در راندمان آبیاری در سطح ۵٪ معنی دار بوده و اقطار ۴۰ و ۵۵ در یک گروه واقع شده اند. با افزایش قطر غلتک از ۲۵ به ۴۰ و ۵۵ سانتیمتر، راندمان آبیاری از ۵۰/۵ بترتیب به ۶۲/۲ و ۵۷/۴ درصد افزایش یافت. مقایسه شیارهای غلتک خورده با شاهد نیز نشان می دهد که با کاربرد غلتک در اقطار فوق بترتیب راندمان ۲۳/۱۱، ۸/۲ و ۲۶/۴ درصد نسبت به شاهد افزایش دارد. این افزایش در شیار چرخ خورده ۷/۷ درصد بدست آمده است (جدول ۲).

**جدول ۲ : تاثیر قطر غلتک در راندمان آبیاری.**

قطر غلتک(سانتیمتر)	راندمان آبیاری (درصد)	تغییرات نسبی به درصد (نسبت به تیمار بدون غلتک)
۲۵	۵۰/۵ (a)	۱۱/۲
۴۰	۵۶/۲(b)	۲۳/۸
۵۵	۵۷/۴ (b)	۲۶/۴
شیار چرخ خورده	۴۸/۹	۷/۷
بدون غلتک	۴۵/۴	.

#### ۴-۲- تاثیر عرض غلتک

عرض غلتک تاثیر معنی دار در سرعت پیشروی و راندمان آبیاری نداشت.

#### ۴-۳- تاثیر متقابل قطر و عرض غلتک

تاثیر متقابل عرض و قطر غلتک در سرعت پیشروی آب در شیار و راندمان آبیاری در سطح ۱٪ معنی دار بود.

حداقل زمان پیشروی از غلتک به قطر ۵۵ و عرض ۱۵ سانتیمتر و حداقل سرعت پیشروی از غلتک به قطر ۲۵ و عرض ۱۵ سانتیمتر بترتیب برابر ۲۱/۸ و ۳۰/۸ دقیقه، حاصل شد (جدول ۳).

**جدول ۳ : تاثیر متقابل قطر و عرض غلتک در زمان پیشروی آب در شیار به دقیقه.**

عرض غلتک(سانتیمتر)	قطر غلتک(سانتیمتر)
۱۲/۵	۲۵
۱۵	۴۰
۲۸/۳۲(b)	۵۵
۲۴/۸۴(c)	۲۲/۰۱(de)
۳۰/۷۹(a)	۲۳/۶۷(cd)
۲۱/۸۷(e)	

حداقل راندمان آبیاری از غلتک با قطر ۴۰ و عرض ۱۵ و حداقل آن از غلتک با قطر ۲۵ و عرض ۱۵ حاصل شده است (جدول ۴).

جدول ۴: تاثیر متقابل قطر و عرض غلتک در راندمان آبیاری(درصد).

عرض غلتک (سانتیمتر)	قطر غلتک (سانتیمتر)		
	۵۵	۴۰	۲۵
۵۶/۶۲(ab)	۵۴/۱۷(bc)	۵۱/۵۰(cd)	۱۲/۵
۵۸/۱۵(a)	۵۸/۳۲(a)	۴۹/۵۹(d)	۱۵

#### ۴-۴- تاثیر وزنه غلتک

تاثیر وزنه در سرعت پیشروی آب در شیار در سطح ۱٪ معنی‌دار و تاثیر آن بر راندمان آبیاری معنی‌دار نبود. زمان پیشروی در وزنه‌های ۷۵ و ۲۵ کیلوگرمی نسبت به شیار معمولی (غلتك خورده) بترتیب ۴۰/۲٪، ۴۵/۰٪ و ۴۴/۹٪ کاهش داشت.

#### ۴-۵- تاثیر متقابل قطر و وزن

تاثیر متقابل قطر غلتک و میزان وزنه تاثیر معنی‌دار در سطح ۵٪ بر روی سرعت پیشروی آب در داخل شیار داشت. بیشترین سرعت پیشروی مربوط به غلتک با قطر ۵۵ سانتیمتر به همراه وزنه ۷۵ کیلوگرمی و کمترین آن از غلتک با قطر ۲۵ سانتیمتر به همراه وزنه ۲۵ کیلو گرمی حاصل شده است(جدول ۵). در مقایسه با سرعت پیشروی در شیار بدون غلتک، تاثیر قطر و وزنه در کاهش زمان پیشروی حداقل ۲۸/۷٪ و حداقل ۵۲/۱٪ بود.

جدول ۵: تاثیر متقابل قطر غلتک و وزنه در زمان پیشروی (دقیقه).

۵۵	۴۰	۲۵	قطر غلتک (سانتیمتر)
			وزن(کیلو گرم)
۲۳/۴۱(def)	۲۵/۱۲(cd)	۳۲/۰۱(a)	۲۵
۲۲/۴۲(f)	۲۴/۷۷(de)	۲۶/۸۶(c)	۵۰
۲۱/۴۹(f)	۲۲/۸۶(ef)	۲۹/۸۰(b)	۷۵

اثر متقابل قطر غلتک و میزان وزنه دارای تاثیر معنی‌دار در سطح یک درصد بروی راندمان آبیاری در شیار بود. بیشترین راندمان مربوط به غلتک با قطر ۵۵ سانتیمتر به همراه وزنه ۷۵ کیلوگرمی(۵۸/۳۶٪) و کمترین آن از غلتک با قطر ۲۵ سانتیمتر به همراه وزنه ۲۵ کیلو گرمی(۴۸/۵۱٪) حاصل شده است (جدول ۶). در مقایسه با راندمان در شیار بدون غلتک، تاثیر قطر و وزنه در کاهش تلفات حداقل ۶/۸٪ و حداقل ۲۸/۵٪ بوده است

جدول ۶ : تاثیر متقابل قطر غلتک و وزنه در راندمان آبیاری (درصد).

قطر غلتک (سانتیمتر)	وزن(کیلو گرم)	۲۵	۴۰	۵۵
۴۸/۵۱(d)	۲۵	۵۰/۰۰(a)	۴۰	۵۶/۴۶(ab)
۵۲/۷۷(bcd)	۵۰	۵۳/۸۹(abc)	۴۰	۵۷/۳۴(a)
۵۰/۳۵(cd)	۷۵	۵۶/۸۴(ab)	۴۰	۵۸/۳۶(a)

#### ۴-۶- تاثیر متقابل عرض غلتک و وزنه

تاثیر عرض غلتک و وزنه‌ها بر روی سرعت پیشروی معنی‌دار بوده و بر راندمان آبیاری تاثیر معنی‌داری نداشته است.

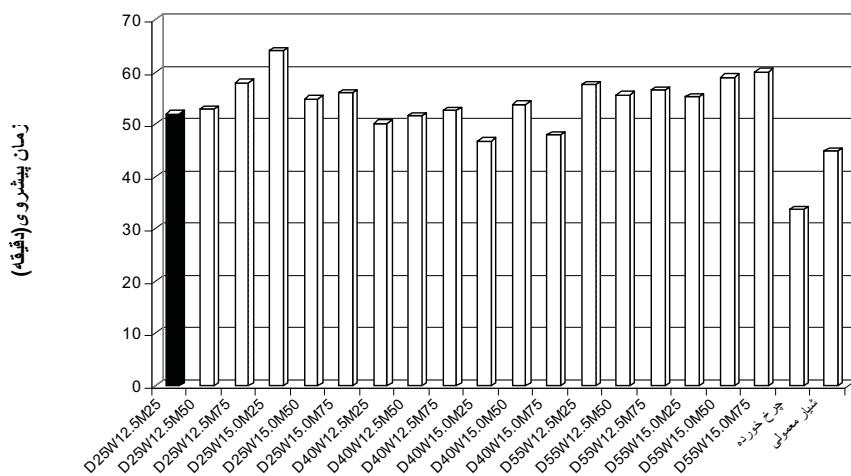
جدول ۷ : تاثیر متقابل عرض غلتک و وزنه در زمان پیشروی و تلفات نفوذ عمقی.

تیمار	زمان پیشروی (دقیقه)	تلفات نفوذ عمقی (لیتر)
عرض ۱۲/۵ وزنه ۲۵ کیلو گرمی	۲۶/۶(a)	۱۱۱۷/۰(a)
عرض ۱۲/۵ وزنه ۵۰ کیلو گرمی	۲۵/۶(ab)	۱۰۷۵/۸(ab)
عرض ۱۲/۵ وزنه ۷۵ کیلو گرمی	۲۳/۹(bc)	۱۰۰۶/۵(bc)
عرض ۱۵ وزنه ۲۵ کیلو گرمی	۲۷/۱(a)	۱۱۳۵/۰(a)
عرض ۱۵ وزنه ۵۰ کیلو گرمی	۲۳/۷(c)	۹۹۷/۹(c)
عرض ۱۵ وزنه ۷۵ کیلو گرمی	۲۵/۴(ab)	۱۰۶۵/۷(abc)

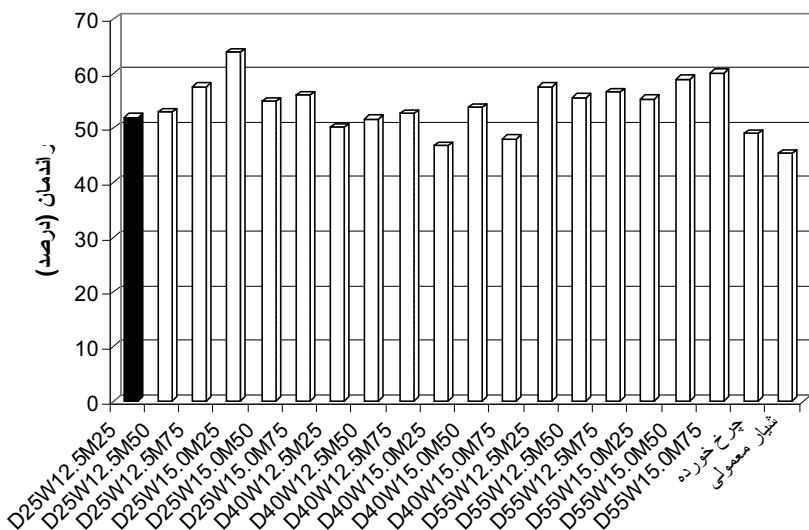
#### ۴-۷- تاثیر متقابل عرض و قطر غلتک با وزنه

تاثیر عرض و قطر غلتک با وزنه‌های متفاوت در زمان پیشروی و راندمان آبیاری در سطح ۱٪ معنی دار بود. حداقل سرعت پیشروی از غلتک با قطر ۵۵، عرض ۱۵ و با وزنه ۷۵ کیلو گرم با زمان ۲۰ دقیقه و کمترین سرعت پیشروی از غلتک با قطر ۲۵، عرض ۱۵ و با وزنه ۲۵ کیلو گرمی با زمان پیشروی ۳۴ دقیقه بدست آمده است. که در مقایسه با شیار معمولی، به ترتیب  $55/4$  و  $24/2$  درصد موجب کاهش زمان پیشروی گردیده اند. تاثیر قطر، عرض و وزنه در زمان پیشروی آب در شیار و مقایسه آن با شیار معمولی و چرخ خورده در شکل ۱ آورده شده است.

حداقل راندمان آبیاری از غلتک با قطر ۴۰، عرض ۱۵ و با وزنه ۲۵ کیلو گرم برابر  $64/0$ ٪ و کمترین آن از غلتک با قطر ۲۵، عرض ۱۵ و با وزنه ۲۵ کیلو گرمی برابر  $46/9$ ٪ بدست آمده است. که در مقایسه با شیار معمولی، به ترتیب  $40/9$  و  $40/2$  درصد موجب افزایش راندمان آبیاری گردیده اند. تاثیر قطر، عرض و وزنه در راندمان آبیاری و مقایسه آن با شیار معمولی و چرخ خورده در شکل ۲ آورده شده است.



شکل شماره ۱ : مقایسه تاثیر تیمارهای مختلف بر روی رمان پیشروی آب در شیار



شکل شماره ۲ : مقایسه تاثیر تیمارهای مختلف بر روی راندمان آبیاری

## ۵-بحث:

نتایج نشان داد که بطورکلی استفاده از غلتکهای تثبیت شیار، پارامترهای آبیاری را بهبود میبخشد. بطور متوسط راندمان آبیاری و سرعت پیشروی آب در تیمارهای چرخ خورده و غلتک خورده به ترتیب  $48/9$  و  $45/4$  درصد و  $32/7$  و  $44/9$  بود. در مقایسه با تیمارهای فوق الذکر، تیمار D25W15M25 (غلتک با قطر

۲۵ و عرض ۱۵ سانتی متر و با وزن ۲۵ کیلو کرم) با توجه به اینکه میزان راندمان بهتری داشته و از نظر هزینه ساخت نسبت به سایر تیمارها دارای هزینه کمتری بوده است، به عنوان بهترین تیمار از نظر اقتصادی، مصرف انرژی و تاثیر بهینه بر روی پارامترهای آبیاری، پیشنهاد می شود.

## ۶- منابع

- ۱- کپنر، آر . ۱۳۷۱. اصول ماشینهای کشاورزی. شفیعی، احمد. جلد اول . انتشارات دانشگاه تهران.
- 2- Bondurant, James A. 1983. Predicting soil erosion under furrow irrigation by tractive force theory .ASAE Paper No.83-2089, ASAE.St Joseph, MI 49085.
- 3- Duke,H.R., D.E. Smika, and D.F.Heermann 1978. Groundwater contamination by fertilizer nitrogen. Journal Irrigation an Drainage Division ASCE, Vol. 104,No.IR3 September.
- 4- Khalid, M., and J.L.Smith. 1978. Control of furrow infiltration by compaction .Transaction of the ASAE 21 (4)654-657.
- 5- Musick, J.T.,D.A. Dusek, and D.Schneider. 1981. Deep tillage of irrigation pull man clay loam a long – term evaluation . Transaction of the ASAE.24 : 1515 –1519.
- 6- Fornstrom, K.J., J.A. Miehel, J.D. Jackson, and G.D. Jackson. 1985. Furrow firming for control of irrigation advance rates. Transaction of the ASAE. Vol 28,No.2.
- 7- Lyle , W.M. and E.T. Smerdon. 1965 .Relation of compaction and other soil properties to erosion resistance of soils. Transaction of the ASAE.8 (3) 419-422.
- 8- Kemper, W.D., B.J. Ruffing, and J.A. Bondurant .1982. Furrow intake rate and water management .Transaction of the ASAE. 25: 333-339.



## کارگاه فنی آبیاری سطحی مکانیزه

۱۳۸۴ آذر ماه

### افزایش کارایی مصرف آب با استفاده از مالج پلی اتیلن در زراعت گوجه فرنگی

امیر نورجو<sup>۱</sup>، مهشید هناره<sup>۲</sup>، سپیده حاتمی<sup>۳</sup>

#### ۱-چکیده:

با عنایت به شرایط اقلیمی کشور و کمبود قطعی آب و فزونی اراضی نسبت به منابع آب و از طرفی پایین بودن کارایی مصرف آب و لزوم گسترش اراضی آبی جهت افزایش تولید، استفاده از مالج پلی اتیلن به عنوان یکی از روش‌های شناخته شده در کاهش مصرف آب و استفاده بهینه از منابع آب مورد توجه قرار گرفته است. در این راستا پژوهشی بصورت فاکتوریل اسپلیت پلات با چهار تکرار در ایستگاه تحقیقات کشاورزی دکتر نخجوانی (کهریز) بر روی گوجه فرنگی رقم پتواری CH در سال ۱۳۸۴ در قطعه زمینی به مساحت ۱۳۰۰ متر مربع انجام گردید. ترکیب فاکتور فاصله ردیف (در دو سطح ۱۰۰ و ۱۲۰ سانتیمتر) و فاکتور فاصله بین بوته‌ها در روی ردیف (در دو سطح ۳۰ و ۴۰ سانتیمتر) بصورت فاکتوریل در پلاتهای اصلی و نحوه استفاده از مالج در سه حالت در کرت‌های فرعی قرار گرفتند. روش استفاده از مالج عبارت بودن از: ۱- پوشش تمام پشته و نصف جوی از مالج ۲- پوشش تمام جوی و نصف پشته از مالج ۳- تیمار بدون استفاده از مالج (شاهد) آبیاری هر کرت بطور مستقل انجام شده و میزان آب آبیاری بر اساس دور آبیاری و اندازه گیری رطوبت خاک قبل از آبیاری و با هدف جبران رطوبت تا ظرفیت زراعی، تعیین و توسط سیستم لوله کشی داخل مزرعه آبیاری انجام و میزان آب آبیاری توسط کنتور حجمی کنترل گردید. بافت خاک لوم و لوم شنی بوده و دور آبیاری ۷ الی ۱۰ روز انتخاب گردید.

۱- عضو هیئت علمی بخش تحقیقات فنی و مهندسی مرکز تحقیقات کشاورزی آذربایجان غربی

۲- عضو هیئت علمی بخش تحقیقات نهال‌بذر مرکز تحقیقات کشاورزی آذربایجان غربی

۳- عضو هیئت علمی بخش تحقیقات آفات و بیماریهای گیاهی مرکز تحقیقات کشاورزی آذربایجان غربی

بر اساس اندازه گیریهای به عمل آمده مصرف مالچ در صورت پوشش کل جوی و نصف پشته نسبت به تیمار شاهد(فاقد مالچ) موجب ۴۳٪ صرفه جویی در مصرف آب و در صورت پوشش تمام پشته و نصف جوی توسط مالچ باعث صرفه جویی در مصرف آب به میزان ۲۲٪ شد.

**۲- لغات کلیدی:** گوجه فرنگی، مالچ، کارایی مصرف آب و عملکرد.

### ۳- مقدمه:

امروزه استفاده از پوشش پلاستیک سیاه در حل مشکلات متعدد زراعی نظیر علفهای هرز، کمبود آب، سله بندی خاک، شستشوی بعضی از عناصر در خاک و غیره نتایج چشمگیری داشته و در نتیجه باعث افزایش عملکرد در هکتار و بخصوص در محصولات سبزی و صیفی، بهبود رشد رویشی و حتی زودرسی محصول و غیره می‌شود. از طرفی دیگر در شرایط ایران که در حدود ۹۴ درصد از آبهای استحصالی برای آبیاری فقط ۲۱ درصد از اراضی قابل زراعت کشور استفاده می‌شود و میزان اراضی نسبت به آب فزونی داشته و به منظور توسعه کشت نیازمند استفاده بهینه از منابع آب می‌باشد، استفاده از مالچ در زراعت بخصوص آبیاری سنتی که راندمان آبیاری پایین بوده و مقدار زیادی از آب آبیاری از دسترس گیاه خارج می‌گردد، موجب افزایش کارایی مصرف آب و فراهم نمودن توسعه زراعت آبی می‌گردد.

میزان اعلیان و کاشی در بررسی اثرات پوشش پلاستیک سیاه و تراکم کاشت بر رشد و عملکرد طالبی پی بردن که پوشش پلاستیک بر همه شاخصهای رشد و عملکرد تاثیر معنی‌داری در سطح احتمال ۱٪ داشته است. تراکم کاشت روی وزن متوسط میوه، تعداد میوه در بوته، سطح برگ، وزن تر و خشک برگ و ساقه، تعداد برگ، وزن و طول بوته تاثیر معنی‌داری در سطح ۵٪ داشت که با افزایش تراکم کشت تمام این صفات بصورت خطی کاهش حاصل کرد.(۳).

در طی آزمایشی که بمدت ۲ سال در انگلستان توسط بل در ۱۹۸۸ انجام گرفت، تاثیر آبیاری قطره‌ای و مالچ پلی اتیلنی سیاه بر گوجه‌فرنگی بررسی گردید و مشخص شد که میزان NH<sub>4</sub>-N، NH<sub>3</sub>-N و Mg در خاک پوشیده شده با مالچ به مراتب بیشتر از خاک بدون مالچ میباشد. استفاده از مالچ پلی اتیلنی میزان گسترش گیاه و وزن خشک گیاه را افزایش داد. مقدار محصول به میزان ۴۴٪ در استفاده با مالچ افزایش حاصل کرد.(۵).

در ارزیابی اثرات مالچ پلی اتیلن سیاه بر روی رشد، عملکرد و عارضه پوسیدگی گلگاه هندوانه رقم چارلسون گری که توسط کاشی در ۱۳۷۹ انجام گرفت، ثابت شد که مالچ با جلوگیری از رویش علفهای هرز و حفظ رطوبت خاک، مقدار عملکرد کل میوه را به میزان قابل توجه به ۸۵٪ افزایش داد. همچنین وزن تر اندامهای هوایی بوته، تعداد و وزن متوسط میوه در هر بوته و میزان زودرسی محصول به طور معنی داری تحت تأثیر مالچ قرار گرفتند و تعداد میوه‌های آلدہ به پوسیدگی گلگاه به میزان ۱۷ درصد کاهش حاصل کرد.(۲).

در طی آزمایشی که در سال ۱۹۸۱ توسط گودن در استرالیا انجام گرفت، تأثیر مالچ پلی اتیلن سیاه و علف کش بر کنترل علفهای هرز تاکستان‌های انگور بررسی گردید. در طی ۶ سال اول آزمایش، رشد رویشی و میزان محصول در تیمار مالچ در مقایسه با تیمار علف کش دو برابر افزایش نشان داد. بیشترین میزان رشد در تیمار مالچ با شروع فصل رشد مشاهده گردید. در آخر اولین سال آزمایش قطر درختان انگور در تیمار با مالچ ۳ سانتی متر بیشتر از قطر درختان در تیمار با علف کش بود (۸).

در بررسی اثر تراکم کشت روی عملکرد گوجه فرنگی و خسارت هلیوتیس که در کشور یمن در ۱۹۸۴ توسط با آنگود انجام گرفت، مشاهده گردید که در تراکم با فاصله ردیف ۱۲۰ سانتی متر و فاصله بین بوته‌ها ۶۰ سانتی متر عملکرد ۳۵ تن در هکتار ولی در فاصله ردیف ۱۴۰ سانتی متر و فاصله بین بوته‌ها ۴۰ سانتی متر عملکرد ۵۰ تن در هکتار می‌باشد. تراکم کشت روی خسارت هلیوتیس اثر معنی داری نگذاشت (۴).

در طی آزمایشی که در رومانی در سال ۱۹۷۷ توسط ایندرا انجام گرفت، اثر تراکم کشت بر روی دو لاین و دو هیبرید بررسی شد. با افزایش تراکم کشت، محصول افزایش حاصل کرد. در رقم هیبرید HC340F تراکم ۵۷۱۰۰۰ گیاه در هکتار در مقایسه با تراکم ۴۰۸۰۰۰ عملکرد افزایش معنی داری پیدا کرد. در همین رقم با افزایش تراکم وزن متوسط میوه کاهش حاصل کرد (۱۱).

بمنظور بررسی اثر مالچ پلی اتیلن سیاه و تغذیه برگی بر محصول خیار (*Cucumis sativus L.*) در کشت پاییزه آزمایشی با ۱۲ تیمار در ۱۳۷۷ در اصفهان توسط فرهادی انجام شد. تجزیه آماری داده‌ها نشان داد که عملکرد میوه، وزن تر و خشک بوته تعداد و سطح برگ در تیمارهای مالچ پلی اتیلن سیاه اختلاف معنی داری با شاهد (بدون مالچ پلی اتیلنی) داشت (۱).

در یک آزمایش گلخانه‌ای که در ۱۹۷۹ در ژاپن انجام گرفت، مشاهده گردید که مالچ بر افزایش نمو ریشه و افزایش تولید میوه گوجه فرنگی و کاهش ترکیدگی میوه گوجه فرنگی تأثیر چشمگیری دارد. در این آزمایش مشخص شد که مالچ پلی اتیلن به مراتب بیشتر از مالچ کاه و کلش مؤثر می‌باشد (۹).

فراک و همکارانش در ۱۹۹۱، تأثیر سه نوع مالچ، پلاستیک سفید، پلاستیک سیاه و بقایای گیاهی را در کاهش مصرف آب در کشت گوجه فرنگی مورد بررسی قرار داده و اعلام نمودند که استفاده از مالچ گیاهی (بقایای نیشکر)، ضمن افزایش عملکرد به میزان ۱۴/۹۸٪، موجب کاهش مصرف آب به میزان ۳۴/۴٪ نسبت به تیمار شاهد گردیده است (۷).

تحقیقات ایباوا و کوئیزادا در ۱۹۹۲ در رابطه با تأثیر مالچ بر عملکرد محصول گوجه فرنگی و کاهش مصرف آب تحت سه سیستم کاشت گلخانه‌ای، تونل پلاستیکی و هوای آزاد، بیانگر کاهش محسوس مصرف آب و افزایش WUE بوده است، به طوری که با استفاده از مالچ، صرفه جویی به میزان ۱۰۰، ۱۰۰، ۱۵ و ۵۰ میلیمتر در مصرف آب و افزایش کارایی مصرف آب (WUE) به مقدار ۱۲/۲٪، ۱۶۹/۶٪ و ۳۶/۶٪ به ترتیب در سه سیستم گلخانه‌ای، تونل پلاستیکی، هوای آزاد و استفاده از مالچ نسبت به شاهد بدون استفاده از مالچ حاصل گردیده است (۱۰).

شیرواستاوا در ۱۹۹۴ ثابت کرد که استفاده توام آبیاری قطره‌ای و مالچ می‌تواند ضمن حصول حداقل عملکرد، میزان مصرف آب را ۴۴٪ نسبت به آبیاری سطحی بدون استفاده از مالچ کاهش دهد (۱۴). السون و همکارانش در ۱۹۹۰ گزارش نموده اند استفاده از سیستم آبیاری قطره‌ای و مالچ پلی اتیلنی باعث کاهش مصرف کود، افزایش راندمان مصرف آب و در نهایت افزایش عملکرد در سبزیجات می‌شود (۱۳). تحقیقات بوگل و همکاران در ۱۹۸۸ بیانگر نقش مثبت استفاده توام سیستم آبیاری قطره‌ای و مالچ پلی اتیلن در افزایش عملکرد و کاهش مصرف آب در زراعت گوجه فرنگی می‌باشد، به طوری که عملکرد نهایی محصول در صورت استفاده از مالچ در سیستم آبیاری سطحی، آبیاری قطره‌ای بدون استفاده از مالچ و آبیاری قطره‌ای توام با مصرف مالچ به ترتیب ۶۶٪، ۷۰٪ و ۷۳٪ نسبت به شاهد) آبیاری معمولی بدون استفاده از مالچ) داشته است. در دو حالت فوق، میزان مصرف آب نسبت به شاهد، ۵۵٪ صرفه جویی شده است (۶).

#### ۴ - روش تحقیق

به منظور اجرای آزمایش، مزرعه‌ای در ایستگاه تحقیقات کشاورزی دکتر نخجوانی (کهریز) ۴۰ کیلومتری شمال شهرستان ارومیه و مجاور روستای کهریز در مختصات جغرافیایی ۳۷ درجه و ۵۳ دقیقه عرض شمالی و ۴۴ درجه و ۷ دقیقه طول شرقی و در ارتفاع ۱۲۲۵ متری از سطح دریا با بافت خاک لوم و لوم شنی انتخاب شد. این منطقه جزء مناطق نیمه خشک تا نیمه مرطوب بوده که حداقل دمای آن  $\frac{28}{4}$  و حداقل آن  $-22$ - درجه سانتیگراد، میانگین کل بارندگی سالیانه بلند مدت  $250$  میلیمتر و تبخیر سالیانه آن  $1200$  میلیمتر است.

فاکتورهایی که مورد بررسی قرار گرفتند، عبارت بودند از فاصله بین ردیفهای کاشت در دو سطح  $120$  و  $100$  سانتی متر، فاصله بین بوته‌ها روی ردیف در سطوح  $30$  و  $40$  سانتی متر و روش استفاده از مالچ در سه سطح ۱- پوشیده شدن تمام پشته و نصف جوی از مالچ ۲- پوشیده شدن تمام جوی و نصف پشته از مالچ و ۳- تیمار بدون مالچ (شاهد). آزمایش به صورت فاکتوریل اسپلیت پلات در قالب طرح بلوکهای کامل تصادفی با چهار تکرار در سال  $1384$  اجرا شد. ترکیب فاصله بین ردیفهای کاشت و فاصله بین بوته‌ها به صورت فاکتوریل بعنوان فاکتورهای اصلی در کرتاهای اصلی و روش استفاده از مالچ بعنوان فاکتور فرعی در کرتاهای فرعی قرار گرفتند. هر کرت آزمایشی شامل  $4$  ردیف کاشت با طول  $5$  متر بوده و در هر کرت دو ردیف کناری و نیم متر از هر دو طرف ردیفهای وسط بعنوان حاشیه در نظر گرفته شدند. بذر گوجه فرنگی رقم پتواری CH از اواسط اسفند ماه در خزانه جهت تهیه نشا کشت شد و در بهار بعد از آماده شدن، نشا به زمین مورد نظر منتقل داده شد. قبل از انتقال نشا به زمین، پلاستیک بر اساس تیمارها بر روی سطح خاک پهن شده و در محل کشت بوته، پلاستیک سوراخ گردیده و کشت در لبه‌های جوی انجام شد. در تیماری که تمام جوی با مالچ پوشیده شده بود، در چند جا پلاستیک سوراخ شد تا آب به داخل خاک نفوذ کند. مالچ پلی اتیلنی از نوع سیاه بوده و ضخامت آن در حدود  $0.7$  میلیمتر بود.

جهت بررسی میزان کاهش مصرف آب با استفاده از مالچ، قبل از هر نوبت آبیاری نمونه خاک در عمق توسعه ریشه تهیه و میزان رطوبت آن تعیین شده و سپس مقدار آب آبیاری جهت جبران تخلیه رطوبتی تا حد ظرفیت زراعی مزرعه محاسبه و برای هر کرت بطور مستقل و توسط سیستم لوله کشی داخل مزرعه داده شد. به منظور کنترل میزان دقیق آب آبیاری، از کنتور حجمی دو اینچ استفاده شد.

تعداد چهارچین برداشت شده و داده‌های حاصل با استفاده از نرم افزار MSTAC مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفته و میانگین داده‌ها بروش دانکن مقایسه شدند.

### ۵-نتایج و بحث:

بر اساس نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل آماری تاثیر فاصله ردیف و تیمارهای مالچ و کلیه اثرات متقابل بین فاکتورهای مذکور بر روی عملکرد محصول در سطح آماری ۱٪ و تاثیر فاصله بوته در عملکرد محصول در سطح آماری ۵٪ تاثیر معنی‌دار داشته است(جدول ۱).

جدول ۱- نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) عملکرد گوجه فرنگی

ردیف	منابع تغییرات	فاصله بوته (فاکتور B)	فاصله ردیف (فاکتور A)	خطای آزمایشی	عملکرد (تن در هکتار)
۱	تکرار				(ns)۲۷,۹۶
۲	(Faکتور (A) فاصله ردیف)	۱			(**)۲۰۹۴,۸
۳	(Faکتور (B) فاصله بوته)	۱			(*)۱۹۶,۴۲
۴	A*B	۱			(ns)۲۷,۱۵
۵	خطای آزمایشی	۹			۳۲,۱۵
۶	مالچ (فاکتور C)	۲			(**)۲۷۴,۱۸
۷	A*C	۲			(**)۱۳۹,۴۵
۸	B*C	۲			(**)۲۳۴,۵۸
۹	A*B*C	۲			(**)۱۶۳,۴۵
۱۰	خطای آزمایشی	۲۴			۱۷,۶۵
۱۱	ضریب تغییرات(درصد)				۵,۹۶

\* و \*\* و ns به ترتیب معنی دار در سطح ۵ و ۱ درصد و عدم معنی داری.

با کاربرد مالچ بصورت پوشش تمام پشته و نصف جوی بیشترین عملکرد(۷۴,۸ تن در هکتار) در مقایسه با تیمار بدون مالچ(۶۹,۸ تن در هکتار) و تیمار پوشش کل جوی و نصف پشته (۶۶,۸ تن در هکتار) که هر دو در یک کلاس آماری واقع شده‌اند، بدست آمده است. در جدول شماره ۲ تاثیر استفاده از مالچ بر عملکرد محصول و همچنین میزان مصرف آب و کارایی مصرف آورده شده است.

کاربرد مالج در هر شرایط موجب کاهش قابل ملاحظه در مصرف آب شده است طوریکه در هر دو تیماری که مالج بکاربرده شده است، مصرف آب ۳۲ و ۴۳ درصد نسبت به تیمار فاقد مالج کاهش یافته است.

جدول شماره ۲- تاثیر مالج در عملکرد، مصرف آب و کارایی مصرف آب گوجه فرنگی

کارایی مصرف آب (کیلوگرم میوه بر متر مکعب آب)	مصرف آب (متر مکعب در هکتار)	عملکرد (تن در هکتار)	شرح تیمار مالج
۱۰,۲۰	۶۸۵۰	۶۹,۸۵(b)	بدون پوشش مالج(شاهد)
۱۶,۰۹	۴۶۶۰	۷۴,۹۷(a)	پوشش تمام پشته و نصف جوی توسط مالج
۱۷,۱۰	۳۹۰۵	۶۶,۷۸(b)	پوشش تمام جوی و نصف پشته توسط مالج

در میانگین‌های دارای حروف مشترک، اختلاف معنی‌دار مشاهده نشده است.

نحوه کاربرد مالج در عملکرد و مصرف آب مهم بوده و چنانکه از نتایج پیداست مصرف آب در تیمار پوشش کل جوی و نصف پشته با مالج، کمتر از سایر تیمارها میباشد. طوریکه نسبت به تیمار بدون مالج و تیمار پوشش کل پشته و نصف جوی بترتیب ۴۳٪ و ۱۶,۲٪ موجب صرفه جویی در مصرف آب شده است. علت کاهش مصرف آب در این تیمار نسبت به تیمار دیگر مالج این است که نصف پشته و سطح کل جوی از مالج پوشیده شده و نصف دیگر پشته که فاقد مالج میباشد توسط شاخ و برگ بوته (با توجه به میزان رشد) پوشش داده شده و در واقع تقریباً کل سطح مزرعه پوشش یافته و میزان تبخیر از سطح خاک به حداقل مقدار خود میرسد. در تیمار پوشش کل پشته و نصف جوی، مقداری تبخیر از نصف سطح جوی که فاقد مالج میباشد، صورت میگیرد. میزان عملکرد در این تیمار نسبت به تیمار شاهد و تیمار دیگر مالج کمتر میباشد (به ترتیب ۶,۸ و ۱۰,۹ درصد کاهش عملکرد) که میتوان علت آن را در توزیع بهتر رطوبت در خاک در دو تیمار مذکور ذکر نمود. چرا که در این تیمار کل جوی از مالج پوشیده شده و آب فقط از سوراخهای تعبیه شده بداخل خاک نفوذ کرده و سطح نفوذ در این تیمار نسبت به سایر تیمارها حداقل میباشد.

با در نظر گرفتن میزان عملکرد و مصرف آب و به عبارتی کارایی مصرف آب میتوان به افزایش ۵۷,۷ و ۶۷,۷ درصدی در کارایی مصرف آب مالج پی برد. که بیانگر تاثیر قابل توجه کاربرد مالج در افزایش کارایی مصرف آب و استفاده بهینه از منابع آب میباشد.

جدول شماره ۳-تغییرات نسبی تاثیر تیمارهای مالج در عملکرد، مصرف آب و کارایی مصرف آب  
نسبت به تیمار شاهد

نسبت کارایی مصرف آب (درصد)	نسبت مصرف آب (درصد)	نسبت عملکرد (درصد)	شرح تیمار مالج
.	.	.	بدون پوشش مالج(شاهد)
۵۷,۷	-۳۲	۷,۳	پوشش تمام پشته و نصف جوی توسط مالج
۶۷,۷	-۴۳	-۴,۴	پوشش تمام جوی و نصف پشته توسط مالج

#### ۶-پیشنهاد:

- استفاده از مالج در دو فرم بکار رفته در این پژوهش نسبت به تیمار شاهد (فاقد مالج) تاثیر قابل توجه در کاهش مصرف آب دارد لذا استفاده از مالج به عنوان روشی مناسب برای افزایش کارایی مصرف آب در مزارع گوجه فرنگی و بخصوص در مناطقی که کمبود منابع آب مواجه می‌باشد و یا هزینه استحصال و عملیات آبیاری بالا می‌باشد، قابل توصیه است.
- نحوه پوشش مالج از اهمیت ویژه‌ای برخوردار بوده و چنانکه از نتایج قابل استنتاج می‌باشد افزایش سطح پوشش مزرعه توسط مالج موجب کاهش هر چه بیشتر مصرف آب و فراهم نمودن سطح بیشتر نفوذ موجب افزایش عملکرد می‌شود لذا پیشنهاد می‌شود در صورت پوشش کل جوی، سوراخهای بیشتری در کف و دیواره مالج جهت نفوذ بیشتر و افزایش یکنواختی جبهه نفوذ به محدوده ریشه فراهم شود.

#### ۷- منابع مورد استفاده:

- ۱- فرهادی، ع. ع. کاشی، م. بابalar و ا. مرتضوی لک. ۱۳۷۹. بررسی آثار مالج پلی اتیلن سیاه و تغذیه برگی بر محصول خیار در کشت پائیزه. خلاصه مقالات دومین کنگره علوم باگبانی ایران، کرج، ایران.
- ۲- کاشی، ع و س. حسین زاده. ۱۳۷۹. اثرات مالج و کاربرد کلسیم بر رشد، عملکرد و عارضه پوسیدگی گلگاه (Blossom end rot) هندوانه رقم چارلستون گری. خلاصه مقالات دومین کنگره علوم باگبانی ایران، کرج، ایران.
- ۳- میرزا علیان، ع. و ع. کاشی. ۱۳۷۹. بررسی اثرات پوشش پلاستیک سیاه و تراکم کاشت بر رشد و عملکرد طالبی. خلاصه مقالات دومین کنگره علوم باگبانی ایران، کرج، ایران.
- 4- Ba-Angood, SA.1984. A study on the effect of plant density on the spread of tomato fruitworm (*Heliothis armigera* Hb.) and on tomato yield in the peoples. Democratic Republic of Yemen. Arab journal of plant projection. 2(1), 40-43.
- 5- Bhella, H.S. 1988. Tomato response to trickle irrigation and black polyethylene mulch. Journal of the American society for Horticultural science. 113(4), 543-546.

- 6- Bogle, C.R., Hartz, T.K., Nanez, C.1989. Comparison of subsurface trickle and furrow irrigation on plastic mulched and bare soil for tomato production. Journal of the American society for horticultural science. 114, No.1, 40-43.
- 7- Firak, NN., Bangal, GB., Gutal, GB.1991. Soil moisture conservation efficiency of mulches in tomato. Maharashtra Journal of Horticulture. 5:2, 83-87.
- 8- Godden, G.D. and Haride, W.J.1981. Comparison between grapevine response to polyethylene mulch and herbicide control of weeds. Gartenbauwissenschaft. 46(6), 277-284.
- 9- Hasegawa, K. and Tanaka, T.1979. Effect of polyethylene mulch prevention of fruit cracking in tomatoes. Bulletein of the Hiroshima Agricultural.
- 10- Ibavva- Jimenez, L. and Quezada- Martin, MR.1992. Response of mulching in the development and yield of tomato cultivation in the greenhouse, tunnel and open air. XII congreso international de plasticos en agricultura.
- 11- Indrea, D. et, al.1977. Plant density in the cultivation of some determinate tomato lines and hybrids. Buletinul Institututie Agronomic cluj Napoca. 31, 45-49.
- 12- Olson, S.M., Locascio, S.J.and clough, G.H.1990. Yield of successive cropped polyethylene- mulched vegetables as Affected by Irrigation method and fertilization Management. Journal of the American society for Horticultural science.Vol. 115 .  
No 6.
- 13- Shirvastava, P.K., Parkin, M.M., Sawani, N.G and Raman, S.1994. Effect of drip irrigation and mulching on tomato yield. AGRIC.-WATER-MANAGE.Vol. 25.No.2.PP.179-184.

## کارگاه فنی آبیاری سطحی مکانیزه

### ۱۳۸۱۴ آذر ماه ۱۴

#### محاسبه زمان قطع جریان ورود آب به نوار براساس مسافت پیشروی

آذرخش عزیزی<sup>۱</sup>، بهروز مصطفیزاده<sup>۲</sup>

#### چکیده

قطع به موقع جریان ورود آب به نوار در ارتباط با مسافت پیشروی آب در نوار بطور قابل ملاحظه ای راندمان آبیاری را تحت تأثیر قرار می دهد. در این تحقیق تأثیر زمان قطع جریان آب به نوار بر عملکرد هیدرولیکی آبیاری نواری در مزارع آزمایشی دانشگاه صنعتی اصفهان، لورک و خزانه بررسی شد. اطلاعات جمع آوری شده شامل مشخصات فیزیکی مزارع آزمایشی از قبیل طول نوار، عرض نوار، شبی نوار، بافت خاک و ارقام اندازه‌گیری شده پیشروی، پسروی، دبی ورودی و خروجی نوار و ضرائب پارامترهای معادله نفوذ کوستیاکف-لوئیس می باشد. به منظور مطالعه تأثیر زمان قطع جریان ورودی بر مسافت پیشروی و راندمان آبیاری، با داشتن اطلاعات ورودی مدل شبیه‌سازی آبیاری سطحی شامل پارامترهای معادله نفوذ این مدل برای شرایط مختلف مزرعه‌ای مورد مطالعه قرار گرفت. نتایج مدل با ارقام اندازه‌گیری شده در نوارهای آزمایشی مشابه خوبی داشتند. نتایج نشان داد که تغییر زمان قطع جریان ورود آب به نوار بطور قابل ملاحظه ای راندمان آبیاری را تحت تأثیر قرار می دهد و با اجرای مدل بهترین مسافت پیشروی جبهه آب که منجر به بیشترین راندمان می گردد تعیین شد.

#### مقدمه

با توجه به منابع محدود آب و خاک در ایران و توزیع غیر یکنواخت آن در سطح کشور باید سعی نمود از منابع فعلی به نحو صحیح بهره برداری نموده و از تکنیک ها و تجارب علمی نوین در گسترش سطح زیر کشت آبی بهره جست. روش آبیاری سطحی یکی از متدائلترین روش های آبیاری مزراع است. در این

۱- عضو هیئت علمی مرکز تحقیقات و جهاد کشاورزی خوزستان

۲- دانشیار گروه آبیاری داشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان

شیوه آبیاری، آب به صورت ثقلی در سطح زمین جریان می‌یابد و سطح زمین به عنوان جذب کننده و انتقال دهنده آب مورد استفاده قرار می‌گیرد (مصطفی‌زاده و موسوی، ۱۳۷۵).

این روش آبیاری دارای محسن متعددی از قبیل پایین بودن هزینه سرمایه‌گذاری اولیه و هزینه‌های تأمین انرژی و استفاده از سیستم، سهولت عملیات تعمیر و نگهداری و همچنین نیاز کمتر به آبیار متخصص در مقایسه با روش‌های آبیاری تحت فشار می‌باشد. توسعه‌های اخیر در تکنولوژی آبیاری سطحی به طور قابل ملاحظه‌ای برتری سیستم‌های تحت فشار را از نظر راندمان آبیاری برطرف ساخته و استفاده از وسایل اتوماتیک باعث گردیده که نیاز به کارگر کمتر شود. هدف از مطالعه حاضر انجام مطالعات صحرایی و شبیه‌سازی شرایط مزرعه‌ای از طریق مدل آبیاری سطحی برای سه مزرعه مختلف آبیاری نواری، در رابطه با تأثیر زمان قطع جریان ورود آب به نوار بر عملکرد هیدرولیکی و اجرای مدل برای تعیین بهترین مسافت پیشروی جبهه آب که منجر به بیشترین راندمان می‌گردد، می‌باشد.

آبیاری نواری یکی از روش‌های آبیاری سطحی است. مطالعات انجام شده نشان داده است که در سیستم آبیاری نواری عملکرد هیدرولیکی، کاهش اتلاف آب آبیاری و در نتیجه راندمان آبیاری به طور قابل ملاحظه‌ای تحت تأثیر پارامترهایی نظیر دبی جریان ورودی و زمان قطع آن قرار دارد (Malano and Patto, 1992; Smerdon and Glass, 1965; Thomas and Kincaid, 1989). با قطع به موقع جریان ورود آب به نوار از اتلاف آب به طریق فرونشست عمقی و رواناب سطحی جلوگیری خواهد شد و در نتیجه راندمان آبیاری افزایش پیدا خواهد کرد (مصطفی‌زاده و موسوی، ۱۳۷۵). (Alazba and Fangmeier, 1995; Bali et al, 2001;

سرعت پیشروی آب در نوار از جمله پارامترهای هیدرولیکی در آبیاری نواری است که زمان قطع جریان آب به نوار را تحت تأثیر قرار می‌دهد و بستگی به پارامترهایی نظیر دبی جریان، نفوذپذیری خاک، شیب مزرعه، ضریب زبری مزرعه و غیره دارد. با توجه به نقش وضعیت رطوبت تحت‌الارضی در پیشروی آب در نوار و نهایتاً بر روی زمان قطع جریان آب به نوار تاکنون مطالعات متعددی عمده‌ای از طریق روابط بیلان حجم بر روی ذخیره سطحی و ذخیره تحت‌الارضی در آبیاری نواری انجام گرفته است (مصطفی‌زاده و موسوی، ۱۳۷۵؛ Thomas and Kincaid, 1989) تا بتوان از طریق تشریح بهتر جریان سطحی و جریان تحت‌الارضی برای یک دبی معین راندمان آبیاری را افزایش داد.

مسافت پیشروی آب در نوار یکی از پارامترهایی است که به سادگی می‌تواند تعیین کننده زمان قطع جریان با توجه به شرایط طبیعی سیستم مورد مطالعه باشد. مطالعات انجام شده در یک خاک سنگین که به طریق نواری آبیاری می‌گردید نشان داد که استفاده از مسافت پیشروی برای تعیین زمان قطع جریان تا حدود ۴۰ درصد راندمان آبیاری را تحت تأثیر قرار می‌دهد (Malano and Patto, 1992). با توجه به اینکه اتوماتیک نمودن سیستم آبیاری نواری از اهمیت خاصی برخوردار است و زمان قطع جریان ورود آب به نوار از پارامترهای اصلی کنترل کننده سیستم اتوماتیک در آبیاری نواری است، مطالعه زمان قطع جریان

ورود آب به نوار در رابطه با مسافت پیشروی آب در نوار تحت شرایط طبیعی و تأثیر آن بر راندمان برای مزارع مختلف ضروری است.

## مواد و روش‌ها

این مطالعه به منظور دست یابی به اهداف مورد نظر در سه مزرعه آزمایشی آبیاری نواری لورک، دانشگاه و خزانه، متعلق به دانشگاه صنعتی اصفهان انجام شد. در جدول ۱ بعضی از خصوصیات مزارع آزمایشی ارائه شده است. مزارع فاقد کشت بودند و در مزرعه دانشگاه ۱۷ آزمایش، در مزرعه خزانه ۱۲ آزمایش و در مزرعه لورک چهار آزمایش انجام گرفت. وسایلی که برای انجام آزمایش‌ها مورد استفاده قرار گرفت عبارت بودند از فلومهای اندازه‌گیری دبی ورودی و خروجی نوارها، قوطی‌های نمونه‌برداری خاک، کربنومتر، میخ چوبی و متر اندازه‌گیری. در هر مزرعه برای تعیین زمان‌های پیشروی و پسروی جبهه آب، نوارها به فواصل ۵ متر ایستگاه‌بندی و میخ‌کوبی شد و نیز شیب نوارها توسط دوربین نقشه‌برداری محاسبه شد. اطلاعات جمع‌آوری شده شامل مشخصات فیزیکی مزارع آزمایشی از قبیل طول نوار، عرض نوار، شیب نوار، بافت خاک و ارقام اندازه‌گیری شده برای پیشروی، پسروی، دبی‌های ورودی و خروجی نوار می‌باشند. بیشترین دبی غیر فرسایشی و کمترین دبی لازم ورودی برای هر یک از مزارع آزمایشی محاسبه گردید و آزمایشات در محدوده این تغییرات دبی برای هر یک از نوارهای آزمایشی انجام شد. ضریب زبری مانینگ برای نوارهای آزمایشی با توجه به شرایط نوار بین ۰/۰۴ تا ۰/۰۲ منظور گردید. در ابتدا و انتهای نوارهای آزمایشی فلومهای اندازه‌گیری آب ورودی به نوار و آب خروجی از نوار نصب شدند. فلوم مورد استفاده W. S. C شماره ۳ بود که معادله واسنجی آن از قبل تعیین شده بود (عزیزی، ۱۳۷۶). با استفاده از این فلوم‌ها دبی‌های ورودی و خروجی اندازه‌گیری شد و هیدروگرافهای جریان ورودی و خروجی رسم گردید. همچنین زمان رسیدن جبهه پیشروی و پسروی آب به هریک از ایستگاه‌ها اندازه‌گیری شد.

با اندازه‌گیری جبهه پیشروی آب در سطح نوار در زمان‌های مختلف معادله پیشروی آب در نوار به صورت زیر تعیین گردید:

$$(1) \quad x = P(ta)r$$

$x$  = مسافت پیشروی در زمان  $t$ ,  $m$ ,  $ta$  = زمان پیشروی، دقیقه و  $P$  و  $r$  پارامترهای تجربی معادله برای تعیین پارامترهای معادله نفوذ کوستیاکف - لوئیس از روش بیلان حجم (مصطفی‌زاده و موسوی، ۱۳۷۵) استفاده گردید و معادله زیر به دست آمد:

$$(2) \quad Z = kta + f_0t$$

$Z$  = حجم آب نفوذ یافته در واحد طول نوار پس از زمان نفوذ,  $a$ , متر مکعب بر متر,  $f_0$  = سرعت نفوذ نهائی خاک، متر مکعب بر متر بر دقیقه در واحد عرض نوار,  $k$  = پارامتر معادله، متر مکعب بر متر بر دقیقه به توان  $a$ ,  $t$  = زمان نفوذ، دقیقه و  $a$  = نمای معادله (بدون بعد) و  $t$  = زمان نفوذ، دقیقه

با داشتن معادلهٔ پیشروی، پارامترهای معادلهٔ نفوذ و اطلاعات جمع‌آوری شده برای مزارع آزمایشی نظیر طول نوار، شبیه‌سازی آبیاری نواری برای شرایط نوارهای آزمایشی اجرا گردید و نتایج مدل با نتایج آزمایش‌های عملی مقایسه گردید.

## نتایج و بحث

با توجه به هیدروگرافهای جریان ورودی و خروجی، حجم آب ورودی به نوار و حجم آب خروجی از انتهای نوار مشخص گردید که اختلاف این دو حجم مشخص کننده حجم آب نفوذ یافته به داخل نوار در مدت زمان آبیاری می‌باشد. همچنین با توجه به دبی‌های ثابت این هیدروگرافها و روش الیوت و واکر (Elliot and Walker, 1989) سرعت نفوذ نهایی خاک که در روش بیلان حجم کاربرد دارد محاسبه گردید. برای تعیین پروفیل رطوبت تحت اراضی از نتایج نمودارهای پیشروی و پسروی بمنظور تعیین فرست زمان نفوذ و از روش بیلان حجم برای تعیین پارامترهای معادله کوستیاکف لونئیس استفاده شد.

با داشتن اطلاعات جمع‌آوری شده از مزارع آزمایشی، مدل کامپیوتروی آبیاری سطحی (Malano, 1986) برای شرایط مزرعه‌ای مورد مطالعه شبیه‌سازی قرار گرفت. چون در این مدل کامپیوتروی محاسبات از دبی حداقل تا دبی حداقل انجام می‌گیرد دبی متوسط آزمایش و مقادیر مربوط به زمان پیشروی، زمان پسروی و زمان قطع جریان اندازه‌گیری شده با مقادیر مربوطه خروجی مدل مورد مقایسه قرار گرفت که یک نمونه از نتایج حاصل برای نوارهای آزمایشی مزرعه دانشگاه شامل راندمان آبیاری در جدول ۲ ارائه شده است. از مقایسه ارقام این جدول مشاهده می‌شود که زمان پیشروی، زمان پسروی و زمان قطع جریان اندازه‌گیری شده در نوارهای آزمایشی با پیش‌بینی مدل مشابه خوبی دارند و اختلاف بین این ارقام می‌تواند ناشی از خطاهای آزمایشی، غیر یکنواختی در نوارهای آزمایشی، خطأ در انتخاب ضریب زبری مانینگ و ثابت نبودن دبی جریان ورودی در طول آزمایش باشد.

به منظور دستیابی به رابطهٔ بین مسافت پیشروی آب در نوار با زمان قطع جریان ورودی، مدل کامپیوتروی برای شرایط مختلف مزرعه‌ای با متغیر در نظر گرفتن طول نوار مورد مطالعه قرار گرفت و راندمان آبیاری تعیین گردید. نمونه‌ای از نتایج این شبیه‌سازی برای یکی از نوارهای مزرعه آزمایشی دانشگاه در جدول ۳ ارائه گردیده است. این جدول نشان می‌دهد که تغییر زمان قطع جریان ورود آب به نوار راندمان آبیاری را به طور قابل ملاحظه‌ای تحت تأثیر قرار می‌دهد که با نتایج مالانو و پاتو (۶) که تحقیقات مشابهی در مزارع آبیاری نواری جنوب شرقی استرالیا انجام داده است مشابهت دارد. نتایج مشابهی نیز برای سایر نوارهای آزمایشی و مزارع آزمایشی به دست آمد (عزیزی، ۱۳۷۶). همچنین برای هر یک از نوارهای آزمایشی زمان قطع جریان در رابطه با مسافت پیشروی که منجر به حداقل راندمان آبیاری می‌گردد محاسبه شد (جدول ۴).

کاربرد عملی نتایج این تحقیق به منظور افزایش راندمان آبیاری بخصوص در رابطه با مدیریت سیستم آبیاری نواری و اتوماتیک نمودن آن می‌باشد. با توجه به اینکه اتوماتیک نمودن سیستم آبیاری نواری از

اهمیت خاصی برخوردار است و زمان قطع جریان ورود آب به نوار از پارامترهای اصلی کنترل کننده سیستم اتوماتیک در آبیاری نواری است، در صورتی که زمان به موقع قطع جریان در رابطه با مسافت پیشروی آب در نوار تحت شرایط طبیعی مورد مطالعه قرار گیرد به سهولت می‌توان در جهت اتوماتیک نمودن سیستم آبیاری نواری اقدام نمود زیرا رسیدن آب به محل مشخص از طول نوار، و یا طول فرضی نوار (در صورتی که طول نوار از طول شبیه‌سازی شده کمتر باشد) که تعیین آن به سادگی انجام می‌گیرد، تعیین کننده زمان قطع جریان آب به نوار خواهد بود. برای این کار پس از طراحی مزرعه فاصله مناسب پیشروی که در آن فاصله راندمان آبیاری حداقل است تعیین می‌گردد. سپس در فاصله مورد نظر گیرنده حساس به آب (سنسور آب) قرار داده می‌شود که به محض رسیدن آب به آن، علائمی به مرکز کنترل ارسال می‌شود و مرکز کنترل جریان ورود آب به نوار را قطع می‌کند. در این حالت، قطع جریان ورود آب به نوار با توجه به شرایط طبیعی مزرعه و خصوصیات هیدرولیکی آن صورت می‌گیرد. بدیهی است که در اینصورت چگونگی پروفیل رطوبت تحت‌الارضی از نظر تأمین کمبود رطوبت خاک در طول نوار نیز باقیستی مورد توجه قرار گیرد تا با حداقل اتلاف آب آبیاری علاوه بر تأمین کمبود رطوبت خاک بتوان به راندمان بالایی دست یافت.

بطور کلی نتایج این مطالعه و مطالعات دیگران (Malano and Patto, 1992) نشان می‌دهد که تغییر در زمان قطع جریان ورود آب به نوار در ارتباط با مسافت پیشروی آب در نوار بطور قابل ملاحظه‌ای راندمان آبیاری را تحت تأثیر قرار می‌دهد. یکی از مشکلاتی که در مدیریت آبیاری نواری با آن مواجه هستیم تغییر خصوصیت هیدرولیکی مزرعه در طول فصل زراعی است. در این رابطه می‌توان به تغییر خصوصیت نفوذپذیری خاک و رشد گیاه از نظر مقاومتی که در مقابل جریان اب ایجاد می‌نماید اشاره نمود. مطالعه این تغییرات هیدرولیکی مزرعه‌ای در طول فصل زراعی کار مشکلی است و به همین دلیل با استفاده از رابطه بین مسافت پیشروی آب در نوار که در بر گیرنده تغییرات خصوصیات هیدرولیکی مزرعه می‌باشد و زمان قطع جریان ورودی که از طریق شبیه‌سازی مدل برای شرایط مزرعه‌ای در طول فصل زراعی امکان‌پذیر است به راحتی می‌توان سیستم آبیاری نواری را برای حصول راندمان بیشتر در آبیاری‌های مختلف مدیریت نمود. در این صورت اتوماتیک نمودن سیستم آبیاری نواری به راحتی امکان‌پذیر است که نتیجه آن کاهش اتلاف آب آبیاری، سهولت مدیریت، کاهش نیروی انسانی و عدم نیاز به کارگر ماهر می‌باشد.

## فهرست منابع

- ۱- عزیزی، آذرخش.“تأثیر زمان قطع جریان آب به نوار بر روی عملکرد هیدرولیکی سیستم آبیاری نواری.” پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان، سال ۱۳۷۶، ۱۴۵ صفحه.
- ۲- مصطفیزاده، بهروز و فرهاد موسوی. آبیاری سطحی: تئوری و عمل (ترجمه). انتشارات فرهنگ جامع. سال ۱۳۷۵، ۴۹۶ صفحه.
- 3- Alazba, A. A., and Fangmeier, D. D., (1995), “Hydrograph shape and border irrigation efficiency.” J. Irrig. and Drain. Eng., ASCE, 121(6), 452-457.
- 4- Bali, K. M., Grismer, M. E., and Tod, I. C., (2001), “Reduced runoff irrigation of alfalfa in Imperial Valley, California.” J. Irrig. And Drain. Eng., ASCE, 127(3), 123-130.
- 5- Elliot,R.L, and W.R.Walker.1982.Field evaluation of furrow infiltration and advance function.Trans. ASAE,25 (2) : 396-400
- 6- Malano, H. M., (1986), “Surface Irrigation Design Program.” Utah State University, Logan, Utah.
- 7- Malano, H. M., and Patto, M., (1992), “Automation of border irrigation in southeast Australia.” Irrigation and drainage system. 6: 9-23., Kluwer Academic Publisher.
- 8- Smerdon, E. T., and Glass, L. J., (1965), “Surface irrigation water distribution efficiency related to soil infiltration.” Trans. of the ASAE, 8(1), 76-78, 82.
- 9- Thomas, J. T., and Kincaid, D. C., (1989), “Border cablegation system design.” Trans. of the ASAE, 32(4), 1185-1192.

**جدول ۱- برخی از خصوصیات مربوط به مزارع آزمایشی**

آزمایشی	مزروعه	طول نوار	عرض نوار	شیب زمین	بافت خاک
دانشگاه	دانشگاه	۷۷/۵	۴/۵	۰/۵	لوم رسی شنی
خرانه	خرانه	۶۹	۴/۷	۰/۷	لوم رسی
لورک	لورک	۲۵۵	۴/۵	۰/۳	لوم رسی

**جدول ۲- ارقام اندازه‌گیری شده و پیش‌بینی مدل برای مزرعه آزمایش دانشگاه**

آزمایش	مدل					شماره نوار آزمایشی
	زمان پیشروی (دقیقه)	زمان پسروی (دقیقه)	زمان تخلیه (دقیقه)	زمان جریان (دقیقه)	راندمان (٪)	
۱	۴۲/۲۵	۶۹/۳۰	۵۰/۱۷	۵۰	۴۹	۷۴
۲	۳۴/۹۷	۷۳/۰۰	۵۲/۰۰	۴۱	۵۷	۶۳
۳	۳۳/۹۵	۶۷/۰۰	۵۱/۱۶	۴۰	۵۴	۶۵
۴	۲۴/۴۸	۶۶/۰۰	۳۲/۸۳	۳۱	۵۰	۶۰
۵	۱۶/۸۴	۶۵/۰۰	۲۸/۰۰	۲۵	۴۳	۶۴
۶	۱۶/۷۳	۶۳/۰۰	۳۱/۰۰	۲۰	۳۸	۶۲
۷	۲۰/۲۵	۶۹/۰۰	۳۳/۰۰	۲۴	۴۸	۶۲
۸	۱۴/۰۵	۷۹/۰۰	۲۸/۰۰	۱۸	۳۸	۶۳
۹	۱۴/۶۱	۶۵/۰۰	۳۱/۰۰	۱۸	۳۸	۶۰
۱۰	۲۰/۴۵	۵۱	۲۸/۱۶	۲۷	۵۴	۶۲
۱۱	۱۶/۴۲	۵۷	۲۰/۸۳	۲۶	۵۸	۶۴
۱۲	۱۴/۵۱	۶۱	۲۲/۱۶	۲۱	۶۰	۵۸
۱۳	۱۵/۹۴	۶۵	۱۸/۶۰	۲۰	۴۵	۶۰
۱۴	۱۴/۲۸	۵۳	۱۶/۳۰	۱۹	۵۱	۶۱
۱۵	۱۳/۸۳	۳۶	۱۶/۸۳	۱۸	۶۵	۵۲
۱۶	۱۶/۰۳	۵۲	۱۷/۳	۱۹	۶۴	۶۱
۱۷	۱۲/۱۱	۳۹	۱۴/۱۶	۱۶	۴۸	۵۷

جدول ۳- نتایج اجرای مدل برای محاسبه راندمان آبیاری با توجه به زمان قطع جریان ورود آب به نوار و مسافت پیشروی برای مزرعه آزمایشی دانشگاه، نوار شماره ۲.

راندمان (%)	زمان قطع جریان (دقیقه)	زمان تخلیه (دقیقه)	زمان پسروی (دقیقه)	زمان پیشروی (دقیقه)	فاصله پیشروی (متر)
۶۱/۷	۳۵	۳۸	۴۴	۲۱	۵۰
۶۲/۴	۳۸	۴۱	۴۷	۲۴	۵۵
۶۴/۴	۴۰	۴۴	۵۰	۲۷	۶۰
۶۵/۰	۴۳	۴۷	۵۴	۳۱	۶۵
۶۵/۰	۴۷	۵۱	۵۸	۳۵	۷۰
۶۴/۶	۵۰	۵۵	۶۲	۳۹	۷۵
۶۳/۷	۵۴	۵۹	۶۶	۴۳	۸۰
۶۲/۵	۵۹	۶۴	۷۱	۴۸	۸۵
۶۰/۹	۶۴	۷۰	۷۷	۵۴	۹۰
۵۹/۰	۷۰	۷۶	۸۳	۶۰	۹۵
۵۶/۸	۷۷	۸۳	۹۰	۶۷	۱۰۰
۵۴/۳	۸۴	۹۰	۹۸	۷۵	۱۰۵
۵۱/۵	۹۳	۱۰۰	۱۰۷	۸۴	۱۱۰
۴۸/۵	۱۰۳	۱۱۰	۱۱۷	۹۴	۱۱۵
۴۵/۱	۱۱۶	۱۲۳	۱۳۰	۱۰۷	۱۲۰

جدول ۴- رابطه مسافت پیشروی با راندمان آبیاری برای زمان‌های مختلف قطع جریان  
برای مزرعه آزمایشی دانشگاه.

راندمان (%)	زمان قطع جریان (دقیقه)	مسافت پیشروی (متر)	شماره نوار آزمایشی
۷۵	۴۵	۷۰	۱
۶۵	۴۷	۷۰	۲
۶۶	۴۹	۷۵	۳
۶۷	۳۴	۶۰	۴
۶۴	۳۹	۷۵	۵
۶۳	۴۰	۹۰	۶
۶۳	۵۴	۹۵	۷
۶۴	۳۹	۸۵	۸
۶۳	۴۳	۹۵	۹
۶۴	۵۳	۸۵	۱۰
۶۵	۶۱	۹۰	۱۱
۶۶	۷۱	۱۱۰	۱۲
۶۳	۵۰	۹۵	۱۳
۶۶	۵۹	۱۰۰	۱۴
۶۶	۷۶	۱۲۰	۱۵
۶۵	۵۱	۹۵	۱۶
۶۶	۵۸	۱۱۵	۱۷



## کارگاه فنی آبیاری سطحی مکانیزه

۱۳۸۴ آذر ماه ۱۳

### مدیریت آبیاری سطحی در زمان واقعی با استفاده از سیستم خبره

مصطفی رzac منش<sup>۱</sup>، محمد رضا احسانی<sup>۲</sup>، کورش محمدی<sup>۳</sup>

#### چکیده

روش آبیاری سطحی اصلی ترین روش آبیاری در مناطق خشک و نیمه خشک می‌باشد. با توجه به مشکلات بهره برداری از کانالهای توزیع آب، سیستم برنامه ریزی آبیاری در زمان واقعی<sup>۱</sup> بصورت یکپارچه برای گیاهان و شرایط مختلف مدیریت آبیاری بایستی ایجاد گردد. این گونه سیستم‌ها معمولاً شامل سه جزء اصلی شامل پایش رطوبت خاک که ناشی از اندازه گیری رطوبت خاک بصورت پیوسته است، پیش‌بینی کوتاه مدت از وضعیت هوا و سیستم پشتیبانی در تصمیم گیری برای برنامه ریزی آبیاری می‌باشد. در این مقاله به برخی از سیستم‌های طراحی شده برای مدیریت شبکه‌های آبیاری سطحی در ایران و جهان اشاره گردیده است.

لغات کلیدی: آبیاری سطحی، مدیریت آبیاری، رطوبت خاک

#### مقدمه

آبیاری سطحی اصلی ترین روش آبیاری در ایران می‌باشد. در چند دهه اخیر اراضی کشاورزی بسیاری تسطیح شده و شرایط مساعدی برای اجرای آبیاری مکانیزه بوجود آمده است. بطور معمول، برنامه ریزی آبیاری یک عملیات تصمیم گیری است که آبیار تصمیم می‌گیرد که چه موقع و چه مقدار آب به گیاه بدهد. گرچه این مفهوم ممکن است برای آبیاری تحت فشار درست باشد ولی برای آبیاری سطحی که کنترل

۱- کارشناس ارشد مهندسین مشاور یکم- تهران، میدان ولی‌عصر، خیابان صبای شمالی، پلاک ۷۷

۲- استادیار، مرکز تحقیقات و آموزش مرکبات، دانشگاه فلوریدا، ehsani@ufl.edu

kouroshm@modares.ac.ir

۳- استادیار، گروه آبیاری و زهکشی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، صندوق پستی ۱۴۱۱۵-۳۳۶

کمیت آب به راحتی امکان پذیر نیست، کافی نمی باشد. حتی در شبکه‌هایی که برنامه ریزی آبیاری توسط متخصصین آبیاری انجام شده است، کشاورزان که مصرف کننده اصلی آب هستند، معمولاً این برنامه‌ریزی را انجام نمی‌دهند. دو دلیل عمدۀ برای این موضوع ذکر شده که عبارتند از: برنامه‌ها بیشتر تحقیقاتی بوده و برای استفاده توسط افراد حرفه‌ای می باشد، و دیگر اینکه برنامه ریزی از دید گیاه و افراد محقق صورت گرفته و نه از دیدگاه کشاورز. از طرف دیگر، قوانین و آب بهای موجود به اندازه کافی قوی نمی باشند که بتوانند کشاورزان را مجبور به رعایت برنامه ریزی‌های انجام شده بنماید [۳]. آبیاری مکانیزه و کشاورزی دقیق، بیش از یک دهه است که به جهان معرفی شده است. مفهوم اصلی در این موضوع، استفاده به اندازه از داده‌های کشاورزی در مکان صحیح و در زمان صحیح بطوری که سود حداکثر شده و به محیط زیست حداقل خسارت وارد بیاید. در کشورهای در حال توسعه، استفاده از کشاورزی دقیق و آبیاری مکانیزه با سرعت کمتری مورد استفاده قرار گرفت. عل اصلی آن هزینه زیاد، قطعات زراعی کوچک، عدم دسترسی به بعضی تکنولوژی‌ها، غیریکنواختی محصولات کشت شده و کم بودن تجربه می‌باشد.

در برنامه ریزی سنتی آبیاری تنها دو مسئله مد نظر قرار می گیرد که زمان آبیاری و مقدار آبیاری می باشد. در حالیکه مقدار آبیاری را می توان با استفاده از پایش مقدار رطوبت خاک تعیین کرد ولی توانائی آبیار در بکار بردن مقدار صحیح آب بسیار محدود می باشد. بدین لحاظ در آبیاری سطحی بایستی دو متغیر اضافی هم در برنامه ریزی در نظر گرفت که عبارت از دبی ( $Q_0$ ) و زمان قطع آب ورودی ( $t_{00}$ ) می‌باشد. از آنجا که این متغیرها بایستی بر اساس نفوذپذیری خاک و زمان آبیاری انتخاب شوند، لذا تعیین آنها در زمان واقعی اهمیت پیدا می‌کند.

مطالعات اخیر در آمریکا، کانادا، اروپا و استرالیا نشان داده است که استفاده از سیستم‌های هوشمند در کشاورزی و آبیاری دارای قابلیت کاهش مقدار آب مصرفی و افزایش محصول را دارد ولی از دیدگاه اقتصادی دارای نتایج متفاوتی است [۵]. استفاده از فناوری‌های همچون GPS، GIS، نمونه گیری از خاک و مدیریت یکپارچه آبیاری در دهه اخیر در کشاورزی رشد زیادی داشته است. از ۱۰۸ مطالعه‌ای که در آمریکا در خصوص استفاده از فناوری‌های نوین در کشاورزی صورت گرفت، ۶۹ درصد آنها نشان داده اند که دارای سوددهی بوده و ۲۱ مقاله یا ۱۹ درصد نتایج صریحی از سوددهی نشان نداده‌اند [۴]. تاکنون استفاده از برنامه ریزی زمان واقعی در مدیریت آبیاری سطحی در نقاط مختلفی از دنیا تجربه شده است و برنامه‌های کامپیوتری لازم برای انجام محاسبات پر حجم آبیاری تهیه شده است که در این مقاله سعی گردیده که به تعدادی از آنها اشاره گردد.

### سیستم مدیریت اطلاعات آبیاری کالیفرنیا

از آنجا که شبکه‌های مدرنی که هم اکنون در کشور در حال اجرا و یا بهره برداری می باشند، با هزینه‌ای هنگفت همراه بوده و از طرفی افزایش قیمت تمام شده تأمین یک متر مکعب آب رو به افزایش است، لذا

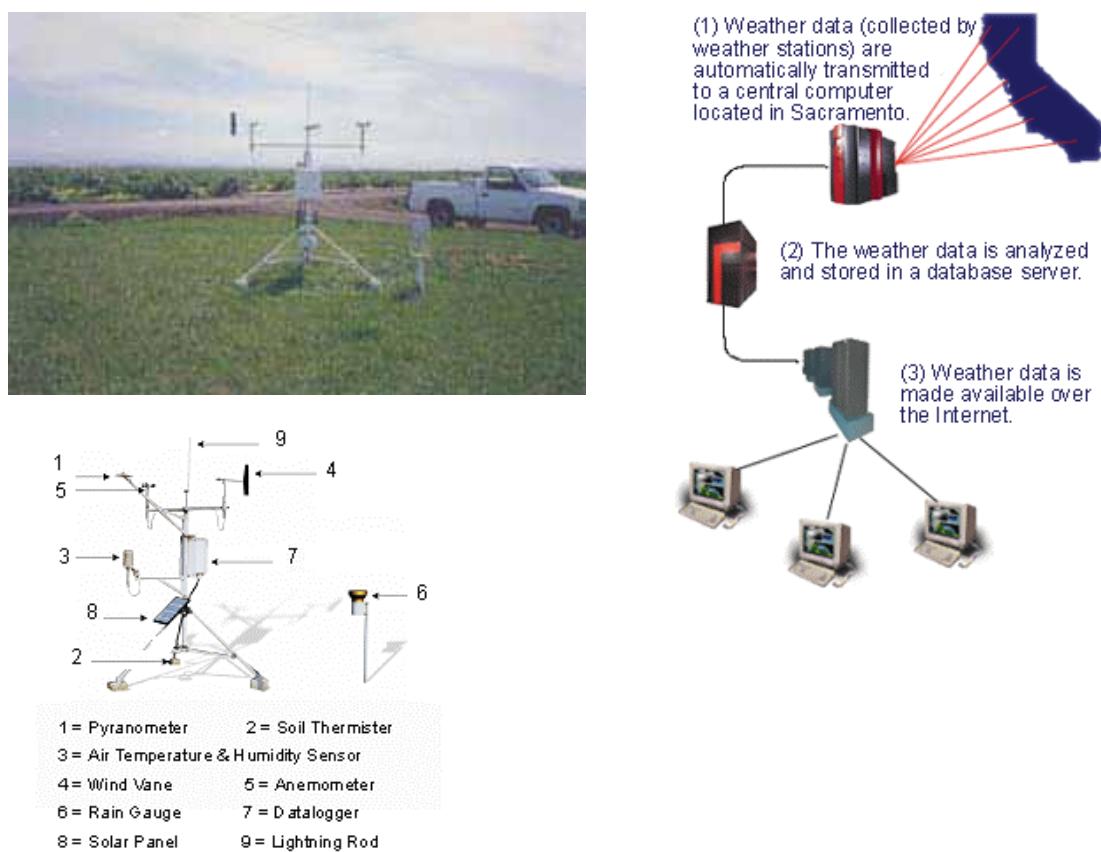
استفاده از روش‌های نوین که موجب صرفه جوئی قابل ملاحظه در مصرف آب می‌گردد، الزامی می‌باشد. با توجه به پیشرفت کامپیوترها و فناوری‌های جدید استفاده از اطلاعات روزانه و محاسبه به هنگام نیاز آبی بصورت زمان واقعی امکان پذیر گردیده است.

استفاده از این امکانات موجب می‌گردد که محاسبات پیچیده‌ای که بصورت دستی غیرممکن می‌باشد، برای تصمیم‌گیری انجام داد. بعنوان مثال در برنامه‌ریزی کامپیوتری می‌توان از روش‌های پیشرفت‌هه پیش‌بینی تبخیر و تعرق استفاده کرد. پیشرفت سریع شبکه‌های اتوماتیک ایستگاههای هواشناسی به کاربرد روش‌های برنامه‌ریزی کامپیوتری در سطح دنیا کمک زیادی کرده است. بیشتر مدل‌های کامپیوتری در اکثر نقاط دنیا به پایگاه داده‌های متعددی درمورد خصوصیات خاک، اطلاعات گیاهی، داده‌های هواشناسی و یا اطلاعات دیگری راجع به تأمین آب، سیستم آبیاری و پارامترهای اقتصادی متصل هستند. از آن جمله می‌توان به سیستم اطلاعات مدیریت آبیاری کالیفرنیا یا<sup>1</sup> CIMIS اشاره کرد. این سیستم، مدیریت بیش از ۱۲۵ ایستگاه هواشناسی اتوماتیک را بر عهده دارد که به منظور تخمین نیاز آبی گیاهان، اطلاعات مفیدی را در مورد پارامترهای هواشناسی (ساعتی و روزانه)، تبخیر و تعرق پتانسیل که مهمترین پارامتر در برنامه‌ریزی آبیاری می‌باشد، همچنین سایتهاي اینترنتی در رابطه با ضرائب گیاهی به صورت رایگان در اختیار عموم قرار می‌دهد (شکل ۱). علاوه بر این، CIMIS به کمک مهندسین مشاوری که تحت پوشش دارد، به مدیران مزارع و آبیاران در تخمین زمان و مقدار آبیاری کمک می‌کند [۳].

## ۲ SIMIS

برنامه دیگری که برای مدیریت شبکه‌های آبیاری و زهکشی توسط سازمان خواربار جهانی (FAO) ارائه گردیده است، SIMIS می‌باشد. این برنامه قادر است اطلاعات هواشناسی را گرفته و محاسبات نیاز آبیاری را انجام دهد. علاوه برآن می‌تواند که برنامه ریزی آبیاری را برای آبیاری سطحی در شبکه کانال‌ها انجام دهد. این برنامه هم چنین مسائل مالی فروش آب و محاسبه معیارهای ارزیابی عملکرد سیستم را انجام می‌دهد که نمونه‌ای از منوی این برنامه در شکل‌های ۲ و ۳ نشان داده شده است [۷].

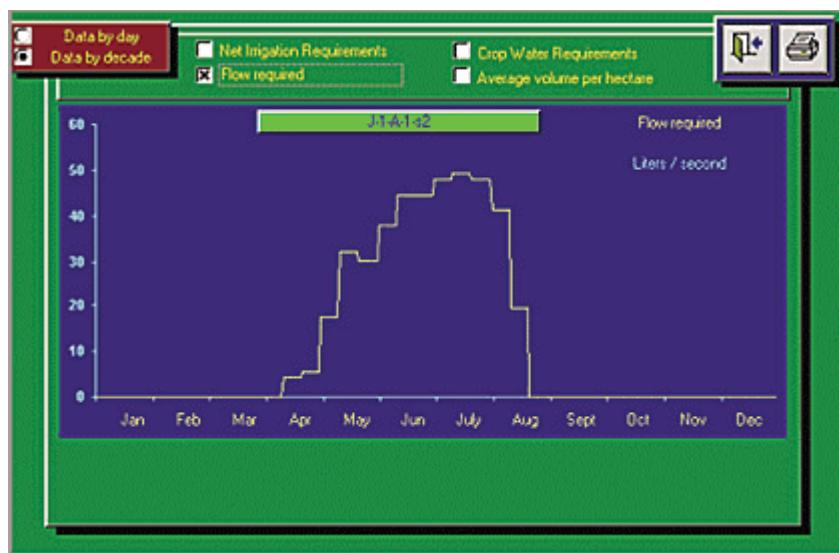
1- California Irrigation Management Information System  
2- Scheme Irrigation Management Information System



شکل ۱- ارتباط مجموعه اجزاء CIMIS برای اندازه گیری تبخیر و تعرق و محاسبات نیاز آبیاری



شکل ۲- منوی مدیریت آبیاری و مدیریت مالی در برنامه SIMIS



شکل ۳- پنجره نمایش پارامترهای مربوط به نیاز روزانه آبیاری در برنامه SIMIS

### سیستم پشتیبانی در تصمیم‌گیری مدیریت آبیاری سطحی<sup>۱</sup>

این سیستم در کشور استرالیا توسعه یافته است. هدف از این سیستم خبره استفاده از همه متغیرهای مؤثر در فرایند تصمیم گیری برای پیدا کردن مناسب ترین راه حل می‌باشد. این سیستم مدیریت زمان واقعی دارای سه جزء می‌باشد که عبارت از ابزارهای پایش دائم رطوبت، قابلیت پیش‌بینی کوتاه مدت شرایط آب و هوایی و سیستم پشتیبانی در تصمیم گیری براساس داده‌های بدست آمده، می‌باشد [۸]. سیستم پشتیبانی در تصمیم‌گیری دارای اجزائی برای مدیریت داده‌ها، بهینه سازی، و رابط کاربر می‌باشد.

### استفاده از سیستم‌های هوشمند در ایران

در ایران نیز استفاده از GIS در برنامه ریزی آبیاری و مدیریت شبکه‌ها چندی است که آغاز گردیده و فعالیت‌هایی در این زمینه صورت گرفته است. بیشتر این برنامه‌ها در حد کارهای تحقیقاتی بوده و کمتر بصورت عملی مورد استفاده واقع شده است. در بسیاری از موارد، آب موجود کافی تمامی نیازهای زراعی شبکه را نمی‌دهد و لازم است که در نوع کشت و یا مساحت آن تغییراتی را ایجاد کرد. ایجاد تعادل بین تقاضا و میزان آب موجود بخصوص در مواردی که الگوی کشت از تعداد زیادی گیاه تشکیل شده باشد، عملی است دشوار با پیچیدگی‌های فراوان که اینگونه برنامه‌های کامپیوتری می‌توانند کمک شایانی به مدیران شبکه در برنامه‌ریزی صحیح آبیاری بنمایند.

1- Surface Irrigation Management Decision Support System (SIMDSS)

ترکیب نرم افزارهای توسعه داده شده در GIS موجب شده تا بتوان از امکانات این ابزار در تحلیل مکانی شبکه‌ها آبیاری استفاده نمود. دیانی و همکاران [۱] این ابزار برای مدیریت شبکه آبیاری کوثر در خوزستان توسعه دادند. در این ابزار امکان محاسبه آب مورد نیاز براساس نیاز آبی گیاه کشت شده و مساحت تحت کشت وجود داشت.

تکاملی و همکاران [۲] در تحقیقی دیگر سیستم پشتیبانی در تصمیم گیری را برای شبکه آبیاری در بیله سوار طراحی نمودند. در این سیستم محاسبه تبخیر-تعرق به روش‌های پنمن-مانتیث، هارگریوز و سامانی، بلانی-کریدل، تشعشع و پنمن تصحیح شده در حالت ماهانه و به روش پنمن-مانتیث (FAO-56) در حالت روزانه انجام می‌گیرد (شکل ۴). این سیستم همچنین قادر است که محاسبات مربوط به بیلان رطوبتی خاک را انجام داده، لذا با پایش مرتب رطوبت خاک می‌توان زمان آبیاری را تعیین نمود. مقدار آب آبیاری مورد نیاز نیز با استفاده از مشخصات خاک و نوع گیاه قابل محاسبه است.

### نتیجه‌گیری

آبیاری مکانیزه و کشاورزی هوشمند امکان بهبود مدیریت کشاورزی را با استفاده از مدیریت داده‌ها فراهم می‌سازد. با اینحال کمبود اطلاعات کافی در بین کشاورزان و آبیاران و عدم آشنائی آنها با فناوری‌های نوین، باعث شده تا از گسترش این روش‌ها جلوگیری گردد. هم در کشورهای توسعه یافته و هم در کشورهای در حال توسعه تقاضا برای استفاده از ابزارهایی که بتوانند عدم قطعیت در تصمیم گیری‌ها را کاهش دهند روز به روز بیشتر می‌شود. این سیستم‌ها نیازمند ابزارهای سخت افزاری و نرم افزاری بوده و همچنین افرادی که بتوانند استفاده بهینه از این ابزار در جهت افزایش راندمان بنمایند.

### فهرست منابع

- ۱- دیانی، ش.، محمدی، ک. و موسوی زاده، م.ح. ۱۳۸۲. کاربرد سیستم اطلاعات جغرافیائی (GIS) در مدیریت بهینه آب مصرفی شبکه‌های آبیاری و زهکشی، یازدهمین همایش ملی کمیته آبیاری و زهکشی ایران، ۳-۴ دی، تهران
- ۲- تکاملی، ا.، دیانی، ش.، حجازی، ح.ر. و محمدی، ک. (۱۳۸۳). مدیریت بهینه بهره برداری از شبکه آبیاری بارانی بیله سوار مغان براساس بیلان رطوبتی خاک در محیط GIS، کارگاه فنی آبیاری بارانی-توانمندی‌ها و چالش‌ها، ۲۵ بهمن، ۷۳-۹۶.
- 3- California Irrigation Management Information system , available online: <http://www.cimis.water.ca.gov>
- 4- Ehsani, M.R., Mohammadi, K. and Kataoka, T. (2005). Smart farming and its application worldwide, Precision Agriculture Conference, Japan.

- 5- Lowenberg-DeBoer, J., and S.M. Swinton. 1997. Economics of site-specific management in agronomic crops. Proceeding of the Third International Conference in Precision Agriculture, Minneapolis. MN. June 23-26, pp. 369-396.
- 6- Pleban, S. and Israeli, I. 1989. Improved approach to irrigation scheduling programs. *J. Irrig. and Drain. Eng. ASCE* **115** (4): 577-587.
- 7- FAO, 2002. Scheme Irrigation Management Information System-SIMIS, Land and Water Development Division, FAO, available online:  
<http://www.fao.org/waicent/FaoInfo/Agricult/AGL/aglw/simis.stm>
- 8- Shafique M.S., Skogerboe, G., Loftis, J., Scheitlin, S.M., Rude, P., Hatami, B. and Bargsten, G. 1983. Monitoring and Evaluation of On-Farm Improvements in the Grand Valley Salinity Control Project during 1981 and 1982 Irrigation Season. Department of Agricultural and Chemical Engineering Colorado State University. 130 p.



## کارگاه فنی آبیاری سطحی مکانیزه

۱۳۸۴ آذر ماه

### بهبود روش‌های آبیاری سطحی با استفاده از لوله‌های دریچه‌دار (هیدروفلوم)

وحید کرمی<sup>۱</sup>، رقیه صمدی بهرامی<sup>۲</sup>

چکیده:

روشهای آبیاری سطحی بدلیل پایین بودن سرمایه گذاری اولیه، هزینه کم تعمیر و نگهداری و نیاز به انرژی کمتر نسبت به روشهای آبیاری تحت فشار، یکی از متداولترین روشهای آبیاری در دنیا می‌باشد. بدلیل علت ماهیت ذاتی روابط آب و خاک، راندمان پایین و پیچیده بودن مدیریت آبیاری از عدمه نقاط ضعف این روش به شمار می‌آید که این ناشی از درجه اتوپاسیون پایین، عدم امکان بکارگیری ابزار و تاسیسات اندازه گیری و کنترل جریان و از طرف دیگر نیاز به نیروی کارگری ماهر در این روش آبیاری می‌باشد. پیشرفت‌های اخیر در تکنولوژی روشهای آبیاری سطحی بطور قابل ملاحظه‌ای برتری سیستم‌های تحت فشار را از نظر بازدهی کاهش داده و یا در برخی شرایط از بین برده است. استفاده از لوله‌های دریچه دار(هیدروفلوم) از جمله تکنیک‌هایی است که باعث حذف برخی از نقاط ضعف آبیاری سطحی گردیده است. در آبیاری با این روش، لوله‌های پلی‌اتیلن نرم مجهز به دریچه‌های قابل تنظیم جایگزین نهرهای خاکی داخل مزرعه (کanalهای درجه ۴) می‌گردد. نتایج ارزیابی‌های صورت گرفته در کشورهای مختلف جهان اعم از استرالیا، چین و مصر و ایران نشان می‌دهد که کاربرد لوله‌های دریچه دار در روشهای آبیاری سطحی باعث کاهش مصرف آب به میزان ۲۵-۲۸ درصد و افزایش راندمان کاربرد آب تا حدود ۳۰ درصد نسبت به روشهای سنتی می‌گردد. از مزایای دیگر این روش می‌توان به مدیریت و بهره برداری ساده، آبشویی آسان، ذخیره ۵ درصدی در اراضی کشاورزی، یکنواختی بیشتر در توزیع آب، حفظ انرژی بدون تاثیر در بازدهی محصول و امکان استفاده از آب با کیفیت پایین (از لحاظ فیزیکی و

۱- (کارشناس شرکت مهندسین مشاور یکم [v.karami@yekom.com](mailto:v.karami@yekom.com) [تهران- خیابان صبا شمالی- شماره ۱۳۶- شرکت مهندسی مشاور یکم)

۲- (کارشناس شرکت مهندسین مشاور یکم [haleh.samadi@yekom.com](mailto:haleh.samadi@yekom.com)

شیمیایی) در آبیاری بدون آسیب رساندن به سیستم (بر خلاف سیستم‌های آبیاری بارانی و قطره‌ای) اشاره نمود. در این مقاله ضمن اشاره به نتایج ارزیابی‌های صورت گرفته در استفاده از این تکنیک در آبیاری سطحی، به بیان مزايا و معایب استفاده از این تکنیک در برخی شبکه‌های آبیاری کشور پرداخته شده است.

## ۱- مقدمه:

از جمله قدیمی‌ترین و در عین حال متداول‌ترین روش‌های آبیاری، آبیاری سطحی می‌باشد. بطوریکه در بیش از ۸۰٪ کشت‌های آبی جهان از روش آبیاری سطحی استفاده می‌گردد. در این روش به علت ماهیت ذاتی روابط آب و خاک و نیز عموماً به سبب مدیریت نامناسب در بکارگیری روش، راندمان آبیاری پایین می‌باشد. در شرایط ایران و بویژه در سیستم‌های آبیاری سنتی، بازدهی آبیاری بسیار کم (در حدود ۳۰ درصد) گزارش شده است. مصرف بیش از نیاز آب در این روشها را می‌توان ناشی از تلفات آب حاصل از نشت آب در کanal‌های خاکی مزرعه (کanal‌های درجه<sup>۴</sup>)، نفوذ عمقی و رواناب سطحی پایاب در مزرعه دانست. دلیل اصلی تلفات نفوذ عمقی، عدم یکنواختی توزیع آب در سطح مزرعه می‌باشد که نتیجه آن، آبیاری بیش از حد در ابتدا و آبیاری کمتر از حد مورد نیاز در انتهای کرت می‌باشد. انجام آبیاری کامل در انتهای کرت مطمئناً سبب تلفات نفوذ عمقی در ابتدای مسیر و ایجاد تلفات پایاب می‌شود. به همین دلیل در اکثر طرح‌های آبیاری، اجرای روش آبیاری سطحی کمتر دنبال می‌گردد.

پیشرفت‌های اخیر در تکنولوژی روش‌های آبیاری سطحی بطور قابل ملاحظه‌ای برتری سیستم‌های تحت فشار را از نظر بازدهی کاهش داده و یا در برخی شرایط از بین برده است. Kholief و همکاران (۱۹۹۷) در طرح تحقیقاتی خود بر روی محصول ذرت در کشور مصر نشان دادند که بیشترین کیفیت و بازدهی محصول نیشکر با بهبود سیستم آبیاری سطحی با استفاده از لوله‌های دریچه‌دار بدست می‌آید. این در حالی است که در مقایسه با روش سنتی کمترین سرمایه‌گذاری اولیه، مدیریت آسان و نخیره ۳۱ درصدی آب را بهمراه داشته است. Ahmad و EL-Sersawy (۱۹۹۲) آبیاری تحت فشار و سیستم آبیاری سطحی بهبود یافته توسط لوله‌های دریچه‌دار را برای مناطقی که دارای محدودیت آب می‌باشد توصیه نموده‌اند. Fernandez و همکاران (۱۹۹۶) به این نتیجه رسیدند که عملی‌ترین راه دستیابی به حفاظت آب و افزایش راندمان آب آبیاری در کشت پنبه استفاده از لوله‌های دریچه‌دار خواهد بود.

## ۲- بهبود روش آبیاری سطحی با استفاده از لوله‌های دریچه‌دار (هیدروفلوم) و ارزیابی آن

توجه به مشکلات و مسائلی که در استفاده از نهرهای خاکی برای آبرسانی به مزارع وجود دارد، ایجاب می‌کند تا دیگر روش‌هایی که برای این منظور می‌تواند بکار برده شود نیز مورد ارزیابی قرار گیرد تا ضمن حفظ مزايا آبیاری سطحی، از معایب آن کاسته گردد. لوله‌های دریچه دار(هیدروفلوم) عبارتست از لوله‌های پلی اتیلن نرم مجهز به دریچه‌های قابل تنظیم که بعنوان مجاری درجه<sup>۴</sup> می‌توانند جایگزین

مناسبی برای کانال‌های خاکی گردد. در این سیستم آب بجای نهر خاکی در لوله جریان داشته و تلفات ناشی از نشت آب در کانال‌های خاکی به حداقل خواهد رسید. این لوله‌ها که در کلاف‌های ۱۰۰ و ۲۰۰ متری ساخته می‌شود، بوسیله گیره مخصوص به دهانه خروجی آبگیر و یا به یکدیگر متصل شده و در امتداد طول قطعه آبیاری به طول مناسب مستقرمی‌گردد. لوله‌ها در فواصل معین مجهز به دهانه‌های خروجی آب (دریچه) می‌باشند و مقطع دهانه هر دریچه بوسیله کلاهک مخصوص قابل تنظیم است. بطوریکه مقدار جریان خروجی از هر دریچه را می‌توان مناسب با مقدار مورد نیاز (حداکثر ۲/۵ لیتر در ثانیه) تنظیم نمود.



برای ارزیابی میزان بهبود روش آبیاری سطحی با استفاده از لوله‌های دریچه‌دار، تحقیقات متعددی در نقاط مختلف جهان صورت گرفته است که در ذیل به مواردی از آن که در کشورهای چین و مصر و ایران انجام شده است، اشاره می‌گردد.

۱-۲- در ایستگاه تحقیقاتی Dengzhuang واقع در دشت Hedei Lowland (مرکز چین)، استفاده از دو روش آبیاری، یکی لوله‌های دریچه‌دار و دیگر نهرهای خاکی برای آبیاری کرتی مورد ارزیابی قرار گرفته است. سیستم لوله دریچه‌دار بکاربرده شده در این تحقیقات لوله‌های آلومینیومی به طول ۲۰ فوت و قطر ۱/۸ اینچ با ۵ دریچه با قطر ۲/۵ اینچ در هر شاخه می‌باشد. قطعات کرت بعد از درو کردن ذرت در تابستان در اوایل اکتبر برای آبیاری گندم زمستانه در اندازه‌های ۶×۶ متر آماده‌سازی شده است. در این تحقیق رطوبت خاک به روش اندازه‌گیری وزنی اندازه‌گیری و شدت جریان ورودی نیز توسط یک سرریز V شکل و یک ثبات رقوم سطح آب و نگارنده داده‌ها اندازه‌گیری شده است. آزمون‌هایی برای ارزیابی مقدار آب آبیاری، یکنواختی توزیع و همچنین میزان انرژی مصرفی در روش‌های آبیاری کرتی سنتی و لوله‌های دریچه‌دار بصورت زیر انجام پذیرفته است.

### الف- راندمان انتقال آب نهر سنتی

یک نهر مزرعه انتخاب شده و برای ارزیابی تلفات انتقال آب از یک تکنیک هیدروگراف که توسط Foroud و همکاران (۱۹۸۷) توسعه داده شده، استفاده گردیده است. طول نهر از رایزر تا سرحد مزرعه ۹۰ متر می‌باشد.

$$E_C = \frac{\text{حجم آب تحویل داده شده به مزرعه}}{\text{حجم آب تحویل داده شده از رایزر}} = \frac{V_f}{V_t}$$

### ب- یکنواختی توزیع

اندازه کرت مورد آزمایش  $6 \times 6$  می‌باشد. رطوبت خاک در عمق‌های ۳۰ تا ۱۵۰ سانتی‌متر و در زمان‌های قبل و ۲۴ ساعت بعد از آبیاری در ابتدا، وسط و یک چهارم انتهایی کرت برای هر دو روش اندازه‌گیری شده‌است. تغییرات رطوبت خاک به عمق نفوذ در موقعیت‌های متفاوت از کرت تبدیل شده‌است.

$$D_{Uq} = \frac{\text{متوجه عمق نفوذ در یک چهارم انتهایی}}{\text{مزرعه}} = \frac{D_{Lq}}{D_{av}}$$

### ج- ذخیره انرژی و آب

روش‌های آبیاری نواری و کرتی برای چک کردن انتخاب شده‌اند. اندازه مزرعه برای حالت نواری  $6/5 \times 90$  متر و اندازه کرت برای لوله دریچه‌دار و نهرهای خاکی  $6 \times 6$  متر می‌باشد و اندازه جریان توسط یک دستگاه ثبات ثبت شده است. مقدار ذخیره آب و انرژی، در واقع اختلاف‌های مصرف میان سیستم آبیاری لوله‌های دریچه‌دار و روشهای سنتی می‌باشد. رطوبت خاک و میزان محصول گندم برداشت شده بعنوان پارامترهای مرجع، اندازه‌گیری شده‌است.

Irrigation	Irrigation Area	Irrigation Time	Water Vol.	water Consumption	Yield	Energy
Types	(ha)	(min)	(m <sup>3</sup> )	(m <sup>3</sup> /ha)	(kg/ha)	(kw/ha)
Conventional basin	0.108	129.5	76.02	703.9	5886.23	404
Gated pipe basin	0.108	97.75	57.38	531.3	6132.19	305

جدول (۱) : جدول نتایج استفاده از لوله‌های دریچه دار در مقایسه با انهار خاکی در آبیاری کرتی با ابعاد

$6 \times 6$  متر در مزرعه آزمایشی Dengzhuang

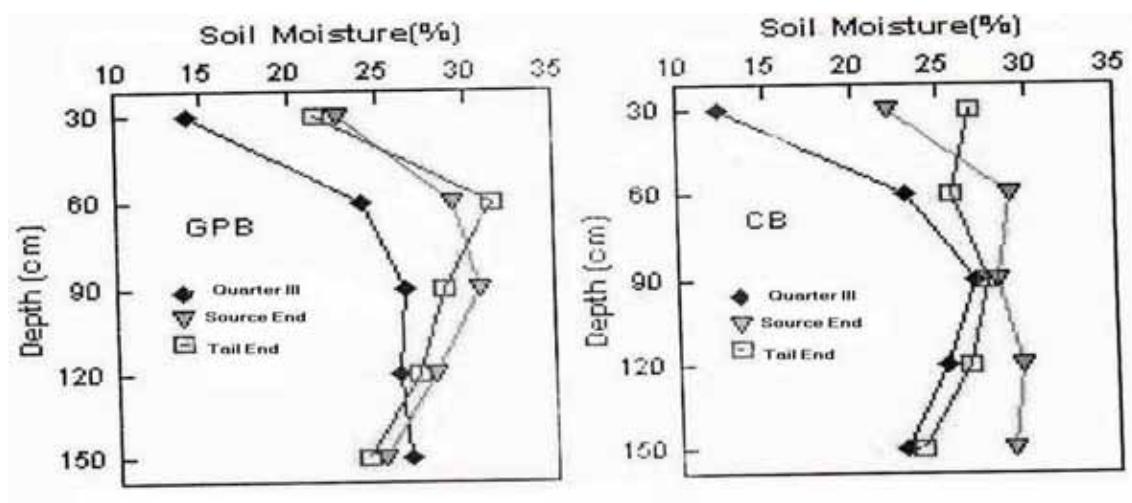
تست‌های صحرایی و نتایج ارزیابی‌ها نشان می‌دهد که سیستم آبیاری لوله‌های دریچه‌دار دارای برتری و مزایای زیر نسبت به آبیاری سنتی می‌باشد:

### - بهبود راندمان انتقال آب:

در سیستم لوله دریچه‌دار از خط لوله آلومینیومی در تحویل آب از منبع (رایزر) تا سرحد مزرعه استفاده شده است که در این حالت تقریباً هیچ نوع تلفات آبی مانند نفوذ و تبخیر وجود ندارد. ولی آزمون تلفات آب نهر سنتی نشان می‌دهد که تلفات آب از بازه ۹۰ متری مورد مطالعه در یک دوره ۲۰۰ دقیقه‌ای آزمایش، ۲۱/۲۱ متر مکعب یا ۱/۰۴ لیتر در دقیقه بر متر می‌باشد. اغلب این تلفات بواسطه نفوذ عمیق و تراوش کanal اتفاق می‌افتد. راندمان انتقال برای این نهر ۶۸/۶ درصد بدست آمده است.

### - یکنواختی در توزیع آب

یکنواختی برای سیستم آبیاری سطحی، متعارف‌ترین مشخصه برای یکنواختی توزیع بوده و یکی از پارامترهای اصلی در ارزیابی یک سیستم آبیاری سطحی بشمار می‌آید. براساس داده‌های رطوبت خاک اندازه گیری شده بعد از آبیاری، یکنواختی توزیع برای لوله‌های دریچه‌دار و نهر سنتی به ترتیب برابر با ۸۲/۴٪ و ۶۴/۳٪ بدست آمده است. شکل (۱) الگوی توزیع آب در روش‌های سنتی و آبیاری لوله‌های دریچه‌دار را نشان می‌دهد. همانطوریکه در این شکل دیده می‌شود، یکنواختی توزیع آب در ناحیه توسعه ریشه در سرتاسر کرت در سیستم لوله‌های دریچه‌دار بهبود یافته است.



شکل (۱): نمونه رطوبت خاک برای آبیاری کرت با لوله دریچه دار(GPB) و روش سنتی(CB)

### - ذخیره آب و انرژی و زمان آبیاری

مقایسه روش سنتی و سیستم لوله دریچه‌دار برای آبیاری کرتی نشان می‌دهد که سیستم لوله‌های دریچه‌دار برای آبیاری کرتی می‌تواند ۱۷۲/۶ متر مکعب آب، ۹۹ kw.h ۴/۹ انرژی الکتریسیته و ساعت زمان آبیاری را در یک هکتار از اراضی ذخیره نماید.

## - توسعه اراضی تحت کشت

توزیع آب در روش آبیاری با لوله دریچه‌دار در سطح مزرعه کاهش اتلاف اراضی برای احداث نهرچه‌ها را در بر خواهد داشت. براساس محاسبات این مزرعه آزمایشی یک هکتار از اراضی با نهرچه‌هایی به فواصل ۲۰ متر، ۵۰۰ متر مربع تلفات اراضی بهمراه دارد. به عبارت دیگر می‌تواند ۵٪ از اراضی در استفاده‌از روش آبیاری سطحی با لوله دریچه‌دار در مقایسه‌با روش آبیاری کرتی سنتی حفظ شود.

**۲-۲- تحقیق دیگری که در این زمینه صورت گرفته است در بخش Bilbies ایالت EL-Sharkya کشور مصر می‌باشد. در این تحقیق ۳ آزمایش به ترتیب زیر انجام گرفته است.**

آزمایش اول: استفاده از روش آبیاری سطحی با استفاده از لوله‌های دریچه‌دار برای کشت پنبه در فصل زراعی سال ۲۰۰۰ و گندم در فصل زراعی سال ۲۰۰۱ در زمینی به وسعت ۳ فدان(feddan) ( $150\text{m} \times 150\text{m}$ ) (هر فدان  $4200\text{ متر مربع}$ ) ( $84\text{m}^2$ )

آزمایش دوم: کشت ذرت در اراضی به وسعت  $\frac{2}{5}$  فدان ( $250\text{m} \times 250\text{m}$ ) و استفاده از سیستم لوله‌های دریچه‌دار در سال زراعی ۲۰۰۰ و کشت گندم در سال زراعی ۲۰۰۱

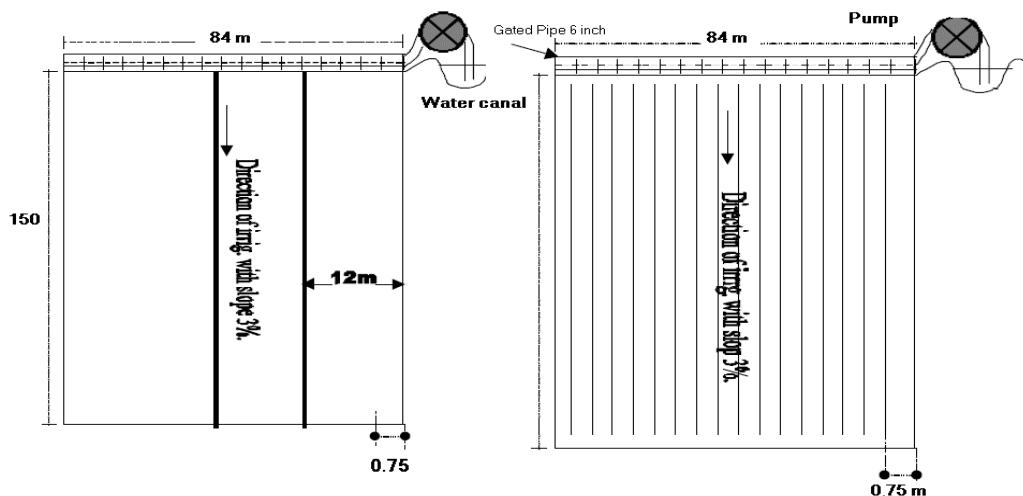
همچنین برای مقایسه در هر دو مزرعه آزمایشی، آبیاری یک فدان از اراضی با استفاده از روش آبیاری سطحی سنتی بطور کنترل شده در هر دو فصل زراعی انجام گرفته است.

در این آزمایش‌ها از پنبه (از نوع Giza85) بعد از محصول یونجه با ۷ کیلوگرم در هر فدان با استفاده از ماشین کشت تکدانه با فاصله فاروها ۷۵ سانتی‌متر و فاصله دانه‌پنبه در هر ردیف حدود ۲۰-۲۵ سانتی‌متر انجام گردیده است. بعد از پنبه نیز توسط یک دستگاه بذرپاش گندم (از نوع Sahak 69) با ۵۵ کیلوگرم در فدان کشت شده است. همچنین برای کشت ذرت از ماشینی که با هوای فشرده کار می‌کند ذرت (از نوع hogen 310) با ۷ کیلوگرم بذر برای هر فدان استفاده شده است و بالاخره از یک نشأکار برنج (از نوع 101 sahak) با ۴۰ کیلوگرم در هر فدان استفاده گردیده است. هر دو مزرعه آزمایشی با لوله‌های دریچه‌دار متصل به یک پمپ با هد پایین (۱۰ متر هد دینامیک و دبی ۱۴۰ متر مکعب در ساعت با ۵۵٪ راندمان) آبیاری می‌شود. شکل‌های ۱ و ۲ جانمایی طراحی شده لوله‌های دریچه‌دار برای مزارع به ترتیب پنبه، گندم، ذرت و برنج را نشان می‌دهد.

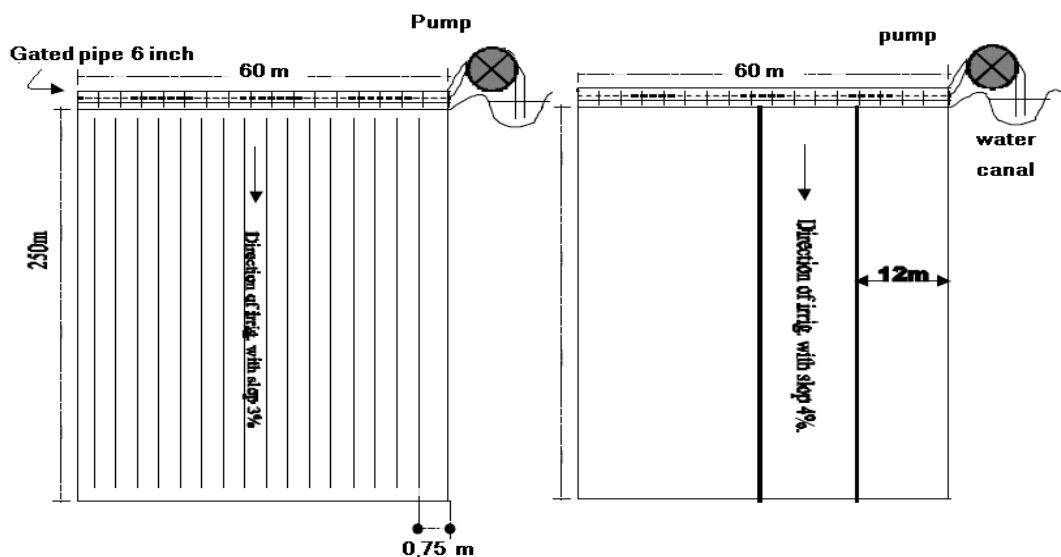
آزمون سوم: این آزمون در زمینی به مساحت ۲ فدان (feddan) از سیستم لوله‌های دریچه‌دار (هیدروفلوم) برای آبیاری درختان انبه (با سن ۶۵ سال) استفاده گردیده است. این اراضی به روش آبیاری سطحی سنتی از سال ۱۹۳۷ آبیاری می‌شده است. اما در فصل زراعی ۲۰۰۰-۱۹۹۹ یا ۲۰۰۱ با روش آبیاری سطحی بهبود یافته (هیدروفلوم) آبیاری شده‌اند. در این آزمون فواصل دریچه‌ها  $75\text{cm}$ ، قطر سوراخ‌ها  $22$  میلی‌متر و دبی  $5-7$  متر مکعب در ساعت می‌باشد. برای مقایسه‌های اقتصادی عمر مفید شبکه  $10$  سال

در نظر گرفته شده است. بمنظور مقایسه اقتصادی روش‌ها، از درصد بازدهی اقتصادی که بصورت زیر محاسبه می‌گردد، استفاده شده است.

$$\text{سود خالص بر حسب فدن در یک} = \frac{\text{بازدهی اقتصادی} (\%)}{\text{فصل}} \quad \text{(واحد پول مصر) LE}$$



شکل(۱) : جانمایی لوله دریچه‌دار برای مزارع پنب (مزرع سمت راست) و گندم (مزرعه سمت چپ)



شکل(۲) : جانمایی لوله دریچه‌دار برای مزارع برنج (مزرع سمت راست) و ذرت (مزرعه سمت چپ)

## ۱-۲ نتایج:

جدول (۱) روابط میان مقدار آب بکاربرده شده ( $m^3$ ), تولید محصول بر حسب تن در فدان و راندمان کاربرد آب ( $kg/m^3$ ) برای محصولات مختلف را نشان می دهد. همچنین در جدول (۲) بازدهی اقتصادی سرمایه گذاری اولیه و بازدهی اقتصادی آب برای آبیاری سطحی با لوله های دریچه دار و سیستم سنتی نشان داده شده است.

این داده ها بطور واضح نشان می دهند که در آبیاری سطحی با استفاده از لوله های دریچه دار، تولید محصول بر حسب متر مکعب آب کاربردی، نسبت به سیستم آبیاری سطحی سنتی افزایش یافته است. استفاده از لوله های دریچه دار بطور بدیهی مقدار آب کاربردی را نسبت به سیستم آبیاری سطحی سنتی کاهش داده است. داده های جدول (۲) نشان می دهند که با استفاده از آبیاری سطحی با لوله های دریچه دار، بازدهی اقتصادی سرمایه گذاری اولیه و بازدهی اقتصادی آب در مقایسه با سیستم سنتی بهبود یافته است. بطوریکه با استفاده از لوله های دریچه دار در محصول پنبه، آب مصرفی تا  $29/64\%$  کاهش و تولید محصول تا  $16\%$  افزایش یافته است. این در حالی است که بازدهی اقتصادی سرمایه گذاری اولیه در لوله های دریچه دار تا  $10.9/5\%$  در مقایسه با  $21/6\%$  مربوطه روش سنتی افزایش یافته است و بازدهی اقتصادی برای آب بکار برده شده در لوله های دریچه دار بجای  $14/4\%$  برای روش سنتی به  $97\%$  افزایش یافته است. بنابراین سود حاصل از استفاده از لوله های دریچه دار نسبت به روش سنتی  $122/1\%$  افزایش یافته است شکل (۲).

Character		Average(2000,2001)			
		water applied ( $m^3/feddan$ )	Difference(%)	Yield (Ton/feddan)	Difference(%)
Cotton	Traditional	3661	-	1.04	-
	Gated Pipe	2576	-29.64%	1.6742	61.10%
Weate	Traditional	1840	-	2.1	-
	Gated Pipe	1290	-29.90%	3.4	65.20%
Maize	Traditional	2712	-	3.1	-
	Gated Pipe	2318	-14.50%	6.7	116%
Rice	Traditional	8810	-	3	-
	Gated Pipe	7075	-19.70%	4.3	53.60%
Mango	Traditional	6900	-	22.6	-
	Gated Pipe	5534	-19.80%	31	37.20%

جدول (۱): مقدار کل آب بکار رفته و تولید محصول بر حسب فدان تحت سیستم های آبیاری سطحی متفاوت برای پنبه در فصول رشد ۲۰۰۰ و ۲۰۰۱

Character		Total Cost/feedan/season (LE)	Yield price (LE)	Net profit (LE)	Economic efficiency for Capital investment (%)	Economic efficiency for water used (%)
Cotton	Traditional	2442	2970	528	21.60	14.40
	Gated Pipe	2282	4781.5	2499.5	109.50	97.00
Wheat	Traditional	1093.3	1518	419.7	38.20	22.80
	Gated Pipe	1173.3	2234.4	1061.1	90.40	82.30
Maize	Traditional	1041	1240	199	19.10	7.30
	Gated Pipe	1046	2680	1634	156.20	70.50
Rice	Traditional	1626	1920	294	18.1	3.3
	Gated Pipe	1646	2752	1106	67.2	15.6
Mango	Traditional	5010	15820	10810	215.8	156.7
	Gated Pipe	4980	21700	16720	335.7	302.1

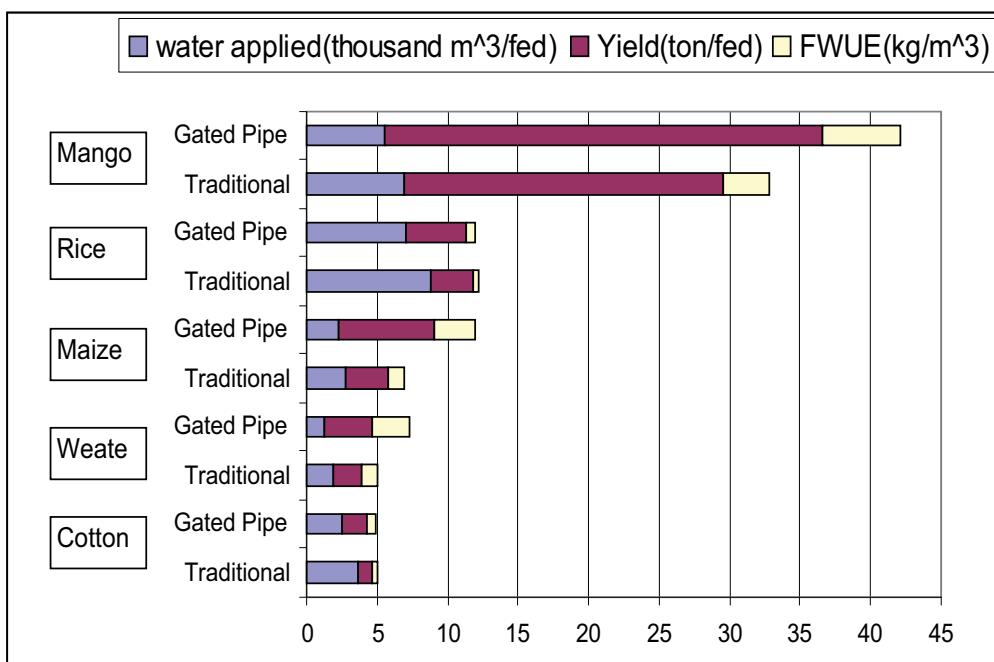
جدول(۲): بازدهی اقتصادی سرمایه‌گذاری اولیه و آب استفاده شده در سیستم‌های آبیاری سطحی مختلف برای پنبه در فصول زراعی 2000 و 2001

مقایسه داده‌های جدول ۱ و ۲ برای محصول ذرت نشان می‌دهند که استفاده‌های لوله‌های دریچه‌دار، آب آبیاری ۱۴/۵٪ کاهش و تولید محصول ۱۱۶٪ افزایش یافته است. این در حالی است که بازدهی اقتصادی برای سرمایه‌گذاری اولیه و بازدهی اقتصادی برای آب مصرفی در لوله‌های دریچه‌دار نسبت به روش سنتی به مقدار ۱۵۶/۲٪ و ۷۰/۵٪ افزایش یافته است. بنابراین بهره‌وری آب با استفاده از این تکنیک نسبت به روش سنتی مطابق با شکل(۲)، ۱۵۴/۴٪ افزایش یافته است.

در محصولات باگی مانند انبه نیز شاهد بهبود عملکرد سیستم نسبت به روش‌های سنتی می‌باشیم. همانطوری که داده‌های جدول (۱) نشان می‌دهند، متوسط تولید انبه به دلیل استفاده از لوله‌های دریچه‌دار ۳۷/۲٪ افزایش و آب آبیاری تقریباً ۱۹/۸٪ نسبت به روش سنتی کاهش یافته است. علاوه بر این، بازدهی اقتصادی سرمایه‌گذاری اولیه و آب مصرفی در استفاده از لوله‌های دریچه‌دار به ترتیب به مقادیر ۳۳۵/۷٪ و ۲۰۲/۱٪ افزایش یافته است. بنابراین بهره‌وری آب در استفاده از لوله‌های دریچه‌دار برای محصول انبه نیز مطابق شکل(۲) نسبت به روش سنتی ۷۰/۷٪ افزایش یافته است.

بنابراین نتایج ارزیابی سیستم‌های آبیاری سطحی بهبود یافته با استفاده از لوله‌های دریچه‌دار بر روی اراضی زراعی و باگی در مقایسه با روش‌های سنتی نشان می‌دهند که با استفاده از لوله‌های دریچه‌دار مقدار تولید محصول پنبه، گندم، ذرت و برنج به ترتیب ۱/۱٪، ۶۱/۱٪، ۶۵/۲٪ و ۵۳/۶٪ افزایش یافته است. این در حالی است که ذخیره آب ۶۴/۶٪، ۲۹/۹٪ و ۱۹/۷٪ به ترتیب در پنبه، گندم، ذرت و برنج در مقایسه با سیستم سنتی حاصل گردیده است. راندمان مصرف آب آبیاری بهبود یافته برای پنبه، گندم، ذرت و برنج به ترتیب ۱۲۹٪، ۱۳۷٪ و ۱۵۴٪ و ۷۹/۴٪ بیشتر از روش سنتی بدست آمده است. در محصولات باگی مانند انبه نیز مقدار آب ذخیره شده در مقایسه با سیستم سنتی ۱۹/۸٪ می‌باشد. در نتیجه بهره‌وری آب در آبیاری انبه با لوله‌های دریچه‌دار به ۷۰/۷٪ در مقایسه با روش سنتی افزایش یافته است.

بر اساس نتایج این تحقیق اگر فرض شود که بتوان با این روش ۲۲٪ آب آبیاری را ذخیره نمود، بطور متوسط  $5130\text{ m}^3$  در هر فن در هر فصل زراعی ذخیره آب حاصل می‌گردد که با وجود ۱۲ میلیون فن اراضی زراعی تحت کشت با روش آبیاری سطحی، بیش از ۶۲ میلیارد متر مکعب در سال ذخیره آب را بهمراه خواهد داشت. این مقدار آب می‌تواند بیش از ۱۵۰۰۰۰ فن از اراضی اصلاح شده بیابان مصر را آبیاری نماید.



شکل(۲): تاثیر استفاده از لوله‌های دریچه‌دار در آبیاری بعضی از محصولات

### ۳- تجربیات استفاده از لوله‌های دریچه‌دار در شبکه‌های آبیاری کشور

تحقیقات و مطالعات انجام شده در رابطه با کاربرد روش آبیاری با لوله‌های دریچه‌دار در کشور بسیار محدود بوده و از چند بررسی تجاوز نمی‌نماید. بدین ترتیب کار قابل توجهی که بتوان از آن استنباط مشخص و یا نتیجه‌گیری معینی بعمل آوردن انجام نشده است. علیرغم کمبودهای فوق الذکر در سالهای اخیر از این سیستم به منظور بهبود روش آبیاری سطحی در شبکه‌های آبیاری کشور در مساحت‌های کوچک و بزرگ استفاده شده است. از جمله طرحهای که بطور وسیع از این سیستم برای بهبود روش آبیاری سطحی استفاده شده است، طرح توسعه نیشکر در استان خوزستان می‌باشد. طرح توسعه نیشکر و صنایع جانی که از طرحهای استراتژیک کشور بحساب می‌آید در استان خوزستان و در هفت واحد با مساحت خالص هر واحد حدود ۱۲۰۰۰ هکتار در حاشیه رودخانه کارون و در ۳۰ کیلومتری جنوب اهواز طراحی و اجرا شده است. دو واحد غرب کارون به نامهای امیرکبیر و میرزاکوچکخان در شرکت مهندسی مشاور یکم طراحی و نظارت اجرائی آن انجام گردیده است و در حال حاضر نیز خدمات نظارت بر کارهای تکمیلی

زیربنایی آن در حال انجام می‌باشد. منطقه طرح در پایین‌ترین قسمت دشت آبرفتی رودخانه کارون قرار دارد و دارای آب و هوای گرم خشک می‌باشد. کمترین درجه حرارت طبق آمار ایستگاه‌های اهواز و آبادان در دیماه برابر ۷- درجه سانتیگراد است. این منطقه بارندگی تابستانه ندارد و بیشترین بارندگی آن در زمستان صورت می‌گیرد. در تقسیم بندی اقلیمی‌بروش آمبرژه این منطقه جزء اقلیم بیابانی گرم میانی می‌باشد که متوسط حرارت می‌نیم آن در سردترین ماه سال بین ۵-۸ درجه سانتیگراد می‌باشد که این اقلیم برای کشت نیشکر مناسب می‌باشد. تنها و بزرگترین منبع آب اراضی دشت جنوب اهواز رودخانه کارون می‌باشد. طبق مطالعات هیدرولوژی انجام شده کیفیت آب رودخانه در ماههای مختلف سال متغیر می‌باشد بطوریکه طبق آنالیز شیمیایی صورت گرفته در این مطالعات هدایت الکتریکی از ۲۲۴۰ - ۶۰۰ میکرومتر بر سانتی‌متر در طول دوره آماری متغیر بوده است کما اینکه در سالهای اخیر بدليل اجرای پروژه‌های مختلف در بالادست رودخانه، کیفیت آب رودخانه در پایین‌دست دستخوش تغییرات شده است. غلظت مواد معلق آب رودخانه نیز در ماههای مختلف سال متغیر بوده، بطوریکه غلظت حداکثر در فروردین ماه تا ۱۲۰۰ ppm و حداقل میزان مواد معلق در ماههای مهرو شهریور بمیزان حدود ۷۰۰ ppm گزارش شده است. از آنجا که شرایط اقلیمی، کیفیت آب و وضعیت خاک از عوامل اساسی موثر در انتخاب روش آبیاری می‌باشد بطوریکه انتخاب یک روش مناسب آبیاری در یک منطقه خاص مستلزم بررسی همه جانبه کلیه عواملی است که بنحوی در اجرای سیستم و بهره‌برداری از آن تاثیر می‌گذارد و ایجاب می‌نماید تا مجموعه معایب و محسن روش‌های آبیاری مدنظر قرار گیرد. براساس نتایج بررسیهای اقتصادی، اجتماعی و فنی بر روی انواع روش‌های آبیاری قابل کاربرد برای کشت نیشکر با توجه به شرایط منطقه طرح آبیاری به طریقه نشتنی ته بسته (Impoundment Furrow) از توجیه‌پذیری مناسب‌تری نسبت به سایر روش‌های برخوردار بوده و بعنوان روش آبیاری انتخاب شده است. از آنجا که روش‌های آبیاری سطحی عموماً دارای معایبی از جمله راندمان آبیاری نسبتاً کم، لزوم تسطیح اراضی، اشغال اراضی بیشتر(در اثر احداث نهرها و مرزبندی‌های قطعات آبیاری)، نیاز بالای نیروی کارگری و وجود برخی مشکلات در کاربرد ماشین‌آلات بعلت وجود نهرهای داخل مزارع می‌باشد، لذا این مهندسین مشاور بمنظور کاهش این معایب با حفظ مزایای روش آبیاری مذکور اقدام به بررسی و ارزیابی استفاده از لوله‌های دریچه‌دار بجای نهرهای خاکی در انتقال آب به سر مزرعه نمود. در این بررسی‌ها ضمن استفاده از تمام نتایج تحقیقات انجام شده درخارج از کشور بهمراه محدود کارهای انجام شده در کشور و در منطقه طرح، اقدام به ارزیابی و مقایسه فنی و اقتصادی دو روش آبرسانی نموده است. نتایج ارزیابی‌ها و بررسی‌ها صورت گرفته منجر به انتخاب لوله‌های دریچه‌دار برای آبرسانی سر مزرعه شده است. از این‌رو سیستم شبکه آبیاری طراحی شده برای واحدهای مزبور شامل کanal اصلی روبرو با پوشش بتقی، شبکه لوله‌های تحت فشار برای توزیع آب (مجاری درجه دو)، پمپاژ دو مرحله‌ای (آبگیری از رودخانه و آبگیری از کanal برای مجاري تحت فشار درجه دو) و در نهایت آبگیری مستقیم لوله‌های دریچه‌دار از لوله‌های درجه دو می‌باشد. بدین ترتیب لوله‌های دریچه‌دار مستقیماً از لوله‌های تحت فشار که بعنوان

شبکه توزیع درجه دو عمل می‌کند، آبگیری نموده و هر یک مساحتی معادل ۲۵ هکتار را زیر پوشش قرار می‌دهد.



### نتیجه گیری و پیشنهادات:

نتایج و مباحث ارائه شده در این مقاله بیانگر این مطلب می‌باشد که استفاده از لوله‌های دریچه‌دار (هیدروفلوم) ابزار اصلی برای بهبود سیستم‌های آبیاری سطحی بشمار می‌آید. طراحی مناسب لوله‌های دریچه‌دار به همراه تسطیح دقیق، می‌تواند یکنواختی توزیع آب و ذخیره آب آبیاری را در اراضی زراعی و باعی بهبود ببخشد. در حالیکه تولید محصول نیز در مقایسه با روش آبیاری سطحی سنتی، سیستم لوله‌های چشمگیری افزایش می‌یابد. بعبارت دیگر در مقابل روش‌های آبیاری سطحی سنتی، سیستم لوله‌های دریچه‌دار دارای مزایایی همچون یکنواختی بیشتر در توزیع آب، کاهش مقدار آب آبیاری و همچنین حفظ انرژی بدون تأثیر در بازدهی محصول را می‌باشد. همچنین این سیستم دارای قابلیت فراوانی از جمله انعطاف‌پذیری، بهره‌برداری آسان، نیاز کم نیروی کارگردی و جابجایی آسان می‌باشد.

از آنجا که در بسیاری از مناطق کشور آب با کیفیت پایین (فیزیکی و شیمایی) بعنوان یک منبع آب قابل دسترس برای استفاده در محصولات کشاورزی مطرح می‌باشد که سیستم‌های آبیاری تحت فشار (قطرهای و بارانی) بدلیل غلظت بالای مواد نمی‌توانند برای آبیاری با این نوع آبها مورد استفاده قرارگیرند، سیستم لوله‌های دریچه‌دار برای آبیاری اراضی تحت پوشش می‌تواند بدون کاهش راندمان و مشکلات تخریب سیستم، برای اینگونه آبها به ویژه با غلظت مواد رسوبی با اطمینان بکار برده شود.

پیشنهاد می‌گردد با توجه طراحی و اجرای سیستم لوله‌های دریچه‌دار در برخی از شبکه‌های آبیاری کشور در سالهای اخیر، بمنظور ارتقاء و رفع نواقص احتمالی در طراحی و اجرای اینگونه سیستم‌ها در شرایط آب و هوایی کشور و همچنین ارزیابی میزان بهبود روش آبیاری سطحی با از استفاده از لوله‌های دریچه‌دار در مقایسه با روش‌های سنتی مطالعات لازم انجام گیرد. تا بتوان با اطمینان بیشتر این سیستم‌ها را در سایر شبکه‌های آبیاری و زهکشی توسعه داد.

**۵- مراجع:**

- 1- Hassan El-Banna Osman,2002; "Evaluation of surface irrigation using gated pipe techniques in filed crops and old horticultural farm" ; Agricultural Engineering Research Institute, Egypt
- 2- Jibin Li & N.Foroud;1997; " Evaluation of a gated pipe basin irrigation method in china"; Hebei Academy of Agriculture Sciences.
- 3- Kholeif,M.A.;G.K.Sayed and R.A.said.1997. "Modern Irrigation in sugar cane under upper Egypt condition" 28<sup>th</sup> Yearly conference of Egyptian Society of Sugar Technologists, 24-30, Egypt.

۴- مهندسین مشاور یکم؛ "مطالعات مرحله اول طرح توسعه نیشکر و صنایع جانبی واحد امیرکبیر و میرزا کوچکخان" ، ۱۳۷۰ ،

۵- مهندسین مشاور یکم ، " خدمات مهندسی نظارت بر کارهای تکمیلی زیربنایی شرکتهای نیشکر امیرکبیر و میرزا کوچک خان" ۱۳۸۴

۶- ترجمه جمشید خیرابی ، "روشهای جدید آبیاری سطحی و بارانی" ، انتشارات دانشگاه تهران ، ۱۳۶۲



## کارگاه فنی آبیاری سطحی مکانیزه

۱۳۸۴ آذر ماه

### تأثیر سطوح مختلف آبیاری بر عملکرد و کارآیی مصرف آب خرمای مضافتی

تحت شرایط آبیاری سطحی در منطقه بم

مسعود فرزامنیا<sup>۱</sup>

چکیده:

خرما یکی از محصولات مهم و صادراتی مناطق گرمسیر کرمان از جمله بم، شهداد و جیرفت می‌باشد. امروزه در اکثر نقاط جهان به ویژه در ایران آب عامل محدود کننده تولیدات کشاورزی از جمله خرما است، بنابراین تعیین آب مصرفی گیاهان می‌تواند در استفاده بهینه از آب به کشاورزان کمک کند. به منظور تعیین کارآیی مصرف آب و تأثیر سطوح مختلف آبیاری بر عملکرد و سایر صفات فیزیکو شیمیایی خرمای مضافتی تحقیقی ۴ ساله با چهار تیمار آبیاری ۸۰، ۸۰ و ۱۲۰ درصد تبخیر از طشتک کلاس A در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با چهار تکرار در باغی در منطقه عزیزآباد بم انجام گردید. به این منظور در شهریور ماه هر سال پس از برداشت محصول ده فاکتور شامل: عملکرد، درصد رطوبت، اسیدیته، بریکس (TSS)، درصد قند، وزن ۲۵ هسته، حجم ۲۵ دانه، وزن ۲۵ دانه با هسته، عرض و طول ۲۵ دانه اندازه‌گیری شد تا تأثیر سطوح مختلف آبیاری بر آنها مورد بررسی قرار گیرد. نتایج نشان داد که اثر تیمار بر روی عملکرد معنی‌دار و بر روی سایر صفات مورد مطالعه معنی‌دار نبود. بیشترین و کمترین میزان عملکرد به ترتیب مربوط به تیمارهای ۸۰ و ۸۰ درصد تبخیر از طشتک کلاس A و برابر با  $15/4$  و  $10/4$  تن در هکتار و بیشترین و کمترین میزان کارآیی مصرف آب به ترتیب مربوط به تیمارهای ۸۰ و ۱۲۰ درصد تبخیر از طشتک کلاس A و برابر با  $91/0$  و  $56/0$  کیلو گرم بر متر مکعب بود. با توجه به نتایج فوق تیمار ۸۰ درصد تبخیر از طشتک کلاس A به عنوان یک روش مدیریتی در آبیاری باغهای خرما در منطقه بم توصیه می‌گردد.

واژگان کلیدی: آب مصرفی، کارآیی مصرف آب، خرمای مضافتی، بم

۱- عضو هیات علمی (مری) پژوهش) بخش تحقیقات فنی و مهندسی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی کرمان- کرمان، صندوق پستی ۷۶۱۷۵/۴۴۵ تلفن: ۰۳۴۱-۲۱۱۲۳۹۴-۲۱۱۲۳۹۱-۳، پست الکترونیکی: [esf1380@yahoo.com](mailto:esf1380@yahoo.com)

**مقدمه:**

خرما یکی از محصولات مهم و صادراتی مناطق گرمسیر کرمان از جمله بم، شهداد و جیرفت می‌باشد. سطح زیر کشت این محصول در استان کرمان حدود ۵۱۰۰ هکتار نهال و ۱۸۸۶۱ هکتار بارور گزارش شده است (۲). این محصول همچنین یکی از مهمترین محصولات شهرستان بم و با سطح کشتی معادل ۱۹۲۰۰ هکتار (نهال و بارور) می‌باشد که  $\frac{65}{8}$  درصد از سطح زیر کشت این شهرستان را در بر گرفته است. میزان تولید خرما در این شهرستان ۱۲۰۰۰۰ تن می‌باشد و در مقایسه با استان از نظر سطح زیر کشت و میزان تولید در رتبه اول قرار گرفته است (۵).

در این شهرستان پتانسیل واقعی آبهای زیرزمینی و میزان استحصال آب زیرزمینی به ترتیب  $\frac{729}{4}$  و  $\frac{839}{4}$  میلیون مترمکعب است بنابراین آبهای زیرزمینی منطقه با  $110$  میلیون مترمکعب اضافه برداشت مواجه است (۶). در چند سال اخیر با توجه به بحران کم آبی در مناطق مختلف و کاهش کیفیت و شور شدن منابع خاک و آب و افت شدید سطح آبهای زیرزمینی، سطح وسیعی از باغات و مزارع کشاورزی منطقه در معرض نابودی قرار گرفته است. باغهای خرما در شهرستان بم نیز از این امر مستثنی نبوده و بر اساس گزارش منتشر شده توسط دبیرخانه ستاد حوادث پیش بینی نشده استان کرمان این باغها دچار ۴۰ درصد کاهش تولید شده و مقدار  $185600$  میلیون ریال خسارت دیده‌اند (۳).

لذا با توجه به محدودیت منابع آبی در این استان چه از نظر کمی و چه از نظر کیفی و خشکی و خشکسالی‌های اخیر در منطقه، توجه به مدیریت آبیاری این محصول امری اجتناب ناپذیر است. ازین‌رو تحقیقات برای تعیین بهترین تیمار آب مصرفی خرمای مضافتی می‌تواند یکی از راهکارهای مقابله با خشکسالی در منطقه باشد.

درخت خرما این توانایی را دارد که خود را به نوسانهای میزان رطوبت خاک، که تحملش برای اکثر درختان امکان ندارد عادت دهد. مکانیسم تحمل کم آبی در درخت خرما اینگونه است که درخت بلافاصله در موقع کم‌آبی رشد و نمو خود را متوقف و در مصرف آب ذخیره شده در بافتها صرفه‌جویی می‌کند. در صورتیکه کم آبی برای مدتی طول بکشد بتدریج برگهای مسن آن خشک می‌شود تا آب ذخیره شده به مصرف جوانه انتهایی برسد و این قسمت کمتر صدمه ببیند. به این ترتیب، درخت خرما به راحتی می‌تواند چند سال به زندگی خود ادامه دهد (۴).

Albert و Hilgeman (۱۹۳۵) مدت ۲۵ سال در آمریکا بر روی میزان تراکم درخت خرما در نخلستانها مطالعه و تراکم زیاد (۲۶۴ اصله در هکتار) را با تراکم کم (۱۲۲ اصله در هکتار) مقایسه نمودند (۸). طبق این بررسی، در تراکم زیاد، درختان بطور کلی ضعیفتر و متوسط تعداد برگها، تعداد خوشها و درصد توسعه جوانه‌های درختان به ترتیب  $۴۰$ ،  $۲۰$  و  $۲۴\%$  از درختانی که با تراکم کم کاشته شده‌اند کمتر است و همچنین درصد جوانه‌های تلف شده در نخلستان مترکم  $25\%$  زیادتر بوده است. بنابراین با تراکم کم می‌توان سطح آبیاری هر درخت را نیز کاهش داده و در مصرف آب صرفه‌جویی کرد.

Pruitt و Doorenbos (۱۹۷۷) در شرایط مختلف آب و هوایی ضریب گیاهی ( $K_c$ ) را برای نخل ۰/۸ تا ۱ پیشنهاد کرده و همچنین اظهار کردند درخت خرما برای ادامه رشد و عملکرد بالا با کیفیت خوب به یک آبرسانی منظم در طول سال، احتمالاً به استثنای کمی قبل از برداشت و هنگام برداشت احتیاج دارد (۱۰). در گزارش‌های منتشر شده میزان آب مصرفی و یا دور آبیاری نخلستانها را متفاوت بیان کردند. نخلستانهایی که دارای خاک سبک (مقدار شن خاک بیشتر از ۳۲٪) هستند در تابستان هر ۷-۴ روز و در زمستان هر ۳۰-۲۰ روز یکبار باید آبیاری شوند. نخلستانهایی که دارای خاک سنگین (تعداد شن کمتر از ۳۳٪) هستند احتیاج به آبیاری کمتری دارند. مثلاً در تابستان هر ۱۲-۷ روز و در زمستان هر ۴۵-۳۰ روز یکبار باید آبیاری شوند (روحانی، ۱۳۶۷).

Zaid و Liebenberg (۲۰۰۲) مقدار آب مصرفی خرما به روش آبیاری سطحی را در الجزایر ۱۵۰۰۰-۲۵۰۰۰، کالیفرنیای امریکا ۲۷۰۰۰-۳۶۰۰۰، مصر ۲۲۳۰۰، هند ۲۵۰۰۰-۲۲۰۰۰، عراق ۱۵۰۰۰-۲۰۰۰۰، مراکش ۱۳۰۰۰-۲۰۰۰۰، آفریقای جنوبی ۲۵۰۰۰ و تانزانیا ۲۳۶۰۰ مترمکعب در هکتار گزارش کرده است (۱۱).

Gergely و Balogh (۱۹۸۵) عقیده دارند که در روش قطره‌ای نیاز آبی خرما با ۶ تا ۸ هزار مترمکعب در هکتار قابل تامین است (۹). در جیرفت با استفاده از فرمول تجربی بلینی کریدل میزان آب مصرفی خرما ۱۵۸۵۹ مترمکعب در هکتار بدست آمده است (۷). تخمین آب مصرفی خرما با استفاده از فرمول تجربی بلینی کریدل در شرایط آب و هوایی منطقه بم با توجه به آمار و اطلاعات هواشناسی ۱۲۰۰۰ مترمکعب در هکتار محاسبه شده است (۱).

سطح زیر کشت محصول خرما در منطقه بم حدود ۴۲۰۰ هکتار نهال و ۱۵۸۰۰ هکتار بارور گزارش شده است (۲). الگوی کاشت در اکثر نخلستانهای این منطقه غیر اصولی (بیشتر از ۲۵۰ اصله در هکتار) و روش آبیاری غرقابی (کرتی) می‌باشد. با توجه به خشکسالیهای اخیر و اهمیت آب و با توجه به اینکه تغییر در سیستم آبیاری منطقه فوق در کوتاه مدت میسر نمی‌باشد، تعیین آب مصرفی این محصول تحت روش آبیاری سطحی می‌تواند راهکاری برای برنامه ریزی مناسب آبیاری و مقابله با خشکی و کمبود آب در این منطقه باشد.

## مواد و روش‌ها

به منظور بررسی تأثیر سطوح مختلف آب بر روی عملکرد و سایر صفات فیزیکی و شیمیایی درختان خرما و تعیین آب مصرفی بهینه این محصول، آزمایش فوق از سال ۱۳۷۸ به مدت ۴ سال در باغ یکی از کشاورزان منطقه بم کرمان اجرا گردید. این آزمایش شامل چهار تیمار آبیاری به ترتیب براساس ۶۰، ۸۰ و ۱۲۰ درصد تبخیر از طشتک کلاس A بود که در قالب طرح بلوك کامل تصادفی با چهار تکرار اجرا گردید. خاک محل اجرای طرح دارای بافت لوم شنی بود، و سایر خصوصیات آن در اعماق مختلف متفاوت بود (جدول ۱). شوری (EC) آب آبیاری ۱/۰۴۸ دسی زیمنس بر متر و اسیدیته (pH) آن ۸ بود (جدول ۲).

جدول ۱- مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک باع مورد مطالعه

عمق خاک (cm)	بافت خاک	جرم مخصوص (gr/cm <sup>3</sup> )	ظرفیت زراعی (٪ وزنی)	نقطه پیمردگی (٪ وزنی)	هدایت الکتریکی (dS/m)	pH	کربن آلی (%)
۰-۳۰	لوم شنی	۱/۵۲	۲۰/۳	۹/۸	۰/۹	۷/۸	۰/۴۵
۳۰-۶۰	لوم شنی	۱/۵۲	۲۰/۵	۹/۸۵	۰/۸	۸/۲	۰/۱۷۵
۶۰-۹۰	لوم شنی	۱/۵۲	۲۰/۶	۱۰/۱	۰/۹۷	۸/۵	۰/۰۸۷
۹۰-۱۲۰	لوم شنی	۱/۵۲	۲۰/۵	۱۰	۱/۱	۸/۶	۰/۰۷۳

جدول ۲- کیفیت آب آبیاری مورد استفاده در باع (meq/lit)

Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	So <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Cl <sup>-</sup>	Hco <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Co <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	Ec(dS/m)	pH
۸/۵	۰	۲/۲	۰/۸	۲/۵	۴/۸	۴	۰	۱/۰۴۸	۸

کرت های آزمایشی با توجه به تیمارهای آبیاری (۶۰، ۸۰، ۱۰۰ و ۱۲۰ درصد تبخیر از طشتک تبخیر)، ضریب طشتک (۰/۶۵) و با توجه به دور آبیاری (در ۶ ماه اول سال ۱۲ روز و ۶ ماه دوم سال ۲۴ روز) آبیاری شدند. لازم به ذکر است با توجه به دستورالعمل نشریه شماره ۲۴ سازمان خواروبار کشاورزی ملل متحد که ضریب گیاهی (K<sub>c</sub>) خرما را بین ۰/۸ تا ۱ تعیین کرده است، ضریب گیاهی برای تمام تیمارها ۱ در نظر گرفته شد. مقدار آب مربوط به هر تیمار توسط فلومی که در ابتدای نهر آبیاری کار گذاشته شده بود اندازه گیری گردید و هر کرت بطور مجزا آبیاری شد.

پس از برداشت محصول عملکرد هر درخت اندازه گیری شده و میانگین عملکرد سه درخت هر کرت، به عنوان عملکرد آن کرت در نظر گرفته شد. از هر درخت دو کیلوگرم خرما به عنوان نمونه جهت اندازه گیری سایر پارامترهای مورد مطالعه به آزمایشگاه منتقل شد. در آزمایشگاه طول، عرض و حجم ۲۵ دانه، وزن ۲۵ دانه با هسته، وزن ۲۵ هسته، درصد قند، اسیدیتی، رطوبت و بریکس اندازه گیری شدند. همچنین با استفاده از اطلاعات حاصله از فاکتورهای عملکرد، میزان تبخیر از طشتک، ضریب طشتک و ضریب تیمار، حجم آب مصرفی و کارآیی مصرف آب برای هر تیمار محاسبه شدند.

## نتایج و بحث

نتایج نشان داد که تیمار آبیاری تنها بر روی عملکرد در سطح احتمال خطای ۱٪ تأثیر معنی دار داشته است و اثر آن بر روی سایر صفات معنی دار نبوده است. بیشترین عملکرد مربوط به تیمار ۸۰ درصد تبخیر از

طشتک تبخیر کلاس A و برابر  $15/4$  تن در هکتار، می‌باشد. این تیمار با تیمارهای ۱۰۰ و ۱۲۰ درصد تبخیر از طشتک تفاوت معنی‌داری نداشت و هر سه در کلاس A واقع شده‌اند. تیمار اول نیز دارای کمترین عملکرد ( $10/4$  تن در هکتار) بوده و در کلاس B واقع شده است (جدول ۳).

اگر چه اثرات متقابل تیمار در سال در مورد هیچ‌کدام از صفات از جمله عملکرد، معنی‌دار نبود اما مقایسه میانگین این اثرات نشان می‌دهد که بیشترین عملکرد مربوط به تیمار دوم در سال چهارم ( $17/9$  تن در هکتار) بوده است.

در طرح فوق با توجه به تبخیر کم در فصول پائیز و زمستان، مقدار حجم آب کاربردی محاسبه شده برای تیمار ۶۰ درصد تبخیر از طشتک کلاس A در این فصول کم بوده و بنابراین آب به‌طور مناسب و یکنواخت در کرتاهای مربوط به این تیمار توزیع نمی‌شد. عملکردهای تیمار فوق در سه سال اول اجرای طرح، تفاوت معنی‌داری با سه تیمار دیگر نداشت، روحانی در کتاب خرما (۱۳۶۷) اظهار می‌دارد درخت خرما این توانایی را دارد که خود را به نوسانهای میزان رطوبت خاک عادت دهد. در سال چهارم تفاوت عملکرد تیمار ۶۰ درصد با سه تیمار دیگر معنی‌دار شد و توزیع نامناسب آب در کرتاهای مربوط به این تیمار، عملکرد درختان را بطور محسوسی کاهش داد (۴). درونبوس و پروئیت (۱۹۷۷) اظهار داشته‌اند درخت خرما برای ادامه رشد و عملکرد بالا، به یک آبرسانی منظم در طول سال احتیاج دارد و درخت خرما را درختی آبدوست می‌دانند که مؤید نتیجه این پژوهش می‌باشد.

با توجه به بحث فوق و نتایج ارایه شده در جدول ۴ عملکرد تیمار ۸۰ درصد بیشتر از تیمارهای ۱۰۰ و ۱۲۰ درصد می‌باشد ولی اختلاف بین آنها معنی‌دار نیست. میانگین چهار ساله کارآیی مصرف آب تیمار ۸۰ درصد،  $91/0$  و از بقیه بیشتر می‌باشد پس بر سایر تیمارها برتری دارد. مقدار آب کاربردی در این تیمار  $16900$  متر مکعب در هکتار و آب مورد نیاز درخت خرما بر اساس  $80$  درصد تبخیر از طشتک کلاس A،  $10985$  متر مکعب در هکتار می‌باشد (جدول ۴). احسانی (۱۳۷۱) آب مورد نیاز خرما را با استفاده از فرمول بلينى كريدل در شرایط آب و هوائي منطقه بم  $12000$  مکعب در هکتار برآورد کرده است (۱).

اختلاف  $10$  درصدی این دو مقدار با توجه به متفاوت بودن روش محاسبه قابل قبول است.

جدول -۲- مقایسه میانگین عملکرد و سایر صفات مورد مطالعه در چهار تیمار متفاوت آبیاری

عملکرد (ton/ha)	درصد رطوبت براساس وزن تر	امیدیته (درصد)	(TSS) بریکس (درصد)	قند (درصد)	وزن ۲۵ هسته (gr)	حجم دانه (cc)	وزن ۲۵ دانه با هسته (gr)	عرض ۲۵ دانه (mm)	طول ۲۵ دانه (mm)	تیمار آبیاری
۱۰/۴ b	۲۳/۸۸ a	۰/۵۵۰۰ b	۵۹/۳۷ a	۵۸/۱۸ a	۲۱/۲۵ a	۲۵۸/۶ a	۲۸/۸/۰ a	۵۶۹/۵ a	۸۷۵/۳ a	۱
۱۵/۴ a	۲۵/۹۹ a	۰/۶۱۰۴ a	۵۹/۱۵ a	۵۷/۴۵ a	۲۰/۴۷ a	۲۷۷/۶ a	۲۹۱/۱ a	۵۶۶/۱ a	۸۸۲/۵ a	۲
۱۴/۴ a	۲۵/۵۹ a	۰/۵۶۲۵ ab	۵۸/۸۷ a	۵۷/۵۹ a	۲۰/۸۸ a	۲۸۱/۰ a	۲۹۰/۸ a	۵۷۳/۷ a	۸۸۹/۳ a	۳
۱۴/۱ a	۲۶/۱۷ a	۰/۴۶۰۵ ab	۵۸/۴۳ a	۵۶/۹ a	۲۰/۹۷ a	۲۷۵/۹ a	۲۹۳/۷ a	۵۷۱/۳ a	۸۸۹/۳ a	۴

حروف مشابه بعد از میانگینها در هر ستون نشان دهنده عدم تفاوت معنی دار در آزمون دانکن می باشد

#### جدول ۴- عملکرد، آب مصرفی و کارآیی مصرف آب تیمارهای مختلف آبیاری

تیمار سطح آبیاری	عملکرد (تن در هکتار)	آب مصرفی (مترمکعب در هکتار)	کارآیی مصرف آب (کیلوگرم بر مترمکعب)
۶۰ درصد تبخیر	۱۰/۴	۱۲۶۷۵	۰/۸۲
۸۰ درصد تبخیر	۱۵/۴	۱۶۹۰۰	۰/۹۱
۱۰۰ درصد تبخیر	۱۴/۴	۲۱۱۲۴	۰/۶۸
۱۲۰ درصد تبخیر	۱۴/۱	۲۵۳۴۹	۰/۵۶

#### توصیه و پیشنهاد

- از اهداف عمدۀ این تحقیق بالا بردن کارآیی مصرف آب بوده است و با توجه به اینکه در باغات خرما در منطقه بم آبیاری بطور سنتی انجام می‌گیرد و تمامی سطح باغ آبیاری می‌شود لذا می‌توان با کم کردن سطح آبیاری در باغات مذکور مقدار قابل توجهی در مصرف آب صرفه‌جویی نمود.
- با توجه به نتایج این بررسی، در صورت کاربرد روش آبیاری سطحی در باغهای خرما، تیمار آبیاری ۸۰ درصد تبخیر از طشتک کلاس A توصیه می‌شود.
- در منطقه بم در خاکهای با بافت متوسط دور آبیاری را می‌توان در تابستان تا ۱۲ روز و در زمستان تا ۴۰ روز افزایش داد.

#### منابع

- ۱- احسانی، احمد. ۱۳۷۱. تعیین بهترین دور و عمق آبیاری پاجوش مضائقی به روش آبیاری قطره‌ای، مجموعه مقالات سمینار خرما، انتشارات دانشکده کشاورزی شهید باهنر کرمان. صفحات ۲۷-۳۰.
- ۲- آمارنامه کشاورزی. ۱۳۸۳. سازمان جهاد کشاورزی کرمان.
- ۳- بی‌نام. ۱۳۸۰. گزارش خشکسالی استان کرمان. دبیرخانه ستاد حوادث پیش‌بینی نشده.
- ۴- روحانی، ایرج. ۱۳۶۷. خرما. مرکز نشر دانشگاهی تهران. صفحه ۹۳-۹۴.
- ۵- سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی استان کرمان. ۱۳۸۲. سیمای اقتصادی- اجتماعی و فرهنگی منطقه بم. معاونت اقتصادی و برنامه‌ریزی.
- ۶- شرکت آب منطقه‌ای کرمان. ۱۳۷۷. سیمای آب استان کرمان. گزارش دفتر امور مطالعات منابع آب.
- ۷- گزارش پژوهشی خرما. ۱۳۷۵. بخش تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر مرکز تحقیقات کشاورزی جیرفت.

- 8- Albert, D.W., and R.H. Hilgeman. 1935. Date growing in Arizona. Univ. of Arizona, College of Agric. Exp. Sta. Bull. No. 149.
- 9- Balogh, J., and I. Gergely. 1985. Basic aspect of trickling. Kiadja a Vizugyi Dokumentácis Szolgátat Leányvállalat, Budapest, Hungary, 279 pp.
- 10- Doorenbos, J., and W.O. Pruitt. 1977. Crop water requirements. FAO Irrigation and Drainage Paper No. 24, Rome, Italy, 47-48.
- 11- Liebenberg, P. J., and A. Zaid. 2002. Date palm irrigation. A. Zaid., and E. J. Arias-Jimenez. "Date palm cultivation", FAO plant production and protection papers. 156 Rev. 1, 110pp.

## کارگاه فنی آبیاری سطحی مکانیزه

۱۳۸۴ آذر ماه ۱۳

### نگرشی بر سیستم‌های آبیاری در شرکت کشت و صنعت کارون

محمود شمیلی<sup>۱</sup>

چکیده:

در شرایط مزارع کشت و صنعت کارون، روش آبیاری عمدتاً روش نشتی است و تلفات آب در نهرهای مزرعه (کانالهای درجه ۴) مورد چشمگیری بشمار می‌رود. میزان تلفات آب در نهرهای مزرعه، بعلت احداث هر ساله و یا موقع تجدید کشت و آسیب پذیری بدنه خاکی آن و عدم دقت‌های لازم در کار قابل توجه است. لذا یکی از راههای موثر برای جلوگیری از این تلفات، جایگزینی سیستم‌های آبیاری بسته همانند هیدروفلوم می‌باشد.

موفقیت آمیز بودن یک شیوه آبیاری در هر منطقه بستگی مستقیم به وضعیت عوامل زیربنایی آن دارد چه تجزیه و تجلیل این عوامل و نتیجتاً امکان استفاده آن در سطح وسیع حساسیت بیشتری را نسبت به مسائل فیزیکی مطرح می‌سازد. کاربرد سیستم‌های آبیاری تحت فشار اگرچه در جهت صرفه جویی در مصرف آب، افزایش راندمان آبیاری و افزایش تولید طراحی شده‌اند ولی نصب و نگهداری آنها بطور کلی نیاز به آموزش کادر مجبوب شرکتی دارد که در قیاس با سیستم آبیاری موجود هزینه کمتری را می‌طلبد. با توجه به تشریح معایب و مزایای هر یک از سیستم‌های آبیاری از یک سو و دقت نظر در هزینه‌های جاری تولید نیشکر در شرکت کشت و صنعت کارون از سوی دیگر می‌توان به جرأت عنوان نمود که کاربرد سیستم هیدروفلوم اگرچه تفاوت چندانی از نظر کارایی آبیاری با آبیاری گیت-سیفون ندارد ولی در مقابل مشکلات عدیده سیستم‌های آبیاری قطره‌ای زیرزمینی و بارانی، صرفه اقتصادی و راندمان بهتری را عاید خواهد نمود. علی‌ایحال کاربرد سیستم‌های آبیاری قطره‌ای و بارانی در کشت و صنعت کارون نیاز به مطالعات بیشتر و دقیق‌تر داشته تا بتوان در آینده برنامه‌ریزی بهتری در مورد استفاده از آنها داشت.

۱- کارشناس ارشد کشاورزی، مرکز مطالعات کاربردی، کشت و صنعت میرزا کوچک خان

## مقدمه

در کشورهای در حال توسعه افزایش هزینه‌های آب، کارگر و انرژی از یکطرف و پایین بودن تولید در واحد سطح از طرف دیگر شرایطی را ایجاد نموده که یا می‌باشد راهی برای کم کردن هزینه‌ها و افزایش تولید یافت و یا کشت و کار محصولات پر توقعی مانند نیشکر را رها نمود. بررسی‌های کارشناسی نشان می‌دهد که هزینه‌های آب، کارگر و انرژی مستقیماً ناشی از آبیاری است. برای رهایی از این معضل سیستم‌های آبیاری تحت فشار مورد استفاده قرار گرفته که در افزایش راندمان تا مرز ۹۰-۷۰٪ موثر واقع گردیده‌اند.

آمار و ارقام شرکت کشت و صنعت کارون حاکی است که سالانه بالغ بر یک میلیارد متر مکعب آب در مزارع نیشکر مصرف می‌شود. گزارشات نشان می‌دهد که سالانه برای هر هکتار حدود ۳۸ هزار متر مکعب آب به مصرف نیشکر در خوزستان می‌رسد. محاسبات فنی نشان می‌دهد که نیاز آبی نیشکر در خوزستان بصورت خالص ۲۳ هزار متر مکعب در دوره رشد می‌باشد و در نتیجه در چنین شرایطی راندمان آبیاری ۶٪ می‌باشد. از طرفی گزارشات مربوط به تبخیر از طشتک حاکی از تبخیر سالیانه کمتر از ۲۸۰۰ میلیمتر در منطقه دیمچه بوده و در نتیجه تلفات آب در سال برای هر هکتار معادل با ۲۸۵۲۲ متر مکعب خواهد بود که بصورت نفوذ عمیق و جریان‌های سطحی از دسترس گیاه خارج می‌گردد. لذا در یک سال زراعی با حداقل ۲۰ هزار هکتار سطح زیر کشت نیشکر حدود ۵۷۰ میلیون متر مکعب آب (معادل با سه برابر ظرفیت سد کرج) به هدر رفته که مشکلات عدیده زیر بنایی را بدنبال دارد.

با توجه به قیمت ۲۰ ریالی آب بهاء سال ۱۳۸۱-۸۲ به ازاء هر متر مکعب آب ملاحظه می‌شود که برای حدود ۵۷۰ میلیون متر مکعب مصرف سالیانه هزینه‌ای سرسام آور پرداخت می‌شود. اگر رقم واقعی آب بهاء که در مملکت ما برای زارعی که از چاه پمپاژ می‌کند بیش از ۵۰ ریال و در کشورهای در حال توسعه ۱۰۰-۲۰۰ ریال در نظر گرفته شود ملاحظه خواهد شد که شرکت کشت و صنعت کارون به تنها سالیانه بالغ بر ۲۸ میلیارد ریال آب برای زراعت نیشکر مصرف می‌نماید.

براساس مطالعات صورت گرفته با بکارگیری سیستم‌های آبیاری تحت فشار راندمان توزیع و آبیاری جماعت ۹۰٪ و تلفات ناشی از انتقال حدود ۱۰٪ خواهد بود. لذا مصرف آب در هر هکتار معادل با ۲۲۰۰ متر

مکعب و هزینه‌ای در حدود  $\frac{1}{2}$  آبیاری گیت-سیفون (سیستم نهری) صرف خواهد شد.

## سیستم هیدروفلوم

### الف - تاریخچه کاربرد سیستم در کشت و صنعت کارون:

در سال ۱۳۵۸ با همکاری وزارت کشاورزی و عمران روستایی وقت اولین مطالعات کاربرد سیستم هیدروفلوم در مزارع ۵۱۴ و ۱۰۲ به اجرا گذاشته شد. در این بررسی‌ها مقدار ۱۰۰۰ متر لوله پلی‌اتیلن ۱۵

اینج به همراه متعلقات آنها خریداری و نصب گردید. گزارشات اولیه حاکی از موفقیت‌آمیز بودن مطالعه داشت ولی متأسفانه در سال زراعی بعد به دلایل نامعلومی مطالعه متوقف گردید و لوله‌های مربوطه انبار گردید. بدنبال آن اداره تحقیقات کشاورزی کشت و صنعت کارون در سال ۱۳۶۳ طرحی آزمایشی برای کاربرد سیستم هیدروفلوم با استفاده از لوله‌های مطالعه قبلی به اجرا گذاشت. در این طرح سعی بر این بود تا از تجربیات کشور استرالیا در طراحی، نصب و کاربرد سیستم استفاده گردد که با توجه به سودمندی و اشکالات این سیستم مزرعه ۱۵۱ جهت انجام طرح و نصب سیستم انتخاب گردید. بعد از آن این سیستم در سال ۱۳۶۵ در مزرعه ۶۴۲ به اجرا گذاشته شد که نتایج قابل قبول نیز از آن عاید گردید (جدول ۱). بطور کلی اطلاعات حاصل از کاربرد سیستم هیدروفلوم در مزارع نیشکر کشت و صنعت کارون طی سالهای متمادی عبارتند از :

- ۱- میزان آب مصرفی در هر دور آبیاری بطور متوسط ۸۵۰-۹۵۰ متر مکعب در هر هکتار می‌باشد.
- ۲- متوسط دبی خروجی هر دریچه  $1/6$  لیتر در ثانیه در  $100$  دریچه اول،  $1/7-2$  لیتر در ثانیه در  $60$  دریچه بعدی و در حدود  $1/2$  لیتر در ثانیه در  $100$  دریچه آخر می‌باشد که از مجموع  $160$  دریچه در طول مسیر لوله اندازه‌گیری شده است (در حالتی که فقط یک لوله در کل مسیر استفاده شود).
- ۳- مدت زمان آبیاری در هر هکتار متغیر و بین  $2-2.5$  ساعت می‌باشد که بستگی به جریان آب ورودی و سایر ویژگی‌های مزرعه دارد. بنابراین در هر شیفت  $8$  ساعته آبیاری بطور متوسط حدود  $3.5-4$  هکتار از هر لوله آبیاری خواهد شد.

جدول ۱- نتایج کاربرد سیستم هیدروفلوم در کشت و صنعت کارون

مقایسه	مزرعه	میزان رشد (cm)	متوسط وزن یک ساقه(kg)	درصد ساکارز	درصد خاشاک	تن نیشکر در هکتار
آزمایشی	۶۴۲-۳	۲۱۰	۰,۹۳۰	۱۱,۶	۳,۸۲	۶۶,۴۴
شاهد	۶۴۲-۱	۲۲۰,۲	۰,۸۷۰	۹,۹	۳,۹۵	۵۰,۳۳

#### ب- کارایی سیستم هیدروفلوم:

عملکرد و کارایی سیستم هیدروفلوم در مقایسه با آبیاری گیت-سیفون در جدول ۲ خلاصه شده است.

## جدول ۲- مقایسه کارایی سیستم آبیاری گیت-سیفون در مقابل هیدروفلوم

سیستم هیدروفلوم	سیستم گیت-سیفون
به نهر و درین آبیاری نیاز نیست و می‌توان به جای آنها نیشکر کشت نمود	ایجاد نهر آبیاری و درین به عرض جمماً ۶ متر و به طول سرتاسر مزرعه
نفوذ آب در فلوم و تبخیر سطحی وجود ندارد	نفوذ آب در نهر آبیاری و تبخیر سطحی از آن
هزینه خاکریزی و تعمیرات وجود ندارد و عدم وجود فرسايش	فرسايش در نهر آبیاری و صرف هزینه تعمیرات و خاکریزی مزارع در حد بالا
نیاز کارگری به نسبت ۱ برابر ( ۱ نفر ۱ نهر آبیاری)	نیاز کارگری به نسبت ۲ برابر ( ۲ نفر ۱ نهر آبیاری)
گیتها و سایر قطعات سیستم سبک و نیازی به تعویض قطعات وجود ندارد	حمل و نقل گیتها سنگین خطرناک بوده و مقدار زیادی چادر پلاستیکی مصرف می‌شود
پاره شدن فلوم و از کار افتادن دریچه وجود ندارد لذا راندمان آبیاری کاهش نمی‌باید	شکستن نهر آبیاری و از کار افتادن سیفون زحمت زیادی همراه دارد
سرپرسنی به میزان ۱ برابر	سرپرسنی به میزان ۲ برابر
صرف آب به میزان یک برابر مورد نیاز	صرف آب به میزان دو برابر مورد نیاز
آبیاری شبانه راحت و تفاوتی با راندمان روزانه ندارد	آبیاری شبانه بسیار مشکل و با راندمان کمتر از روز
عدم وجود هرز آب و عدم نیاز به لایروبی مداوم	هرز آب خیلی زیاد و در نتیجه پر شدن تدریجی زهکش‌ها و نیاز لایروبی بالا
عدم نیاز به جابجایی درام کود و سم مشکل بوده و راندمان کاربرد آنها را کاهش می‌دهد	جابجایی درام کود و سم مشکل بوده و راندمان کاربرد آنها را کاهش می‌دهد
آبیاری بعد از کشت بسیار مشکل و نیاز به کارگر و زحمت زیادی دارد	آبیاری بعد از کشت بسیار مشکل و نیاز به کارگر و زحمت زیادی دارد

### ج- هزینه‌های سیستم هیدروفلوم:

در یک دوره سه ساله کاربرد و نگهداری سیستم (بر اساس عمر مفید) هزینه‌های تفکیکی به شرح ذیل خلاصه می‌گردد که بطور مفروض برای سطحی معادل با ۲۰ هکتار (به ابعاد ۱۰۰۰ متر طول نهر آبیاری در ۲۰۰ متر طول فارو) با دور آبیاری حداقل ۶ روزه در نظر گرفته شده است.

- ۱- لوله پلاستیکی هیدروفلوم پلی اتیلن با قطر "۱۵" ۷۶۹۵۰۰۰ ریال
  - ۲- لیوانک دهانه خروجی ۱۶۰۶۵۰۰ ریال
  - ۳- گیت و ترمزنگنده‌ها ۲۸۰۰۰ ریال
  - ۴- تبدیل لوله
  - ۵- کلمس (تعداد در حالت استاندارد)
- ۱۰۰۰ متر  $\times$  ۷۶۹۵ = قیمت هر متر لوله = ۷۶۹۵۰۰۰ ریال
- ۷۰۰ عدد  $\times$  ۲۲۹۵ = قیمت هر لیوانک = ۱۶۰۶۵۰۰ ریال
- ۴ عدد  $\times$  ۷۰۰۰ = قیمت هر گیت = ۲۸۰۰۰ ریال
- ۱۰ عدد  $\times$  ۲۳۰۰۰ = قیمت هر عدد = ۲۳۰۰۰ ریال
- ۱۰ عدد  $\times$  ۱۵۰۰۰ = قیمت هر عدد = ۱۵۰۰۰ ریال

= ۳ سال  $\times$  ۲۱۰ نفر روز  $\times$  ۲۸۹۰۵ حداقل دستمزد روزانه =  
۱۸۲۱۰۱۵۰ ریال

۶- دستمزد هر کارگر آبیار با توجه به اینکه هر دو قطعه  
را یک کارگر در مدت ۷ ماه و در شیفت‌های ۱۲ ساعته  
آبیاری نماید

۳ سال  $\times$  ۱۰ نفر روز  $\times$  ۲۸۹۰۵ = ۲۸۹۷۱۵۰ ریال  
 $(18210150 + 867150) \times 20\% = 2815460$  ریال  
۶۰۰۰ ریال

۷- دستمزد کارگر نصب سیستم

۸- دستمزد و هزینه سرپرسی با ضریب ۲۰٪ هزینه  
کارگری

۹- بستر سازی محل استقرار لوله  
۱۰- آب مصرفی (معادل با ۲ لیتر در ثانیه برای هر  
هکتار)  
۱۱- هزینه حمل و نقل و نصب و تعمیرات (معادل با  
٪۵۰ هزینه بند ۸)

۷۶۵۶۰۳۶۰ ریال  
۲۵۵۲۰۱۲۰ ریال  
۱۲۷۶۰۰۶ ریال  
جمع کل هزینه در یک دوره سه ساله  
متوسط هزینه در یک سال  
متوسط هزینه آبیاری یک هکتار در یک سال

برای مقایسه هزینه‌های سیستم هیدروفلوم با روش گیت-سیفون محاسبات مربوط به سیستم گیت-  
سیفون نیز در یک سال زراعی برای مساحتی معادل با ۲۰ هکتار در ذیل خلاصه شده است.

۲۰ عدد  $\times$  ۲۸۰۰ قیمت هر سیفون = ۵۶۰۰۰ ریال  
۲ عدد  $\times$  ۴۵۰۰۰ قیمت هر گیت = ۹۰۰۰۰ ریال  
۱ کیلوگرم  $\times$  ۴۵۰۰ قیمت یک کیلوگرم پلاستیک = ۴۵۰۰۰ ریال  
۳ شیفت  $\times$  ۲۱۰ روز  $\times$  ۲۸۹۰۵ دستمزد روزانه = ۱۸۲۱۰۱۵۰ ریال  
۲۰۰ نفر روز  $\times$  ۲۸۹۰۵ دستمزد روزانه = ۵۷۸۱۰۰۰ ریال  
 $(18210150 + 5781000) \times 20\% = 4798230$  ریال  
۲۰ ساعت  $\times$  ۶ هزینه یک ساعت کار = ۱۲۰۰۰۰ ریال  
۱۰۸۸۶۴۰ متر مکعب  $\times$  ۲۰ آب بهاء = ۱۲۸۱ ریال  
۲۰ هکتار  $\times$  ۲۰ متر مکعب  $\times$  ۳۰۰۰ بهاء هر متر مکعب = ۱۲۰۰۰۰ ریال  
با ۲۰ متر مکعب

سیفون (ضایعات)  
گیت مشبک فلزی (ضایعات)  
چادر پلاستیکی برای ۲۰ راند آبیاری (مصرفی)  
دستمزد کارگر آبیار به مدت ۷ ماه در  
شیفت‌های ۸ ساعته  
مخراج تعمیرات بوسیله کارگر  
مخراج سرپرسی با ضریب ۲۰٪ مخارج کارگری  
مخراج نهرکشی و تعمیرات زمان داشت بوسیله  
ماشین آلات

صرف آب آب معادل با ۳ لیتر در ثانیه در روز برای  
یک هکتار در مدت ۷ ماه  
خاکریزی مزارع بطور متوسط در هر هکتار معادل  
با ۲۰ متر مکعب

جمع کل هزینه آبیاری ۲۰ هکتار در یک دوره یکساله  
متوسط هزینه آبیاری یک هکتار در یک سال

محاسبات فوق که بر اساس نرخهای مصوب سال ۱۳۸۱-۸۲ انجام شده نشان می‌دهد که مخارج آبیاری با  
سیستم گیت-سیفون حدوداً ۲ برابر مخارج سیستم هیدروفلوم می‌باشد. بدون در نظر گرفتن سهولت کار و

مشکلات کمتر کارگران آبیار و سرپرستان و یا از دست رفتن مقدار کمتری کود ازته محلول در آب آبیاری و سایر مزایای جانبی دیگر، می‌توان مشکل قسمتهایی را که با کمبود آب مواجه هستند براحتی با چنین روشی مرتفع نمود.

### برآورد نیازمندیهای یک هکتار آبیاری گیت-سیفون در مقایسه هیدروفلوم

#### آبیاری گیت و سیفون :

تعداد کارگر	۰/۱۲ نفر
تعداد میرآب	۰/۰۱۲ نفر
چادر پلاستیکی با ابعاد ۴/۵*۴/۵ متر	۴-۵ چادر
سیفون دو اینچ	۲-۳ عدد
گیت مشبک فلزی	۱/۵ گیت
راندمان کارگر	۱/۵-۱/۲ هکتار
آب مصرفی در یک راند	۱۶۰۰-۱۲۰۰ مترمکعب

#### آبیاری به روش هیدروفلوم :

لوله لاستیکی هیدروفلوم پلی اتیلن	۵۰ متر
لیوانک جهت دهانه خروجی آب	۳۵ عدد
گیت و ترمزنده	۰/۲ گیت
تبديل و کلمس	۰/۵ عدد
راندمان کارگر	۱/۵-۱/۵ هکتار
آب مصرفی در یک راند	۸۵۰-۷۰۰ مترمکعب
تعداد کارگر	۰/۰۳ نفر
تعداد میرآب	۰/۰۰۴ نفر

محاسبات فوق براساس سطح زیر کشت معادل با ۲۰ هزار هکتار در نظر گرفته شده است.  
باید خاطرنشان شد که سیستم آبیاری به روش هیدروفلوم با توجه به سودمندی‌های فراوان آن اشکالاتی نیز به همراه دارد که برخی از آنها عبارتند از :

- نبود اختلاف ارتفاع آب لازم بین سطح آب حوضچه سیمانی تا مرکز اول لوله(Head) که با صرف هزینه می‌توان اختلاف ارتفاع لازم را بدست آورد و گاهًا نیاز به لبه گذاری T.C می‌باشد.
- وجود قطعاتی که مشترکاً از یک کالورت آب می‌گیرند و نیز مشترکاً یک Q.C دارند که آن نیز با یکی کردن قطعات (افزایش سطح) و یا احداث T.C برای هر قطعه قابل رفع می‌باشد.

۳- آسیب دیدن لوله پلاستیکی باعث می شود که مقدار زیادی آب وارد جاده بین مزارع یا مزرعه شده و رفع مشکل آن مدت زمانی به طول می انجامد.

۴- نشت آب از دریچه های خروجی (لیوانکها) یا از محل اتصال آنها به لوله بشکل مستمر به درون فارو بخصوص در زمان کشت اثر منفی در جوانه زنی و رشد نیشکر خواهد داشت.

### سیستم آبیاری بارانی :

روش آبیاری بارانی در چند دهه اخیر در اغلب کشورهای پیشرفته از نظر کشاورزی بسیار مورد توجه قرار گرفته است. پیشرفته ترین و کاملترین و کم خرج ترین روش آبیاری بارانی PIVOT IRRIGATION SYSTEM نام دارد و در سرتاسر جهان مورد استقبال بسیار قرار گرفته است و موثر ترین روش جهت حل مشکلات آبیاری شناخته شده است. یکی از نمونه های خوب این طریقه آبیاری، ماشین اتوماتیک آبیاری بارانی به نام LOGMATIC PIVOT IRRIGATION SYSTEM می باشد که ساخت کشور اسپانیا می باشد و بسته به نوع خاک می تواند تا ۷۵٪ مصرف آب را در مقایسه با سیستم آبیاری سطحی تقلیل دهد و در عین حال آب را تا حد ۹۵٪ بطور یکنواخت در مزرعه توزیع نماید.

### الف - تاریخچه کاربرد سیستم آبیاری بارانی در کشت و صنعت کارون :

بنا به پیشنهاد مدیریت عامل وقت شرکت در مورد مطالعه آبیاری بارانی بر روی نیشکر، دستگاه آبیاری بارانی نوع سنترپیوت (Center pivot) ساخت کشور اتریش در سال ۱۲۶۴ خریداری و در مزرعه ۴۴۱ زیرنظر اداره تحقیقات کشاورزی نصب و راه اندازی گردید. در همین سال آبیاری بارانی نوع Grid system نیز در مزرعه ۴۳۹ زیرنظر کارشناسان کشور سازنده و نماینده ایرانی آنها نصب و طی سه سال مورد ارزیابی قرار گرفت که نتایج آن در جدول ۲ از نظر می گذرد.

جدول ۲- نتایج کاربرد سیستم آبیاری بارانی در کشت و صنعت کارون

مقایسه	مزرعه	مساحت (هکتار)	میزان افزایش رشد هفتگی در اوج رشد (cm)	درصد خاشاک	درصد ساکارز	تن نیشکر در هکتار
آزمایشی	۴۴۱-۶	-	۱۸,۲	۳,۸۲	۱۱,۶	۶۶,۴۴
آزمایشی	۴۳۹-۵	۳۸	-	۵,۳۶	۱۲	۵۴,۶
شاهد	۴۴۰-۱	۱۱,۶	۱۴	۳,۹۵	۱۱,۵	۶۸,۵

نتایج حاصل از کاربرد سیستم آبیاری بارانی در اوج رشد (تیر ماه) نشان داد که تغییرات رطوبت غلاف (درحد استاندارد منطقه)، ازت ۲/۳-۲/۶ (درحد استاندارد منطقه) و متوسط آب مصرفی معادل با ۸۲-۸۳

۱۲۳ مترمکعب در هکتار بوده است. مشکلات عدیدهای در حین کاربرد سیستم باعث گردید که این سیستم نتواند برای چند سال پیاپی مورد مطالعه قرار گیرد که در ذیل به برخی از آنها اشاره می‌شود:

۱- بریدن پیچهای قطعات مختلف دستگاه در هر نوبت آبیاری بدلیل مشکلات فنی.

۲- لیک کردن بین قسمت‌های مختلف تاور.

۳- گیر کردن چرخها بطور مداوم در گل و لای مزرعه که سنگین و چسبنده بودن خاک مزرعه مزید برآن بود.

۴- خرابی گیربکس چرخها بدلیل فشار زیاد در حین گردش دستگاه.

۵- پیچیدگی تاور که در تمام طول مدت آبیاری وجود داشت.

۶- دیر دور زدن تاور با سرعت ۱۰٪ (طی نمودن فاصله‌ای برابر ۲۰ درجه در زمان ۹ ساعت).

۷- نرسیدن به راندمان ۲۲ میلیمتر ریزش آب در زمان ۱۲ ساعت.

در ضمن مشکلات عدیده فنی دیگری نیز وجود داشته که در طی مدت آبیاری با کمک نماینده شرکت سازنده مرتفع گردیده است. در شرایط آب و هوایی خوزستان بالا بودن میزان تابش خورشید (در حدود ۷۵۰-۷۹۰ گرم کالری بر سانتیمتر مربع) باعث می‌شود که قطرات آب قرار گرفته در سطح برگها همانند یک عدسی محدب باعث سوختگی نقطه‌ای برگها شود. این وضعیت در زمان کاربرد محلول کود اثر مخرب‌تری پیدا می‌کند. لذا به نظر می‌رسد کاربرد این سیستم اولاً نیاز به دقت کافی در طراحی و نصب دارد، ثانیاً شرایط آب و هوایی منطقه در کاربری دستگاه دخالت داده شود و طراحان دستگاه شرایط ویژه و استثنایی منطقه را در نظر داشته باشند، ثالثاً زمان کاربرد دستگاه با توجه به میزان تابش خورشید و اثر سوزانندگی آن تغییر یابد. از سویی بالا بودن املال محلول در آبهای جاری منطقه یکی از عمدۀ مشکلات این گونه سیستم‌ها در طی استفاده متواتی می‌باشد که باعث انسداد خروجی‌های آب و فرسودگی سریع قطعات آن می‌شود. مهمترین مشخصات دستگاه مورد استفاده عبارتند از :

۱- میزان پاشش آب در ۲۴ ساعت حدود ۱۵/۹ میلیمتر.

۲- مجموع آب خارج شده از دستگاه در یک ساعت ۳۱۲ مترمکعب.

۳- حداقل زمان یک دور آبیاری حدود ۱۹ ساعت.

۴- حداقل پاشش آب دستگاه در یک دور آبیاری حدود ۱۲/۵ میلیمتر.

۵- سطح در نظر گرفته شده جهت آبیاری با توجه به مشخصات بالا ۴۷/۱ هکتار.

#### ب - کارایی سیستم آبیاری بارانی :

مهمندین مشخصه‌های سودمند سیستم آبیاری بارانی طی مطالعات چند ساله در ایران در ذیل با عنوان کارایی این سیستم آورده شده است :

۱- صرفه‌جویی در مصرف آب حداقل تا ۷۵ درصد نسبت به آبیاری سطحی.

۲- توزیع یکنواخت آب در سطح مزرعه تا میزان ۹۵ درصد.

- ۳- امکان تغییر و تنظیم میزان آب ورودی و خروجی بسته به شرایط موردنظر.
- ۴- افزایش تولید تا میزان ۲/۵ برابر (در بسیاری از محصولات).
- ۵- عدم نیاز به تسطیح زمین حتی تا شیب ۳۰ درجه.
- ۶- کاربرد و توزیع یکنواخت و مناسب کود و سموم مختلف.
- ۷- صرفه‌جویی در نیروی انسانی و پائین بودن هزینه نگهداری و استهلاک.
- ۸- امکان تغییر ابعاد دستگاه و انتقال آن به سایر مزارع.

گیاه نیشکر با رشد روزانه‌ای معادل با ۲/۵-۳ سانتیمتر در فصل گرم سال و ارتفاع ساقه‌ای معادل با ۲/۵-۳ متر نیاز به صرف انرژی فراوان جهت انتقال آب از ریشه به مهمترین و فعال‌ترین قسمت رشد گیاه (ارتفاع حداقل ۲ متری) دارد لذا مقدار زیادی از انرژی گیاه صرف پمپاژ آب و مواد غذایی از ریشه (که در نیشکر معمولاً کم فعالیت‌ترین قسمت است) به قسمت‌های در حال رشد می‌شود. از طرفی گیاه نیشکر قادر می‌باشد که از طریق مجاری خاص موجود در سطح برگ آب و مواد غذایی (بالاخص کود ازته محلول) پاشیده شده برروی سطح برگ را با صرف کمترین انرژی و با راندمان بالا جذب نماید که خود در افزایش تولید در واحد سطح بسیار مؤثر است. این چنین نتایج مناسبی جز با کاربرد سیستم آبیاری بارانی با هیچکدام از روش‌های آبیاری بدست نخواهد آمد. هدف از نقل این مقوله کارایی بالای سیستم‌های آبیاری بارانی در زراعت نیشکر است که در استرالیا وهاوائی به اثبات رسیده است. بنابراین در صورتی که بطور صحیح و برنامه‌ریزی شده بتوان از سیستم استفاده نمود علاوه بر انتظار در تولید بیشتر در واحد سطح، راندمان مصرف آب نیز به شدت افزایش پیدا می‌کند.

باید خاطرنشان ساخت که تنها هزینه خرید یک دستگاه آبیاری بارانی مشابه با دستگاه استفاده شده در مزرعه ۴۴۱ (با احتساب نرخ تورم در سال ۱۳۸۲) بالغ بر ۳۰۰۰۰۰۰ ریال می‌باشد که با اضافه نمودن هزینه نصب و نیز هزینه بسیار سنگین نگهداری و تعمیرات آن نیاز به یک سرمایه‌گذاری عظیم می‌باشد که با توجه به هزینه‌های تولید نیشکر در کشت و صنعت کارون اقتصادی به نظر نمی‌رسد.

### سیستم آبیاری قطره‌ای:

در فن مدرن آبیاری اراضی زیر کشت امروزه استفاده از روش آبیاری قطره‌ای بعنوان یک روش برتر با بازده بیشتر مورد توجه قرار گرفته است. این موضوع بخصوص در مناطق نیمه خشک دشت خوزستان که کمبود آب مسئله حادیست حائز اهمیت و در خور توجه است چه با استفاده از این روش می‌توان مقدار بیشتری از زمین‌های خشک را به زیر کشت برد.

با در نظر گرفتن مزایای بکارگیری سیستم آبیاری قطره‌ای زیرزمینی (Sub-surface drip irrigation) که در آن گیاه بدون افت رطوبتی خاک قادر به جذب آب و مواد غذایی بطور مستمر خواهد بود، عمل رشد و فتوسنترز بی‌وقفه ادامه خواهد داشت. از سوی دیگر توزیع یکنواخت کود شیمیایی در محدوده منطقه ریشه

نبات از طریق سیستم آبیاری قطره‌ای و نیز تقلیل فاحش در رشد و نمو علفهای هرز باعث خواهد شد که در مزارع نیشکر خوزستان مزایای ذیل عاید گردد.

- ۱- صرفه جویی کارگر آبیار تا مرز ۹۰٪.
- ۲- صرفه جویی در مصرف آب سالانه تا مرز ۲۵۰۰۰ مترمکعب در هکتار.
- ۳- آماده کردن زمین جهت کشت جدید نیشکر بدلیل عدم نیاز به نشتی‌ها، انهر آبیاری و زهکشی و عملیات مورد نیاز در اولین آبیاری تا مرز ۷۰٪ صرفه جویی.
- ۴- حذف عملیات تخریب و ترمیم انهر آبیاری قبل و بعد از برداشت نیشکر و خاک مورد نیاز جهت ترمیم انهر.
- ۵- صرفه جویی در مصرف کود شیمیایی تا ۳۰٪ ( معادل با دو کیسه ۵۰ کیلوگرمی کود اوره در هکتار).
- ۶- صرفه جویی در مصرف سموم علفکش تا ۵٪ ( معادل با ۱۲ لیتر سموم علفکش مختلف در هکتار).
- ۷- صرفه جویی در کارگر و دستگاههای سمپاشی تا میزان ۸۰٪.
- ۸- افزایش تولید حداقل ۳۰٪ نیشکر در هکتار و ۱۲٪ افزایش تولید شکر در هکتار.
- ۹- صرفه جویی در لایروبی انهر و زهکش‌ها.

این سیستم می‌تواند در اراضی تپه ماهور بدون عملیات تسطیح و ایجاد شبکه آبیاری و زهکشی که به نوبه خود هزینه سنگینی نیز در بر خواهد داشت به اجرا در آید. لذا رفع بسیاری از معضلات زیربنایی شبکه آبیاری و زهکشی را به همراه خواهد داشت.

**الف- سرمایه‌گذاری و هزینه کاربرد سیستم آبیاری قطره‌ای در کشت و صنعت کارون:**  
برآوردهای مقدماتی انجام شده در سال ۱۳۷۴ نشان می‌دهد که با توجه به صرفه‌جویی در هزینه‌های جاری تولید نیشکر در کشت و صنعت کارون و افزایش تولید محصول و درآمد سالیانه، سرمایه‌گذاری در این سیستم در مدتی حدود ۲/۵ سال قابل برگشت می‌باشد. محاسبات مربوطه به نرخ بازده سرمایه نیز نشان می‌دهد که نرخ سرمایه‌گذاری آبیاری قطره‌ای رقمی در حدود ۳۸٪ خواهد بود که اگر ارزش اقتصادی آب مصرفی از یک سو و افزایش تولید شکر در واحد سطح بر مبنای قیمت بین‌المللی شکر منظور گردد نرخ بازده اقتصادی رقمی به مراتب بالاتر از محاسبات فوق خواهد بود. جدول ۴ مقایسه هزینه‌های جاری سالیانه کشت و صنعت کارون در آبیاری گیت-سیفون در مقابل قطره‌ای زیرزمینی را در یک هکتار نشان می‌دهد.

نتایج مطالعات انجام شده توسط کارشناسان سازمان آب و برق خوزستان و کشت و صنعت کارون اگر با نتایج مطالعات قبلی کاربرد سیستم آبیاری قطره‌ای در برخی از کشورها مقایسه و ادغام شود راندمان

تولید و مصرف آب در مزارع نیشکر کشت و صنعت کارون در مقایسه با دو کشورهای ایالی و استرالیا به شرح جدول ۵ خواهد بود.

جدول ۴- مقایسه هزینه‌های آبیاری گیت-سیفون در مقابل قطره‌ای در یک هکتار

آبیاری قطره‌ای		آبیاری روش گیت-سیفون		شرح برخی هزینه‌های جاری	
هزینه به ریال	مقدار	هزینه به ریال	مقدار		
۴۴۰۰۰	۲۲۰۰۰	۷۶۰۰۰	۳۸۰۰۰	مترمکعب	صرف آب
۱۴۴۵۲۵	۵	۱۳۰۰۷۲۵	۴۵	روز کارگر	کارگر آبیار
۱۲۸۴۰	۳۰۰	۱۷۱۲۰	۴۰۰	کیلوگرم	کود شیمیایی
۲۱۷۵۰۰	۱۴,۵	۳۶۰۰۰	۲۴	لیتر	سوم علفکش
-۲۳۵۰۰	-	-	-	صرfe جوبی کارگر علفکش	
-۶۰۰۰۰	-	-	-	صرfe جوبی آماده کردن زمین	
۴۶۰۰۰	-	-	-	هزینه پمپاژ سیستم قطره‌ای کیلووات ساعت	
۳۱۳۳	-	-	-	تعمیرات و نگهداری سیستم قطره‌ای	
۲۸۰۴۹۸	-	۲۴۳۷۸۴۵	-	جمع	

\* محاسبات جدول فوق طبق ترخهای مصوب سال ۱۳۸۱ و نرخ تورم در این سال محاسبه شده است.

جدول ۵- مقایسه کارایی سیستم آبیاری گیت-سیفون در مقابل قطره‌ای

قطره‌ای		گیت-سیفون			روش آبیاری	
استرالیا	هاوایی	کشت و صنعت کارون	استرالیا	هاوایی	منطقه مورد بررسی	
۵۶۰۰	۲۲۸۵۰	۳۸۰۰۰	۸۰۰۰	۳۱۷۵۰	(m <sup>3</sup> /ha/y)	صرف آب
۱۱۰	۱۲۳,۵	۹۲	۸۰	۱۱۱	(TC/ha/y)	تولید نیشکر
۱۳,۲	۱۷,۲	۸,۵	۹,۶	۱۳,۶	(TS/ha/y)	تولید شکر
۱۲	۱۴	۱۲,۸	۱۲	۱۲,۲۵	(%)	عیار شکر از نیشکر
۳,۶	۳,۶	-	-	-	(t/ha)	افزایش تولید شکر سیستم قطره‌ای نسبت به گیت-سیفون
۴۲۴	۱۳۲۴	۳۲۷۳	۸۳۳	۲۲۳۴	(m <sup>3</sup> /t sugar)	راندمان مصرف آب
۲۳۵	۷۵,۵	۳۰,۵	۱۲۰	۴۲,۸	(kg sugar/cm)	راندمان تولید شکر

TS/ha/y = تن شکر در هکتار در سال

TC/ha/y = تن نیشکر در هکتار در سال

m<sup>3</sup>/t sugar = مترمکعب در هکتار در سال

m<sup>3</sup>/ha/y = مترمکعب در هکتار در سال

t/ha = تن در هکتار

kg sugar/cm = کیلوگرم شکر به ازاء مصرف یک سانتیمتر آب

### ب- کاربرد سیستم آبیاری قطره‌ای و مشکلات آن:

سیستم آبیاری قطره‌ای شامل، آب تحت فشار بوسیله پمپ یا سایر وسائل، لوله‌های فرعی، لوله‌های جانبی جهت هدایت جریان آب، وسائل تزریق کود و سم، کنتورهای آب، فیلترهای مربوطه و دستگاههای تنظیم فشار می‌باشد. کاربرد سیستم آبیاری قطره‌ای زیرزمینی در مزارع نیشکر مشکلاتی را بدنبال خواهد داشت که مهمترین آنها عبارتند از:

- ۱- نیاز به نصب مجدد سیستم (لوله گذاری و شبکه بندی) بعد از هر نوبت برداشت نیشکر بدلیل تردد و عملیات ماشین آلات برداشت و راتونینگ.
- ۲- عیب یابی و رفع مشکل خرابی لوله‌های مدفون شده بعد از بسته شدن سایه انداز گیاه نیشکر بسیار مشکل است.
- ۳- املأح محلول و غیره محلول در آب رودخانه‌های منطقه باعث افزایش هزینه سرویس و نگهداری می‌شود.
- ۴- عدم امکان جمع‌آوری لوله‌های مدفون شده باعث انباشت مقدار زیادی لوله‌های فرسوده و اتصالات آنها در خاک در هر نوبت برداشت می‌گردد که می‌تواند طی سالهای متمادی مشکلات عدیده زراعی ایجاد نماید.
- ۵- امکان تجمع و صعود نمک در سطح خاک بدلیل کاهش شستشوی خاک بالاخص در خاکهای لب شور وجود دارد.
- ۶- انسداد نازلها که نتیجه کامل نبودن عمل تصفیه آب و یا عدم تناسب در طراحی قسمت فیلتر است مسئله مهمی را در این سیستم مطرح می‌سازد. رفع مشکل انسداد در مزرعه نیشکر، مخصوصاً بعد از بسته شدن سایه انداز گیاهی بسیار مشکل و وقت گیر بوده و گندی رشد بوته‌های نیشکر در منطقه انسداد می‌تواند اولین نشانه انسداد نازلها باشد.
- ۷- عدم دقیق نظر در کاربری سیستم آبیاری قطره‌ای در سه ماهه تابستان خوزستان باعث می‌شود که گرمای شدید منطقه تاثیر سویی بر روی رشد نیشکر بگذارد. کاربرد سیستم آبیاری قطره‌ای زیرزمینی در کشت و صنعت نیشکر هفت‌تپه در سال ۱۳۷۹-۸۰ موید چنین موضوعی است.
- ۸- مواد معدنی محلول در آب آبیاری پس از تبخیر آب بر روی خاک اطراف ریشه دیده می‌شود. چنانچه این نمکها بوسیله آب باقیمانده اضافه از محیط ریشه دور نشود توسط خاصیت شعریه در پیرامون مرز خشک و تر خاک جمع و با نزول باران به داخل ریشه نفوذ کرده ایجاد زحمت می‌نماید. لذا بالا بودن میزان تبخیر در تابستان خوزستان، مدیریت لازم در جهت حفظ رطوبت خاک را در اوج آبیاری نیشکر دو چندان می‌کند.

### ج- انتخاب سیستم مناسب آبیاری قطره‌ای جهت استفاده در کشت و صنعت کارون:

در انتخاب سیستم مناسب جهت اجرای طرح آبیاری قطره‌ای در این خطه لازم است وسائل در حال توسعه موجود و شرایط اختصاصی منطقه را در نظر گرفت. آنچه در این منطقه بعنوان شرایط اختصاصی قابل

ذکر است عبارتند از درجه حرارت شدید، وجود مواد معلق در آب، استفاده از کارگر بی‌تجربه، اختلاف درجه حرارت، املاح محلول مثل کلسیم و منیزیم، بعد مسافت بین فروشنده وسائل و محل نصب و همچنین مسئله تعمیر آنها.

گرمای تابستان در کشت و صنعت کارون شاید بیشتر از بیشتر نقاطی باشد که تاکنون آبیاری قطره‌ای در آن دایر شده باشد. بخصوص اینکه بعلت موقعیت دشت بودن منطقه اختلاف درجه حرارت شب و روز نیز بسیار است. ضمناً بیشتر مواد معلق در آب رودخانه کارون بسیار ریز بوده و چون بوسیله فیلتر گرفته نمی‌شود سبب تشکیل رسوب در داخل لوله‌های فرعی می‌گردد. لذا شستشوی مستمر با آب و اسید جهت جلوگیری از انسداد لوله‌ها امری است الزامی بخصوص آنکه ترکیبات کربنات کلسیم و منیزیم نیز رسوباتی در محل نازلها که آب براحتی تبخیر می‌شود بجا می‌گذارند. جهت جلوگیری از تبخیر زیاد در ناحیه نازلها می‌بایست حتی المقدور نکات فنی لازم را در طراحی آنها رعایت نمود.

### نتیجه‌گیری:

موفقیت آمیز بودن یک شیوه آبیاری در هر منطقه بستگی مستقیم به وضعیت عوامل زیربنایی آن دارد گرچه تجزیه و تجلیل این عوامل و نتیجتاً امکان استفاده آن در سطح وسیع حساسیت بیشتری را نسبت به مسائل فیزیکی مطرح می‌سازد. کاربرد سیستم‌های آبیاری تحت فشار اگرچه در جهت صرفه جویی در مصرف آب، افزایش راندمان آبیاری و افزایش تولید طراحی شده‌اند ولی نصب و نگهداری آنها بطور کلی نیاز به آموزش کادر مجبوب شرکتی دارد که در قیاس با سیستم آبیاری موجود هزینه کمتری را می‌طلبد. با توجه به تشریح معایب و مزایای هر یک از سیستم‌های آبیاری از یک سو و دقت نظر در هزینه‌های جاری تولید نیشکر در شرکت کشت و صنعت کارون از سوی دیگر می‌توان به جرأت عنوان نمود که کاربرد سیستم هیدروفلوم اگرچه تفاوت چندانی از نظر کارایی آبیاری با آبیاری گیت-سیفون ندارد ولی در مقابل مشکلات عدیده سیستم‌های آبیاری قطره‌ای زیرزمینی و بارانی، صرفه اقتصادی و راندمان بهتری را عاید خواهد نمود. علی‌ایصال کاربرد سیستم‌های آبیاری قطره‌ای و بارانی در کشت و صنعت کارون نیاز به مطالعات بیشتر و دقیق‌تر دارد تا بتوان در آینده برنامه‌ریزی بهتری در مورد استفاده از آنها نمود.

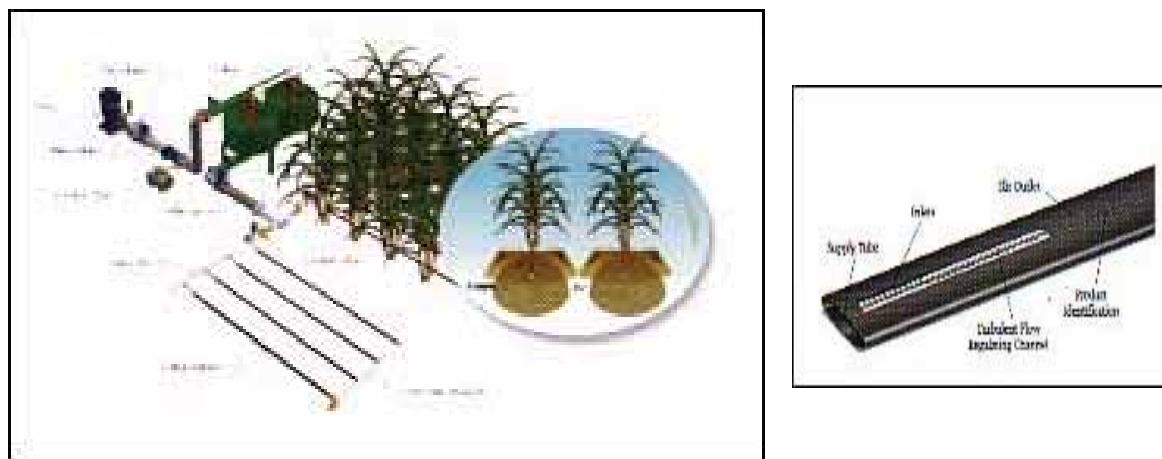
### منابع:

- ۱- شایسته، پ. ۱۳۷۳. آبیاری نیشکر. سنبله. ۶۲: ۵۲-۵۳.
- ۲- کاتالوگ تجاری شرکت آورد اینترناشنال در مورد دستگاه‌های آبیاری بارانی.
- ۳- کشاورز، ع.، ا. علیزاده، ح. دهقانی. ۱۳۷۹. سیمای آبیاری میکرو در ایران. ۷۸ ص.
- ۴- کاتالوگ تجاری شرکت مدیریت ایران در مورد دستگاه‌های آبیاری بارانی.

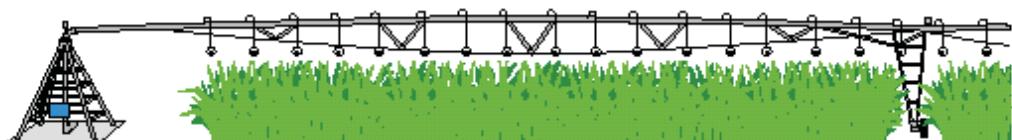
- ۵- گزارش مهندسین شرکت بین المللی هارزا شیکاگو در مورد ایجاد سیستم‌های آبیاری تحت فشار در خوزستان.
- ۶- گزارش کارشناسان شرکت آورد اینترنشنال در مورد رفع نقص و همچنین نصب الکترو پمپ مخصوص پخش سم و کود در سیستم آبیاری بارانی.
- ۷- گزارشات داخلی اداره تحقیقات کشاورزی، کشت و صنعت کارون.
- ۸- مهندسین مشاور پاپیلا. ۱۳۶۸. صرفه جویی در آب با استفاده از لوله‌های دریچه‌دار در مزارع شرکت کشت و صنعت کارون. ۲۸ ص.
- 9- Adam, H. S. 1994. Water use information system. Expert consultation on research and extension in effective water use at farm level in the Nara east region, Egypt.
- 10-Hanson, B., and W. E. Bendiren. 1995. Drip irrigation controls soil salinity under sow crops. Calif. Agri. 49: 19-23.
- 11- Stewart, B. A., and D. R. Nielsen. 1990. Irrigation of agricultural crops. p. 835-858. In: C. A. Jones, L. T. Santo, G. Kingston, G. J. Gascho (eds.). *sugarcane*. Madison. Pub. Wisconsin, U.S.A.



شکل ۱- یک مزرعه نیشکر در حال آبیاری با سیستم نهری



شکل ۲- شماتیک از طرح اولیه سیستم آبیاری قطره ای نصب شده در کشت و صنعت کارون  
و لوله های متعلقه



شکل ۳- نمایی از سیستمهای آبیاری بارانی بکار رفته در مزارع نیشکر

## کارگاه فنی آبیاری سطحی مکانیزه ۱۴۰۲ آذر ماه ۱۴۰۲

### تعیین بهترین معادله پیشروی آب در آبیاری سطحی: با رویکرد فازی

سینا بشارت<sup>۱</sup>، مهدی کوچک زاده<sup>۲</sup>، امین کوره‌پزان دزفولی<sup>۳</sup>

#### چکیده

یکی از عوامل مهم در طراحی و مدیریت آبیاری سطحی، جبهه پیشروی آب در سطح خاک می‌باشد که با تخمین درست پارامترهای مؤثر بر آن می‌توان راندمان آبیاری را به میزان قابل توجهی افزایش داد. سرعت جبهه پیشروی آب از عوامل مختلفی تأثیر می‌پذیرد که مهم‌ترین آن‌ها دبی ورودی و رطوبت اولیه خاک بوده که مقادیر آن‌ها باید قبل از شروع آبیاری دقیقاً اندازه‌گیری گردد. هدف از این پژوهش، ارائه معادله‌ای جهت نشان دادن ارتباط بین پارامترهای مؤثر بر پیشروی آب می‌باشد. برای این منظور در یک مزرعه آزمایشی با نوع خاک سنگریزه‌ای، ۸ نوار به طول ۵۰ و عرض ۱/۵ متر، با شیب طولی ۰/۵ درصد و بدون شیب عرضی ایجاد گردید. در هر یک از نوارهای مزبور، ابتدا رطوبت‌های اولیه مختلفی در خاک ایجاد گردید که مقدار آن بین ۲ تا ۴۸ درصد متغیر بود. سپس با ورود آب در نوارها تغییرات سرعت پیشروی آب سطحی برای رطوبت‌های مذکور ثبت گردید. این آزمایش‌ها با سه دبی ورودی مختلف  $0/5$ ،  $1$  و  $2$  لیتر بر ثانیه انجام گرفت. با استفاده از داده‌های مشاهده‌ای، رابطه‌ای پیشنهاد گردید که علاوه بر پارامترهای در نظر گرفته شده در روابط معمول، از رطوبت اولیه خاک و دبی ورودی نیز به عنوان متغیرهای مؤثر در معادله پیشروی آب استفاده می‌نماید. ضرایب بهینه معادله پیشنهادی با استفاده از روش برنامه‌ریزی خطی محاسبه گردید. با توجه به محدودیت‌ها و کمبودهای موجود در انجام آزمایش‌ها، روابط به دست آمده به طور کامل ارائه کننده شرایط واقعی نمی‌باشند. لذا برای این که بتوان از این نتایج به نحو بهتری در مسایل عملی استفاده نمود، از تئوری مجموعه‌های فازی جهت در نظر گرفتن عدم

۱- عضو هیات علمی گروه مهندسی آب دانشگاه ارومیه

Email: s.besharat@urmia.ac.ir

آدرس پستی: ارومیه-دانشگاه ارومیه-دانشکده کشاورزی- گروه مهندسی آب

۲- عضو هیات علمی گروه آبیاری و زهکشی دانشگاه تربیت مدرس

۳- کارشناس بخش برنامه ریزی آب وزارت نیرو

قطعیت‌های موجود استفاده گردید. بر اساس نتایج به دست آمده از این پژوهش می‌توان حرکت آب بر سطح خاک را دقیق‌تر و با خطای کمتری پیش‌بینی و سیستم آبیاری سطحی با بازدهی بیشتری طراحی نمود.

**واژه‌های کلیدی:** آبیاری سطحی، بازده آبیاری، رطوبت اولیه خاک، منحنی پیشروی، نفوذ، منطق فازی

#### مقدمه

فرآیند آبیاری با ورود جریان آب به نوار آغاز و تا رسیدن پیشانی جریان به انتهای مرحله‌ای را تشکیل می‌دهد که به آن مرحله پیشروی گویند. سرعت پیشروی آب در آبیاری سطحی یکی از عوامل مهم در طراحی و مدیریت آبیاری به شمار می‌رود. با توجه به تاثیر رطوبت اولیه خاک ( $\theta_i$ ) و بر مقدار نفوذ از یک طرف و اثر سرعت نفوذ بر پیشروی از طرف دیگر، می‌توان نتیجه گرفت که  $\theta_i$  بر جبهه پیشروی نیز تاثیر می‌گذارد. در اکثر مدل‌های موجود که بوسیله آنها پیشروی روی سطح خاک پیش‌بینی و شبیه‌سازی می‌شود، مقدار نفوذ با استفاده از توابعی تجربی همچون رابطه کوستیاکوف که مقدار نفوذ را تنها به صورت تابعی از زمان نفوذ بیان می‌کند، بدست می‌آید.

$$(1) \quad i = ct^a$$

$i$  = عمق آب نفوذ یافته از شروع آزمایش (cm).  $t$  = زمان نفوذ از شروع (min).  $a, c$  = ضرایب تجربی که به نوع خاک بستگی دارند و با استفاده از بهترین خطی که از میان داده‌ها عبور می‌کند بدست می‌آیند. لذا، تاثیر تغییرات رطوبت در نیمرخ خاک بر فرآیند نفوذ نادیده گرفته می‌شود.

دبی ورودی آب نیز بر سرعت پیشروی اثر می‌گذارد. در بیشتر طرحهای آبیاری دبی ورودی بر اساس میزان فرسایش پذیری خاک محاسبه می‌گردد. در صورتی که ممکن است به دلیل شرایط مدیریتی و محیطی نتوان دبی محاسبه شده از روابط متکی بر فرسایش را ایجاد نمود و یا ممکن است دبی در طول آزمایش متغیر باشد. بنابراین دبی ورودی به عنوان یک پارامتر متغیر در معادله گنجانده شده است. هدف از این پژوهش، بررسی کمی اثر رطوبت اولیه خاک و دبی ورودی بر سرعت پیشروی آب بود.

کارهایی که در این زمینه انجام گرفته محدود می‌باشد. که به چند مورد اشاره می‌شود. هارت<sup>1</sup> و همکاران<sup>(۱۹۶۸)</sup> با آنالیز عددی معادله زیر منحنی‌های بدون بعدی برای حل مساله پیشروی آب در نوار ارائه دادند.

$$(2) \quad \frac{\partial q}{\partial x} + \frac{\partial y}{\partial t} + I = 0$$

که در آن  $q$  شدت جریان در واحد عرض نوار،  $y$  عمق جریان و  $I$  سرعت نفوذ آب بداخل خاک،  $t$  زمان از ابتدای جریان آب در نوار و  $x$  فاصله پیشروی از ابتدای نوار می‌باشد. باسات<sup>(۱۹۷۶)</sup> توسط مدل‌های

1 Hart

2 Bassett

کامپیوترا معادلات سنت ونان را با در اختیار داشتن دبی در واحد عرض ( $q$ )، معادله نفوذ، شیب نوار و ضریب زبری حل و با استفاده از مدل‌های کامپیوترا پیشروی آب در نوار را پیش‌بینی کردند. ساکاس و استریلکف<sup>۳</sup> (۱۹۷۴) معادلات سنت ونان را با روش خطوط مشخصه حل کردند. در این پژوهشها مولفه نفوذ با استفاده از مدل تجربی کوستیاکوف برآورد شد. مطالعات نشان داده که مدل تجربی کوستیاکوف برای تخمین میزان نفوذ در زمانهای کوتاه مناسب است. هنوك<sup>۴</sup> (۱۹۹۵) یک روش ساده برای پیش‌بینی منحنی پیشروی آبیاری سطحی با استفاده از پارامترهای نفوذ و مقدار جریان ورودی مورد استفاده قرار داد. در این روش پیش‌بینی‌های پیشروی با استفاده از روش پیشنهادی با مشاهدات مزرعه، مدل موج‌کینماتیکی و حل آنالیزی *Farell* و *Phillip* مقایسه شده است. در همه حالتها، پیش‌بینی‌های روش بدست آمده موید مشاهدات مزرعه و همچنین مدل موج کینماتیک می‌باشد.

فوك و بیشانپ<sup>۵</sup> (۱۹۹۵) پیشروی آب روی سطح نوار را به صورت مستقل از ویژگی‌های جریان، می‌توان با تابع نمایی زیر برآورد کردند:

$$t = px^r \quad (3)$$

که در آن  $x$  فاصله جبهه پیشروی آب از ابتدای نوار در زمان  $t$  و  $p$  و  $r$  نیز ضرایب ثابت معادله می‌باشند.

در این تحقیق بررسی تاثیر رطوبت اولیه و دبی ورودی آب در خاکهای سنگریزه‌ای بر جبهه پیشروی آب در ۸ نوار آبیاری انجام شد.

## مواد و روش‌ها

تعداد ۸ نوار با عرض ۱/۵ متر و طول ۶۰ متر در زمینی به ابعاد ۶۰\*۲۰ متر و با شیب طولی یکنواخت ۵/۰ درصد و بدون شیب عرضی، برای انجام آزمایشات و تکرارهای مناسب ایجاد شد. برخی ویژگی‌های خاک سنگریزه‌ای مزرعه آزمایشی در جدول (۱) ارائه شده است. فراوانی نسبی ذرات خاک شامل ۵۸/۲ درصد شن، ۲۰ درصد سیلت، ۲۱/۸ درصد رس بود. مقدار سنگریزه خاک ۱۲ درصد در واحد حجم خاک اندازه‌گیری شد. برای تعیین سرعت پیشروی، در طول نوار به فواصل ۵ متری میخ‌کوبی انجام شد. برای نمونه برداری و تعیین رطوبت وزنی از مته نمونه برداری، ترازو و خشککن استفاده شد. از آنجا که انجام آزمایش و اندازه‌گیریها در یک رطوبت میسر نبود، اندازه‌گیری سرعت پیشروی در رطوبتهاي مختلف موجود در خاک بعد از گذشت زمانی معین از آبیاری صورت گرفت. شکل (۱) تناوب آبیاری‌ها در مزرعه و زمان آبیاری را نشان می‌دهد.

1 Sakkas and Strelkoff

2 Henoque

3 Fok and Bishop

آب مورد نیاز برای آبیاری نواری توسط لوله‌ای به قطر ۲ اینچ تامین گردید و یک شیر در انتهای لوله برای تنظیم دبی تعییه شد. برای ورود یکنواخت آب به درون نوار و جلوگیری از فرسایش و شسته شدن سطح خاک به هنگام آبیاری، شیاری در ابتدای هر نوار ایجاد و درون آن با لایه پلاستیکی عایق شد تا ابتدای آب وارد شیار شده و به صورت یکنواخت به سطح کل نوار سرریز و در جهت شب طولی زمین پیشروی کند. در طول هر نوار ۶ نمونه از ابتداء، وسط و انتها و در عمقهای ۰-۱۰ و ۱۰-۲۰ سانتیمتر تهیه شد و رطوبت هر نمونه بطور جداگانه اندازه‌گیری شد. میانگین ۶ رطوبت محاسبه و در تجزیه و تحلیل داده‌ها به عنوان رطوبت اولیه خاک مورد استفاده قرار گرفت. آزمایشات در دبیهای مختلف انجام گرفت.

در طول، نوارها به فواصل ۵ متری میخ کوبی شد و زمان رسیدن جبهه پیشروی به هر یک از میخها ثبت و سرعت جبهه پیشروی به دست آمد. اطلاعات مربوط به ۱۰ آزمایش انجام شده در جدول (۲) ارائه شده است. ستون اول دبی ورودی برای هر آزمایش را نشان می‌دهد. در ستون دوم، میانگین رطوبت هر آزمایش بر حسب درصد ارائه شده که تجزیه و تحلیل‌های انجام شده بر اساس این رطوبتها است. ستونهای سوم تا سیزدهم، زمان رسیدن جبهه پیشروی آب به هر میخ چوبی را بر حسب ثانیه نشان می‌دهد. به علت ناهمواری و زهکشی نامناسب در بخش انتهایی زمین، از میخهای شماره ۱۱ و ۱۲ که در فاصله ۵۵ و ۶۰ متری از ابتدای نوار قرار داشته، صرف‌نظر شد. این آزمایشها طی ۲ ماه انجام شد. با استفاده از دورهای مختلف آبیاری در طی ۶۰ آزمایش اثر رطوبتها ۲ تا ۴۸ درصد مطالعه قرار گرفت. در هر آزمایش، بی‌درنگ پس از نمونه‌برداری رطوبت اولیه، آبیاری انجام گرفت.

## بحث و نتیجه‌گیری

می‌بایست بین ضریب و توان معادله پیشروی ( $x = pt^r$ ) یعنی  $r, p$  و رطوبت اولیه و دبی ورودی نوار روابطی برقرار نمود. با استفاده از مقادیر اندازه‌گیری شده برای رطوبت،  $\theta_i$ ، و دبی ورودی،  $Q_i$ ، و ثبت زمان رسیدن جبهه پیشروی،  $t_i$ ، به نقاط متساوی الفاصله میخ کوبی شده در طول نوار،  $x_i$ ، می‌توان در هر رطوبت و دبی معین، معادله بهترین خط قابل برآش بر داده‌های اندازه‌گیری شده،  $t_i$  و  $x_i$ ، را بصورت  $t = f(p, r, x, \theta, Q)$  نوشت و به این ترتیب به ازای هر  $Q, \theta, x, \theta$ ، مقدار سرعت پیشروی قابل محاسبه است. به طور نمونه شکل (۲) ارائه شده است. محور X در این شکلها، فاصله از ابتدای نوار را بر حسب متر نشان می‌دهد که تا ۵۰ متری از ابتدای نوار مورد استفاده قرار گرفت. محور Y مربوط به زمان آزمایش را نشان می‌دهد. شکل (۳) زمان رسیدن جبهه پیشروی آب به انتهای نوار در رطوبتها اولیه مختلف را نشان می‌دهد. خاکهای سنگریزه‌ای مورد مطالعه، در رطوبتها پایین از سرعت نفوذ بالایی برخوردار بودند. ملاحظه می‌گردد که با افزایش رطوبت خاک تا ۲۰ درصد، سرعت پیشروی آب نیز افزایش قابل توجهی دارد. در رطوبتها بیشتر از ۲۰ درصد، اختلاف زمانهای رسیدن جبهه پیشروی به انتهای زمین کمتر می‌شود.

بمنظور بسط رابطه‌ای بین رطوبت اولیه خاک، دبی و پیشروی آب در نوار، ابتدا روابطی بین پارامترهای مذکور بصورت  $(t, x, \theta, Q)$  پیشنهاد گردید. سپس نتایج محاسبه شده از رابطه‌های پیشنهادی اجها<sup>۱</sup> (۱۹۹۷) با مقادیر اندازه‌گیری شده در مزرعه مقایسه شد. بهترین ضرایب برای روابط با مینیمم کردن خطای محاسباتی به کمک رابطه (۳) برای معادلات بدست آمد.

$$E = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \left| \frac{Y_a - Y_b}{Y_a} \right| \times 100 \quad (4)$$

که در آن :

$E$  = خطای محاسباتی (درصد)،  $N$  = تعداد داده‌ها،  $Y_a$  = مقدار مشاهداتی،  $Y_b$  = مقدار محاسباتی.  
در این تحقیق رابطه زیر مورد بررسی قرار گرفت و از روابط دیگر به سبب خطای بالای محاسباتی صرف‌نظر شد.

$$t = f(x, \theta, Q) \longrightarrow t = p \cdot x^r \cdot \theta^s \cdot Q^w \quad (5)$$

برای حل رابطه (۵) به این صورت عمل می‌کنیم که ضریب و توانهای  $p, r, s, w$  در حل رابطه خطا وارد می‌شود و با بهینه سازی خطی و تغییر ضرایب، خطا مینیمم می‌شود تا در خطای مینیمم بهترین ضریب و توانها بدست آید.

$$T_b = px_i^r \theta_j^s Q_k^w \rightarrow T_b = 1 \times 40^1 \times 4.6^1 \times 0.000333^1 = 0.061272$$

$$E_i = \left| \frac{T_a - T_b}{T_a} \right| \times 100 = \left| \frac{2340 - 0.061272}{2340} \right| \times 100 = 99.99\% \quad \text{درصد خطای یک نقطه با ضرایب اولیه}$$

مجموع خطای تمام نقاط بر تعداد داده‌ها تقسیم شد تا خطای کل بدست آمد. در بهینه سازی خطی، مینیمم کردن خطا هدف بود. زمانی که کمترین خطا به شکل زیر بدست آمد، بهترین ضرایب رابطه مورد نظر استخراج شد.

$$E = \frac{100}{40} \left| \frac{(2340 - 1210.655)}{2340} + \frac{(810 - 833.8141)}{810} + \dots + \frac{(410 - 395.4376)}{410} \right| = 13\%$$

برای مثال نحوه حل معادله (۵) و بدست آمدن خطای مینیمم نشان داده شد. در شکل شماره (۴) داده‌های مشاهداتی و محاسباتی نسبت به هم مقایسه شده است. داده‌های مشاهداتی و محاسباتی از همبستگی بالایی برخوردار هستند.

### رابطهٔ بین زمان، فاصلهٔ پیشروی، رطوبت اولیه و دبی ( $t, x, \theta, Q$ ):

با مشاهده داده‌ها و نمودارها به این نتیجه می‌توان رسید که با گذشت زمان از ابتدای آبیاری تأثیر رطوبت اولیه بر پیشروی محسوس‌تر بوده و نیز به علت اهمیت زمان رسیدن جبهه پیشروی آب به قسمتهای انتهایی نوار به خصوص به انتهای زمین، تجزیه و تحلیل و حل معادلات بر اساس داده‌های انتهایی نوار صورت گرفت. رابطه به شکل زیر بدست آمد.

$$t = 0.35 \times x^{1.37} \times \theta^{-0.54} \times Q^{-0.49} \quad (6)$$

$$E = 6.67\% \quad \text{خطا}$$

که در این رابطه:

$$t : \text{زمان پیشروی } (s), x : \text{فاصله از ابتدای نوار } (m), \theta : \text{رطوبت وزنی خاک } (\%), Q : \text{دبی ورودی آب } (m^3/s/m)$$

با محاسبه رطوبت اولیه و مشخص بودن دبی ورودی و فاصله از ابتدای نوار، زمان پیشروی تا نقطه مورد نظر از معادله (5) بدست می‌آید. در رابطه (5) با وارد کردن معادله مانینگ به جای دبی ورودی می‌توان پارامترهای شبیب، ضریب زبری و عمق آب را وارد معادله کرد.

$$Q = \frac{1}{n} \times Y \times R^{\frac{2}{3}} \times S^{\frac{1}{2}} \quad (7)$$

$$Q : \text{دبی ورودی } (m^3/s/m), Y : \text{ارتفاع آب در نوار } (m), R : \text{شعاع هیدرولیکی } (m), S : \text{شبیب زمین } (m/m), n : \text{ضریب زبری مانینگ } (s/m^{\frac{1}{3}}), \text{ به علت عریض بودن نوار } Y = R \text{ می‌باشد. پس رابطه (5) را به شکل زیر نیز می‌توان مورد استفاده قرار داد.}$$

$$t = 0.35 \times x^{1.37} \times \theta^{-0.54} \times \left( \frac{1}{n} \times Y^{\frac{5}{3}} \times S^{\frac{1}{2}} \right)^{-0.49} \quad (8)$$

با استفاده از معادلات ارائه شده با اندازه گیری پارامترهای ثابت هر نوار مانند  $n, S$  و پارامترهای متغیر برای هر آبیاری مانند  $Y, \theta$  می‌توان زمان رسیدن جبهه پیشروی آب به هر نقطه از نوار را با خطای حدود ۱۰ درصد تخمین زد و با رسم منحنی پیشروی و منحنی نفوذ بهترین زمان قطع جریان را محاسبه نمود. رویکرد فازی: روش دیگری که می‌توان برای یافتن معادله پیشروی از آن استفاده نمود، رگرسیون فازی می‌باشد که از کاربردهای مهم تئوری مجموعه‌های فازی به شمار می‌آید. به طور کلی از این تئوری برای شرایطی استفاده می‌شود که میزان عدم قطعیت و عدم صراحة در یک رخداد، بالا باشد. یکی از شرایطی که باعث افزایش عدم قطعیت می‌شود کم بودن تعداد داده‌های مشاهده‌ای است. همچنین هنگامی که شناخت کافی در مورد پارامترهای مؤثر بر یک پدیده نداریم در مدل‌سازی رفتار آن خطای زیادی وارد می‌گردد. حال برای یافتن معادله پیشروی آب به خوبی می‌توان از رگرسیون فازی استفاده نمود، چراکه اولاً تعداد آزمایش‌های انجام شده کم می‌باشد و ثانیاً به عوامل مختلف نظیر ناهمگن بودن خاک، نادقيق بودن میزان

رطوبت خاک، نوسان در دبی ورودی به کرت‌ها، متغیر بودن ضریب مانینگ و ... باعث ایجاد عدم قطعیت می‌گردند.

محققین زیادی روش‌های مختلفی جهت حل مسایل رگرسیون فازی ارائه نموده‌اند که همه آن‌ها را می‌توان به سه دسته زیر تقسیم‌بندی نمود:

- مدل‌های رگرسیون امکانی فازی
- مدل‌های رگرسیون کمترین مربعات فازی
- مدل‌های رگرسیون مبتنی بر تحلیل بازه‌ای

مدل‌های رگرسیون امکانی، بهترین معادله رگرسیون را با مینیمم کردن میزان فازی بودن به دست می‌آورند در حالی که مدل‌های رگرسیون مجموع مربعات، با مینیمم کردن مجموع مربعات خطاهای عینی اختلاف بین خروجی‌های مشاهداتی و محاسباتی این کار را انجام می‌دهند. در نهایت مدل‌های رگرسیون مبتنی بر تحلیل بازه‌ای، ضرایب و داده‌های معادله رگرسیون را به صورت اعداد بازه‌ای در نظر می‌گیرند. برای یافتن معادله پیشروی، مدل‌های رگرسیون امکانی فازی مدل‌های مناسبی می‌باشند که از آن جمله می‌توان به مدل ارائه شده توسط تاناکا و همکاران (۱۹۸۲) اشاره نمود. این مدل‌های رگرسیون امکانی بهترین معادله رگرسیون را با مینیمم کردن میزان فازی بودن به دست می‌آورند. این کار را با مینیمم کردن مجموع کل پهنه‌ای توابع عضویت ضرایب فازی معادله رگرسیون انجام می‌دهند. بنابراین برای دستیابی به بهترین برازش باید یک مدل بهینه‌سازی تهیه گردد. در صورتی که از توابع عضویت مثلثی متقارن برای نمایش اعداد فازی این مدل‌ها استفاده شود، رگرسیون خطی فازی را می‌توان در قالب یک مسئله برنامه‌ریزی خطی فرموله و حل نمود. برای یافتن معادله پیشروی آب، معادله رگرسیون خطی با ضرایب فازی و ورودی و خروجی مشاهده‌ای غیرفازی که شکل کلی آن به صورت معادله زیر در نظر گرفته می‌شود مناسب می‌باشد.

$$\tilde{Y} = \tilde{A}_0 + \tilde{A}_1 x_1 + \tilde{A}_2 x_2 + \cdots + \tilde{A}_n x_n$$

به طوری که ضرایب این معادله عینی  $\tilde{A}_0, \tilde{A}_1, \tilde{A}_2, \dots, \tilde{A}_n$  اعداد فازی و متغیرهای ورودی مشاهده‌ای عینی  $x_1, x_2, \dots, x_n$  اعداد معمولی می‌باشند. در این حالت با توجه به این‌که متغیرهای ورودی مستقل  $x$ ،  $\theta$  و  $Q$  و متغیر وابسته  $T$  می‌باشد معادله فوق را می‌توان به صورت زیر نوشت:

$$\tilde{T} = \tilde{A}_0 + \tilde{A}_1 x + \tilde{A}_2 \theta + \tilde{A}_3 Q$$

حال هدف پیدا کردن پارامترهای ضرایب فازی این معادله می‌باشد. برای مطالعه بیشتر می‌توان به کوره‌پیزان دزفولی (۱۳۸۴) مراجعه نمود.

آزمایش‌ها بر روی نوارهای آبیاری انجام شد و نتایج نیز بر آن اساس بود. پیشنهاد می‌شود این روابط در روش‌های دیگر آبیاری تست و مقایسه شود تا تاثیر پارامتر رطوبت در هر روش مشخص شود.

تغییر در روش بهره برداری یک سیستم توزیع آب، وضعیت عملکرد آن را به طور قابل ملاحظه ای تحت تأثیر قرار می دهد. بنابراین یکی از طرق عمدۀ بازسازی شبکه های آبیاری و افزایش بهره وری آنها، تعیین روش بهینه عملی برای آبیاری است. برای نیل به این هدف بايست تحقیقات وسیعی در مورد نحوه آبیاری، نفوذ، پیشروی، رطوبت خاک انجام گیرد تا با ارائه روابط ساده و دقیق انجام آبیاری مزارع بر اساس برنامه منظم از نظر میزان آب، زمان و دور تعیین شود.

### منابع

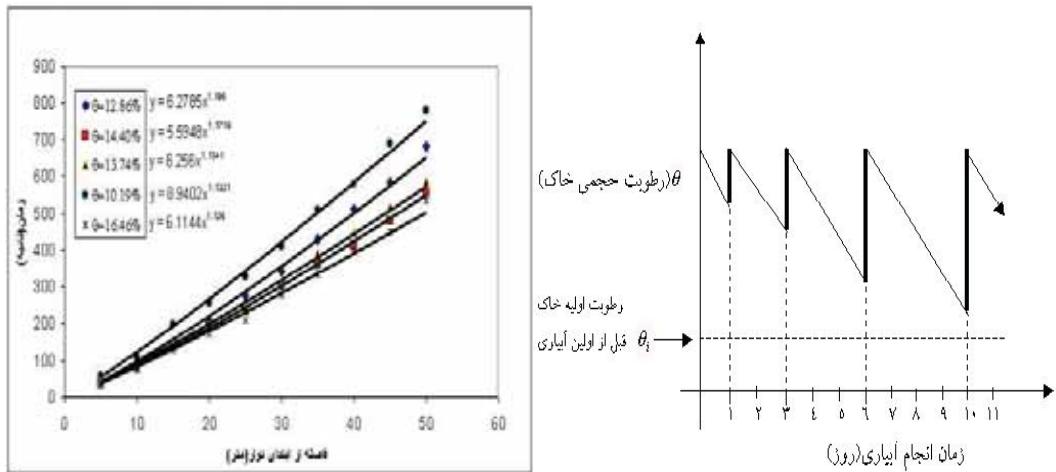
۱. کوره‌پزان دزفولی، امین، (۱۳۸۴)، اصول تئوری مجموعه های فازی و کاربردهای آن در مدل سازی مسائل مهندسی آب، چاپ اول، انتشارات جهاد دانشگاهی صنعتی امیرکبیر
2. Tanaka, H., S.Uejima, and K. Asai (1982). Linear regression analysis with fuzzy model, IEEE Transactions on Systems Man. Cybern., vol. SMC-12, No. 6, pp. 903-907
3. Bassett, D. L. (1976). Simulating overland flow in border Irrigation. Trans. ASAE. 19(4): 666-671.
4. Fok, Y. S. and Bishop, A. (1995). Analysis of water advance in surface irrigation. ASCE. Journal of Irrigation and Drainage Engineering, 91(3): 99-116.
5. Henoque, R. (1995). Prediction of surface irrigation advance using soil intake properties. Journal of Irrigation Science, 16: 159-167.
6. Ojha, C. S. P., and Subbaian, D. (1997). "Analysis of flow through lateral slot." J.Irrig. and Drain. Engrg., ASCE, 123(5), 402-405

جدول ۱ : ویژگیهای فیزیکی و شیمیایی خاک مورد آزمایش.

ویژگیهای خاک عمق خاک (cm)	pH	هدایت الکتریکی DC/meter	کربن آلی (درصد)	آهک (درصد)	بافت خاک (درصد)	مواد آلی (درصد)	اشباع (درصد)
cm(۰-۳۰)	۷/۸۸	۱/۳۸	۱/۳۴	۱۲/۱۳۹	۲۰٪ ۱۵٪ ۱۰٪ ۵٪	۱/۷۸	۴۸/۴۳
cm(۳۰-۶۰)	۸	۱/۱۴	۱/۲۰۱	۱۲/۷۸۹	۲۰٪ ۱۵٪ ۱۰٪ ۵٪	۱/۳۳	۴۶/۸۹

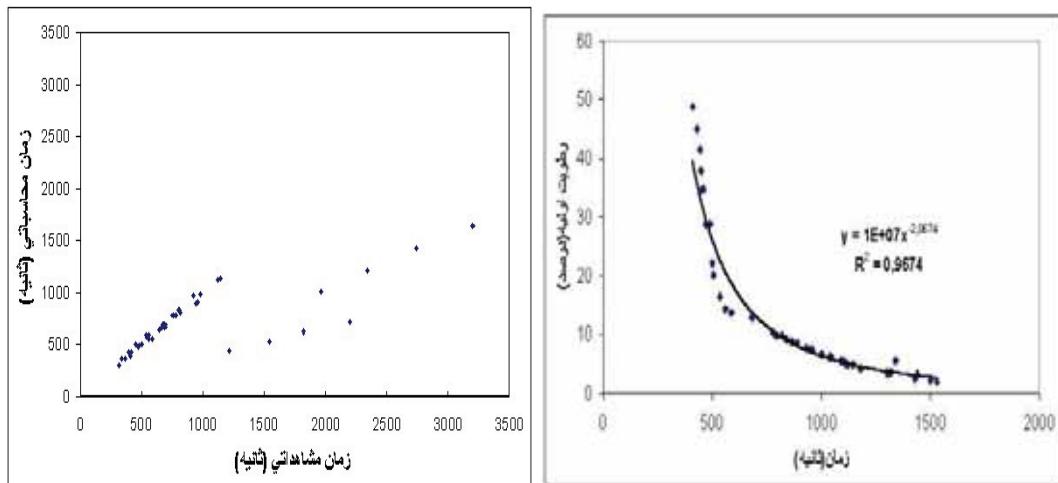
جدول ۲: اطلاعات مربوط به زمان رسیدن جبهه پیشروی (ثانیه) به فاصله مشخص از ابتدای نوار در رطوبت اولیه اندازه‌گیری شده.

دبي ورودي (متر مکعب بر ثانية در واحد عرض)	رطوبت میانگین (درصد)	فاصله از ابتدای نوار (متر)										
		۰	۵	۱۰	۱۵	۲۰	۲۵	۳۰	۳۵	۴۰	۴۵	۵۰
0.000333	4.60	0	180	385	695	990	1275	1600	1965	2340	2740	3200
0.000667	4.90	0	60	145	265	330	425	545	670	810	980	1145
0.000667	4.93	0	62	126	224	313	400	505	678	798	920	1120
0.001333	4.90	0	50	100	165	235	285	380	480	560	690	812
0.000667	16.45	0	40	78	130	173	210	280	335	396	450	535
0.000667	22.13	0	38	80	120	165	210	255	315	368	418	500
0.000333	7.80	0	90	210	360	530	710	950	1215	1540	1820	2200
0.000667	7.35	0	58	128	205	285	375	460	585	690	780	960
0.000667	7.46	0	55	120	180	265	350	430	559	667	755	945
0.001333	7.40	0	45	95	140	205	260	335	410	475	560	645



شکل ۲: منحنی های جبهه پیشروی در نوار  
برای رطوبت اولیه و دبی مختلف

شکل ۱: انجام آبیاری با دورهای متفاوت  
به منظور دست یابی به رطوبتهای مختلف



شکل ۴: همبستگی مقادیر زمان مشاهداتی  
در محاسباتی برای رابطه ۵

شکل ۳: تاثیر رطوبت اولیه بر زمان جبهه  
پیشروی مزرعه و زمان برای انتهای نوار

## کارگاه فنی آبیاری سطحی مکانیزه

۱۳۸۴ آذر ماه

### تأثير اعمال کم آبیاری بر طراحی شبکه‌های آبیاری سطحی

محمد علی غلامی‌سفیدکوهی<sup>۱</sup>، مجید میر لطیفی<sup>۲</sup>، کورش محمدی<sup>۳</sup>

#### ۱- چکیده

معمولًا پروژه‌های آبیاری و زهکشی با هدف تأمین کامل نیاز آبی گیاهان در دوره اوج مصرف آب به لحاظ امکان دستیابی به حداکثر ممکن تولید طراحی می‌گردند. این شیوه با توجه به محدودیتهای کنونی منابع آب و افزایش قابل توجه هزینه احداث پروژه‌ها، ممکن است از نظر اقتصادی توجیه پذیر نباشد. جهت بررسی دقیق این موضوع، بصورت موردنی در دشت گنبد- مینودشت واقع در استان گلستان، طراحی شبکه آبیاری و زهکشی با هدف تأمین نیاز آبی گیاهان در سطوح مختلف شامل ۱۰۰، ۹۵، ...، ۵۵، ۵۰ درصد انجام شد. پس از استخراج هزینه‌ها و منافع حاصل از اجرای طرح در هر یک از سطوح تأمین نیاز آبی گیاهان، اقدام به آنالیز اقتصادی با نرخ بهره‌های متفاوت شد. نتایج دلالت بر آن دارد که با توجه به جمیع شرایط پروژه شامل توپوگرافی، اقلیم منطقه، الگوی کشت منتخب و ...، سطح کم آبیاری ۱۰ درصد (تأمین ۹۰ درصد نیاز آبی گیاهان الگوی کشت) با نرخ بهره ۷ درصد، دارای بالاترین نسبت سود به هزینه و سود خالص می‌باشد. همچنین سطح کم آبیاری مذکور دارای بالاترین نرخ بازده داخلی طرح برابر  $\frac{12}{4}$  درصد می‌باشد. این سطح کم آبیاری سبب افزایش سطح زیر کشت شبکه به میزان ۱۱ درصد نسبت به حالت آبیاری کامل گردید.

#### ۲- پیشگفتار

ایران کشوری است که قسمت عمده آن در منطقه خشک و بیابانی قرار گرفته و بیش از ۹۰ درصد از مساحت آن در منطقه خشک و کم آب قرار دارد<sup>[۵]</sup>. بنابراین اهمیت و ضرورت بکارگیری کم آبیاری در

۱- دانشجوی دکتری علوم مهندسی آبیاری و زهکشی دانشگاه تربیت مدرس

۲ و ۳- عضو هیات علمی دانشگاه تربیت مدرس

زراعت‌های آبی بدليل محدودیت منابع آب و فراوانی نسبی زمین باید بصورت دستورالعمل جامع در طراحی، اجرا و بهره برداری شبکه‌های آبیاری و زهکشی مدرن و مکانیزه لحظه گردد[۷]. از طرف دیگر با توجه به افزایش هزینه توسعه و احداث پروژه‌های آبیاری بویژه در سالهای اخیر و محدودیت منابع تامین کننده سرمایه، وجود پتانسیل سرمایه گذاری در بخش‌های مختلف آب و خاک، به نظر می‌رسد که تامین حداکثر نیاز آبی گیاهان الگوی کشت در راستای دستیابی به تولید حداکثر مقرون به صرفه نباشد. در هندوستان پروژه‌های بزرگی برای گسترش آبیاری طراحی می‌شوند که با توجه به منابع آب موجود، سطح بزرگتری نسبت به آنچه که بطور طبیعی در آبیاری کامل به کار می‌رود، به زیر کشت برده می‌شوند. هدف در این پروژه‌ها آبیاری حفاظتی<sup>۱</sup> جهت افزایش عملکرد و حفظ محصول از تلف شدن کامل می‌باشد. در این مورد می‌توان مشخصاً به منطقه غرب یامانا اشاره کرد که میزان آب تحويلی از طریق شبکه آبیاری، تنها ۲۰ تا ۲۵ درصد کل نیاز آبی می‌باشد[۱۲]. توصیه کمیسیون ملی آب هندوستان، مصرف بهینه منابع آب موجود در سالهای کم آبی بوده و برنامه ریزی و طراحی شبکه‌های آبیاری باید بر اساس احتمال وابستگی به ۵۰ درصد از آب موجود می‌باشد[۱۰].

در مقابل طرحهای آبیاری در غرب ایالات متحده، معمولاً در جهت رفع نیاز آبی محصول در خشکترین دو سال از هر ده سال بوده و در طی هشت سال باقی مانده مصرف آب کمتر از مقدار بهینه می‌باشد[۱۲]. گسترده‌ترین کاربرد کم آبیاری در بخش جنوبی دشت‌های مرتفع تگزاس می‌باشد که به طور معمول با مقدار مشخص آب، تقریباً دو برابر سطح اسمی آبیاری می‌شود و در برخی موارد کشاورزان این سطح را حتی به سه برابر نیز می‌رسانند[۱۰]. همچنین کم آبیاری در حوزه کلمبیای ایالات متحده نیز اجرا می‌شود که در آن کاربرد آب در مزارع تحت پوشش روش کم آبیاری، به طور متوسط ۵۰ درصد نیاز آبی کامل بوده، در حالی که متوسط عملکرد دچار کاهشی معادل ۲۶ درصد گردید[۱۲].

سیاست مصرف آب و مدیریت کم آبیاری در بخش‌هایی از پاکستان مشابه هند می‌باشد. بعنوان مثال مقدار آب تحويلی از طریق کانالهای آبیاری در پنجاب به طور متوسط کمتر از یک سوم حداکثر نیاز آبی می‌باشد. همچنین بر اساس تحقیق بعمل آمد، کل آب مصرفی در بخش کشاورزی پاکستان، ۳۵ درصد کمتر از نیاز آبی کامل محصولات است[۱۲].

بر اساس نتایج حاصل از طراحی سیستم آبیاری قطره‌ای در شرایط کم آبیاری که در مؤسسه مدیریت و مهندسی منابع آب هندوستان انجام شد[۱۵]، مشخص گردید که با اعمال حدود ۱۰/۸۳ درصد کم آبیاری می‌توان با افزایش سطح زیر کشت، نسبت سود به هزینه را ۵/۰۸ درصد افزایش داد. این مؤسسه همچنین اثرات حاصل از اعمال کم آبیاری در طراحی سیستم آبیاری ثقلی را نیز مورد بررسی قرار داد. نتایج نشان می‌دهد که با کاهش آب مصرفی بمیزان حدود ۲۰ درصد، نسبت سود به هزینه حدود ۲۰ درصد افزایش می‌یابد[۱۷].

همانطور که ملاحظه می‌گردد، محدودیت منابع آب ایجاب می‌نماید تا جهت افزایش سود آوری، ظرفیت پروژه را در حدی پائین‌تر از میزان ظرفیت لازم برای تولید حداکثر انتخاب نمود. عبارت دیگر حد بهینه آبیاری را باید با در نظر گرفتن فرصت از دست رفته آب و تحلیل اقتصادی ناشی از کاهش هزینه به ازاء کاهش ظرفیت پروژه محاسبه نمود.

کاهش ظرفیت پروژه اگر چه باعث کاهش هزینه اجرائی در واحد سطح خواهد شد، ولی این امر سبب کاهش تولید و نهایتاً کاهش درآمد در واحد سطح نیز خواهد شد. لذا تجزیه و تحلیل اقتصادی جهت انتخاب حد مطلوب و بهینه تامین نیاز آبی گیاهان الگوی کشت برای دستیابی به حداکثر سود به ازاء پتانسیل آب و خاک موجود و ایجاد شرایط توسعه پایدار ضروری است.

در این راستا بصورت موردی شبکه آبیاری (گنبد-مینودشت) در استان گلستان با اعمال سطوح مختلف آبیاری (تامین ۱۰۰، ۹۰، ۹۵، ... ۵۰ درصد نیاز آبی گیاهان) طراحی گردید. سپس با محاسبه هزینه و درآمد حاصل از اجرای شبکه در هر سطح آبیاری، به بررسی و آنالیز اقتصادی سطوح مختلف پرداخته و سود آوری در هر یک از سطوح کم آبیاری با حالت آبیاری کامل مورد مقایسه قرار گرفت و در نهایت سطح بهینه کم آبیاری برای الگوی کشت مورد نظر در منطقه مطالعاتی معرفی گردید.

مسلمان ارزیابی اقتصادی مدیریت آبیاری مستلزم کمی‌سازی عملکرد محصول نسبت به مقدار آب کاربردی می‌باشد. عموماً جهت توصیف کمی‌عملکرد محصول به ازاء مقدار آب کاربردی، از توابع عملکرد - آب مصرفی استفاده می‌شود. گرچه این نوع توابع تجربی بوده و معمولاً تحت تأثیر شرایط اقلیمی می‌باشد، ولی در تجزیه و تحلیلهای مدیریتی و اقتصادی می‌توان از آنها استفاده نمود.

با توجه به اینکه دسترسی به توابع تولید تمامی گیاهان الگوی کشت در منطقه مطالعاتی محدود نبود، لذا از توابع تولیدی که بصورت کلی با حفظ شرایط حدی توسط [۶، ۸، ۹، ۱۰، ۱۱، ۱۳، ۱۴] پیشنهاد شده است، استفاده گردید. از بین تحقیقات ذکر شده، مدل ریاضی (۱) جهت ارزیابی اقتصادی مقوله کم آبیاری مورد استفاده قرار گرفت[۸]. بنابراین مقدار محصول متناظر با هر یک از سطوح کم آبیاری بر اساس رابطه (۱) برآورد گردید.

$$(1 - \frac{Y}{Y_{\max}}) = K_y (1 - \frac{ET}{ET_{\max}}) \quad (1)$$

$ET$  - تبخیر - تعرق واقعی گیاه، در فصل رشد (mm)

$ET_{\max}$  - تبخیر - تعرق پتانسیل گیاه در فصل رشد (mm)

$Y_{\max}$  - عملکرد ماکزیمم محصول (ton/ha)

$Y$  - عملکرد واقعی محصول (ton/ha)

$K_y$  - فاکتور حساسیت محصول یا نسبت کاهش محصول

### ۳- مواد و روش‌ها

جهت بررسی اثر اعمال کم آبیاری بر طراحی شبکه‌های آبیاری و زهکشی به منظور افزایش سودآوری، از اطلاعات مربوط به طرح مطالعات توسعه منابع آب رودخانه‌های نرماب، چهل چای و خرمالو و شبکه تحت پوشش (گند - مینودشت) در استان گلستان استفاده شد. این منطقه در ۱۲۰ کیلومتری شمال شرقی گرگان واقع شده است و از نظر اقلیمی تحت تأثیر شرایط اقلیمی سواحل دریای خزر قرار دارد و دارای آب و هوای نیمه خشک معتدل تا نیمه مرطوب معتدل می‌باشد. میزان بارندگی سالانه محدوده طرح حدود ۷۰۰ میلی متر می‌باشد که بیشتر آن در فصل غیر زراعی (زمستان و پاییز) اتفاق می‌افتد. متوسط درجه حرارت سالانه حدود ۱۷ درجه سانتیگراد و متوسط رطوبت نسبی سالانه برابر ۷۵ درصد می‌باشد. بر اساس اطلاعات حاصل از ایستگاه‌های سینوپتیک، متوسط سرعت باد حدود  $2/3$  متر بر ثانیه می‌باشد.

پس از جمع آوری اطلاعات کلی در محدوده طرح از لحاظ وضعیت آبیاری، شبکه انهر آبیاری، نحوه بهره‌برداری از منابع آب، سیمای کشاورزی منطقه، وضعیت کاربری اراضی، ترکیب کشت و اقتصاد تولید زراعی در منطقه در شرایط موجود، اقدام به بررسی شرایط توسعه کشاورزی و آبیاری در آینده گردید. بر این اساس از مجموع ۳۳۷۰۰ هکتار اراضی منطقه، حدود ۲۶۵۰۰ هکتار به اراضی کشاورزی (دیم-آبی) اختصاص دارد. همچنین به منظور توسعه اراضی آبی در محدوده مورد مطالعه، در نظر است با احداث سد مخزنی بر روی رودخانه نرماب و انحراف جریانهای رودخانه چهل چای و خرمالو به مخزن سد مذکور، از پتانسیل منابع آب و خاک منطقه طرح استفاده بعمل آید. با احتساب پتانسیل منابع آب زیرزمینی قابل برداشت، کل آب قابل دسترس معادل  $164/4$  میلیون متر مکعب در سال می‌باشد که با توجه به موضوع تحقیق، با تامین نیاز آبی پروژه در سطوح مختلف آبیاری، شبکه مدرن طراحی گردید و نهایتاً از نظر اقتصادی سودآوری هر یک از سطوح کم آبیاری با حالت آبیاری کامل مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

متناسب با امکان توسعه منابع آب، وضعیت خاک و اراضی منطقه، شرایط اقلیمی و سایر عوامل اجتماعی و فرهنگی، الگوی کشت طرح توسعه بشرح جدول شماره (۱) پیشنهاد شد.

جدول شماره ۱- الگوی کشت پیشنهادی (درصد) [۴]

ردیف	مجدد			اصلی								نوع کشت	
	دیم	آبیاری	بتن	دیم	آبیاری	بتن	دیم	آبیاری	بتن	دیم	آبیاری	بتن	
125	5	10	10	5	15	35	5	10	10	10	20		درصد کشت

برای محاسبه نیاز آبی محصولات الگوی کشت و به تبع آن استخراج هیدرومدول آبیاری برای هر یک از سطوح آبیاری در ماه اوج مصرف، از اطلاعات اقلیمی منطقه استفاده گردید و با استفاده از نرم افزار

CROPWAT [۱۶] حداکثر شدت تبخیر- تعرق پتانسیل گیاه مرجع در منطقه محاسبه شد. پس از اعمال ضرایب گیاهی مربوط به هرگیاه، برای محاسبه نیاز آبی ناخالص الگوی کشت، راندمان کاربرد آب برای گیاه برنج و سایر محصولات به ترتیب ۷۰ و ۵۰ درصد [۴] اعمال و محاسبات انجام شد.

جهت استخراج هیدرومدول، فرض شد که از بین گیاهان الگوی کشت، گیاه پرصرف در ماه اوج مصرف در قطعات ۲۰ هکتاری کشت خواهد شد. همچنین با توجه به گردش زراعی، الگوی کشت در واحدهای زراعی ۳۰۰ هکتاری اجرا خواهد شد. براساس توصیه‌ها و استاندارهای موجود [۱]، ضریب انعطاف پذیری ظرفیت کanalها برای سطح تحت پوشش حدود ۲۰ و ۳۰۰ هکتار به ترتیب برابر ۱/۵ و ۱/۲۵ انتخاب گردید. برای محاسبه ضریب مذکور برای سطوح کشت بین ۲۰ تا ۳۰۰ هکتار با توجه به تجارب طراحی شبکه‌های آبیاری در ایران، در این تحقیق تغییرات هیدرومدول بصورت خطی در نظر گرفته شد. جهت اعمال تلفات ناشی از تراوش<sup>۱</sup> در شبکه آبیاری، راندمان انتقال و توزیع آب معادل ۸۵ درصد [۱] در نظر گرفته شد. با اعمال شرایط فوق، هیدرومدول شبکه در سایر سطوح مختلف آبیاری نیز استخراج و ظرفیت کanalهای شبکه آبیاری و به تبع احجام کار آنها در هر سطح استخراج گردید.

برای تعیین ظرفیت طراحی کanalهای آبیاری، ابتدا احتیاجات آبگیرهای انسحابی بر اساس مدول آبیاری و مساحت خالص تحت آبیاری مشخص شد و با احتساب مجموعه این نیازها و احتیاجات غیر زراعی طرح تا محل آبگیری از منبع تغذیه و منظور نمودن تلفات انتقال و بهره برداری و ضرایب انعطاف پذیری مناسب، ظرفیت طراحی کanalها مشخص گردید.

با توجه به پتانسیل آب موجود و نیاز ناخالص الگوی کشت در هر یک از سطوح آبیاری، جانمایی شبکه آبیاری و زهکشی بر روی نقشه‌های ۱:۲۰۰۰۰ منطقه از سطح ۱۹۰۳۵ هکتار تا ۲۸۰۷۰ هکتار که به ترتیب معرف سطح تحت پوشش آبیاری کامل و سطح تحت پوشش اعمال کم آبیاری ۵۰ درصد می‌باشد، صورت پذیرفت. این جانمایی شامل کanalهای اصلی، درجه ۱، درجه ۲ و درجه ۳ و همچنین زهکشهای اصلی، درجه ۱ و درجه ۲ می‌باشد. سپس با استفاده از نرم افزار Softdesk Civil Survey 8<sup>2</sup> پروفیل طولی مسیر کanalها و زهکشها برای کلیه سطوح آبیاری محاسبه شد.

جدول شماره ۲- نیاز ناخالص و سطح تحت پوشش شبکه مدرن در هر یک از سطوح آبیاری

درصد تامین نیاز آبی گیاهان الگوی کشت										
50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
نیاز ناخالص در هر هکتار از الگوی کشت (متر مکعب)										
3364	3700	4037	4373	4710	5046	5383	5719	6055	6392	6728
سطح زیر کشت (هکتار)										
38070	34609	31725	29285	27193	25380	23794	22394	21150	20037	19035

جهت تعیین وضعیت زهکشی اراضی منطقه، ابتدا وضعیت موجود زهکشی مورد بررسی قرار گرفت. بطور کلی در وضعیت موجود تنها ۵/۰ درصد از اراضی محدوده دارای مشکل زه به صورت حاد می‌باشد. همچنین حدود ۲۰ درصد از اراضی دارای پتانسیل بالقوه برای ایجاد مشکل زه پس از اجرای شبکه می‌باشد<sup>[۴]</sup>. تغییرات سطح آب زیرزمینی در شرایط اجرای طرح با مدل MODFLOW مورد بررسی قرار گرفت. نتایج حاصل از شبیه سازی نشان می‌دهد که در صورت عدم برداشت از منابع آب زیرزمینی با حفظ چاههای فعلی، محدوده ای به وسعت حدود ۹۹۸۰ هکتار در معرض بروز مشکلات حاد زهکشی قرار خواهد گرفت. با ملاک قرار دادن این سطح، بهره برداری از چاه (زهکش عمودی) به عنوان روشی برای کنترل سطح آب زیرزمینی انتخاب شد.

همچنین جهت تعیین ظرفیت زهکشهای سطحی در هر یک از نواحی سه گانه، با توجه به کلیه پارامترهای موثر در رواناب (گروه خاک، کاربری اراضی و طرز کشت)، عمق رواناب و نهایتاً مدول رواناب سطحی ناشی از بارندگی با دوره برگشتهای مختلف محاسبه گردید. به منظور برآورد رواناب در حوزه‌های مشترف به دشت از روش شماره منحنی استفاده بعمل آمد. سپس جهت تلفیق رواناب حوزه‌های مجاور، از قاعده پیشنهادی سازمان حفاظت خاک آمریکا استفاده شد.

اجزاء اصلی شبکه آبیاری و زهکشی در هر یک از سطوح آبیاری شامل سد انحرافی، کانالهای اصلی، کانالهای درجه ۱، کانالهای درجه ۲، زهکشهای اصلی و درجه ۱، زهکشهای درجه ۲ و شبکه کانالها و زهکشهای فرعی (کانالها و زهکشهای درجه ۳) می‌باشد. جدول شماره (۳) طول کانالها و زهکشهای طراحی شده در کل محدوده طرح، در هر یک از سطوح آبیاری را نشان می‌دهد.

جدول شماره ۳- طول کانالها و زهکشها در سطوح مختلف آبیاری (متر)

زهکش			کانال				درصد تمامین نیاز
درجه ۳	درجه ۲	اصلی و درجه ۱	درجه ۳	درجه ۲	درجه ۱	اصلی	
263,622	70,796	59,382	254,376	126,964	43,209	39,260	100
277,497	74,522	62,507	267,764	133,646	45,484	39,260	95
292,913	78,662	65,980	282,640	141,071	48,011	39,260	90
310,143	83,289	69,861	299,266	149,369	50,835	39,260	85
329,527	88,495	74,227	317,970	158,704	54,012	39,260	80
351,496	94,394	79,175	339,168	169,285	57,613	39,260	75
376,602	101,137	84,831	363,394	181,376	61,728	39,260	70
405,572	108,917	91,356	391,348	195,328	66,476	39,260	65
439,369	117,993	98,969	423,960	211,606	72,016	39,260	60
479,312	128,720	107,967	462,502	230,843	78,563	39,260	55
527,243	141,592	118,763	508,752	253,927	86,419	39,260	50

ضوابط طراحی هیدرولیکی کانالها و زهکشها بر اساس توصیه منابع مختلف و همچنین تجربیات اجرائی اعمال گردید. سپس با استفاده از پروفیل طولی و نتایج حاصل از ابعاد کانال، در هر یک از سطوح آبیاری، احجام و مقادیر کار با توجه به فهرست بهای واحد پایه رشته آبیاری و زهکشی رسته مهندسی آب سال ۱۳۸۱ سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور<sup>[۳]</sup> استخراج و هزینه‌های احداث شبکه آبیاری و زهکشی محاسبه شد. با توجه به محل طرح، ضرایب مربوطه شامل تجهیز و برقیden کارگاه، بالاسری و منطقه‌ای در برآورد نهائی هر یک از سطوح آبیاری اعمال گردید.

با توجه به منحنی آبدی سد مخزنی نرماب، چه در حالت آبیاری کامل و چه در سطوح مختلف کم آبیاری، سد انحرافی مینودشت باید حجم یکسانی از جریان را منحرف سازد. لذا هزینه اجرائی سد انحرافی تابعی از سطح تحت کشت نبوده و بطور یکسان معادل ۱۵۰۰۰ میلیون ریال<sup>[۴]</sup> برای سطوح مختلف آبیاری در نظر گرفته شد. هزینه سد مخزنی و تاسیسات مربوطه معادل ۵۰۰۰۰ میلیون ریال در سال ۱۳۸۱ در نظر گرفته شد<sup>[۴]</sup> که در تحلیل اقتصادی از آن استفاده گردید.

پس از استخراج هزینه‌های اجرائی شبکه آبیاری و زهکشی در هر یک از سطوح کم آبیاری، اقدام به محاسبه درآمدهای حاصل از اجرای طرح گردید. به منظور ارزیابی اقتصادی طرح و مشخص نمودن اثرات واقعی اجرای طرح بر اقتصاد کشاورزی منطقه، مطالعات اقتصاد کشاورزی در دو حالت "با" و "بدون" اجرای طرح مورد بررسی قرار گرفت.

در شرایط توسعه پیش بینی گردید که عملکرد محصولات تحت تاثیر شرایط فراهم شده در نتیجه اجرای طرح قرار گرفته و متحول خواهد شد. لذا فرض گردید که در شرایط توسعه، عملکرد محصول از رابطه (۱) پیروی می‌نماید. از آنجائیکه فرض شد کمبود آب داده شده به هر یک از گیاهان الگوی کشت در طول دوره رشد به مقدار یکسان اعمال می‌شود، برای نسبت  $(\frac{ET}{ET_{max}})$  مقادیر درصد تامین نیاز آبی گیاه برابر

۱/۹۵...۰/۰۵ و ۰/۰۵ در نظر گرفته شد و با انتخاب ضریب ( $k_y$ ) برای گیاه مورد نظر<sup>[۸]</sup> مقادیر متناظر نسبت  $(\frac{Y}{Y_{max}})$  محاسبه گردید و نهایتاً عملکردهای متناظر با هر یک از سطوح کم آبیاری محاسبه شد.

جدول شماره (۴) نتایج بدست آمده برای سطوح ۱۰۰ و ۵۰ درصد تامین نیاز آبی را نشان می‌دهد. همچنین جهت بررسی دقیقت، محصولات فرعی حاصل از کاشت برنج، گندم و جو که بمصرف سایر بخشها خواهد رسید، در محاسبات در نظر گرفته شد.

جدول شماره ۴- عملکرد محصولات مختلف در هر هکتار با توجه به سطوح مختلف آبیاری (کیلوگرم)

محصولات										درصد تمامین نیاز	
برنج	گندم	جو	پنبه	سیب زمینی	هندوانه	گوجه فرنگی	خیار	سویا	ماش		
$K_y$											
1.00	1.00	0.90	0.85	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	0.85	0.80	
عملکرد ماکریم (kg/ha)											100
3,500	6,000	5,000	3,000	28,00 0	30,00 0	25,00 0	20,00 0	2,500	1,500		
عملکرد ماکریم محصول فرعی (kg/ha)											50
2,000	2,500	2,500	0	0	0	0	0	0	0	0	
عملکرد ماکریم (kg/ha)											50
1,750	3,000	2,750	1,725	13,30 0	14,25 0	11,87 5	9,500	1,438	900		
عملکرد ماکریم محصول فرعی (kg/ha)											
1,000	1,250	1,375	0	0	0	0	0	0	0	0	

#### ۴- یافته‌ها

ارزیابی اقتصادی طرح به منظور مشخص نمودن ارزش طرح برای کل جامعه صورت می‌پذیرد که این ارزیابی در چهار چوب تحلیل فایده و هزینه اجتماعی صورت می‌پذیرد [۷]. در این تحقیق نیز، پس از محاسبه هزینه‌ها و درآمدهای طرح در هر یک از سطوح آبیاری، اقدام به انتخاب گزینه بهینه گردید. با توجه به مبانی محاسبات اقتصادی طرح‌های توسعه منابع آب کشور [۲]، موارد زیر شامل هزینه‌های طرح، منافع طرح، طول دوره اجرا، هزینه‌های نگهداری و بهره‌برداری، دوره تطبیق و هزینه‌های جایگزینی در هر یک از سطوح آبیاری استخراج و جهت آنالیز اقتصادی مورد استفاده قرار گرفت. هزینه‌های طرح در سطوح مختلف آبیاری شامل هزینه‌های سد مخزنی، سد انحرافی، شبکه آبیاری و زهکشی و هزینه تسطیح اراضی می‌باشد. در مقابل، درآمدهای ناخالص حاصل از اجرای طرح در هر یک سطوح آبیاری بر اساس پیش شرط‌های اولیه و رابطه (۱) محاسبه گردید (جدول شماره (۵)).

### جدول شماره ۵- هزینه‌ها و درآمدهای ناخالص در هر یک از سطوح آبیاری - (میلیون ریال)

درآمد ناخالص	هزینه						سطح زیر کشت (ha)	درصد تامین نیاز
	جمع	سد مخزنی	سد انحرافی	تسطیح اراضی	شبکه زهکشی	شبکه آبیاری		
264,549	880,419	500,000	15,000	34,389	29,085	111,736	19,035	100
264,687	885,868	500,000	15,000	36,199	30,615	111,120	20,037	95
264,819	908,939	500,000	15,000	38,210	32,004	119,256	21,150	90
264,990	930,109	500,000	15,000	40,457	33,573	126,025	22,394	85
265,181	937,587	500,000	15,000	42,986	34,243	126,565	23,794	80
265,373	949,987	500,000	15,000	45,852	35,333	128,809	25,380	75
265,620	974,843	500,000	15,000	49,127	37,483	135,812	27,193	70
265,875	985,464	500,000	15,000	52,906	38,437	136,389	29,285	65
266,205	1,015,042	500,000	15,000	57,314	41,003	144,204	31,725	60
266,594	1,038,380	500,000	15,000	62,525	43,053	148,612	34,609	55
267,023	1,080,222	500,000	15,000	68,777	46,683	159,651	38,070	50

### ۵- کاوش

جهت تحلیل اقتصادی مطابق توصیه سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور، هزینه‌ها و درآمدهای حاصل از فعالیتهای زراعی در طول عمر طرح در سطوح مختلف کم آبیاری مورد مقایسه قرار گرفت. بر اساس مبانی محاسبات اقتصادی طرح‌های توسعه منابع آب [۲] شاخصهای اقتصادی سطوح مختلف آبیاری با نرخ بهره‌های صفر، ۶، ۷، ۸، ۱۰، ۱۲، ۱۴، ۱۶ و ۲۰ درصد محاسبه شد (جدول شماره ۶). مطابق نتایج ارائه شده در جدول اخیر، طرح حاضر در سطح کم آبیاری ۱۰ درصد (تامین ۹۰ درصد نیاز آبی گیاهان الگوی کشت) با نرخ بهره ۷ درصد<sup>۱</sup>، دارای بالاترین نسبت فایده به هزینه و سود خالص به ترتیب معادل ۲/۲ و ۱۱۱۳ میلیارد ریال می‌باشد، که بیانگر اقتصادی بودن طرح و توجیه پذیری مناسب آن نسبت به سایر سطوح (حتی آبیاری کامل) می‌باشد. همچنین نتایج نشان می‌دهد که نرخ بازده داخلی<sup>۲</sup> این سطح برابر ۱۲/۴ می‌باشد.

با توجه به عدم دسترسی به نقشه‌های دقیق و بزرگ مقیاس، احتمال افزایش احجام عملیاتی و در نتیجه افزایش هزینه‌های اجرایی محتمل می‌باشد. لذا حساسیت طرح نسبت به افزایش هزینه‌های اجرایی به میزان ۲۰ درصد با ثابت بودن درآمدهای ناخالص طرح، مورد تحلیل قرار گرفت. در شرایط مذکور نیز نسبت فایده به هزینه طرح با نرخ بهره ۷ درصد حدود ۱/۸ و نرخ بازده داخلی طرح حدود ۱۱/۷ درصد در سطح کم آبیاری منتخب (۱۰ درصد) خواهد بود که نشان دهنده توجیه پذیری تحت این شرایط است.

۱- نرخ بهره انتخابی در این تحقیق به عنوان حداقل نرخ قابل قبول(Cut of Rate) با توجه به نرخ رایج و مورد توصیه سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور در مورد طرحهای توسعه منابع آب معادل ۷ درصد می‌باشد.

2- Internal Rate of Return

همچنین احتمال عدم دستیابی به عملکردهای پیش بینی شده در طرح به دلیل عدم تحقق تمامی پیش فرضهای منظور شده در شرایط توسعه نیز محتمل می باشد. لذا وضعیت توجیه پذیری طرح در مقابل کاهش ۲۰ درصدی درآمدها و ثابت ماندن هزینه ها نیز بررسی شد. در این شرایط در سطح کم آبیاری منتخب (۱۰ درصد)، نسبت فایده به هزینه طرح با نرخ بهره ۷ درصد حدود ۱/۷ و نرخ بازده داخلی طرح حدود ۱۱/۳ درصد حاصل گردید که دلالت بر آن دارد که شرایط مذکور توانسته است توجیه پذیری را ساقط نماید. بنابراین با اعمال حساسیت های فوق الذکر بصورت کاهش درآمدها و افزایش هزینه ها، سطح کم آبیاری ۱۰ درصد با حفظ توجیه پذیری اقتصادی در نرخ بهره ۷ درصد همچنان به عنوان گزینه بهینه انتخاب گردید.

مطابق جدول شماره (۶)، نسبت سود به هزینه با نرخ بهره ۷ درصد در شرایط آبیاری کامل و تامین ۸۰ درصد نیاز یکسان می باشد. به عبارتی دیگر در شرایط محدودیت منابع آب، با صرفه جوئی به میزان ۲۰ درصد در آب مصرفی، ضمن ثابت ماندن نسبت سود به هزینه، به سطح زیر کشت حدود ۲۵ درصد افزوده خواهد شد که خود باعث ایجاد ارزش افزوده بیشتر نسبت به حالت آبیاری کامل خواهد شد.

جدول شماره ۶- شاخصهای اقتصادی در سطوح مختلف آبیاری

درصد تامین نیاز آبی الگوی کشت											نرخ بهره (درصد)
50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	
ارزش حال حاصل <sup>۱</sup> (میلیارد ریال)											
5,753	6,018	6,224	6,411	6,553	6,695	6,809	6,904	7,009	6,833	6,849	0
980	1,078	1,151	1,221	1,269	1,323	1,362	1,395	1,436	1,392	1,399	6
701	790	856	919	962	1,011	1,046	1,075	1,113	1,077	1,083	7
474	556	616	674	712	758	790	816	851	821	828	8
125	197	248	299	332	372	400	422	453	432	438	10
-134	-68	-22	24	52	89	114	133	162	148	154	12
-339	-277	-235	-191	-166	-131	-108	-91	-64	-72	-67	14
-509	-450	-410	-369	-345	-312	-290	-274	-248	-253	-247	16
نسبت فایده به هزینه <sup>۲</sup>											
6.5	7.0	7.4	7.8	8.0	8.4	8.6	8.8	9.1	9.2	9.3	0
1.9	2.0	2.1	2.2	2.3	2.3	2.4	2.4	2.5	2.5	2.5	6
1.6	1.8	1.8	1.9	2.0	2.0	2.1	2.1	2.2	2.1	2.1	7
1.4	1.5	1.6	1.7	1.7	1.8	1.8	1.8	1.9	1.9	1.9	8
1.1	1.2	1.2	1.3	1.3	1.4	1.4	1.4	1.5	1.4	1.5	10
0.9	0.9	1.0	1.0	1.1	1.1	1.1	1.1	1.2	1.1	1.2	12
0.7	0.8	0.8	0.8	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	14
0.6	0.6	0.7	0.7	0.7	0.7	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	16

1 - Net Present Value

2 - Benefit Cost Ratio

## ۶- توصیه و پیشنهاد

در تحقیق حاضر اثر اعمال کم آبیاری بر طراحی شبکه‌های آبیاری و زهکشی با هدف افزایش سودآوری پروژه مورد بررسی قرار گرفت و نتایج تحقیق دلالت بر آن دارد که اعمال ۱۰ درصد کم آبیاری در طراحی شبکه، سبب افزایش سود آوری پروژه خواهد شد. علاوه بر آن افزایش حدود ۱۱ درصدی سطح زیر کشت (۲۱۱۵ هکتار) در این حالت نسبت به حالت آبیاری کامل باعث ایجاد ارزش افزوده بیشتر در منطقه خواهد شد.

گرچه ممکن است جهت طراحی شبکه آبیاری و زهکشی، انتخاب سطح بهینه تامین نیاز آبی گیاهان الگوی کشت در هر منطقه بدین روش مشکل بنظر رسد، ولی دستیابی به رشد مطلوب در تولید مواد غذائی، صرفاً از طریق انتخاب گزینه‌های مناسب تر ممکن خواهد بود. نتایج حاصل از این تحقیق می‌تواند گواهی خوبی جهت کاهش حداکثر ظرفیت پروژه در جهت افزایش سود آوری پروژه باشد.

بنابراین توصیه می‌گردد در طراحی شبکه‌های مدرن آبیاری و زهکشی اثر اعمال کم آبیاری بعنوان یکی از گزینه‌هایی که می‌تواند سودآوری پروژه را افزایش دهد، اگر چه نباید از مدیریت بحث برانگیز کم آبیاری در حین بهره برداری غفلت نمود، مد نظر قرار گیرد.

## ۷- منابع

- ۱- بی نام (۱۳۷۲). استاندارد ضوابط عمومی طراحی شبکه‌های آبیاری و زهکشی. چاپ اول. وزارت نیرو، دفتر استاندارد مهندسی آب، ۶۴ ص.
- ۲- بی نام (۱۳۸۰). مبانی محاسبات اقتصادی طرح‌های توسعه منابع آب. چاپ اول. معاونت امور فنی، دفتر امور فنی و تدوین معیارها، تهران - سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور، معاونت امور پشتیبانی، مرکز مدارک علمی و انتشارات، ۲۰ ص.
- ۳- بی نام (۱۳۸۱). فهرست بهای واحد پایه رشتہ آبیاری و زهکشی رشتہ مهندسی آب. چاپ دوم. معاونت امور فنی، دفتر امور فنی و تدوین معیارها، تهران - سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور، معاونت امور پشتیبانی، مرکز مدارک علمی و انتشارات، ۹۳ ص.
- ۴- بی نام (۱۳۸۰). مطالعات توسعه منابع آب رودخانه‌های نرماب - چهل چای و شبکه آبیاری و زهکشی تحت پوشش (گنبد - مینودشت). مهندسین مشاور آب و توسعه پایدار، تهران، ۲۲ جلد.
- ۵- توکلی، ع، و فرداد، ح (۱۳۷۵). بهینه سازی کم آبیاری بر اساس توابع تولید، هزینه و قیمت چغدرقدن در کرج. ارائه شده در دومین کنگره ملی مسایل آب و خاک کشور، تهران.
  
- 6- Dewit, C. T. (1985). Transpiration and Crop Yields. Versl Land Bouwkd, Donderzock. P 60-64.
- 7- Dinar, A. and Zilberman, D. (1993). The Economics and Management of Water and Drainage in Agriculture. 2<sup>nd</sup> edn. Kluwer Academic, U.S.A.

- 8- **Doorenbos, J. and Pruitt, W.O.** (1977). Guidelines For Predicting Crop Water Requirements. Irrigation And Drainage Paper No. **24**. FAO, Rome, Italy.
- 9- **English, M. J.** (1990). Deficit Irrigation: Observation In The Columbia Basin. Journal of American Society of Agricultural Engineers (IR), **116(3)**: 413-426.
- 10- **English, M. J., Musick, J. T. and Murty, V. V. N.** (1990). Deficit Irrigation. In: Management of Farm Irrigation Systems, Eds. Hoffman, G. J., Howell, T. A. and Solomon, K. H. American Society of Agricultural Engineers, U.S.A.
- 11- **Hanks. R. J. R. W. Hill, and J. wright** (1983). Crop Yield Models Adapted to Irrigation Scheduling Programs. Department of Agricultural and Irrigation Engineering, Utah State University Printing, Logan, Utah.
- 12- **Hoffman, G.J., Howell, T.A. and Solomon, K.H.** (1990). Management of Farm Irrigation Systems. 1<sup>st</sup>edn. American Society of Agricultural Engineers, U.S.A.
- 13- **Jensen, M. E.** (1968). Water Consumption by Agricultural Plants. In Water Deficits and Plant Growth II. Kozlowski T. T. (Ed) Academic Press, New York.
- 14- **Minhans. B. S. K. S. Parikh and T. N. Sinivasan** (1984). Toward The Structure of a Production Function for Wheat Yield. Irr.Water.Re.**10**: 383-393.
- 15- **Parikh, H, S., Shete, D. T., Modi, P. M.** (1994). Characterization of Yield Response under Drip Irrigation. 17<sup>th</sup> European Regional Conference on Irrigation and Drainage. Varna, Bulgaria. P 89-96.
- 16- **Smith, M., Clarke, D. and El-Askari, K.** (1998). CROPWAT for Windows, User Guide. Available on The: url: <http://www.fao.org/>
- 17- **Veeranjaneyulu, P., Shete, D. T., Modi, P. M.** (1994). Yield Response Characterization under Basin for Deficit Irrigation. 17<sup>th</sup> European Regional Conference on Irrigation and Drainage. Varna, Bulgaria. P 117-126.

## Economic Investigation of Implementing Deficit Irrigation in The Design of Irrigation Projects.

### Abstract

Irrigation and drainage projects are usually design with the goal of completely satisfying project crop water requirement during peak periods in order to be capable of achieving crop production at maximum possible level. This design strategy may not be anymore economically feasible and recommendable due to the increasing cost of project construction and limitation of renewable water resources. In order to investigate this issue, an irrigation project in Gonbad-Minodasht region was designed in order to meet various level of crop water requirement ranging from 50, 55 ...95,100 percent of actual crop water needs. After designed the project for every levels of irrigation water requirement, the total cost and benefit of the project were computed and economical analysis was per formed considering variable interned rates.

Results indicate that designing and sizing the project in a manner to be capable of satisfying only 90% of the crop water requirement produce the highest B/C ratio 7% interned rate. The greatest internal rate of return equal to 13.4% was obtained at such deficit irrigation level (10%). Designing the project at 10% deficit irrigation increased the total project revenue significantly and the irrigation land area by 11%.

**Keyword:** Water Scarcity, Deficit Irrigation, Design of Irrigation and Drainage Network



## کارگاه فنی آبیاری سطحی مکانیزه

۱۳۸۴ آذر ماه ۱۳

بررسی تاثیر عملیات زیرشکن روی خصوصیات فیزیکی خاک و رطوبت قابل

استفاده گیاه چغندر قند<sup>۱</sup>

سید ابراهیم دهقانیان، علی‌اکبر صلح‌جو<sup>۲</sup>

### چکیده

بررسی تراکم خاک در مزارع به دلیل تاثیر آن بر جرم مخصوص ظاهری، شاخص مخروط، درصد رطوبت خاک، میزان رشد و نمو و تولید محصول اهمیت زیادی دارد. در این طرح تاثیر زیرشکنی خاک و دور آبیاری در قالب طرح آماری اسپلیت بلوک و درسه تکرار بر روی عملکرد و خصوصیات عملکردی چغندرقند، جرم مخصوص ظاهری، شاخص مخروط، درصد رطوبت خاک و کارآئی مصرف آب بررسی شد. تیمار اصلی دور آبیاری شامل سه دور ۷، ۱۰ و ۱۴ روز که بترتیب با I<sub>1</sub>, I<sub>2</sub> و I<sub>3</sub> و تیمار فرعی عملیات خاک ورزی شامل سه روش فقط استفاده از گاو آهن برگردان دار و بدون زیرشکنی خاک (شاهد)، زیرشکنی خاک به عمق ۳۰-۳۵ سانتیمتر+ گاو آهن برگردان دار و زیرشکنی خاک به عمق ۴۰-۴۵ سانتیمتر + گاو آهن برگردان دارکه بترتیب با S<sub>0</sub>, S<sub>1</sub> و S<sub>2</sub> نشان داده شدند، انتخاب گردیدند.

نتایج نشان می‌دهد که زیرشکنی خاک باعث کاهش شاخص پارامترهای مانند شاخص مخروط به میزان ۱۳٪ و جرم مخصوص ظاهری خاک به میزان ۴٪ و افزایش پارامترهای مانند طول ریشه به میزان ۱۵٪، رطوبت قابل استفاده گیاه در عمق انجام عملیات زیر شکنی (۳۰-۵۰ سانتیمتر) از سطح خاک) به میزان ۱۶٪، نفوذ پذیری آب در خاک به میزان ۶۰٪ و عملکرد ریشه چغندرقند به میزان ۲۱٪ شد. با توجه به نتایج بدست آمده انجام عملیات زیرشکنی خاک باعث بهبود شرایط فیزیکی خاک و افزایش ذخیره رطوبت قابل دسترس گیاه در خاک و عملکرد چغندرقند شده است، لذا پیشنهاد می‌گردد در مزراعی که دارای تراکم خاک هستند از زیرشکن استفاده شود.

۱- برگرفته از طرح تحقیقاتی مصوب موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی با عنوان «بررسی تاثیر عملیات زیرشکن، تداوم اثر و دور آبیاری بر روی تولید چغندرقند»

۲- اعضای هیئت علمی بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی فارس، زرگان دورنگار ۰۷۱۲-۲۲۲۴۷۱، پیام نگار SED1348@yahoo.com

## واژه‌های کلیدی

زیرشکن، دور آبیاری، جرم مخصوص ظاهری خاک، رطوبت خاک، عمق ریشه، چغدرقند

## مقدمه

کلیه عملیات زراعی در فشردگی خاک، هم در سطح و هم در عمق موثرند. در اثر عبور چرخهای تراکتور در ضمن اجرای عملیات زراعی جرم مخصوص ظاهری و مقاومت خاک افزایش می‌یابد در نتیجه حرکت آب و جریان هوا در اطراف ریشه کاهش یافته و احتمالاً تولید محصول کاهش می‌یابد (۶ و ۹). با افزایش تراکم خاک، گنجایش رطوبتی خاک کاهش می‌یابد(۵). به دلیل مکانیزه شدن کشاورزی و افزایش وزن ماشینهای کشاورزی، تراکم خاک بصورت یک مشکل چند بعدی در مقابل کشاورزی پایدار شناخته شده و شامل اثرات متقابل ماشین، خاک، گیاه و اقلیم است (۱۲). تراکم خاک باعث کاهش تهویه خاک می‌گردد این عامل باعث کاهش اکسیژن قابل دسترس گیاه و افزایش  $\text{CO}_2$  خاک می‌گردد که باعث صدمه رساندن به گیاه می‌شود. افزایش عمق شخم باعث افزایش نفوذ پذیری آب در خاک و افزایش حفظ و نگهداری رطوبت خاک می‌گردد. در خاکهایی که متراکم بوده اند، با انجام عملیات زیرشکن، طول ریشه و عملکرد محصول افزایش یافته است (۱۰ و ۱۲).

نتایج نشان می‌دهد که در اثر سست کردن خاک تا عمق ۴۰ سانتیمتر، حدود ۵/۸ درصد افزایش رطوبت خاک زمستانه در عمق ۵۰-۰ سانتیمتر میزان جرم مخصوص ظاهری خاک در حدود ۱۵ درصد کاهش یافته است. پس از گذشت ۳ سال میزان جرم مخصوص ظاهری خاک و مقاومت برشی به حالت قبل از سست کردن خاک رسیده است. سست کردن عمق خاک باعث افزایش آب قابل انتقال و افزایش منافذ نگهداری آب می‌شود که منتهی به افزایش رطوبت خاک در سه سال مورد نظر شده است (۱۳). خاکورزی عمیق به عمق ۳۰-۴۰ سانتیمتر باعث افزایش نفوذپذیری آب در خاک، عملکرد چغدرقند، بهبود تهویه خاک و کاهش جرم خصوص ظاهری خاک و پوسیدگی چغدرقند شده است (۱۵). شاخص سطح برگ و وزن خشک اندام هوایی چغدرقند با افزایش دور آبیاری کاهش یافته است. ماده خشک ریشه با افزایش تنش رطوبتی کاهش یافته که علت آن ممکن است مربوط به کاهش عرضه کربوهیدرات‌ها از طریق برگها به اندام‌های هوایی باشد(۲). مقاومت زیاد لایه‌های خاک در محدوده فعالیت ریشه گیاه، باعث محدود شدن ریشه‌زنی، کاهش تهیه آب و مواد غذایی جهت گیاهان می‌شود. زیرشکنی خاک می‌تواند باعث بیمه محصول در مقابل تنش آبی در رویدادهای موقتی در قطع سیستم آبیاری، بویژه در خاکهای شنی شود، بخصوص در جائیکه ضرر تنش آبی تا چند روز ادامه یابد(۱۵).

هدف از اجرای این طرح بررسی تاثیر عملیات زیرشکن در دو عمق نسبت به خاکورزی مرسوم (شخم با گاوآهن برگردان‌دار) و سه دور آبیاری بر خصوصیات فیزیکی و رطوبت خاک در محصول چغدرقند است

## مواد و روش‌ها

این تحقیق در ایستگاه تحقیقات کشاورزی زرCAN فارس اجرا گردید. زرCAN در طول جغرافیایی ۵۲ درجه و ۴۳ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۲۹ درجه و ۴۷ دقیقه شمالی واقع گردیده است. ارتفاع از سطح دریا ۱۵۱۵ متر و میانگین بارندگی سالیانه آن ۳۴۱ میلیمتر است. بافت خاک مزرعه مورد آزمایش رسی سیلت دار بود. این تحقیق در قالب طرح آماری اسپلیت بلوك انجام گرفت. تیمار اصلی دورآبیاری و تیمار فرعی عملیات خاک ورزی، درسه تکرار بود. تیمارهای دورآبیاری شامل ۷ (I<sub>1</sub>), ۱۰ (I<sub>2</sub>) و ۱۴ روز (I<sub>3</sub>) و تیمارهای خاک ورزی شامل استفاده از گاوآهن برگردان دارو بدون کاربرد زیرشکن(S<sub>0</sub>), زیرشکن خاک به عمق ۲۵ - ۳۰ سانتیمتر + گاوآهن برگردان دار(I<sub>1</sub>) و زیرشکن خاک به عمق ۴۰ - ۴۵ سانتیمتر + گاوآهن برگردان دار(S<sub>2</sub>) می‌باشد. ابعاد هر تیمار روی زمین دارای ۵ متر عرض و ۲۳ متر طول بود. زیرشکن خاک در مهر ماه و در رطوبت ۱۳/۷ درصد (میانگین درصد رطوبت عمق‌های ۵۰ - ۰ سانتیمتر) برای تیمارهای مورد نظر انجام شد. عملیات شخم با گاوآهن برگردان دار و به عمق ۲۰-۲۵ سانتیمتر انجام گرفت. برای انجام عملیات خاک ورزی ثانویه از دو دفعه عبور دیسک برای کلیه تیمارها استفاده شد. میزان کود مصرفی N , P, K بترتیب برابر با ۱۲۶، ۴۱ و ۴۰ کیلو گرم در هکتار بود که کودهای فسفر(فسفات آمونیوم) و پتاسیم (سولفات پتاسیم) در زمان کاشت و نیمی از کود نیتروژن اوره به صورت سرک استفاده شد. جهت کاشت چغندرقند از رقم PP22 بصورت یک ردیف روی پشت و به میزان ۱۰ کیلو گرم در هکتار و در فروردین ماه استفاده شد. تعداد ردیفهای کاشت در هر کرت ۶ ردیف و فاصله بین آنها ۶/ متر بود. کرتها در بعداز کاشت به تعداد دو دفعه آبیاری گردید و سپس تیمارهای آبیاری اعمال شد. فاصله بین بوته‌ها پس از تنک کردن، در حدود ۲/ متر بود. عوامل اندازه گیری شده شامل شاخص مخروط، جرم مخصوص ظاهری و درصد رطوبت خاک، میزان آب مصرفی، عمق نفوذ ریشه و عملکرد چغندرقند بود که بشرح زیر اندازه گیری صورت گرفت:

شاخص مخروط خاک مزرعه مورد نظر بوسیله دستگاه نفوذسنج مخروطی و به تعداد ۱۰ نفوذ در هر پلات اندازه گیری شد. برای اجرای آزمایش با دستگاه نفوذسنج از یک مخروط با زاویه ۳۰ درجه و قطر ۱۲/۸۳ میلیمتر استفاده گردید که برابر استاندارد انجمان مهندسی کشاورزی آمریکا ساخته شده است (۱۴). جهت تعیین جرم مخصوص ظاهری خاک از استوانه‌های نمونه گیری استفاده می‌گردد. نمونه گرفته شده را در درجه حرارت ۱۰۵ درجه سانتیگراد و به مدت ۲۴ ساعت قرارداده و وزن خشک آن محاسبه گردید. از تقسیم وزن خشک خاک به حجم نمونه برداشت شده، جرم مخصوص ظاهری خاک بدست آمد. در هر کرت قبل از انجام عملیات خاک ورزی و بعد از اولین آبیاری و در دو نقطه از عمق صفر تا ۵۰ سانتیمتر و در فواصل ۱۰ سانتیمتری از روی پشت‌ها جرم مخصوص ظاهری خاک اندازه گیری شد.

بطور متوسط در چند نوبت آبیاری از سه عمق صفر تا ۱۵، ۱۵ تا ۳۰ و عمق ۳۰ تا ۵۰ سانتیمتری خاک قبل از انجام آبیاری و سه روز بعد از انجام آبیاری نمونه رطوبتی به روش وزنی تهیه و درصد رطوبت وزنی

خاک در عمق پروفیل خاک تا ۵۰ سانتیمتری اندازه گیری گردید. برای محاسبه آب مورد نیاز گیاه ابتدا تبخیر و تعرق محاسبه شد، برای محاسبه تبخیر و تعرق پتانسیل گیاه مرجع از روش زندپارسا-سپاسخواه استفاده گردید (۳). در این روش از داده‌های هواشناسی استفاده شده و تبخیر و تعرق پتانسیل گیاه مرجع از رابطه زیر محاسبه گردید:

$$ET_0 = e^{-7.38} Ra^{1.11} TD^{0.83} (T+25)^{1.32}$$

-  $ET_0$  - تبخیر و تعرق پتانسیل گیاه مرجع برحسب میلیمتر در روز

- T - متوسط دمای ماهانه بر حسب درجه سانتیگراد

- TD - اختلاف بین متوسط دمای حداقل و حداقل ماهانه برحسب درجه سانتیگراد

- Ra - مقدار شعشع بالای جو برحسب میلیمتر در روز

e - عدد نپرین

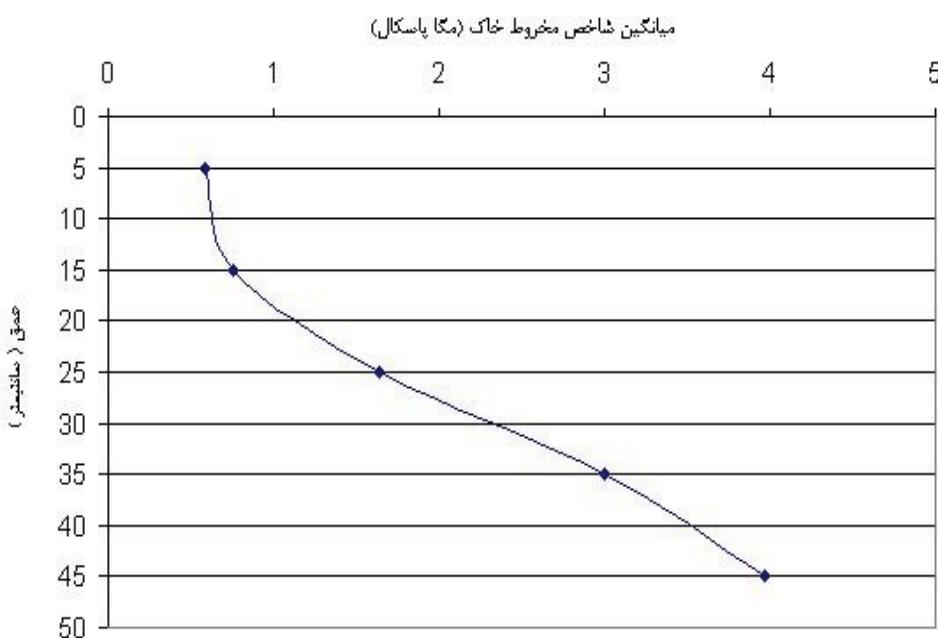
جهت محاسبه نیاز آبی گیاه، اطلاعات هواشناسی از ایستگاه هواشناسی زرقان تهیه گردید. بعد از محاسبه تبخیر و تعرق، ضرائب گیاهی مورد نیاز در مراحل مختلف رشد، از روش فائو (FAO) محاسبه شد (۱۱). در هنگام آبیاری مقدار آب محاسبه شده (که از حاصل ضرب تبخیر و تعرق پتانسیل گیاه مرجع در ضریب گیاهی هر مرحله رشد در مساحت هر کرت بدست می‌آید) از طریق کنتور حجمی در هر کرت اعمال گردید. جهت اندازه گیری نفوذ آب به داخل خاک، از روش بیلان آب در خاک در جویچه‌ها استفاده گردید. به همین منظور از دو عدد پارشال فلوم یک اینچی کالیبره شده، در ابتدا و انتهای جویچه میانی هر کرت استفاده شد و با اندازه گیری مقادیر آب ورودی و خروجی به جویچه و از تقسیم میزان اختلاف آب ورودی و خروجی بر طول جویچه، نفوذپذیری در جویچه‌ها بدست آمد. اندازه گیری‌های مذکور در آبیاری پی آب صورت گرفته است.

همچنین جهت تعیین عمق نفوذ ریشه چغندر قند در هر کرت ۱۵ عدد چغندر قند بطور تصادفی انتخاب شده و بوسیله حفر پروفیل در کنار ریشه، عمق ریشه اندازه گیری شده و میانگین آن جهت هر کرت منظور شد. برای تعیین عملکرد چغندر قند در هر کرت، در فاصله طولی ۱۰ متر، سه ردیف را برداشت کرده و پس از وزن کردن به عنوان عملکرد هر کرت منظور گردید. جهت محاسبات آماری از نرم افزار MSTAT و برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون چند دامنه ای دانکن استفاده شد.

## نتایج

### شاخص مخروط خاک

میانگین ارقام شاخص مخروط خاک در قبل از عملیات خاک ورزی با توجه به عمق خاک بین ۰/۵۹-۳/۹۷ مگاپاسکال است که نشان دهنده افزایش شاخص مخروط خاک با افزایش عمق خاک است (شکل ۱).



شکل ۱- وضعیت میانگین شاخص مخروط با عمق خاک قبل از انجام تیمارهای خاک ورزی

### جرم مخصوص ظاهری خاک

نتایج نشان می‌دهد که عملیات خاک ورزی تاثیر معنی داری در سطح ۵ درصد بر میزان جرم مخصوص ظاهری خاک در عمقهای ۱۰-۳۰ و ۳۰-۴۰ سانتیمتر داشته و در عمقهای ۱۰-۲۰ و ۴۰-۵۰ سانتیمتر در سطح ۱٪ معنی دار شده است. نتایج آزمون دانکن در جدول ۱ نشان می‌دهد که بیشترین میزان جرم مخصوص ظاهری خاک بترتیب با مقادیر  $1/37$ ,  $1/47$ ,  $1/56$ ,  $1/62$  و  $1/68$  گرم بر سانتیمتر مکعب جهت عمقهای صفر تا ۵۰ سانتیمتر مربوط به تیمار  $S_0P_1$  (شاهد) و کمترین آن بترتیب با مقادیر  $1/31$ ,  $1/41$ ,  $1/49$ ,  $1/54$  و  $1/58$  گرم بر سانتیمتر مکعب جهت عمقهای صفر تا ۵۰ سانتیمتر مربوط به تیمار  $S_2P_1$  است. میزان جرم مخصوص ظاهری خاک در تیمارهای زیرشکن زده شده کمتر از تیمار گاوآهن برگردان دار به تنها ی است ولی این میزان کاهش، در تیمار زیرشکن به عمق ۴۰-۴۵ سانتیمتر ( $S_2P_1$ ) بیشتر است. علت آن شکستن سخت لایه موجود در زیر عمق شخم مرسوم بوسیله گاوآهن برگردان دار و انجام عملیات خاک ورزی در عمق پائین تر از عمق شخم رایج است که در نهایت باعث افزایش خلل و فرج خاک و

کاهش جرم مخصوص ظاهری خاک می‌شود. دیگر محققین نیز نشان داده اند که زیرشکنی خاک باعث کاهش جرم مخصوص ظاهری خاک شده است (۱، ۴، ۶ و ۱۲).

**جدول ۱- مقایسه میانگین‌های شاخص مخروط و جرم مخصوص ظاهری خاک بعداز اولین آبیاری با توجه به نوع عملیات خاک ورزی**

جرم مخصوص ظاهری خاک (g/cm <sup>3</sup> )					تیمارهای خاک ورزی	ردیف
۴۰-۵۰ (cm)	۳۰-۴۰ (cm)	۲۰-۳۰ (cm)	۱۰-۲۰ (cm)	۰-۱۰ (cm)		
۱/۶۸a	۱/۶۲a	۱/۵۶a	۱/۴۷a	۱/۳۷ a	S <sub>0</sub>	۱
۱/۵۷b	۱/۵۷b	۱/۵۲ab	۱/۴۴b	۱/۳۳ab	S <sub>1</sub>	۲
۱/۵۸b	۱/۵۴b	۱/۴۹b	۱/۴۱c	۱/۳۱b	S <sub>2</sub>	۳

در هرستون میانگین‌هایی که دارای حروف غیرمشترک می‌باشند، اختلاف معنی دار دارند (دانکن ۵٪ بجز جرم مخصوص ظاهری خاک در عمق‌های ۱۰-۲۰ و ۴۰-۵۰ سانتیمتر که دانکن ۱٪ است).

### عمق نفوذ ریشه

نتایج نشان می‌دهد که عملیات خاک ورزی تاثیر معنی داری در سطح یک درصد برعمق نفوذ ریشه چغندرقدن داشته است ولی دورآبیاری و اثرات متقابل آنها تاثیر معنی داری نداشته است.

نتایج آزمون دانکن در جدول ۲ نشان می‌دهد بیشترین عمق نفوذ ریشه چغندرقدن در تیمارهای S<sub>2</sub>I<sub>1</sub> و S<sub>2</sub>I<sub>2</sub> بترتیب با مقادیر ۳۷/۴ و ۳۷/۲ سانتیمتر و کمترین آن در تیمار S<sub>0</sub>I<sub>3</sub> و با مقدار ۲۸/۵ سانتیمتر می‌باشد. عمق نفوذ ریشه چغندرقدن در تیمارهای زیرشکن زده شده بیشتر از گاوآهن برگردان دار به تنها است و علت آن نیز شکست لایه سخت موجود در زیر عمق شخم مرسوم بوسیله گاوآهن برگردان دار و انجام عملیات خاک ورزی در عمق پائین‌تر از عمق شخم مرسوم است. بطوريکه باعث کاهش جرم مخصوص ظاهری و شاخص مخروط خاک شده و در نهایت باعث کاهش مقاومت به نفوذ ریشه می‌گردد. دیگر محققین نیز نظرات مشابهی داشته‌اند (۸ و ۱۷).

### نفوذ پذیری آب در خاک

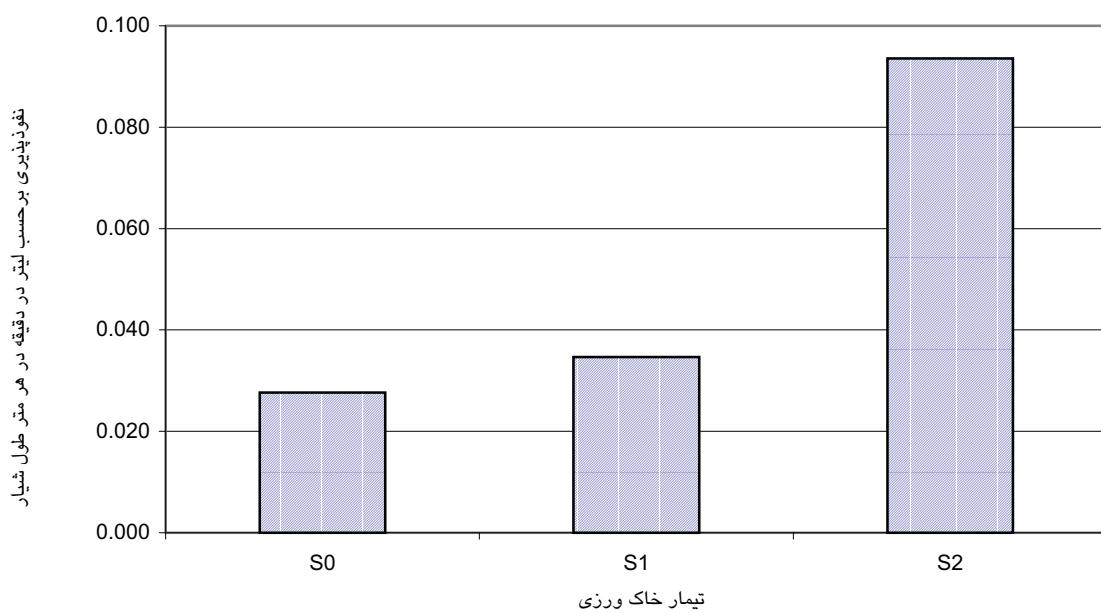
میانگین نفوذ پذیری آب در خاک در تیمارهای مختلف خاک ورزی در شکل ۲ نشان داده شده است. نتایج نشان می‌دهد که زیرشکنی خاک باعث افزایش نفوذ پذیری آب در خاک نسبت به تیمار شاهد شده است. بیشترین نفوذ پذیری با میانگین ۰/۰۹۴ لیتر در دقیقه در هر متر طول شیار مربوط به تیمار زیرشکنی خاک

به عمق ۴۰-۴۵ سانتیمتر و کمترین آن مربوط به تیمار شاهد با میانگین ۰/۰۲۸ لیتر در دقیقه در هر متر طول شیار است. صلح جو و نیازی (۱۳۸۰) نشان دادند که با زیرشکنی خاک نفوذ پذیری آب در خاک افزایش یافته است (۴).

جدول ۲- مقایسه میانگین عمق نفوذ ریشه در تیمارهای مختلف

ردیف	تیمارها	عمق نفوذ ریشه (cm)
۱	S <sub>0</sub> I <sub>1</sub>	۰/۹Cd
۲	S <sub>0</sub> I <sub>2</sub>	۰/۶۳Cd
۳	S <sub>0</sub> I <sub>3</sub>	۰/۵D
۴	S <sub>1</sub> I <sub>1</sub>	۰/۷bc
۵	S <sub>1</sub> I <sub>2</sub>	۰/۳ab
۶	S <sub>1</sub> I <sub>3</sub>	۰/۹cd
۷	S <sub>2</sub> I <sub>1</sub>	۰/۷A
۸	S <sub>2</sub> I <sub>2</sub>	۰/۷A
۹	S <sub>2</sub> I <sub>3</sub>	۰/۶cd

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف غیر مشترک می‌باشند، اختلاف معنی دار دارند (دانکن ۵٪)



شکل ۲- نمودار تاثیر عملیات خاک ورزی بر نفوذ پذیری آب در خاک

## آب مصرفی

برای محاسبه آب مورد نیاز گیاه ابتدا تبخیر و تعرق گیاه مرجع توسط روش سپاسخواه - زند پارسا محاسبه شده و سپس با استفاده از ضرایب گیاهی و اعمال راندمان آبیاری ۶۰ درصد، آب مورد نیاز گیاه محاسبه و به تیمارها اعمال گردید. جدول ۳ بعضی از پارامترهای هواشناسی و مقدار آب مصرفی را برای ماههای مختلف نشان می‌دهد.

جدول ۳ - اطلاعات ماهیانه درجه حرارت، متوسط درصد رطوبت نسبی و آب مصرفی چغندر قند

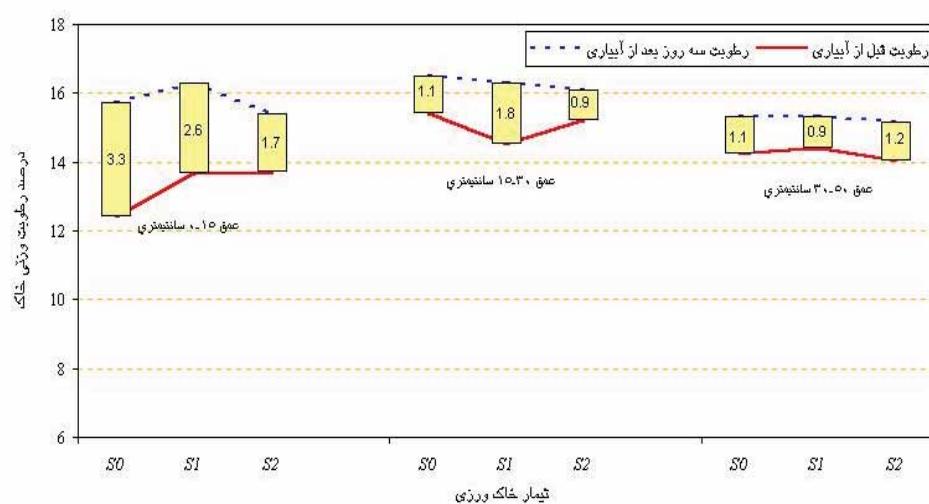
ماه	درجه حرارت ماهیانه (سانتیگراد)			متوسط درصد رطوبت نسبی	آب مصرفی چغندر قند (مترمکعب در هکتار)		
	حداقل	حداکثر	متوسط		I1	I2	I3
فروردین	۶/۲	۲۲/۲	۱۴/۲	۵۴	۸۵۰	۷۱۳	۸۹۷
اردیبهشت	۸/۸	۲۷/۰	۱۷/۹	۴۴	۱۵۹۱	۱۴۶۴	۱۷۰۵
خرداد	۱۳/۷	۳۳/۷	۲۳/۷	۲۸	۲۴۷۷	۲۹۳۱	۲۱۰۰
تیر	۱۸/۶	۳۸/۵	۲۸/۶	۲۲	۲۲۰۸	۲۰۰۲	۲۱۵۷
مرداد	۱۹/۰	۳۷/۸	۲۸/۴	۲۸	۲۵۰۱	۱۹۹۹	۲۱۵۵
شهریور	۱۵/۱	۳۵/۲	۲۵/۲	۲۴	۱۰۴۵	۱۵۴۸	۱۱۷۶
مهر	۹/۸	۲۹/۸	۱۹/۸	۲۹	۱۰۶۷۲	۱۰۶۵۶	۱۰۱۹۰

## تغییرات رطوبت در پروفیل خاک در تیمارهای مختلف

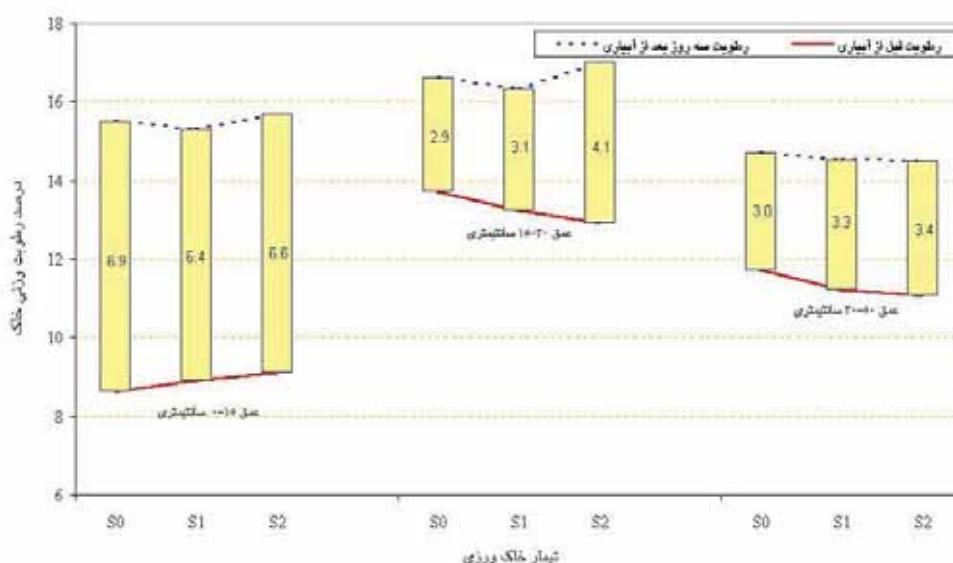
نتایج اندازه گیری متوسط رطوبت خاک در اعماق مختلف در طول فصل رشد نشان می‌دهد در تیمار دور آبیاری ۷ روزه که گیاه چغندر قند با تنفس رطوبتی کمتر مواجه بوده و آب مدام بسهولت در دسترس گیاه قرار داشته، برداشت رطوبت از اعماق پایین تر کمتر صورت گرفته که علت آن وجود سخت لایه و همچنین دسترسی راحت گیاه به آب است و ریشه‌ها بیشتر سطحی می‌باشند(شکل ۳).

در تیمار دور آبیاری ۱۰ روزه گیاه با تنفس آبی بصورت خفیف روپرور می‌باشد و لذا مجبور به جبران رطوبت از اعماق پایین تر می‌باشد. بنابر این عمق ریشه‌ها را افزایش می‌دهد تا به رطوبت ذخیره شده در این اعماق دسترسی داشته باشد. در تیمار دور آبیاری ۱۴ روزه که تنفس آبی بیشتر از تنفس در دو حالت قبل می‌باشد این موضوع بوضوح قابل لمس می‌باشد. همچنین در تیمارهایی که از زیرشکن استفاده شده با توجه به اینکه مقاومت در برابر نفوذ ریشه کمتر می‌باشد. لذا ریشه بسهولت به نفوذ خود ادامه می‌دهد و تراکم ریشه در این قسمت بیشتر از حالت بدون انجام عملیات زیرشکن می‌باشد. دلیل این ادعا برداشت بیشتر رطوبت در تیمارهای S1 و S2 در عمق ۱۵-۳۰ و ۳۰-۵۰ سانتیمتری پروفیل خاک می‌باشد. در تیمار دور ۱۰ روز رطوبت وزنی خاک قبل از آبیاری در عمق ۳۰-۵۰ سانتیمتری خاک به حدود ۱۱ درصد و در

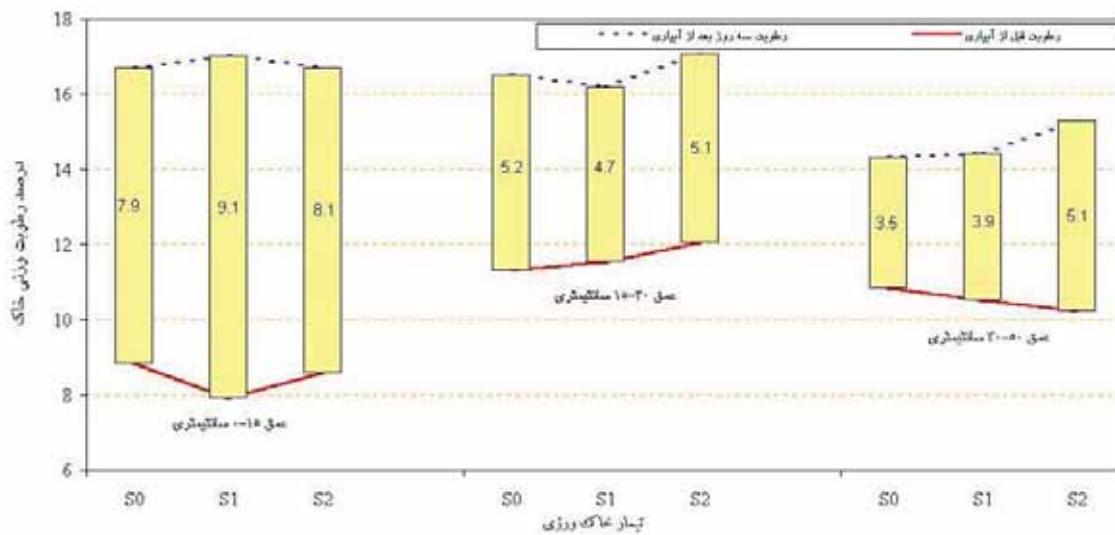
تیمار دور ۱۴ روز رطوبت قبل از آبیاری در همین عمق به حدود ۱۰.۰ تا ۱۱ درصد می‌رسد. از طرف دیگر زیرشکن زدن باعث افزایش خلل و فرج خاک و نفوذپذیری آب می‌گردد (شکل ۲). بنابر این رطوبت بسهولت به لایه‌های زیرین پروفیل خاک در ناحیه ریشه نفوذ کرده و در نهایت مقدار نخیره رطوبتی قابل استفاده گیاه را افزایش می‌دهد، و جذب آب در حجم بیشتری از خاک انجام می‌گیرد. لذا گیاه کمتر تحت تاثیر تنفس قرار گرفته و در نهایت تولید محصول نسبت به حالت عدم استفاده از زیرشکن خاک (شاهد) افزایش می‌یابد (شکل‌های ۴،۵). محققین دیگر نیز نشان داده اند که انجام عملیات زیر شکن در خاک‌های متراکم باعث افزایش نخیره رطوبتی در پروفیل خاک خاک گردیده است و همچنین ریشه نیز در عمق بیشتری نفوذ می‌کند و از حجم رطوبت بیشتری استفاده خواهد کرد (۱۰، ۱۲، ۱۳).



شکل ۳- مقایسه رطوبت خاک در انعماق مختلف قبل از آبیاری و سه روز بعد از آبیاری در تیمار آبیاری دور ۷ روزه



شکل ۴- مقایسه رطوبت خاک در انعماق مختلف قبل از آبیاری و سه روز بعد از آبیاری در تیمار آبیاری دور ۱۰ روزه



شکل ۵- مقایسه رطوبت خاک در اعماق مختلف قبل از آبیاری و سه روز بعد از آبیاری در تیمار آبیاری دو روزه\*

### عملکرد ریشه چغندر

نتایج نشان می‌دهد که عملیات خاکورزی و دور آبیاری تاثیر معنی داری در سطح یک درصد بر عملکرد چغندر قند داشته ولی اثرات متقابل آنها معنی‌دار نشده است. بیشترین عملکرد چغندر قند در عملیات خاکورزی در تیمارهای  $S_1I_1$  و  $S_1I_2$  بترتیب با مقادیر  $37/4$  و  $34/8$  تن در هکتار و کمترین آن مربوط به تیمار  $S_0I_1$  با مقدار  $30/6$  تن در هکتار می‌باشد. بیشترین عملکرد چغندر قند در دورهای آبیاری، در تیمار دور آبیاری ۷ روزیک بار ( $I_1$ ) با مقدار  $1/37$  تن در هکتار و کمترین آن با مقدار  $30/3$  تن در هکتار مربوط به تیمار دور آبیاری ۱۴ روز یک بار ( $I_3$ ) می‌باشد. بیشترین عملکرد چغندر قند با مقدار  $39/7$  تن در هکتار مربوط به تیمار  $S_2I_1$  و کمترین آن با مقدار  $25/3$  تن در هکتار مربوط به تیمار  $S_0I_3$  می‌باشد (جدول ۴).

عملکرد چغندر قند در تیمارهای زیرشکن زده شده بیشتر از گاوآهن برگردان دار به تنهائی است و علت آن نیز شکستن لایه سخت موجود در زیر عمق شخم مرسوم و انجام عملیات خاک ورزی در عمق پائین تر از عمق شخم مرسوم است. بطوریکه باعث کاهش جرم مخصوص ظاهری و شاخص مخروط خاک و افزایش عمق نفوذ ریشه و جذب آب و مواد غذایی در حجم بیشتری از پروفیل خاک شده و در نهایت، گیاه کمتر تحت تاثیرنشست قرار گرفته و عملکرد محصول افزایش می‌یابد. دیگر محققین نیز نظرات مشابهی داشته اند (۱۳ و ۸۵). عملکرد چغندر قند در زیرشکنی خاک در عمق  $40-45$  سانتیمتر+ گاوآهن برگردان دار با دور آبیاری ۱۴ روز یک بار ( $S_2I_3$ )، برابر با تیمار گاوآهن برگردان دار به تنهائی و دور آبیاری ۷ روز یک بار

( $S_0I_1$ ) شده است. لذا بمنظور می‌رسد که با انجام عملیات زیرشکن می‌توان دورآبیاری را افزایش و گیاه را در مقابل تنفس آبی مقاوم‌تر کرد (۱۰).

جدول ۴- مقایسه میانگین عملکرد چغندر قند در تیمارهای مختلف

ردیف	تیمارها	عملکرد چغندر قند (kg/ha)
۱	$S_0I_1$	۳۴۲۵۹bc
۲	$S_0I_2$	۳۲۱۲۹c
۳	$S_0I_3$	۲۵۳۳۳d
۴	$S_1I_1$	۳۷۳۷۰ab
۵	$S_1I_2$	۳۵۷۵۹abc
۶	$S_1I_3$	۳۱۳۸۸c
۷	$S_2I_1$	۳۹۷۴۰a
۸	$S_2I_2$	۳۸۰۰۷ab
۹	$S_2I_3$	۳۴۲۹۹bc

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف غیرمشترک می‌باشند، اختلاف معنی دار دارند (دانکن ۵٪)

### نتیجه‌گیری

با توجه باینکه زیرشکنی خاک باعث شکسته شدن سخت لایه زیرعمق شخم مرسوم می‌گردد. بطوریکه جرم مخصوص ظاهری و شاخص مخروط خاک کاهش و عمق نفوذریشه چغندرقند و نفوذپذیری آب و موادغذائی در خاک افزایش می‌یابد. همچنین زیرشکنی خاک باعث گردیده نخیره رطوبتی خاک که قابل استفاده برای گیاه می‌باشد افزایش یابد، اینکار از طریق افزایش عمق ریشه در ناحیه زیرشکن خورده پروفیل خاک امکان پذیر شده است. لذا گیاه کمتر تحت تاثیر تنش‌های رطوبتی قرار می‌گیرد و عملکرد چغندرقند در اثرکاربرد زیرشکن افزایش یافته است همچنین می‌توان دورآبیاری را نیز افزایش داد. بنابراین بنظرمی‌رسد که تیمارهای زیرشکنی خاک با دورهای آبیاری ۷ و ۱۰ روز ( $S_1I_1$ ,  $S_2I_1$ ,  $S_1I_2$  و  $S_2I_3$ ) جهت تولید چغندرقند مناسب باشند.

### فهرست منابع

- آсад، م. ت، م. خردناه، ع. ا. کامکار حقیقی، ن. ع. کریمیان و ک. فارسی نژاد. ۱۳۷۹. برهمکنش چغندرقند به سطوح نیتروژن و آبیاری و زمان کاربرد نیتروژن. مجله علوم کشاورزی ایران، شماره ۳: ۴۴۳-۴۲۷.

- ۲- جهاد اکبر، م. ر، ح. ر. ابراهیمیان، ش. حاج رسولیها و س. ی. صادقیان. ۱۳۷۸. تاثیر کم آبیاری در ابتدای فصل رشد بر شاخص‌های رشد چغندرقند. چغدرقند، ۱۵: ۵۵-۳۷.
- ۳- زندپارسا، ش. و ع. سپاسخواه. ۱۳۷۵. تعیین تبخیر و تعرق پتانسیل گیاه مرجع براساس برخی از عوامل قابل اندازه گیری درایستگاههای هواشناسی در ایران. ششمین سمینار سراسری آبیاری و کاهش تبخیر، ۳۰-۱۸.
- ۴- صلح جو، ع. ا. و م. لغوی. ۱۳۷۹. رطوبت مناسب خاک جهت اندازه گیری شاخص مخروط، توسط دستگاه نفوذسنج مخروطی. مجله تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، شماره ۱۷: ۵۰-۴۳.
- ۵- عزیزی آق قلعه، ب. ۱۳۸۰. اثر اختلال سه نوع ماده آلی با خاک بر حداکثر چگالی ویژه ظاهری خشک و گنجایش رطوبت بحرانی خاک در طول فشردگی. علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، شماره ۳: ۶۳-۴۹.
- ۶- مصدقی، م. ر، م. ع. حاج عباسی، ع. همت و م. افیونی. ۱۳۷۸. اثر رطوبت خاک و کود دامی بر تراکم پذیری خاک مزرعه لورک. علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، شماره ۴: ۲۹-۲۷.
- 7- ASAE. 1995 . Soil cone penetrometer. ASAE standard S313.2. Agricultural Enginnering Year Book, P. 683.
- 8- Black, G. R., W. W. Nelson and R. R. Allmaras. 1976. Persistance of subsoil compaction in a mollisol. Soil. Sci. Soc. Am. J. 40: 943-948.
- 9- Cassel, D. K. and E. C. Edwards. 1985. Effects of subsoiling and irrigation on corn production. Soil Sci. Soc. Am. J. 49(4): 996-1001.
- 10-Ngunjiri, G. M. N. and J. C. Siemens. 1995. Wheel traffic effects on corn growth. Transactions of the ASAE. 38(3): 691-699.
- 11-Smith, M. 1993. Cropwat. A computer program for irrigaton planning and management. F. A. O. Irrigation and Drainage. Paper No. 46. Rome,Italy.
- 12-Soane, B. D. and C. Van Quwerkerk. 1994. Soil compaction in crop production. Elsevier, P. 662.
- 13-Twomlow, S. J., R. J. Parkinson and I. Reid . 1994 . Temporal changes in soil physical conditions after deep loosening of a silty loam in SW England. Soil and Tillage Res. 31: 37-47.
- 14-Unger, P. W. and T. C. Kaspar. 1994. Soil compaction and root growth: a review. Agron. J. 86: 759-766.
- 15-Winter, S. R. 1983. Efficient deep tillage for sugarbeet on pullman clay loam. J. of the A. S. S. B. T. 22(1): 29-33.

## کارگاه فنی آبیاری سطحی مکانیزه

۱۳۸۴ آذر ماه

### ارزیابی راندمان آبیاری جویچه‌ای تحت مدیریت‌های مختلف در منطقه مغان

امین کانونی

#### ۱- چکیده:

کمبود آب و رقابت گیاهان برای استحصال آن، باعث بروز مشکلات جدیتری در زمینه آبیاری و تامین آب مورد نیاز گیاهان گردیده است. بطوریکه افزایش تولید با حداقل آب یکی از مهمترین چالشهای دهه‌های آینده به ویژه در کشورهای با منابع آب و خاک محدود خواهد بود. با توجه به محدودیت منابع آب کشور، کاهش تلفات آب آبیاری و افزایش راندمان آبیاری یکی از اصول اساسی در توسعه کشاورزی پایدار می‌باشد. بنابراین جهت بهبود روش‌های آبیاری و استفاده صحیح از منابع آب کشور، اولین گام در بالا بردن راندمانهای آبیاری ارزیابی سیستمهای آبیاری موجود می‌باشد.

برای ارزیابی راندمان آبیاری جویچه‌ای (شیوه آبیاری غالب منطقه) تحت مدیریتهای مختلف دولتی و خصوصی در دشت مغان، اقدام به انتخاب قطعات زراعی با کشت‌های محصول چغندر قند و ذرت گردید سپس مقادیر حجم جریان ورودی، رواناب خروجی، رطوبت خاک قبل و بعد از آبیاری، عمق توسعه ریشه و عمق نفوذ آب در خاک اندازه‌گیری و بر اساس آنها مقادیر راندمانهای مصرف آب، کاربرد آب و کفایت آب آبیاری در هر یک از قطعات انتخاب شده تعیین گردید. نتایج نشان می‌دهد که متوسط راندمانهای آبیاری در اکثر مزارع مطالعه شده نسبت به عوامل متعددی از قبیل مدیریت مزارع، طول و شیب قطعات متناسب با خصوصیات فیزیکی خاک، نوع محصول و عوامل دیگر متغیر می‌باشد. حداقل راندمان مصرف آب در مزرعه ذرت ۱۲/۰۳ درصد و حداکثر آن ۷۲/۲ درصد برآورد شده و متوسط راندمان مصرف آب در مزرعه ذرت تحت مدیریت بخش خصوصی ۷۱/۶ درصد بدست آمده است. همچنین حداقل راندمان مصرف آب در مزرعه چغندر قند ۳۱/۰۵ درصد و حداکثر آن ۸۳ درصد محاسبه شد و متوسط راندمان مصرف آب در مزرعه چغندر قند تحت مدیریت بخش دولتی ۷۴/۲ درصد و در مزرعه چغندر قند بخش خصوصی ۴۲/۳ درصد برآورد شد. براساس مقادیر

بدست آمده از این پژوهش، مدیریت آبیاری مزارع نقش بسزایی در جلوگیری از تلفات آب آبیاری داشته است بطوریکه عدم توجه به خصوصیات خاک و شیب زمین و همچنین طول قطعات آبیاری و عدم تناسب زمان شروع آبیاری با نیاز آبی گیاه و عدم وجود زهکش‌های پایاب مزرعه مشکلات زیادی را بوجود آورده و سبب افزایش تلفات آب در مزارع شده است. و نوع مدیریت (بخش خصوصی و دولتی) تاثیری چندانی در مدیریت آبیاری مزرعه نداشته است.

## ۲- مقدمه:

کمبود آب و رقابت گیاهان برای استحصال آن، باعث بروز مشکلات جدیدتری در زمینه آبیاری و تامین آب مورد نیاز گیاهان گردیده است بطوریکه بزرگترین چالش دهه‌های آینده به ویژه در کشورهای با منابع آب و خاک محدود، افزایش تولید با حداقل آب خواهد بود. این موضوع با توجه به افزایش روز افزون جمعیت در کشورهای در حال توسعه و به تبع آن افزایش نیاز و تقاضا به تامین مواد غذایی، لزوم تولید مناسب با افزایش جمعیت را بیش از پیش نمایان می‌سازد.

بنابراین با توجه به پیش‌بینی سازمان خواربار جهانی (FAO) بهره وری آب<sup>۱</sup> که بصورت واحد غذا به ازاء هر متر مکعب آب تعریف می‌شود بایستی در زمینهای کشاورزی آبی و دیم افزایش یابد و بطور خلاصه محصول بیشتر به ازای هر قطره آب داشته باشیم (۱۰). سازمان خواربار جهانی در دو مین گردهمائی آب که در سال ۲۰۰۰ برگزار گردید توجه جدی به افزایش بهره وری آب داشته و پیشنهاد کرده است که تا سال ۲۰۱۵ بهره وری آب جهت تولید محصول در زمینهای کشاورزی آبی و دیم بایستی ۳۰ درصد افزایش یابد. همچنین افزایش سطح زیر کشت محصولات کشاورزی تا سال ۲۰۳۰ به میزان ۲۳ درصد برای اراضی آبی و ۹ درصد برای اراضی دیم تخمین زده است (۱۱). از طرفی با توجه به محدودیت استحصال آب مورد نیاز گیاهان، تنها ۱۲ درصد می‌توان آب مورد نیاز سطح زیر کشت اضافی را افزایش داد که این موضوع لزوم افزایش بهره وری آب را با افزایش در عملکرد و کارائی مصرف آب<sup>۲</sup> نمایان می‌سازد. برای رسیدن به این منظور راندمان آبیاری بایستی از ۴۳ درصد کنونی به ۵ درصد تا سال ۲۰۳۰ افزایش یابد. محدود بودن منابع آب و خاک کشور باعث گردیده است که گزینه افزایش راندمان آبیاری و کاهش تلفات آب بعنوان یکی از اصول اساسی در توسعه کشاورزی مطرح گردد. منطقه مغان با دارا بودن سطح زیر کشت حدود ۹۰ هزار هکتار که اکثرًا به روش سطحی و به خصوص روش شیاری (ردیفی) آبیاری می‌شوند یکی از قطب‌های کشاورزی در سطح کشور محسوب می‌شود که متاسفانه به علل گوناگون راندمان کاربرد آب در مزرعه بسیار کم بوده و علاوه بر اینکه استفاده بهینه ای از آب آبیاری بعمل نمی‌آید بلکه باعث بروز مشکلات عدیده ای نیز می‌شود. بنابراین جهت بهبود روش‌های آبیاری در منطقه و ارائه راهکارهای مدیریتی جهت اصلاح وضع موجود، اولین گام در بالابردن راندمان

1- Water Productivity

2- Water use efficiency

آبیاری، ارزیابی سیستم‌های آبیاری موجود می‌باشد. مسئله راندمان آبیاری یکی از معیارهای اساسی در طراحی و سپس در مدیریت و بهره برداری از شبکه‌های آبیاری وزه کشی می‌باشد و در این خصوص تحقیقات و مطالعات گسترده‌ای در مراکز تحقیقاتی و دانشگاهی جهان و کشورمان صورت گرفته است ولی در این میان آنچه مسلم است این است که راندمان‌های آبیاری در ایران پائین تر از سطح متوسط جهانی می‌باشد. برای نمونه به چند مورد از کارهای انجام یافته در ذیل اشاره می‌شود:

میر ابوالقاسمی(۷) با استفاده از اندازه گیریهای صحرایی، راندمان انتقال و کاربرد در مزرعه را در تعدادی از شبکه‌های سنتی دشت‌های خوزستان، تبریز و کرمانشاه برآورد نموده است نتایج حاصل نشان می‌دهد که در این مناطق متوسط راندمان کاربرد آب در مزرعه بین ۴۵ تا ۶۰ درصد و متوسط راندمان کل آبیاری بین ۱۳/۵ تا ۲۲ درصد بوده است. سه رابی و کشاورز (۱۵) در مطالعه‌ای روی بازده آبیاری شیاری در ۳ مزرعه چندر قند در مناطق شهریار، هشتگرد و کمال آباد کرج، متوسط بازده کاربرد آب را در این مزارع به ترتیب ۱۱، ۵۷ و ۴۱ درصد برآورد نمودند. شماعی و همکاران (۳) بازده آبیاری سیستم آبیاری شیاری در اراضی استان چهار محال و بختیاری را مورد ارزیابی قرار داده و بازده کاربرد آب آبیاری در ابتدای فصل رشد را ۲۵/۸ درصد، بازده کاربرد آب در اراضی که بطور کامل آبیاری شده اند را ۴۳/۳ درصد و راندمان کاربرد آب در اراضی کم آبیاری شده را ۶۳/۵ درصد برآورد نمودند. دهقانی و همکاران (۲) راندمان کاربرد آب در روشهای آبیاری سطحی تحت مدیریتهای مختلف را مورد مطالعه قبولی نبوده و مقادیر آن در طول فصل زراعی متغیر است بطوریکه حداقل راندمان کاربرد آب در این مناطق ۱۶/۷ و ۱۷/۵ درصد و حداقل آن ۵۲/۸ و ۶۴/۹ درصد برآورده شده است. خوش خواهش (۱) بازده کاربرد آب با مدیریت زارعین را در چند مزرعه شالیزاری در مناطق فومن، رشت و لاهیجان که تحت آبخور شبکه‌های مدرن و سنتی قرار داشت، ارزیابی نمود. وی بازده کاربرد آب مزراع را در حالت بدون استفاده از رواناب سطحی و با استفاده از رواناب سطحی بررسی و متوسط بازده کاربرد آب در حالت اول را در مزارع تحت مطالعه فومن، رشت و لاهیجان به ترتیب ۵۱/۲، ۴۹ و ۴۹/۴ درصد و در حالت دوم ۷۳/۴، ۷۳/۳ و ۷۲/۴ درصد تعیین نمود. مامن پوش و همکاران (۵) بازده کاربرد آب در روشهای مختلف آبیاری سطحی با مدیریت زارعین را در چند منطقه استان اصفهان (مهیار، کبوتر آباد، فجد فلاورجان، اسلام آباد جی و قهاب گلپایگان و فریدن) و با محصولاتی نظیر گندم، جو، ذرت، هویج و سیب زمینی مورد مطالعه و ارزیابی قرار دادند. در این بررسی مقادیر حداقل و حداقل بازده کاربرد آب در مزرعه گندم مهیار به ترتیب ۷/۸ و ۸۳/۳ درصد، مزرعه گندم کبوتر آباد ۸/۳ و ۲۷/۹ درصد، مزرعه هویج در فلاورجان ۵/۹ و ۸۶/۴ درصد، مزرعه ذرت علوفه ای در کبوتر آباد ۲۲/۶ و ۹۸/۵ درصد، مزرعه گندم گلپایگان ۴۱/۶ و ۸۷/۷ درصد، مزرعه سیب زمینی فریدن ۱۵/۶ و ۷۵/۵ درصد و مزرعه ذرت علوفه ای گلپایگان ۲/۸ و ۷۷/۳ درصد بدست آمد.

گالیناتو (۱۲) طی مطالعه ای در جنوب آیداهو متوسط بازده کاربرد آب در روش آبیاری جوبچه‌ای را ۵۱ درصد و در آبیاری کرتی ۲۴ درصد گزارش نمود. اموند و همکاران (۹) طی دو سال اندازه گیری، بازده کاربرد آب را در چند مزرعه منطقه گریلی کلارادو مورد ارزیابی قرار دادند و بازده کاربرد آب در مزارع تحت مطالعه را از ۷ تا ۶۷ درصد بصورت متغیر گزارش نمودند و دلیل بازده کم کاربرد آب را نفوذ عمقی آب آبیاری ذکر کردند. بتیخی و ابوحمد (۸) بازده کاربرد آب در روشهای آبیاری سطحی و تحت فشار را برای مركبات و سبزیجات در کشور اردن مورد بررسی مقایسه قرار دادند و مقدار آن را برای آبیاری سطحی و بارانی به ترتیب ۸۲ و ۸۸ درصد برای مركبات و ۶۴ و ۹۱ درصد برای سبزیجات گزارش نمودند. راین و بکر (۱۳) طی مطالعه ای روی بازده کاربرد آب در محصول چغندر قند مقدار راندمان کاربرد آب را مابین ۱۴ تا ۹۰ درصد در تک آبیاریها و ۳۱ تا ۶۲ درصد برای کل فصل زراعی، و همچنین راندمان کاربرد آبیاری را برای محصول نیشکر، بین ۳۰ تا ۶۰ درصد گزارش کردند. راین و همکاران (۱۴) طی مطالعاتی در منطقه دلتای بوردکین<sup>۱</sup> در استرالیا مقدار راندمان کاربرد آب را در طول فصل زراعی ۴۱ درصد و راندمان ذخیره‌آب<sup>۲</sup> را ۹۸ درصد گزارش نمودند.

### ۳- مواد و روش‌ها:

#### ۱- مواد:

دشت مغان سرزمین گستردۀ و دشت پهناوری است که از رسوبات رودخانه ارس تشکیل شده و مساحت تقریبی آن ۳۰۰ تا ۲۵۰ هزارهکتار است از نظر مشخصات جغرافیایی بین عرض جغرافیایی<sup>۳</sup> ۲۳° تا ۲۹° و طول جغرافیایی<sup>۴</sup> ۲۵° تا ۴۷° ۴۸° تا ۲۲° قرار داشته و ارتفاع آن از سطح دریا ۵۰ تا ۶۰۰ متر می‌باشد. اقلیم آن با توجه به روش گوس، مدیترانه‌ای گرم و خشک و طبق روش پیشنهادی برای ایران، نیمه مرطوب با تابستانهای گرم بحری و زمستانهای کمی سرد می‌باشد. متوسط بارندگی سالیانه آن ۲۷۵ میلیمتر است که ۲۹ درصد آن در پاییز، ۲۹ درصد آن در زمستان، ۳۵ درصد آن در بهار و ۷ درصد در تابستان اتفاق می‌افتد. میانگین دمای سالانه آن  $14/6^{\circ}\text{C}$ ، گرمترین ماه سال، مردادماه ( $27^{\circ}\text{C}$ ) و سردترین ماه سال دیماه ( $4^{\circ}\text{C}$ )، حداقل مطلق دما  $16/5^{\circ}\text{C}$  و حداکثر مطلق آن  $42^{\circ}\text{C}$  است. در سال ۱۳۴۵ با احداث سد و مهار آبهای سطحی، دشت لم یزرع مغان بارور گردید و بیشتر اراضی آن به زیرکشت وزرع برده شد. با تاسیس شرکت کشت و صنعت و دامپوری مغان در سال ۱۳۵۲ در سطح ۶۳ هزار هکتار، این دشت به یکی از قطبهای کشاورزی، دامپوری و صنعتی کشور تبدیل شد.

برای ارزیابی راندمان آبیاری شیاری تحت مدیریتهای مختلف، مزارعی در بخش کشت و صنعت مغان و بخش خصوصی که زیر کشت دو محصول ذرت و چغندر قند بوده انتخاب گردید. پس از انتخاب مزارع، نیمرخی از خاک در نزدیکی زمین مورد نظر حفر و از اعمق مختلف توسط استوانه‌های کوچک فلزی

1- Burdekin delta

2- Storage efficiency

نمونه برداری شد و پارامترهای مختلف از جمله بافت خاک، جرم مخصوص ظاهری، ظرفیت زراعی و نقطه پژمردگی دائم برای هر کدام از مزارع تعیین گردید. خصوصیات فیزیکی خاک مناطق مورد مطالعه در جدول شماره (۱) ارائه شده است.

**جدول شماره ۱- مشخصات مزارع انتخاب شده جهت ارزیابی راندمانهای آبیاری**

سال اجرای طرح	محل اجرای طرح	نوع محصول کشت شده	طول مزرعه (متر)	شیب مزرعه (متر / متر)	بافت خاک	جرم مخصوص ظاهری (گرم بر سانتیمتر مکعب)	طرفیت زراعی (درصد حجمی)	رطوبت نقطه پژمردگی دائم (درصد حجمی)
۱۳۸۱	بخش دولتی	ذرت دانه‌ای	600	0.84	لومرسی	1.38	24.44	14.06
	چغندر قند	ذرت دانه‌ای	530	0.81	لومرسی	1.38	24.44	14.06
	بخش خصوصی	ذرت دانه‌ای	220	0.34	رسی	1.47	40.11	21.64
	چغندر قند	ذرت بذری	395	0.53	رسی	1.2	28.51	18.0
۱۳۸۲	بخش دولتی	چغندر قند	470	0.62	لومرسی	1.38	27.67	16.06
	چغندر قند	ذرت بذری	780	0.70	لومرسی	1.38	25.45	14.06
	بخش خصوصی	ذرت بذری	408	0.38	رسی	1.4	30.11	20.97
	چغندر قند	چغندر قند	170	0.40	لومرسی	1.31	38.18	22.0

### ۲-۳- روش‌ها :

هدف اصلی از ارزیابی سیستم‌های آبیاری سطحی تعیین عملیات مدیریتی و پیکر بندی سیستم می‌باشد که جهت بهبود راندمان‌های آبیاری بکار بردۀ می‌شود.داده‌های مورد لزوم در ارزیابی بطور پرپو دیک از سیستم آبیاری جهت بهبود مدیریت و تعیین تغییرات در مزرعه در طول فصل زراعی یا از سالی به سال دیگر جمع آوری می‌گردد. با توجه به اینکه سیستم آبیاری یک سیستم پیچیده و دینامیکی هیدرولوژیکی می‌باشد بنابراین مراحل ارزیابی جهت استفاده بهینه از منابع آبی در این سیستم مهم می‌باشد<sup>(۶)</sup>. اندازه گیری‌های لازم برای آنالیز شامل : کمبود رطوبت خاک قبل از آبیاری، اندازه گیری جریان آب ورودی و خروجی، خصوصیات نفوذ آب در خاک، خصوصیات فیزیکی خاک، عمق توسعه ریشه و... می‌باشد که در هر نوبت آبیاری به دقت اندازه گیری می‌شوند و با توجه به آنها پارامترهای زیر ارائه می‌گردد :

**الف - هیدروگراف جریان ورودی (در هر فارو، نوار یا کرت)**

**ب - منحنی پیشروی و عقب نشینی آب در مزرعه**

**ج - هیدروگراف رواناب خروجی (اگر انتهای مزرعه بسته نباشد)**

- د- تخلیه رطوبت خاک آبیاری پیشین
- ه- حجم آب روی سطح خاک در زمانهای مختلف
- و- ظرفیت نگهداشت آب خاک و نفوذپذیری خاک
- ز- تعیین مقطع عرضی جریان
- با استفاده از عوامل فوق که در هر نوبت آبیاری بدست می‌آید انواع راندمانهای آبیاری محاسبه خواهد شد.

### ۳-۳- راندمان‌های آبیاری :

از فاکتورهای مهم جهت قضاوت در عملکرد سیستم آبیاری یا نحوه مدیریت آن می‌توان به راندمان آبیاری و یکنواختی آب بکار برده شده اشاره نمود. این پارامترها به اجزاء و بخش‌های مختلف تقسیم می‌شود که با توجه به روش‌های مختلف بکار رفته نامگذاری شده‌اند. آنچه مسلم است این است که یک پارامتر جهت بررسی عملکرد آبیاری کافی نخواهد بود. بطور کلی مناسب بودن یک آبیاری به مقدار آب ذخیره شده در ناحیه توسعه ریشه، تلفات نفوذ عمقی در زیر ناحیه ریشه، تلفات ناشی از رواناب سطحی، یکنواختی آب بکار برده شده و کمبود یا کم آبیاری در پروفیل خاک در هر نوبت آبیاری بستگی دارد. انواع راندمان‌های آبیاری مورد بحث در سیستمهای آبیاری سطحی بصورت زیر تعریف می‌گردد.

#### الف: راندمان مصرف آب :

راندمان مصرف آب بیانگر تلفات موجود در مزرعه بصورت نفوذ عمقی می‌باشد و در هر نوبت آبیاری، به طریق زیر محاسبه می‌شود:

$$E_c = \frac{\text{متوسط عمق آب ذخیره شده در ناحیه ریشه}}{\text{متوسط عمق آب داده شده به مزرعه}} \times 100$$

که در این رابطه:

$$\theta_f - \theta_i = \text{متوسط عمق آب ذخیره شده در ناحیه ریشه}$$

(حجم جریان خروجی مزرعه - حجم جریان ورودی مزرعه) = متوسط عمق آب داده شده به مزرعه

$\theta_f$  و  $\theta_i$ : به ترتیب رطوبت‌های وزنی خاک قبل و بعد از آبیاری ( بصورت اعشار )

$\rho_b$ : وزن مخصوص ظاهری خاک ( گرم بر سانتی متر مکعب )

$R_z$  : عمق توسعه ریشه ( سانتی متر )

#### ب: راندمان کاربرد آب در مزرعه :

راندمان کاربرد آب در مزرعه، نشان دهنده میزان تلفات ناشی از خروج آب از انتهای مزرعه می‌باشد و بصورت زیر محاسبه می‌شود :

$$E_a = \frac{\text{حجم آبی که در سطح مزرعه پخش می‌شود}}{\text{حجم آبی که وارد مزرعه می‌شود}} \times 10$$

**ج: کفایت آبیاری یا راندمان ذخیره آب :**

مفهوم کفایت آبیاری این است که در موقع آبیاری چه مقدار آب مورد نیاز گیاه در منطقه ریشه گیاه ذخیره می‌شود و معیاری است که نشان می‌دهد آیا آبیاری بطور کامل انجام گرفته است یا نه ؟ مقدار راندمان ذخیره آب با استفاده از اطلاعات و اندازه گیری‌های بدست آمده به کمک رابطه زیر برآورد می‌گردد :

$$E_s = \frac{\text{مقدار آبی که هنگام آبیاری در منطقه ریشه ذخیره می‌شود}}{\text{مقدار آب مورد نیاز گیاه در منطقه ریشه}} \times 100$$

راندمان ذخیره آب همان راندمان نیاز آبی<sup>۱</sup> می‌باشد و بیانگر توانایی آبیاری در تامین آب مورد نیاز ناحیه ریشه است. مقدار این راندمان زمانی مهم است که در آبیاری یک مزرعه هدف اصلی، کم آبیاری مزرعه باشد و یا اینکه کم آبیاری جهت استفاده حداکثر از آب باران مدنظر قرار گیرد. این پارامتر مستقیماً به عملکرد محصول مربوط می‌شود. زیرا مقدار آن با انعکاس اثرات تنفس رطوبت خاک در عوامل رشد گیاه، عملکرد محصول را در واحد سطح تحت تاثیر قرار می‌دهد. معمولاً کم آبیاری در مناطق با احتمال بارندگی زیاد یکی از بهترین روش‌ها جهت ذخیره آب در ناحیه توسعه ریشه به شمار می‌رود ولی مقدار کم آبیاری از سئوالات پیچیده و مشکل در این زمینه می‌باشد. بطور کلی در ارزیابی یک سیستم آبیاری، قواعد اساسی زیر را که برای یک آبیاری خوب و صحیح ضروری می‌باشد باید تحت نظر داشت :

۱- آیا خشکی خاک برای شروع آبیاری مناسب است ؟ به تعویق اندختن طولانی امر آبیاری، باعث ایجاد تنفس در گیاه می‌شود. و آبیاری زودتر از موعد نیز باعث زیادتر شدن نیروی کار و بالا بردن سطح آب زیرزمینی و افزایش فعالیت آفات و امراض می‌گردد.

۲- آیا خیسی خاک برای آبیاری کافی است ؟ به عبارت دیگر آیا عمق کافی آب به درون خاک نفوذ کرده است ؟

۳- آیا آب به طور یکنواخت در طول فارو پخش شده است ؟

۴- آیا مقدار رواناب سطحی زیاد است ؟

**۴-۳- اندازه گیری‌های لازم در هر نوبت آبیاری :**

الف) تعیین رطوبت خاک قبل و بعداز آبیاری

جهت اندازگیری رطوبت خاک قبل و بعداز آبیاری با استفاده از روش وزنی اقدام به نمونه برداری از اعماق مختلف خاک گردید و پس از توزین نمونه‌هاو خشک کردن آنها در آون و بدست آوردن وزن خاک

خشک، میزان رطوبت خاک قبل و بعد از آبیاری تعیین شد. با توجه به اینکه پس از اتمام آبیاری منطقه توسعه ریشه اشباع می‌شود لذا جهت اندازگیری مقدار رطوبت خاک بعد از آبیاری پس از گذشت ۲۴ تا ۴۸ ساعت اقدام به نمونه برداری می‌شود.

#### ب) اندازه‌گیری میزان ورودی و خروجی :

برای اندازه‌گیری حجم آب ورودی به مزرعه و فارو و خروجی از آنها، در ابتدا و انتهای مزرعه از فلومهای WSC استفاده شده است و در زمانهای مختلف بعد از شروع آبیاری ارتفاع آب در فلومها یادداشت گردید. سپس با استفاده از منحنی‌های کالیبراسیون فلومها، مقادیر دبی جریان محاسبه و سپس با توجه به زمانهای یادداشت شده حجم آب ورودی و خروجی تعیین شد.

#### ج) تعیین عمق توسعه ریشه :

عمق توسعه ریشه یکی از پارامترهای لازم در طراحی و ارزیابی سیستم‌های آبیاری می‌باشد اما اندازه‌گیری دقیق عمق ریشه کار دشواری است. در این تحقیق جهت بدست آوردن عمق توسعه ریشه در نوبتهاي مختلف آبیاری، از روش‌های نمونه گیری استفاده گردید و از نقاط مختلف مزرعه اقدام به نمونه‌برداری و اندازه‌گیری آنها گردید. این اندازه‌گیری‌ها در محاسبات برآورد میزان رطوبت خاک استفاده شده است.

#### ۴- نتایج :

##### ۴-۱- نتایج ارزیابی راندمانهای آبیاری در مزرعه ذرت :

نتایج مربوط به محاسبه راندمان آبیاری در مزرعه ذرت تحت مدیریت کشت و صنعت در سال ۱۳۸۱ در جدول شماره ۲ ارائه گردیده است.

جدول شماره ۲ – مقادیر راندمان‌های آبیاری در مزرعه ذرت تحت مدیریت بخش دولتی در سال ۱۳۸۱

نوبت آبیاری (درصد)	حجم آب ورودی (مترمکعب در هکتار)	حجم آب خروجی (مترمکعب در هکتار)	متوسط عمق آب (cm)	متوسط عمق آب (cm)	آب ذخیره شده در ناحیه ریشه (cm)	نیاز ریشه قبل از آبیاری (cm)	صرف آب (درصد)	راندمان کاربرد آب (درصد)	راندمان کفایت آبیاری (درصد)
۱	۲۰۳۹/۱	۲۵۹/۵	۱۶/۸	۱/۴	۲/۲	۸۲/۴	۱۰۰	۱۰۰	
۳	۱۹۱۶/۶	۴۷۶/۶	۱۴/۴	۲/۲	۱۵/۳	۷۵/۱	۱۰۰		
۶	۱۹۵۲/۱	۵۱۲/۱	۱۴/۴	۱/۸	۱۲/۵	۷۳/۸	۸۸/۷		

در مزرعه ذرت از اراضی کشت و صنعت مغان در سه نوبت آبیاری، اندازه گیری صورت گرفته در مراحل مختلف رشد گیاه نشان می‌دهد که (جدول شماره ۲) حداکثر، حداقل و متوسط بازده مصرف آب در این مزرعه به ترتیب  $\frac{15}{3}$  و  $\frac{8}{3}$  و  $\frac{12}{3}$  درصد بوده است. در ابتدای فصل رشد، جهت جوانه زنی بذر، گسترش ریشه‌ها و مهار شوری در نیمرخ خاک، آبیاری بیش از حد نیاز صورت گرفته است. البته علت دیگر این امر خشکی سطح مزرعه و کندی حرکت جبهه آب در آبیاری اول در طول جویچه‌ها می‌باشد. با توجه به جدول فوق حداقل و حداکثر راندمان کاربرد آب به ترتیب  $\frac{73}{8}$  و  $\frac{82}{4}$  و میانگین آن  $\frac{77}{1}$  درصد بدست آمده است. مقایسه مقادیر راندمان کاربرد آب و راندمان مصرف آب، بیانگر این واقعیت است که قسمت اعظم تلفات بصورت نفوذ عمیق بوده و تلفات رواناب خروجی کمتر موثر بوده است. علت این امر احتمالاً بخار نفوذ پذیری خوب خاک مزرعه و طویل بودن چویچه‌های آبیاری شده و پایین بودن دبی ورودی به تک تک جویچه‌ها است. بطوریکه در طول پیشروی آب تا انتهای مزرعه، فرصت بیشتری برای نفوذ آب به داخل وجود داشته و بدین ترتیب تلفات نفوذ عمیق بیشتر شده است. مقادیر راندمان کفایت آبیاری بیانگر میزان کافی بودن آب آبیاری بوده و اثرات کم آبیاری و تنفس ایجاد شده در مزرعه را نشان می‌دهد بطوریکه مشاهده می‌شود در دو مورد آبیاری به حد کافی صورت گرفته و منطقه توسعه ریشه تا حد ظرفیت مزرعه خیس شده است ولی در یک مورد میزان کفایت آبیاری کمتر بوده و عملأً کم آبیاری صورت گرفته است علت این امر می‌توان در مدیریت ضعیف آبیاری در مزرعه ذکر کرد. در جدول شماره ۳ مقادیر راندمانهای آبیاری در مزرعه ذرت تحت مدیریت بخش دولتی در سال ۱۳۸۲ ارائه گردیده است.

جدول شماره ۳ – مقادیر راندمان‌های آبیاری در مزرعه ذرت تحت مدیریت بخش دولتی در سال ۱۳۸۲

نوبت آبیاری	(مترمکعب در هکتار)	حجم آب ورودی (مترمکعب در هکتار)	حجم آب	متوسط عمق آب داده شده (cm)	متوسط عمق آب ذخیره شده در ناحیه ریشه (cm)	عمق آب مورد نیاز ریشه قبل از آبیاری (cm)	راندمان مصرف آب (درصد)	راندمان کاربرد آب (درصد)	راندمان آبیاری (درصد)
۳	۱۱۴۸/۱۷۳	۷۹/۰۲۵	۱۰/۶۹	۲/۱	۳/۲۷	۹۵	۹۳	۲۹	۹۳
۵	۸۷۹/۵۶۵	۱۰۴/۶۶	۷/۷۴	۲/۵	۲/۸	۸۹	۸۸	۳۲/۳	۸۹
۷	۵۸۱/۲۸۵	۶۰/۱۶۸	۵/۲	۲/۹۴	۲/۹	۱۰۰	۸۹	۵۶	۱۰۰
۹	۹۳۹/۴۸۵	۶۱/۱۳۲	۸/۷۸	۵/۳	۵/۳	۱۰۰	۹۳	۶۰	۹۳

مقادیر حداقل، حداکثر و متوسط راندمان مصرف آب در مزرعه فوق به ترتیب  $۲۹,۶۰$  و  $\frac{44}{3}$  و  $\frac{29}{3}$  درصد بدست آمده است. با دقیقت در موارد فوق می‌توان دریافت که مقادیر راندمان مصرف آب در مزرعه فوق وضعیت بهتری نسبت به مزرعه قبلی دارد که می‌توان به مدیریت مناسب آبیاری مزرعه، کوچکتر بودن طول مزرعه و پایین بودن شبیب مزرعه ارتباط داد. یکی از دلایل مناسب بودن راندمان مصرف آب و راندمان کاربرد آب

در مزرعه فوق مناسب بودن طول مزرعه می‌باشد (طول مزرعه برابر ۴۷۰ متر است) در صورتیکه در طولهای بزرگتر با توجه به آبیاری شبانه مقدار رواناب خروجی از انتهای مزرعه بیشتر صورت می‌گیرد و همین امر باعث بالا رفتن نلفات آب در مزرعه می‌گردد. در جدول شماره ۴ مقادیر راندمانهای مختلف آبیاری در مزرعه ذرت تحت مدیریت بخش خصوصی در سال ۱۳۸۱ نشان داده شده است.

جدول شماره ۴- مقادیر راندمانهای آبیاری در مزرعه ذرت تحت مدیریت بخش خصوصی در سال ۱۳۸۱

نوبت آبیاری	حجم آب (در هکتار)	آب خروجی (مترمکعب)	متوسط عمق (cm)	آب داده شده (cm)	آب ذخیره شده در ناحیه ریشه (cm)	موردنیاز	صرف آب (درصد)	راندمان آبیاری (درصد)	راندمان کفایت آبیاری (درصد)
۳	۹۰۱/۱	۱۱۶/۱	۷/۸۵	۴/۹۳	۶/۸	۸۷/۱	۸۷/۵	۷۲/۵	۷۲/۲
۵	۷۶۸/۷	۸۸/۷	۶/۸	۵/۴۵	۶/۵۶	۸۸/۵	۸۸/۳	۸۳	۸۰
۷	۷۷۶/۳	۹۶/۳	۶/۸	۵	۷/۶	۸۷/۶	۸۷/۵	۶۶	۶۳

مقادیر حداقل، حداکثر و متوسط راندمان مصرف آب در مزرعه فوق به ترتیب برای ۶۳، ۸۰ و ۷۲ درصد بدست آمده است. متوسط راندمان کاربرد آب ۸۷/۷ درصد و راندمان کفایت آبیاری ۷۳/۸ درصد می‌باشد. راندمانهای آبیاری در مزرعه فوق نسبتاً مقادیر بیشتری را نشان می‌دهد و فقط مقدار راندمان کفایت آبیاری کمتر می‌باشد و نشان دهنده کم آبیاری و اعمال تنفس آبی به گیاه است البته مقادیر بالای راندمانهای مصرف و کاربرد می‌توانند ناشی از کم آبیاری اعمال شده به مزرعه باشد. از طرفی کم بودن طول مزرعه (حدود ۲۲۰ متر) و پائین بودن شبیط طولی آن (۳۴/۰ درصد) می‌تواند دلیلی بر بالا بودن راندمانهای مصرف و کاربرد باشد. در مزرعه فوق بدلیل عدم وجود زه کشی انتهای مزرعه، زراعین جهت جلوگیری از صدمات ماندآبی شدن بخش انتهای مزرعه و خفگی ناشی از آن، آب ورودی را قبل از آنکه به انتهای مزرعه برسد قطع می‌کنند. که همین موضوع باعث بالا رفتن راندمانهای مصرف و کاربرد آب و پائین آمدن راندمان کفایت آبیاری شده است. جدول شماره ۵ مقادیر راندمانهای آبیاری رادر مزرعه ذرت تحت مدیریت بخش خصوصی ارائه میکند که در سال ۱۳۸۲ مورد ارزیابی گرفته است. همانگونه که در جدول فوق مشاهده می‌شود مقادیر حداقل، حداکثر و متوسط راندمان مصرف آب در مزرعه مذکور به ترتیب ۹۹، ۵۴ و ۷۱ درصد بدست آمده است.

### جدول شماره ۵- مقادیر راندمان‌های آبیاری در مزرعه ذرت تحت مدیریت بخش خصوصی در سال ۱۳۸۲

نوبت آبیاری	ورودی (مترمکعب در هکتار)	حجم آب خروجی (هکتار)	حجم آب (مترمکعب در هکتار)	متوسط حجم آب در هکتار	متوسط عمق آب (cm)	ذخیره شده در ناحیه ریشه (cm)	عمق آب داده شده	راندمان کاربرد (درصد)	صرف آب (درصد)	آبیاری (درصد)	راندمان کفایت آبیاری
۳	۴۶۳/۱	۲۵/۹	۴۶۳/۱	۴/۳۷	۲/۳۷	۰/۶۲	۰/۶۲	۹۰	۹۴	۵۴	۹۰ آبیاری
۵	۳۷۵/۶۴	۲۳/۲۰۴	۳۷۵/۶۴	۳/۵۲	۳/۵۱	۰/۵۴	۰/۵۴	۹۹	۹۴	۹۹	۹۹ آبیاری
۸	۴۹۴/۸۶	۲۲/۸۴۱	۴۹۴/۸۶	۴/۷۲	۲/۸۴	۰/۹	۰/۹	۹۸	۶۰	۶۰	۹۸ آبیاری

در این مزرعه نیز راندمان‌های آبیاری مقادیر بالاتری را نشان می‌دهد و نشان دهنده مدیریت خوب آبیاری در مزرعه می‌باشد البته با توجه به کم آبیاری اعمال شده به مزرعه مقادیر راندمان کفایت آبیاری دریک مرتبه آبیاری اندکی پائین تر می‌باشد. متوسط راندمان صرف آب ۷۱ درصد و متوسط راندمان کاربرد آب ۹۳/۳ درصد بدست آمده است که بیانگر مدیریت صحیح آبیاری در مزرعه می‌باشد.

#### ۴- نتایج ارزیابی راندمان‌های آبیاری در مزرعه چغندرقند:

نتایج ارزیابی راندمان‌های آبیاری در مزرعه چغندرقند تحت مدیریت بخش دولتی (کشت و صنعت مغان) در جدولهای شماره ۷ ارائه شده است. همانگونه که در جدول ۶ مشاهده می‌شود حداقل، حداکثر و متوسط راندمان صرف به ترتیب ۱۵/۸، ۹۵/۵ و ۶۵/۵ درصد می‌باشد در اوایل دوره رشد گیاه راندمان صرف آب پائین تر و با گذشت زمان این مقدار بهبود می‌یابد. در دو آبیاری انتهایی راندمان کفایت آبیاری کمتر بوده و مزرعه تحت تنش قرار گرفته است. در جدول شماره ۷ که از یکی دیگر از مزارع چغندرقند شرکت کشت و صنعت مغان در سال ۱۳۸۲ اندازه‌گیری بعمل آمده است مقادیر راندمان‌های مختلف آبیاری نشان داده شده است. در این مزرعه که طول کلی مزرعه (۷۸۰ متر) به سه قسمت تقسیم شده و هر قسمت طولی در حدود ۲۵۰ متر داشته است مدیریت آبیاری بهبود یافته و مقادیر راندمان‌های مختلف در حد بالایی قرار دارند بطوريکه مقادیر حداقل، حداکثر و متوسط راندمان صرف آب به ترتیب ۹۲، ۷۰ و ۸۳ درصد حاصل شده است و مدیریت صحیحی صورت گرفته است. مقدار متوسط راندمان کاربرد آب ۸۵ درصد و متوسط راندمان کفایت آبیاری ۱۰۰ درصد بدست آمده است که همه موارد فوق گویای مدیریت درست در آبیاری مزرعه بوده است.

جدول شماره ۶ - مقادیر راندمانهای آبیاری در مزرعه چغندر قند تحت مدیریت بخش دولتی درسال ۱۳۸۱

نوبت آبیاری	ورودی (مترمکعب در هکتار)	حجم آب (هکتار)	خروجی (مترمکعب در هکتار)	آب داده شده (cm)	متوسط عمق آب ذخیره شده در ناحیه ریشه (cm)	آب ذخیره مورد نیاز ریشه قبل از آبیاری	صرف آب	کاربرد آب (درصد)	راندمان کفایت آبیاری (درصد)
۱	۱۲۱۲/۴۸	۲۶۲/۴۸	۹/۵	۱/۵	۱/۵	۵/۲۴	۸۱/۶	۷۸/۵	۱۰۰
۲	۱۱۵۶/۹۷	۳۰۶/۹۷	۸/۵	۵/۲۴	۵/۲۴	۴/۹۸۶	۹۵/۵	۷۳/۵	۱۰۰
۴	۵۱۶/۷۷	۵۹/۷۷	۴/۰۷	۴/۳۶۵	۴/۳۶۵	۸۸/۴	۸۸/۴	۸۸/۴	۸۸/۴
۵	۴۸۲/۸۲۱	۶۲/۸۲۱	۴/۲	۳/۷۵	۳/۷۵	۵/۷۳۲	۸۹	۸۷	۶۵

جدول شماره ۷ - مقادیر راندمانهای آبیاری در مزرعه چغندر قند تحت مدیریت بخش دولتی درسال ۱۳۸۲

نوبت آبیاری	ورودی (مترمکعب در هکتار)	حجم آب (هکتار)	خروجی (مترمکعب در هکتار)	آب داده شده (cm)	متوسط عمق آب ذخیره شده در ناحیه ریشه (cm)	آب ذخیره مورد نیاز ریشه قبل از آبیاری	صرف آب	کاربرد آب (درصد)	راندمان کفایت آبیاری (درصد)
۲	۷۲۹/۸۳	۱۱۳/۷۸	۶/۲	۵/۷	۵/۷	۹۲	۵/۷	۸۴	۱۰۰
۴	۹۷۱/۳۹	۲۰۳/۹۵	۷/۶۷	۶/۷	۶/۷	۸۷	۶/۷	۷۹	۱۰۰
۵	۹۸۸/۳۷	۷۶/۳۴	۹/۱۲	۶/۳۵	۶/۳۵	۷۰	۶/۳۵	۹۲	۱۰۰

مقادیر راندمانهای آبیاری در دو مزرعه چغندر قند تحت مدیریت بخش خصوصی در جدولهای شماره ۸ و ۹ گزارش شده است. در هر مزرعه مقادیر راندمان مصرف آب در اوایل دوره رشد گیاه کمتر و با گذشت زمان بهتر می‌شود که می‌توان علت آنرا در آبیاری بیش از حد مراحل ابتدائی دوره رشد جستجو کرد. در جدول شماره ۸ مقادیر حداقل، حداکثر و متوسط راندمان مصرف به ترتیب  $۳۱/۰۵$ ،  $۵۸/۰۵$  درصد و در جدول شماره ۹ مقادیر حداقل، حداکثر و متوسط راندمان مصرف آب به ترتیب  $۵۳/۸۸$ ،  $۴۰/۵$  درصد بدست آمده است.

جدول شماره ۸- مقادیر راندمانهای آبیاری در مزرعه چغدرقند تحت مدیریت بخش  
خصوصی در سال ۱۳۸۱

نوبت آبیاری	حجم آب (مترمکعب در هکتار)	خروجی ورودی	متوجه عمق آب داده شده (cm)	متوجه عمق آب ذخیره شده در ناحیه ریشه (cm)	عمق آب موردنیاز ریشه قبل از آبیاری	صرف آب (درصد)	کاربرد آب (درصد)	راندمان آبیاری (درصد)
۱	۷۴۶/۶	۴۰	۷/۰۶	۰/۰۸	۰/۰۸	۸/۲	۹۵	۱۰۰
۳	۱۱۶۰/۳	۸۰/۳	۱۰/۸	۲/۲۶	۲/۳۷	۲۱	۹۳	۹۵
۴	۵۶۹/۳	۲۹/۳	۵/۴	۲/۰۲	۲/۳۲	۳۷	۹۵	۸۷
۵	۷۷۲/۳	۵۶/۳	۷/۱۶	۲/۷	۲/۷	۵۸	۹۳	۱۰۰

جدول شماره ۹- مقادیر راندمانهای آبیاری در مزرعه چغدرقند تحت مدیریت بخش  
خصوصی در سال ۱۳۸۲

نوبت آبیاری	حجم آب (مترمکعب در هکتار)	خروجی ورودی	متوجه عمق آب داده شده (cm)	متوجه عمق آب ذخیره شده در ناحیه ریشه (cm)	عمق آب موردنیاز ریشه قبل از آبیاری	صرف آب (درصد)	کاربرد آب (درصد)	راندمان آبیاری (درصد)
۱	۶۱۴/۷۴	۳۸/۶۹	۵/۷۶	۲/۳۱	۲/۳۱	۴۰	۹۴	۱۰۰
۲	۸۲۷/۱۷	۷۴/۶	۷/۵۳	۳/۱	۳/۱	۴۱	۹۱	۱۰۰
۳	۸۳۵/۴۱	۱۲۵/۳۸	۷/۱	۴/۸	۵/۴	۶۸	۸۵	۸۹
۵	۵۲۰/۴۳	۸۵/۷۲	۴/۳۵	۲/۸۴	۷/۶	۶۵	۸۴	۳۸

همچنین مقادیر راندمان کفایت آبیاری در جدول شماره ۸ نسبتاً بالا و در جدول شماره ۹ در آبیاری‌های آخر پائین تر می‌باشد و نشان می‌دهد که در مزرعه دوم در اواخر دوره رشد کم آبیاری اعمال شده و گیاه تحت تنفس قرار گرفته است. با دقت در جدول‌های فوق متوجه می‌شویم که در مدیریت بخش خصوصی برای محصول ذرت راندمانهای مصرف آب به مرتبه بهتر از مدیریتهای دولتی می‌باشد و حتی در بعضی مواقع آب کمتری نیز مصرف شده است. ولی راندمان مصرف آب محصول چغدرقند در مدیریت بخش دولتی بهتر از مدیریت بخش خصوصی بوده است و نشان میدهد که نوع مدیریت (خصوصی و یا دولتی) عامل موثر در پایین بودن راندمانها نبوده است. همچنین مقادیر بالای راندمان کاربرد آب در جدول‌های فوق نشان می‌دهد که بیشتر تلفات آب آبیاری در مزارع فوق بیشتر بصورت نفوذ عمقی صورت می‌گیرد.

## ۵- بحث:

پژوهش حاضر جهت ارزیابی راندمانهای مختلف آبیاری شیاری تحت مدیریت بخش دولتی و خصوصی که زیر کشت دو محصول مختلف (ذرت و چغندر قند) بوده است انجام گردید. عملیات اندازه گیری و برداشت‌های صحرایی و مزرعه‌ای در دو سال متولی یعنی از سال ۱۳۸۱ تا سال ۱۳۸۲ ادامه یافت و در طول این دوره مجموعاً از ۸ مزرعه مختلف یادداشت برداریهای لازم بعمل آمده است. در انتخاب مزارع سعی بر این بود که علاوه بر دخالت دادن نوع محصول، مشخصات مزرعه (طول، مساحت، شیب) و خصوصیات خاک مزارع انتخابی متنوع در نظر گرفته شود تا ضمن ارزیابی راندمانها، اثرات عوامل مختلف و همچنین اثرات نوع مدیریت اعمالی مورد بررسی قرار گیرد.

بر اساس اطلاعات بدست آمده از اندازه گیریها و تجزیه و تحلیل آنها حداقل میانگین بازده مصرف آب در مزرعه ذرت مربوط به مدیریت بخش دولتی و ۱۲/۰۳ درصد بوده و حداقل آن به مقدار ۷۲/۲ درصد و در مدیریت بخش خصوصی اتفاق افتاده است. از طرفی متوسط اندازه گیریهای بازده مصرف آب در دو سال متولی در مزارع ذرت تحت مدیریت دولتی ۲۸/۲ درصد و در مزارع ذرت تحت مدیریت بخش خصوصی ۷۱/۶ درصد بدست آمد. همانطور که ملاحظه میگردد مقادیر راندمان مصرف آب در آبیاری مزرعه ذرت در مزرعه‌ای که توسط زارع و بخش خصوصی مدیریت شده است به مراتب بیشتر و بهتر از مدیریت آبیاری در بخش دولتی میباشد که علت آن در مدیریت آبیاری بخش مورد نظر می‌تواند باشد. البته با توجه به بحثهای انجام شده در بخش نتایج این پژوهش یکی از علل بالا بودن راندمانهای آبیاری در مدیریت بخش خصوصی اعمال کم آبیاری در مزرعه و تحت تنفس قرار گرفتن محصول بوده که در اکثر مواقع این مسئله دیده شده است. در بررسی‌های بعمل آمده مشخص شده که علت اعمال کم آبیاری در مزارع بخش خصوصی میتواند بخاطر قطع آب ورودی به مزرعه قبل از رسیدن آب به انتهای مزرعه باشد که زارعین بخاطر نبودن زه کش انتهایی مزرعه و جلوگیری از ماندابی و خفگی ریشه گیاه انجام می‌دهند. در نتیجه آب کمتری در مزرعه مصرف شده و تلفات نیز کمتر خواهد شد که همین امر منجر به افزایش راندمانهای آبیاری شده است. در مدیریت بخش دولتی در اکثر مواقع آبیاری بطور کامل صورت گرفته و راندمان کفایت آبیاری تقریباً در حدود ۱۰۰ درصد بوده است لذا با توجه به آبیاری کامل ناگزیر راندمانهای آبیاری کمتر بوده است ولی میزان کم بودن راندمانهای آبیاری در بعضی مواقع خیلی بیشتر بوده و عملاً تلفات خیلی زیادی بوجود آمده است.

در مزرعه چغندر قند بر اساس اطلاعات بدست آمده حداقل میانگین راندمان مصرف آب ۳۱/۰۵ درصد در مدیریت بخش خصوصی و حداقل آن ۸۳ درصد و در مدیریت بخش دولتی بوده است. همچنین متوسط راندمان مصرف آب در دو سال متولی در مزرعه چغندر قند تحت مدیریت دولتی ۷۴/۲ درصد و در مزارع بخش خصوصی ۴۲/۳ درصد بدست آمده است. با توجه به مقادیر بدست آمده چنین به نظر می‌رسد که راندمان مصرف آب در مزارع تحت مدیریت دولتی بیشتر از مقدار آن در مدیریت بخش خصوصی می‌باشد. با توجه به اطلاعات بدست آمده از وضعیت مزارع زیر کشت چغندر قند در بخش دولتی و

بازدیدهای صحرائی ضمن انجام اندازه گیریها، علت بهبود وضعیت راندمانها به کوچک بودن طول چوپچه‌های آبیاری (حدود ۲۵۰ متر) نفوذ پذیری خاک و شیب طولی مزرعه و عوامل مختلف دیگر مربوط می‌شود. بدین ترتیب در مزارع چغدر قند با توجه به اینکه دور آبیاری بیشتر در نظر گرفته می‌شود (حدود ۱۴ روز) لذا هنگام آبیاری و در صورت بزرگ بودن طول جوپچه‌ها و بخاطر خشکی زیاد خاک مزرعه و بوجود آمدن ترکهای بزرگ در بافت‌های سنگین، آب بیشتری در خاک نفوذ کرده و پیشروی خاک به کندی صورت می‌گیرد بدین ترتیب تلفات آب بصورت نفوذ عمقی بیشتر اتفاق می‌افتد. که این امر در مزارع بخش خصوصی بیشتر مشاهده گردید (طول مزرعه حدود ۴۰۰ متر و بافت سنگین تر از بخش دولتی). ولی در مزارع بخش دولتی بخاطر کوچک بودن طول قطعات آبیاری (کل طول مزرعه به سه قسمت ۲۵۰ متری تقسیم و هر کدام جداگانه آبیاری می‌گردد) و بالا بودن نسبی شیب آن و همچنین بافت خاک و در نتیجه نفوذ پذیری متناسب با آنها راندمانهای آبیاری بهبود یافته و آب کمتری تلف شده است. لازم به یادآوری است که در بخش دولتی در صورتیکه کل مزرعه به عنوان طول جوپچه‌ها در نظر گرفته شود و رواناب خروجی از انتهای مزرعه به زهکش‌ها هدایت گردد در چنین شرایطی نیز راندمان آبیاری پائین خواهد آمد که در مزارع ذرت چنین وضعیتی را شاهد بودیم و ضمن بزرگ بودن قطعات آبیاری و با توجه به بالا بودن شیب مزرعه و کم بودن دور آبیاری ذرت (حدود ۶ متر) تلفات آب بیشتر شده و راندمان آبیاری کاهش یافته است. مقادیر راندمان کاربرد بسته آمده از مزارع اندازه گیری نشان می‌دهد که مقدار آن در مزارع بخش خصوصی بیشتر از مقدار آن در مزارع بخش دولتی است. بنابراین تلفات آب بصورت رواناب خروجی در مزارع بخش دولتی بیشتر از مزارع بخش خصوصی صورت می‌گیرد. از طرفی با مقایسه راندمانهای مصرف آب و کاربرد آب در مزارع فوق می‌توان گفت که تلفات آب در مزارع بیشتر بصورت نفوذ عمقی صورت می‌گیرد تا بصورت رواناب پایاب مزرعه.

از جمله راندمانهای آبیاری بررسی شده در این پژوهش، راندمان کفایت آبیاری می‌باشد که عامل مهمی جهت بررسی کم آبیاری و وضعیت تنفس گیاه در مزرعه به شمار می‌رود بطوریکه از مقادیر راندمان کفایت آبیاری در جدولهای شماره ۲ تا ۹ استنباط می‌شود مقدار آن در بخش خصوصی در اکثر موقع کمتر بوده است و نشان دهنده کم آبیاری و اعمال تنفس آبی است. در صورتیکه در مزارع بخش دولتی آبیاری در حد کامل صورت گرفته و همین امر موجب پائین آمدن راندمانهای مصرف آب و کاربرد آب نسبت به مزارع بخش خصوصی شده است. مقادیر عمق آب مورد نیاز ریشه قبل از آبیاری و عمق آب آبیاری در مزارع انتخابی و در نوبتهاي مختلف آبیاری نشان می‌دهد که عموماً عمق آب آبیاری بدون در نظر گرفتن رطوبت موجود خاک صورت گرفته و بنابراین عدم وجود برنامه و الگوی مشخص آبیاری باعث افزایش تلفات آب و پائین آمدن راندمانهای کاربرد آب و مصرف آب گردیده است.

## ۶- نتیجه‌گیری و پیشنهاد:

- ۱- با توجه به بالا بودن تلفات نفوذ عمیقی که بخارتر نفوذ پذیری بالای خاک مزارع و طویل بودن جویچه‌های آبیاری اتفاق می‌افتد به نظر می‌رسد انتخاب طول مناسب جویچه‌ها با توجه به بافت و نفوذ پذیری خاک و همچنین شیب مزرعه و نوع کشت می‌تواند اثرات بیشتری در کاهش تلفات داشته باشد. به طور مثال در زراعت چغندر قند با توجه به زیاد بودن دور آبیاری در صورت پائین بودن شیب مزرعه حتی الامکان طول قطعات بزرگتر انتخاب نگردد.
- ۲- در صورت بزرگ بودن طول مزرعه پیشنهاد می‌گردد که طول آن به چندین قسمت با طول جویچه مناسب تقسیم شود و هر کدام از قطعات بطور جداگانه آبیاری گردد و از رواناب انتهای هر قطعه در قطعات پائین تر استفاده شود.
- ۳- با توجه به مشاهده کم آبیاری در برخی از مزارع خصوصی، احداث زهکش انتهای مزارع و جمع آوری آبهای خروجی و استفاده از آن در مزارع پایاب می‌تواند ضمن جلوگیری از اعمال تنش آبی به گیاه باعث افزایش راندمانهای کفایت آب و کاربرد آب گردد.
- ۴- با توجه به عدم برنامه ریزی صحیح آبیاری توسط زارعین لازم است برنامه‌های آموزشی مناسبی در زمینه روشهای عملی در انتخاب زمان و مقدار مناسب عمق آب آبیاری به زارعین بهره بردار، تدارک دیده شود.
- ۵- با توجه افزایش راندمانهای آبیاری در شرایط محدودیت آب و کم آبیاری و استفاده مناسب از آب آبیاری، پیشنهاد می‌گردد که جهت بالا بردن راندمان استفاده از آب در مزارع تحت پوشش شبکه، به توسعه زمینهای دیم قابل توسعه و زیر پوشش بردن مزارع بیشتری اقدام گردد چرا که در شرایط محدودیت آب، استفاده بهینه‌ای از منابع آب بعمل می‌آید.
- ۶- با توجه به نتایج بدست آمده از این پژوهش چنین بنظر می‌رسد که بیشترین تلفات آب در شبکه آبیاری و زهکشی مغان، در قسمت توزیع آب در شبکه و مزارع می‌افتد و مدیریت توزیع آب و نحوه تحويل آب به زارعین می‌تواند اثرات قابل توجهی در کاهش تلفات آب آبیاری داشته باشد.

## ۷- منابع:

- ۱- خوش خواهش، یوسفعلی. ۱۳۷۶. ارزیابی راندمان آبیاری مزرعه در برنج زارهای تحت شبکه آبیاری گیلان و فومنات. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران. تهران: ۱۴۷.
- ۲- دهقانی، حسین و همکاران. ۱۳۷۵. بررسی عملکرد روشهای آبیاری سطحی تحت مدیریت زارعین. دومین کنگره ملی مسائل آب و خاک کشور. تهران.
- ۳- شماعی، غلامرضا. سید فرهاد موسوی و بهروز مصطفی زاده. ۱۳۷۵. ارزابی راندمان‌های سیستم آبیاری شیاری در اراضی یکپارچه و پراکنده استان چهار محال و بختیاری. مجموعه مقالات هشتمین سمینار کمیته ملی آبیاری و زه کشی ایران. تهران.

- ۴- فرزانه، عزت الله. ۱۳۷۴. نگرشی بر یکپارچه سازی، تجهیز و نوسازی مزارع در کشور ژاپن. ماهنامه آب، خاک و ماشین. شماره ۵: ۲۰-۲۳
- ۵- مامن پوش، علیرضا. فریبرز عباسی و فرهاد موسوی. ۱۳۸۰. ارزابی بازده کاربرد آب در روش‌های آبیاری سطحی در برخی از مزارع استان اصفهان. مجله تحقیقات مهندسی کشاورزی.
- ۶- مریام، جان ال و جک کلر. ۱۳۶۹. ارزیابی سیستمهای آبیاری مزارع. ترجمه فرهاد قاسم زاده مجاوری. انتشارات آستان قدس رضوی. شرکت به نشر. تهران.
- ۷- میر ابوالقاسمی، هادی. ۱۳۷۳. ارزیابی بازده آبیاری در تعدادی از شبکه‌های سنتی ایران. مجموعه مقالات هفتمین سمینار کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران. تهران.

- 8- Battikhi, A.M.and A.H.Abu-hammad.1994. Comparison between the efficiencies of surface and pressurized irrigation systems. Irrig. And Drain. System. 8(2):109-121.
- 9- Emond,H.,J.C.Loftis, T.H.Podmore,J.Roberts, and F.leaf.1993. Evaluation of surface irrigation systems near Greeley, Colorado.In: :Klein, K.C.and D.J.Williams (eds.) , seeking an Integrated Approach to Watershed Management in the Sough Platte Basin. Colorado state University , FortCollins, co., 80523,USA.
- 10- FAO, 2000a, crops and Drops, Land and warer Development Division. FAO. Rome.Italy P.24.
- 11- FAO,2000b.Agriculture: Towards 2015/2030: Technical interim report. Rome.Italy.2000.P.247
- 12- Galinato, G.D.1974. Evaluation of irrigation systems in the Snake river fan, Jefferson , County, Idaho.MSC.Thesis, Idaho State university.
- 13- Raine S.R. and D.M.Bakher.1996a. Increased furrow irrigation efficiency through better design and management of cane fields. proc.Aust Soc. Sugar cane tech.18:119-124.
- 14- Raine S.R. I.R. Holden , and E.L.Shannon.1996. Getting the message across in the battle for irrigation efficiency. Conference on Engineering in Agriculture & Food Processing.25-27 Nouember.Gatton.paper No.SEAg 96/092
- 15- Sohrabi, T.and A.keshavarz. 1994. Surface imigation System evaluation under farmers management.XII CIGR World congress&Agricultural Engineering Conference. Milan. Italy.

## Evaluation of Furrow Irrigation Efficiency under Different Management in Moghan Region.

### Abstract :

The shortage of fresh water and growing competition for clear water makes less water available for agriculture production. The great challenge for the coming decades will be the task of increasing food production with less water , particularly in countries with limited water and land resources.

Therefore , increasing of irrigation efficiencies and decreasing of water losses are important factors in agricultural development. Evaluation of different irrigation management and their performance is essential for improving of irrigation water application.

In this research , on-farm furrow irrigation efficiencies under different management and different crops such as sugarbeet and corn were measured in some parts of moghan region. After selection of the irrigation plots (for two selected crops) and measurement of water discharge, runoff rates, soil moisture before and after irrigation , rooting depth and wetted soil depth, different irrigation efficiencies were determined.

The results showed that irrigation efficiencies vary extremely with respect to farmers management, length and slope of plots, physical characteristics of soils, crop and other factors. The minimum water consumptive efficiency for corn was about 12.03% and the maximum of that was 72.2%. the average water consumptive efficiency for corn in governmental management was 28.2% and the average of that for corn in farmers management was 71.6%. also the minimum water consumptive efficiency for sugarbeet was about 31.05% and the maximum of that was 83% and the average water consumptive efficiency for sugarbeet in governmental management was 74.2% and the average of that for sugarbeet in farmers management was 42.3%.

## کارگاه فنی آبیاری سطحی مکانیزه

۱۳۸۴ آذر ماه ۱۳

### مدیریت آب آبیاری با استفاده از مدل Saltmed

جهانگیر عابدی کوپایی<sup>۱</sup>، راحله ملکیان<sup>۲</sup>

#### چکیده

با توجه به محدودیت منابع آب در بسیاری از کشورهای خشک و نیمه خشک و روند رو به رشد مصرف آب ناشی از افزایش جمعیت و توسعه صنعتی، سیاستهای جدید مبنی بر استفاده کارا از منابع آب موجود، مورد توجه قرار گرفته است. از جمله این راهکارها استفاده از آب‌های مصرف شده و استفاده از آب‌های با کیفیت نامناسب است. از طرفی بهره‌برداری از آب با کیفیت پایین پیچیده‌تر و مشکل‌تر از آب با کیفیت خوب است و نیازمند مدیریت اجرایی پیچیده و روش‌های کنترل و نظارتی دقیق‌تر است. یک طرح موفق مدیریت آب به مدل جامعی نیاز دارد که مدیریت آب، خاک، گیاه و مزرعه را مورد بررسی قرار دهد. بیشتر مدل‌های موجود برای سیستمهای خاص آبیاری، فرایندهای خاص مثل جابجایی آب و املاح، نفوذ، آبشویی یا برداشت آب بوسیله ریشه گیاه طراحی شده‌اند.

مدل مدیریتی Saltmed می‌تواند همزمان سیستمهای مختلف آبیاری، خاکهای گوناگون، طبقات خاک، گیاهان و درختان مختلف و استراتژیهای متفاوت مدیریت آب، نیاز آبشویی و کیفیت‌های مختلف آب آبیاری را مورد توجه قرار دهد. این مدل در سال‌های ۲۰۰۲-۲۰۰۰ در دو مزرعه در مصر و سوریه مورد ارزیابی قرار گرفت و به خوبی توانست اثرات سیستم آبیاری، نوع خاک، میزان شوری آب آبیاری را روی رطوبت خاک، توزیع نمک، نیاز آبشویی و بازده محصول نشان دهد. در این مقاله قسمتهای مختلف و معادلات مورد استفاده در مدل و نتایج خروجی حاصل از اجرای مدل، بررسی خواهد شد.

۱- استادیار گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان، صندوق پستی ۸۴۱۵۶

۲- دانشجوی کارشناسی ارشد گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان

## ۱- مقدمه

با افزایش پیوسته جمعیت زمین نیاز به آب جهت کشاورزی و تولید غذا، مصارف خانگی و صنعتی افزایش می‌یابد. افزایش تقاضای آب در حالی‌که منابع آب محدود هستند، منجر به مدیریت و نگهداری منابع آب، استفاده مجدد از آب و کاربرد آب شور زیرزمینی شده است. استفاده مجدد از پساب زمینهای زهکشی و خانگی و صنعتی در آبیاری در حال حاضر در بسیاری از بخش‌های جهان در کشورهای توسعه یافته و یا در حال توسعه در حال گسترش است. در کاربرد آب شور و پساب زمینهای زهکشی برای آبیاری باید همزمان شرایط آب، خاک و گیاه را مورد بررسی قرار داد. در این راستا باید موارد زیر مورد توجه قرار گیرد.

۱- خصوصیات هیدرولیکی و نفوذ پذیری خاک که حرکت آب و املاح در خاک را تحت تأثیر قرار می‌دهد.

۲- آستانه شوری گیاه در مراحل مختلف، انتخاب گیاه مقاوم به شوری و کاربرد آب شور در مرحله حساسیت کمتر گیاه.

۳- کاربرد مدیریت و استراتژی خاص، مخلوط کردن با آب شیرین یا استفاده آب شیرین در مراحل حساس و شور در زمان حساسیت کمتر گیاه به شوری [۱۸].

۴- انتخاب سیستم خاص آبیاری [۱۱و۱۲].

۵- تعیین صحیح نیاز آبی گیاه و نیاز آبشویی که برای ذخیره آب، کنترل سطح ایستابی، کنترل حجم زهکشی و عملکرد نهایی محصول ضروری است.

مدل‌ها ابزارهای مفیدی در مدیریت آب در کشاورزی هستند، زیرا نه تنها می‌توانند در برنامه‌ریزی آبیاری و محاسبات نیاز آبی گیاه استفاده شوند بلکه می‌توانند برای پیش‌بینی بازدهی و شوری خاک نیز به کار روند. در این زمینه مدل‌هایی موجود هستند: مدل‌هایی برای نفوذ [۱۵و۱۵]، مدل‌هایی برای جذب آب توسط ریشه [۳و۷]، مدل‌هایی برای آبشویی یا انتقال آب و املاح [۷و۸]، مدل‌هایی برای استفاده ویژه یعنی سیستمهای ویژه آبیاری، منطقه، خاک و یا گیاه خاص [۹و۱۰].

به طور واضح به مدل جامعی که گیاهان و عملیات مدیریتی آب و زراعی مختلف را بررسی کند نیاز است. در اینجا مدلی معرفی می‌شود که برای گیاهان، خاکها و سیستمهای آبیاری مختلف و استراتژیهای مدیریت آب کاربرد دارد.

## ۲- مواد و روشها

### ۱-۲ معادلات اساسی مدل Saltmed

این مدل شامل فرایندهای تبخیر و تعرق، برداشت آب توسط ریشه گیاه، انتقال آب و املاح در سیستمهای مختلف آبیاری، زهکشی و رابطه بین عملکرد محصول و استفاده آب است [۱۳ و ۱۴]. در زیر در مورد هر یک از این فرایندها به طور مختصر توضیح داده می‌شود.

#### ۱-۱-۲ تبخیر و تعرق

تبخیر و تعرق با استفاده از روش پنمن مانتیث و بر اساس معادله تغییر یافته در نشریه شماره FAO-56 به شکل زیر محاسبه شده است [۴]:

$$ET_0 = \frac{0.408\Delta(R_n - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} U_2(e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0.34U_2)} \quad (1)$$

که در آن  $ET_0$  تبخیر و تعرق گیاه مرجع ( $MJ m^{-2} day^{-1}$ ),  $R_n$  تابش خالصی ( $mm/day$ ),  $G$  گرمای خاک بر حسب ( $Mg / M^2 day$ ) میانگین دمای روزانه در ۲ متر ارتفاع ( $^{\circ}C$ ),  $\Delta$  شب فشار بخار اشباع ( $KPa^{\circ}C^{-1}$ ),  $\gamma$  ثابت سایکرومتری ( $Pa^{\circ}C^{-1}$ ),  $e_s$  فشار بخار اشباع در دمای هوای ( $KPa$ ),  $e_a$  فشار بخار غالب ( $KPa$ ),  $U_2$  سرعت باد در ارتفاع ۲ متری ( $ms^{-1}$ ) است. با داشتن داده‌های هواشناسی و یا با داشتن داده‌های تبخیر از تشک کلاس A، مدل می‌تواند بر اساس نشریه FAO-56 میزان  $ET_0$  را محاسبه کند. این مدل همچنین می‌تواند در صورت نیاز تابش خالص خورشیدی را محاسبه کند. تبخیر و تعرق گیاهی با استفاده از رابطه زیر محاسبه می‌شود.

$$ET_c = ET_0(K_{cb} + K_c) \quad (2)$$

که در آن  $K_{cb}$  ضریب تعرق گیاهی است و  $K_c$  ضریب تبخیر خاک است. میزان  $K_{cb}$  و  $K_c$  برای هر مرحله رشد و دوره رشد برای گیاهان مختلف در مدل موجود است.  $K_c$  و  $K_{cb}$  بر اساس FAO-56 محاسبه شده‌اند.

#### ۲-۱-۲ باران موثر

باران موثر یعنی بخشی از بارندگی که برای نفوذ از طریق سطح خاک در دسترس گیاه قرار می‌گیرد، که در مدل به ۳ طریق تخمین زده می‌شود:

- درصدی از باران کل

- بر اساس فرمول FAO-56 محاسبه می شود [۴].

- برابر کل بارندگی در نظر گرفته می شود.

### ۱-۳-۳ جذب آب توسط ریشه گیاه در حضور نمک

روش‌های مختلفی برای محاسبه این پارامتر توسط نویسندها بیان شده است. فرمولی که در این مدل استفاده شده توسط Cordon & Letey (1992) ارائه شده است که برداشت آب بر اساس  $S(d^{-1})$  به صورت زیر بیان شده است [۲]:

$$S(z, t) = \left[ \frac{S_{\max}(t)}{1 + \left( \frac{a(t)h + \pi}{\pi_{50}(t)} \right)^3} \right] \lambda(z, t) \quad (3)$$

که در آن:

$$\lambda(z) = 5/3L \quad z \leq 0.21 \quad (4)$$

$$\lambda(z) = 25/15L * (1 - z/L) \quad 0.2L < z \leq L$$

$$\lambda(z) = 0 \quad z > L$$

$S_{\max}(t)$  پتانسیل جذب ریشه در زمان  $t$  و  $\lambda(z)$  نسبت توده ریشه وابسته به زمان،  $Z$  عمق عمودی به سمت پایین است،  $L$  ماکزیمم عمق ریشه‌دوانی،  $h$  پتانسیل ماتریک،  $\pi$  پتانسیل اسمزی،  $\pi_{50}(t)$  میزان فشار اسمزی است زمانی که  $S_{\max}(t) = 50\%$  کاهش می‌یابد و  $a(t)$  ثابت وزنی است که عکس‌العملهای مختلف گیاه را در مقابل پتانسیل ماتریک و اسمزی مختلف محاسبه می‌کند. که برابر است با  $\pi_{50}(t)/h_{50}(t)$  که  $\pi_{50}(t)/h_{50}(t) = 50\%$  کاهش می‌یابد. مقدار  $S_{\max}(t)$  (ماکزیمم جذب آب) به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$S_{\max}(t) = ET_0 * K_{cb}(t) \quad (5)$$

### ۱-۴ عمق ریشه‌دوانی

عمق ریشه‌دوانی به دنبال تعیین  $K_c$  محاسبه می‌گردد، بنابراین معادله زیر برای تعیین عمق ریشه‌دوانی پیشنهاد می‌گردد:

$$K_c(t) / K_{cmax} = \text{کمترین عمق ریشه} + (\text{بیشترین عمق ریشه} - \text{کمترین عمق ریشه}) \quad (6)$$

ماکزیمم عمق ریشه‌دوانی را با اندازه‌گیری‌های مستقیم یا با استفاده از منابع موجود می‌توان به دست آورد.

#### ۱-۵ عرض ریشه‌دوانی

در مقایسه با عمق ریشه‌دوانی اطلاعات کمی در مورد عرض ریشه‌دوانی در دست است بنابراین معادله ساده زیر پیشنهاد می‌شود.

$$\text{عمق ریشه} \times (\text{عمق ریشه} / \text{عرض ریشه}) = \text{عرض ریشه} \quad (7)$$

که نسبت عرض به عمق ریشه بستگی به نوع خاک و گیاه و فاکتورهای دیگر دارد. که هم با آزمایش و هم با استفاده از منابع موجود به دست می‌آید.

#### ۱-۶ بازده نسبی محصول

با توجه به ارتباط بین جذب آب توسط ریشه گیاه و بازدهی محصول، بازدهی نسبی  $RY$  بر اساس جذب آب در طول فصل رشد تقسیم بر مجموع ماکزیمم برداشت آب (بدون تنش) یعنی:

$$RY = \frac{\sum S(x, z, t)}{\sum S_{\max}(x, Z, t)} \quad (8)$$

۱-۷ بازده واقعی محصول با استفاده از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$AY = RY * Y_{\max} \quad (9)$$

که در آن  $Y_{\max}$  ماکزیمم بازدهی به دست آمده در شرایط مطلوب و بدون استرس است.

#### ۱-۸ حرکت آب و املاح

حرکت آب و املاح با استفاده از روابط ریچارد نشان داده می‌شود که یک معادله دیفرانسیل غیر خطی نسبت به زمان و مکان است، این معادله بر اساس دو قانون اساسی دارسی و پیوستگی در خاک است که معادله دارسی به صورت زیر است:

$$q = -K(h) \frac{\delta H}{\delta Z} \quad (10)$$

که  $q$  دبی،  $H(h)$  هدایت هیدرولیکی که تابعی از پتانسیل آب است،  $Z$  محور مختصات در جهت پایین که مبدأ آن سطح خاک است،  $K$  پتانسیل هیدرولیکی که مجموع پتانسیل ثقلی ( $Z$ ) و فشاری ( $\Psi$ ) است. یعنی:

$$H = \psi + z \quad (11)$$

جريان عمودی ناپایدار آب در محیط یکنواخت ناحیه ریشه توسط معادله ریچارد به صورت زیر توضیح داده می‌شود:

$$\frac{\partial \theta}{\partial t} = -\frac{\partial}{\partial z} \left[ K(\theta) \frac{\partial(\psi + z)}{\partial z} \right] - S_w \quad (12)$$

$\theta$  میزان رطوبت،  $t$  زمان،  $z$  عمق،  $K(\theta)$  هدایت هیدرولیکی (که تابعی از میزان رطوبت است)،  $\Psi$  پتانسیل یا مکش ماتریکس و  $S_w$  میزان برداشت را توسط ریشه گیاه نشان می‌دهد. جهت و میزان حرکت املاح در خاک بستگی به سطح حرکت آب دارد و همچنین با پخشیدگی و پراکندگی هیدرودینامیکی تعیین می‌شود. مجموع پخشیدگی و پراکندگی حرکت املاح با معادله هیل (1997) به دست می‌آید [۶].

$$j = -(D_h + D_s) \left( \frac{\partial c}{\partial x} \right) + \bar{v} \theta c \quad (13)$$

که  $j$  غلظت املاح در آب و  $\bar{v}$  متوسط سرعت آب،  $D_s$  پخشیدگی املاح در خاک و  $c$  غلظت املاح در خاک که در اثر اینکه فاز مایع تنها جزئی از حجم خاک را شامل می‌شود کاهش می‌یابد و به صورت زیر بیان می‌شود:

$$D_s = D_0 \theta \xi \quad (14)$$

$$\xi = \theta^{7/3} / \theta_s^2 \quad (15)$$

یک فاکتور تجربی کمتر از واحد، که با افزایش  $\theta$  کاهش می‌یابد. تغییرات پی در پی جريان باعث پخشیدگی می‌شود، که این بستگی به سرعت ماکروسکوپیک غیر یکنواخت جريان در منافذ مختلف دارد. ضریب پخشیدگی است که توسط Bresler (1975) به واسطه معادله (۱۶) معرفی شد [۱].

$$D_h = \alpha \bar{v} \quad (16)$$

که در آن  $\alpha$  یک ضریب تجربی است.  
حرکت املاح به صورت یک بعدی با رابطه زیر بیان می‌گردد:

$$\frac{\partial \theta}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left[ D_a \frac{\partial c}{\partial z} \right] - \frac{\partial(qc)}{\partial z} - S_s \quad (17)$$

که در آن  $\sigma$  غلظت املاح در خاک،  $q$  جریان تجمعی املاح،  $D_a$  مجموع ضریب پخشیدگی و پراکندگی و  $S_s$  برداشت و یا جذب املاح توسط ریشه است.

در آبیاری از یک منبع خطی قطره‌ای حرکت آب و املاح به صورت دو بعدی به صورتهای زیر شبیه‌سازی می‌شود:

- مدل جریان مسطح شامل محور مختصات کارتزین  $x, z$  این حالت زمانی اتفاق می‌افتد که یکسری منابع قطره‌ای در فاصله مساوی و نزدیک به هم باشند و جبهه‌های رطوبتی همپوشانی داشته باشند.

- مدل جریان استوانه‌ای که با محورهای مختصات استوانه‌ای  $r, z$  توضیح داده می‌شود. جریان استوانه‌ای زمانی اتفاق می‌افتد که یک نازل و یا تعدادی نازل دور از هم و بدون همپوشانی جبهه رطوبتی داشته باشیم. برای یک محیط همگن و ایزوتروپ جریان آب در خاک توسط Bresler (1975) به صورت زیر بیان می‌شود [۱].

$$\frac{\partial \theta}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left[ K(\theta) \frac{\partial \Psi}{\partial x} \right] + \frac{\partial}{\partial z} \left[ K(\theta) \frac{\partial (\Psi + z)}{\partial z} \right] \quad (18)$$

که  $x$  جهت افقی،  $z$  عمودی،  $K(\theta)$  هدایت هیدرولیکی خاک است.

ضریب پخشیدگی هیدرودینامیکی  $D_{ij}$  به صورت زیر بیان می‌شود:

$$D_{ij} = \lambda_T |V| \delta_{ij} + (\lambda_L - \lambda_T) V_i V_j |V| + D_s(\theta) \quad (19)$$

$\lambda_L$  متوسط پخشیدگی طولی،  $\lambda_T$  پخشیدگی متقطع،  $\delta_{ij}$  زمانیکه  $j=i$  است برابر ۱ در نظر می‌گیریم و در غیر این صورت  $\delta_{ij}=0$  است.  $V_i$  و  $V_j$  امین و زامین جزء سرعت جریان ( $V$ ) هستند بدین ترتیب  $V = (V_x^2 + V_z^2)^{1/2}$  است و  $D_s(\theta)$  ضریب پخشیدگی خاک است و با معادله ۱۴ تعیین می‌شود. حرکت املاح به صورت دو بعدی به صورت زیر بیان می‌شود:

$$\frac{\partial(c\theta)}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} (D_{xx} \frac{\partial C}{\partial x} + D_{xz} \frac{\partial C}{\partial z} - q_x C) + \frac{\partial}{\partial z} (D_{zz} \frac{\partial C}{\partial z} + D_{zx} \frac{\partial C}{\partial x} - q_z C) \quad (20)$$

در این مدل آبیاری کرتی و بارانی و غرقابی به صورت جریان یک بعدی و با معادلات ۱۶ و ۱۷ بیان می‌شود. آبیاری قطره‌ای خطی و شیاری به صورت دو بعدی و با معادلات ۱۹ و ۲۰ بیان می‌شود. معادلات حرکت آب و املاح به صورت عددی و به صورت تفاضلهای محدود و به صورت صریح (explicit) حل می‌شود.

### ۱-۲ پارامترهای هدایت هیدرولیکی خاک

برای حل کردن معادلات انتقال آب و املاح نیاز به دو رابطه آب خاک به نامهای روابط پتانسیل رطوبت یا آب خاک و پتانسیل هدایت هیدرولیکی آب خاک دارد. این روابط توسط ون گناختن در سال ۱۹۸۰ به صورت زیر بیان شده است [۱۴].

$$\theta(h) = \theta_r + \left[ (\theta_s - \theta_r) / (1 + |\alpha h|^n)^m \right] \quad (21)$$

$$K(h) = K_s K_r(h) = K_s S e^{1/2} \left[ 1 - (1 - S e^{1/m})^m \right]^2 \quad (22)$$

که  $\theta_r$  و  $\theta_s$  به ترتیب رطوبت باقیمانده و اشباع خاک،  $K_s$  و  $K_r$  به ترتیب هدایت هیدرولیکی اشباع و نسبی،  $\alpha$  و  $n$  پارامترهای شکل (پارامترهای تجربی)،  $m = 1 - 1/n$  و  $S$  رطوبت حجمی اشباع مؤثر هستند.

### ۱-۳ زهکشی

در پایین منطقه ریشه زهکشی آزاد فرض شده است مگر اینکه یک لایه نفوذناپذیر در کف پروفیل خاک باشد.

### ۱-۴ نیاز آبشویی

آزمایشات نشان می‌دهد که شوری خاک به طور مشخص باعث کاهش محصول نمی‌شود مگر اینکه از آستانه شوری تجاوز کند. زمانیکه غلظت شوری از حد مجاز تجاوز کند جهت جلوگیری از کاهش محصول، نمک موجود باید به پایین ناحیه ریشه حمل شود بنابراین زمانیکه عمق خالص آب کاربردی برای برنامه‌ریزی آبیاری محاسبه شد عمق اضافه بر آن برای آبشویی به آن اضافه می‌شود. نیاز آبشویی در مدل به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$LR = \frac{D_d}{D_i} = \frac{C_i}{C_d} \quad (23)$$

در این معادله  $D_d$  عمق آب خارج شده از ناحیه ریشه به عنوان آب زهکشی و  $D_i$  عمق آب کاربردی + آب باران،  $C_d$  غلظت نمک آب زهکشی شده و  $C_i$  غلظت نمک آب آبیاری زمانیکه کاهش محصول اتفاق می‌افتد، می‌باشند.

## ۲-۲ داده‌های مورد نیاز در مدل

- خصوصیات گیاه در هر دوره رشد شامل ضریب گیاهی،  $K_c$  و  $K_{cb}$ ، عمق ریشه و توسعه جانبی، ارتفاع گیاه و بازده مشاهده شده در ناحیه تحت شرایط مطلوب.
- خصوصیات خاک شامل عمق هر لایه، هدایت هیدرولیکی اشباع، میزان رطوبت اشباع خاک، ضریب پخشیدگی نمک، ضریب پراکندگی طولی و عرضی، رطوبت اولیه خاک، پروفیل شوری خاک، هدایت هیدرولیکی و رطوبت آن و مقادیر منحنی مشخصه.
- داده‌های هواشناسی شامل مقادیر روزانه ماکزیمم و مینیمم دما، رطوبت نسبی، تابش خالص، سرعت باد و بارندگی روزانه.
- داده‌های مدیریت شامل زمان و میزان آب آبیاری کاربردی و سطح شوری آب کاربردی.
- پارامترهای مدل شامل تعداد تقسیمات در جهت افقی و ماکزیمم زمان برای محاسبات.

## ۳-۲ پایگاه اطلاعاتی مدل

این مدل سه پایگاه دارد:

- ۱- مشخصات بیش از ۲۰۰ گیاه بر اساس FAO-56(1998) و FAO-1992 (1992) برای محصولات مختلف، درختان و بوتهای برای نواحی مختلف و برای هر مرحله رشد، مقادیر  $K_c$  و  $K_{cb}$  برای مرحله رشد ماکزیمم ارتفاع و عمق ریشه‌داواني.
- ۲- مشخصات بیش از ۴۰ نوع خاک شامل خصوصیات هیدرولیکی و پارامترهای انتقال املاح.
- ۳- اطلاعات سیستم آبیاری مثل درصد خیس شدگی.

## ۴-۲ بررسی و راهاندازی مدل مدل

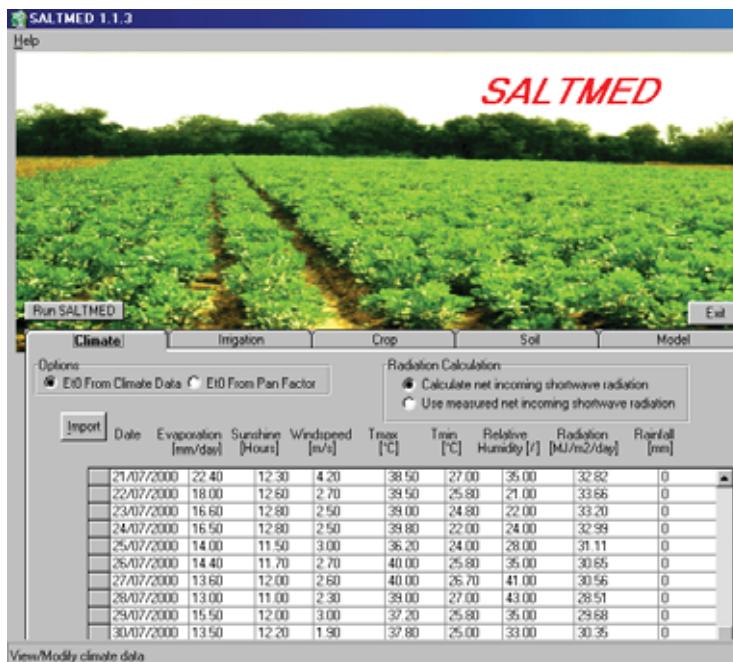
این مدل به زبان C/C<sup>++</sup> برای سیستم عامل ۲۰۰۰ و ۹۸ و ۹۵ نوشته شده است خروجی مدل به صورت فایلهای متند و گرافیکی است و شامل توزیع افقی و عمودی رطوبت خاک، شوری و غلظت نسبی املاح خاک، پروفیلهای پتانسیل ماتریک خاک، تبخیر و تعرق گیاه، تبخیر از خاک بدون پوشش، نیاز آبشویی، میزان آبیاری،  $K_c$  و  $K_{cb}$ ، عمق ریشه و بازدهی نهایی است.

این مدل به عنوان مثال برای یک سیستم آبیاری قطره‌ای خطی با میزان دبی  $0.983 \text{ cm}^3/\text{cm min}$  و شوری  $4 \text{ dS/m}$  و برای گیاه سیب‌زمینی و خاک لوم با ۲ متر عمق و شوری اولیه  $3 \text{ dS/m}$  اجرا شده است.

## ۴-۱-۲ نحوه ورود داده‌ها

- ابتدا اطلاعات اقلیمی منطقه را وارد می‌کنیم. برای وارد کردن اطلاعات اقلیمی در پنجره اصلی گزینه climate را انتخاب می‌کنیم. در این پنجره و در بخش option، دو روش تعیین تبخیر و تعرق معرفی شده

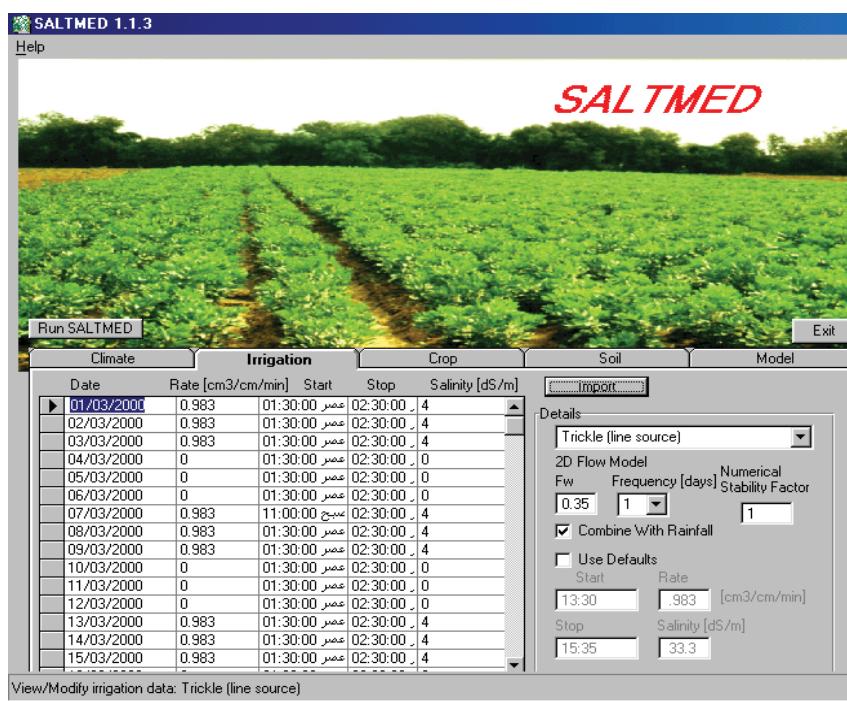
است، یکی روش تشتک تبخیر و دیگری تعیین تبخیر و تعرق با استفاده از روش پمن ماننتیث است، که با توجه به داده‌های موجود یکی را انتخاب می‌کنیم. سپس با توجه به روش انتخابی اطلاعات روزانه یک فصل رشد را که به فرمت excel است، در بخش import وارد می‌کنیم (شکل ۱).



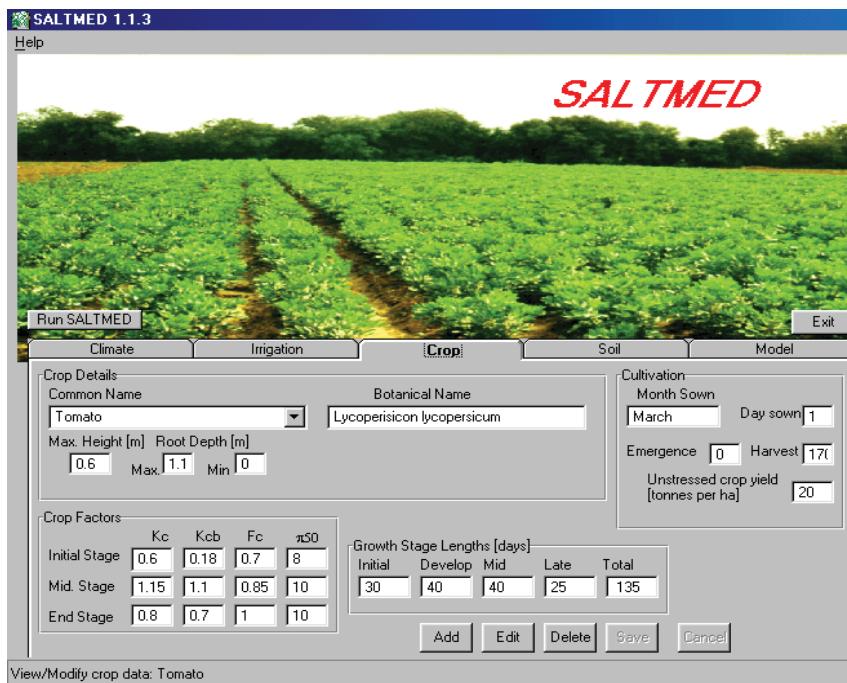
شکل ۱- پنجره داده‌های اقلیمی

- اطلاعات مربوط به سیستم آبیاری شامل مدت آبیاری، نوع سیستم آبیاری و شوری آب آبیاری است که در بخش irrigation وارد می‌شود (شکل ۲). برای این کار در بخش import فایل آبیاری که شامل زمان شروع و پایان آبیاری، مقدار آبیاری و شدت جریان و شوری آب آبیاری است وارد می‌کنیم.

- برای واردکردن اطلاعات مربوط به گیاه گزینه crop را انتخاب می‌کنیم (شکل ۳). پارامترهای گیاه شامل: ماکریم ارتفاع گیاه و ریشه، طول و مرحله رشد، تاریخ کاشت و برداشت و ضرایب گیاهی مانند  $K_c$ ,  $K_{cb}$  و  $F_c$  است. اطلاعات مربوط به گیاه در پایگاه مدل بر اساس مطالعات Allen گزارش شده در FAO-56 موجود است [۴].



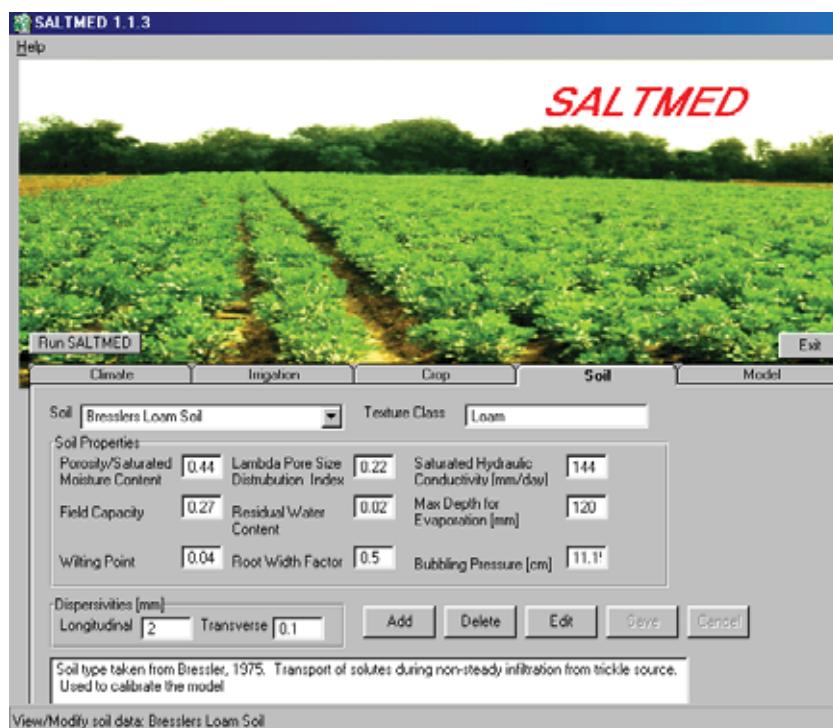
شکل ۲- پنجره مربوط به اطلاعات سیستم آبیاری



شکل ۳- پنجره مشخصات گیاه

- در منوی soil مشخصات کلی خاک شامل نوع خاک، هدایت هیدرولیکی اشباع و غیر اشباع آن، شوری و رطوبت اولیه خاک و ... است (شکل ۴). در این بخش نیز می‌توان از اطلاعات موجود در پایگاه داده‌های مدل

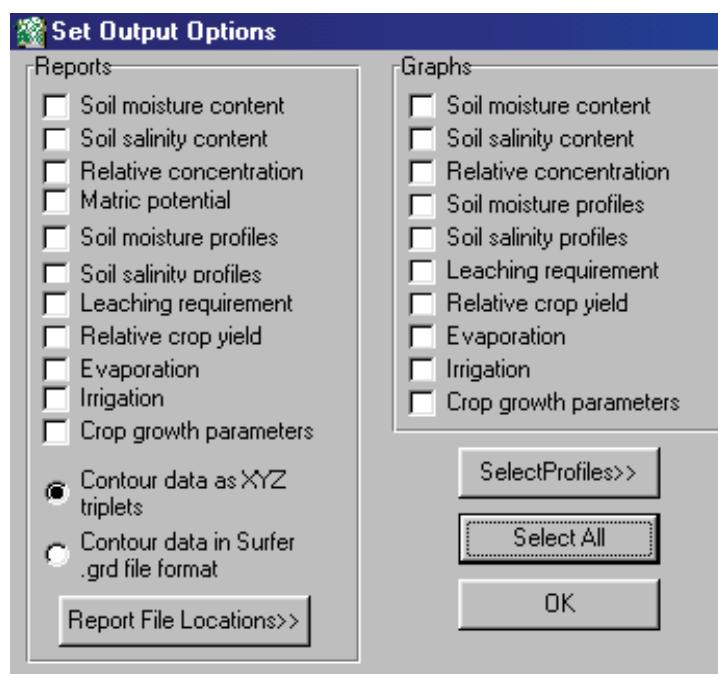
استفاده کرد و چنانچه بخواهیم تغییری اعمال کنیم ابتدا گزینه Edit در پایین صفحه را انتخاب کرده و پس از آن تغییرات را save کنیم. است.



شکل ۴- پنجره مشخصات خاک

### ۳- نتایج و خروجی‌های مدل

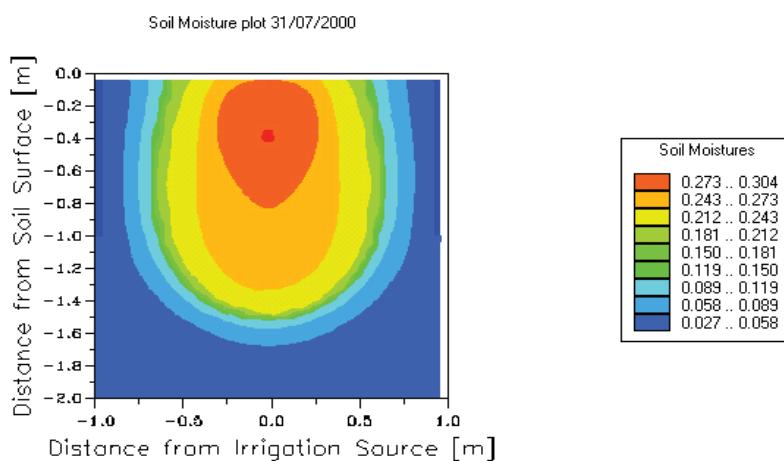
نتایج مدل به صورت روزانه است که قبل از راه اندازی مدل لازم است نوع خروجی مورد نظر را در قسمت انتخاب خروجی مشخص کرد پنجره انتخاب خروجی در شکل (۵) آورده شده است. به عنوان مثال می‌توان میزان تبخیر و تعرق و یا میزان رطوبت خاک و یا نیاز آب‌شویی را به عنوان خروجی انتخاب کرد. در این مدل می‌توان پروفیلهای مورد نظر را برای زمان مورد نظر در دوره رشد انتخاب کرد. در اینجا ۳۱ جولای یعنی آخرین روز را انتخاب کرده و نمایش می‌دهیم.



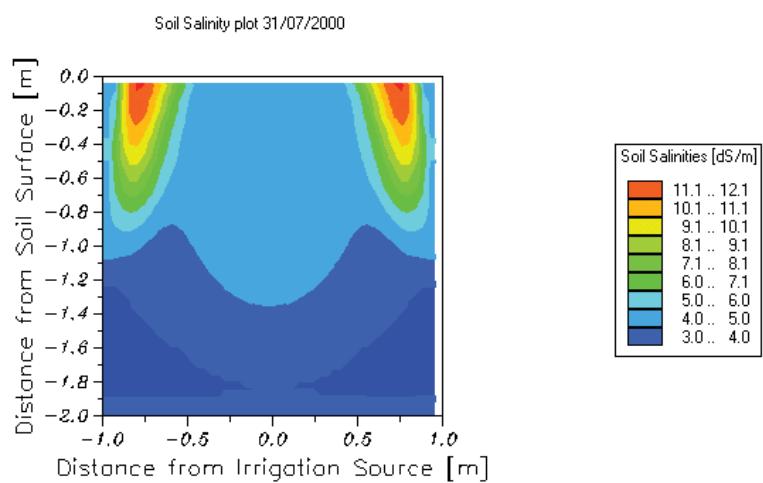
شکل ۵- منوی گزینه‌های خروجی مدل

پروفیل رطوبت در اطراف قطره‌چکان در شکل (۶) نشان داده شده است. همانگونه که مشاهده می‌شود هر چه از قطره‌چکان فاصله می‌گیریم میزان رطوبت خاک کاهش می‌یابد، این مدل پیش‌بینی می‌کند که بدليل شور بودن آب آبیاری میزان شوری خاک از  $dS/m = ۳$  افزایش می‌یابد و در اطراف قطره‌چکان تجمع نمک اتفاق می‌افتد. (شکلهای ۷ و ۸). شکل (۹) تغییرات  $K_{cb}$  و  $K_c$  را نسبت به زمان برای گیاه مورد نظر نشان می‌دهد.

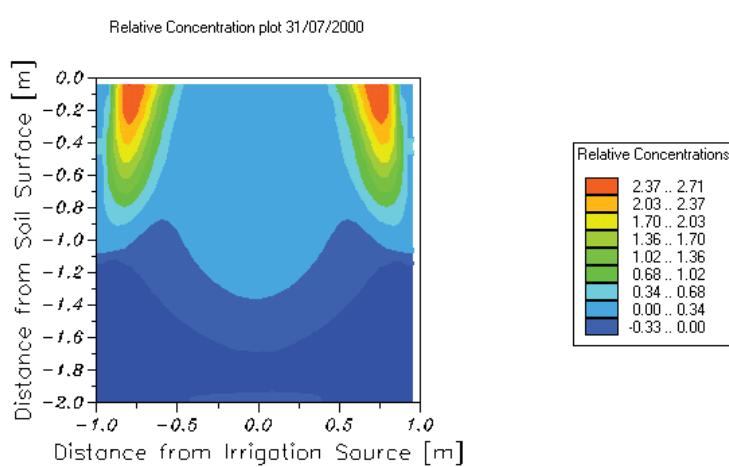
مقدار تبخیر و تعرق گیاهی و تبخیر از خاک بدون پوشش در شکل (۱۰) نشان داده شده است، همانگونه که مشاهده می‌شود در ابتدای فصل میزان تبخیر از خاک عربیان بیشتر از تبخیر و تعرق گیاه است و زمانیکه گیاه رشد می‌کند و شاخ و برگ گیاه به مراکزیم مقدار خود می‌رسد تعرق گیاه از میزان تبخیر از خاک برهنه بیشتر می‌شود.



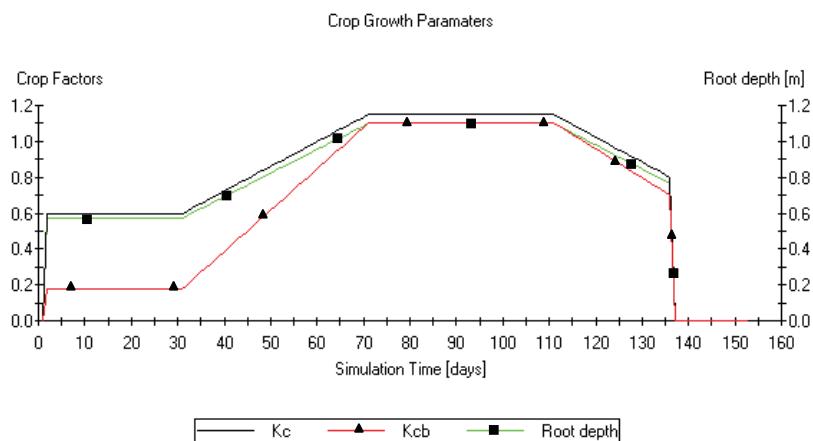
شکل ۶- پروفیل رطوبت در اطراف قطره‌چکان



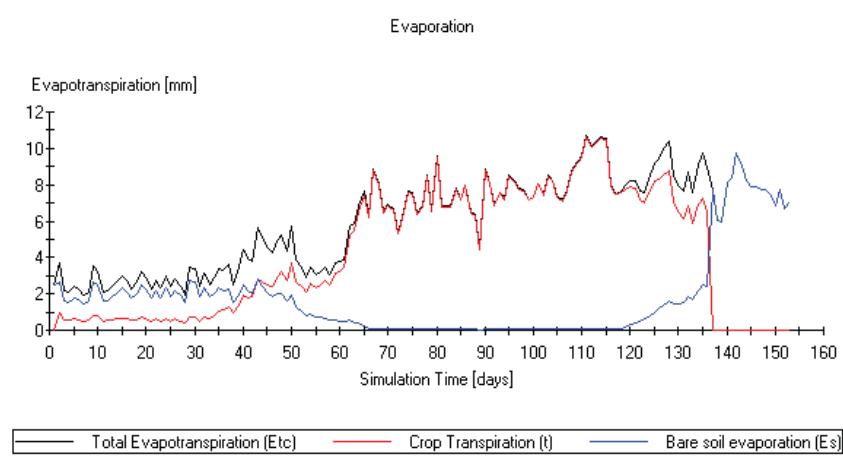
شکل ۷- پروفیل شوری خاک در اطراف قطره‌چکان



شکل ۸- پروفیل شوری نسبی در اطراف قطره‌چکان



شکل ۹- پارامترهای گیاهی و عمق ریشه

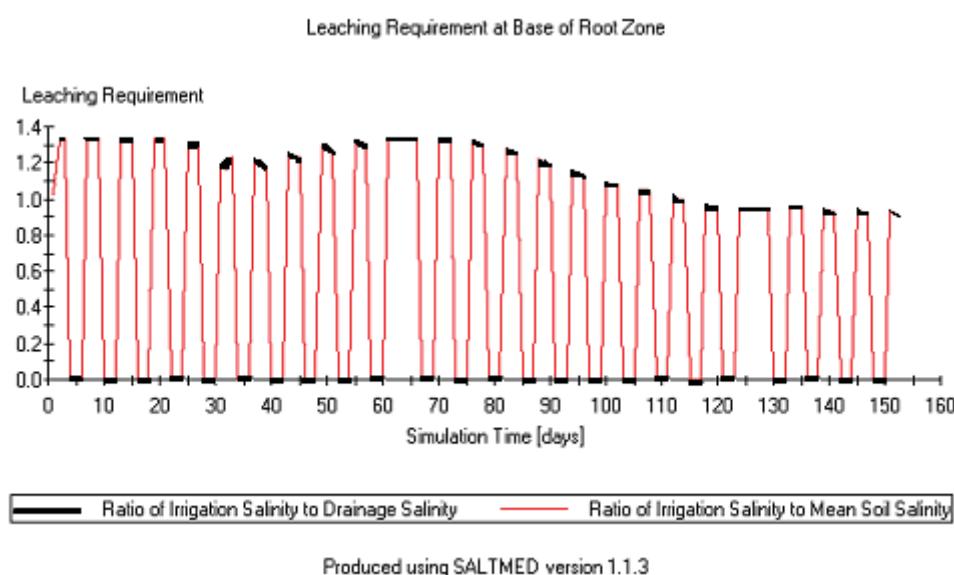


شکل ۱۰- تبخیر و تعرق کل، تعرق و تبخیر از خاک برهنه

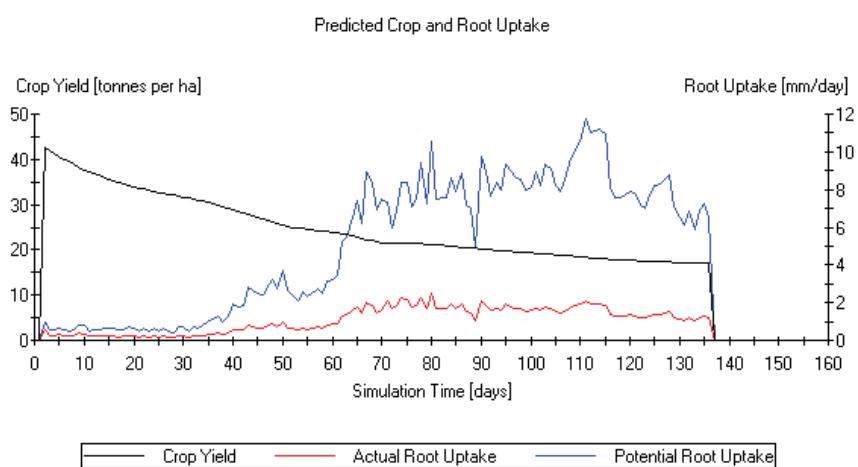
شکل (۱۱) نیاز آبشویی را برای ۳۱ جولای نشان می‌دهد، در این شکل مشاهده می‌شود که نیاز آبشویی در حدود ۱ است و این بدین معنی است که شوری آب آبیاری نزدیک به شوری متوسط ناحیه ریشه یا زه‌آب است. بنابراین با کاربرد آبیاری غرقابی قبل از کشت بعدی نمک تجمع یافته در ناحیه ریشه شسته خواهد شد، مخصوصاً "اگر آستانه شوری برای گیاه بعدی حدود  $4 \text{ dS/m}$  باشد. در شکل (۱۲) می‌توان ماقزیم جذب آب در شرایط بدون استرس و مقدار واقعی آب برداشت شده و نیز بازدهی محصول را مشاهده کرد، وجود اختلاف بین ماقزیم و مقدار واقعی آب جذب شده ریشه در این مثال به دلیل اثر تنفس شوری در برداشت و جذب آب است.

بازده محصول در بهترین شرایط در منطقه مورد نظر ۸۰ تن بر هکتار بود که تحت شرایط موجود حدود ۲۰ تن بر هکتار برآورد شده است. کاهش در بازده محصول بدلیل اثر تنفس شوری در جذب آب توسط

ریشه است. میزان کاهش محصول بستگی به فاکتورهایی مثل آستانه شوری گیاه، شوری خاک، شرایط اولیه، شرایط اقلیمی و مدیریت و... دارد.



شکل ۱۱- نیاز آبشویی



شکل ۱۲- عملکرد محصول، جذب ماکریم و واقعی آب توسط ریشه

#### ۴- نتایج و بحث

به طور کلی استفاده از آب شور برای آبیاری نیاز به انتخاب گیاهان با آستانه شوری بالا ( مقاوم ) و مدیریت صحیح و نگهداری خصوصیات فیزیکی خاک دارد. بنابراین هدف کلی راهی به سوی استفاده از

آب شور برای آبیاری و کاهش دادن مشکلات زهآها است. با استفاده از نتایج این مدل می‌توان بررسی‌های زیر را انجام داد:

- بررسی پروفیل رطوبت خاک در زمان مشخص
- ارزیابی پروفیل شوری خاک در زمان مشخص
- ارزیابی شوری نسبی خاک
- مشاهده توزیع افقی و عمودی رطوبت و شوری خاک
- ارزیابی پارامترهای  $K_{cb}$  و  $K_c$  و عمق ریشه نسبت به زمان
- ارزیابی نیاز آبشویی نسبت به زمان

### فهرست منابع

- 1- . Breseler, E., 1975. Two-dimensional transport of solute during non steady infiltration for a trickle source. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 39, 604-613.
- 2- Cardon, E.G., Letey, J., 1992a. Plant water uptake terms evaluated for soil water and solute movement models. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 56,1876-1880.
- 3- Coelho. F. E., Dani, Or., 1996. A parametric model for two-dimensional water uptake intensity by corn roots under drip irrigation. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 60, 1039-1049.
- 4- FAO, 1998. Crop Evapotranspiration, Irrigation and Drainage Paper No 56. Rome, Italy.
- 5- Fletcher Armstrong, C., Wilson, T. V., 1983. Computer model for moisture distribution in stratified soils under trickle source. *Trans. ASAE* 26, 1704-1709.
- 6- Hillel, D., 1977. Computer Simulation of Soil- Water Dynamics: a Compendium of Recent Work. IDRC, Ottawa, Canada,214pp.
- 7- Kamra, S. K., Sita Ram Singh, Rao, K. V. G. K., Van Genuchten , M. Th., 1991. A semidiscrete model for water and solute movement in tiledrained soils. I. Governing equation and solution. *Water Resources Res.* 27, 2439-2447.
- 8- Logan, J. D., 1996. Solute transport in porous media with scale- dependent dispersion and periodic boundary conditions. *J. Hydrol.* 184, 261-276.
- 9- Minhas, P. S., Gupta, R. K., 1993. Conjunctive use of saline and nonsaline waters, III. Validation and application of a transient model for wheat. *Agric. Water Manag.* 23, 149-160.
- 10-Nour El- Din, M. M., King, I. P., Tamji, K. K., 1987. Salinity management model: I. Development. *J. Irrigation Drainage Eng.* 113, 440-453.
- 11-Ragab, R., 1983. The effect of sprinkler intensity and energy of falling drops on soil surface sealing. *Soil Sci.* 136, 117.
- 12-Ragab, R., 1997. Constraints and applicability of irrigation scheduling under limited water resources, variable rainfall and saline condition. In: *Irrigation Scheduling From Theory To Practice*. Smith M., Pereira, L. S., Berengena, J., Itier, B., Goussard, R., Ragab, R., Tollefson, P., Van Hofwegen, L. (Eds.), FAO Water Reports, 8. Fao, Rome, pp. 149-165.

- 13-Ragab, R., 2002. A holistic generic integrated for irrigation, crop and field management: the SALTMED model. *J. Environmental modeling & Software.* 17, 345-361.
- 14-Ragab, R., Malash, N., Abdel Gawad., G., Arslan, A., Ghaibeh, A., 2005. A holistic generic integrated approach for irrigation, crop and field management: The SALTMED model and its calibration using field data from Egypt and Syria. *J. Agriculture Water Management.* 78, 67-88.
- 15-Rhodes, J. D., Kandiah, A., Mashali, A. M., 1992. The use of saline waters for crop production. *FAO Irrigation Drainage. Paper 48 Rome.*
- 16-Van Genuchten, M. Th., 1980. A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 44, 892-898.
- 17-Vogel, T., Hopmans, J. W., 1992. Two-dimensional analysis of furrow infiltration. *J. Irrigation Drainage Eng.* 118, 791-806.

## کارگاه فنی آبیاری سطحی مکانیزه

۱۳۸۴ آذر ماه

### مقایسه عملکرد و اجزای عملکرد گیاه آمارانت در روش‌های مختلف آبیاری دو سامانه‌ای (تلفیقی) آبیاری سطحی، آبیاری تحت فشار بارانی

شهرام شاه محمدی نبی، علیرضا رضانیا

چکیده:

گیاه علوفه‌ای آمارانت از جمله گیاهان جدید زراعی است که کشت آن در بسیاری از اکوسیستمهای زراعی گرسیزی جهان، به سرعت در حال گسترش بوده و در سیستم کشاورزی پایدار نیز نقش مهمی در الگوی تناوبی با برخی گیاهان دانه‌ای و علوفه‌ای گرامینه دارا می‌باشد. به همین منظور در سال ۱۳۸۳ برای اولین مرتبه در کشور چهار رقم علوفه‌ای آمارانت در قالب طرح آماری اسپیلت پلات درسه روش آبیاری ۱-آبیاری سطحی (جویچه‌ای) ۲-آبیاری تلفیقی دو سامانه‌ای (سطحی و تحت فشار قطره‌ای) ۳-آبیاری تحت فشار بارانی در مزرعه آبیاری تحت فشار سازمان آب و برق خوزستان واقع در ۳۰ کیلومتری شرق امیدیه کشت گردید و نتایج حاصل از آن نشان داد که اثرات روش‌های مختلف آبیاری و همچنین اثرات متقابل ( $A \times B$ ) روش آبیاری و ارقام برارتفاع گیاه، ارتفاع ساقه، طول گل آذین، ضخامت ساقه، وزن برگ، وزن ساقه، وزن گل آذین، وزن کل گیاه در صد پروتئین گیاه و در نهایت عملکرد کل گیاه در سطوح آماری یک درصد و ۵ درصد معنی دار شده است که بدلیل روش‌های آبیاری اعمال شده و تغییرات ژنتیکی ارقام و ترکیب ارقام و انواع روش‌های آبیاری بر خصوصیات مذکور بوده است. که در این راستا تیمار آبیاری تلفیقی (سطحی با روش قطره‌ای) همراه با رقم اسلواکی با میانگین ۱۸۴۱۱/۶ کیلوگرم در هکتار بهترین پاسخ عملکردی را داشته است و در مرتبه بعدی تیمار آبیاری تلفیقی (سطحی با قطره‌ای) همراه با رقم Gaint با میانگین ۱۷۰۷۵ کیلوگرم در هکتار و سپس تیمار آبیاری سطحی (جویچه‌ای) همراه با رقم Mercado با میانگین ۱۷۰۷۰ کیلوگرم در هکتار ماده خشک تولید کرده‌اند و کمترین تولید ماده خشک مربوطه به تیمار آبیاری تحت فشار بارانی همراه با رقم Mercado با میانگین ۹۸۰۵ کیلوگرم در هکتار بوده است و نتایج این طرح بیانگر آن است که ۱- گیاه آمارانت از پتانسیل مطلوبی جهت کشت توسعه در خوزستان برخوردار بوده و نیازمند بررسی و مطالعه بیشتر در آینده خواهد بود.

۲- با توجه به عملکرد مناسب و بالای گیاه آمارانت در آبیاری تلفیقی می‌توان در کشت بسیاری از گیاهان زراعی ردیفی از تلفیق روشهای مختلف آبیاری استفاده نمود و علاوه بر کاهش میزان مصرف آب و استفاده بهینه و تولید بیشتر از آب مصرفی، کاهش هزینه‌های آبیاری و اقتصادی تر بودن کشت و سود آوری بیشتر جهت زارعین را بدست آورد.

**واژه‌های کلیدی:** آمارانت، گیاهان علوفه‌ای، پروتئین، آبیاری تلفیقی

#### مقدمه:

محدودیت منابع آب موجود در زمین ازیک سو و افزایش بی‌رویه جمعیت و نیاز روزافزون به غذا و افزایش تولید محصولات کشاورزی و درنتیجه آن افزایش تقاضا برای آب از سوی دیگر اهمیت آب را برای مقاصد مورد نیاز بشر در حال حاضر چند برابر کرده و متخصصین را برآن داشته که در جستجوی روشهای فنونی باشند که استفاده موثر و با راندمان بالا را برای مصارف مختلف ارائه دهن. همچنین با توجه به خشکسالیهای پی در پی سالهای اخیر که صدمات جبران ناپذیری به منابع آبی کشور خصوصاً آبهای زیرزمینی وارد کرده است تامین آب تضمینی جهت یک تولید مشخص با توجه به پتانسیلهای موجود، امری ضروری و اجتناب ناپذیر می‌باشد و با عنایت به شرایط خاص کشور از نظر محدودیت منابع آب بایستی به اصل تولید بیشتر در مقابل آب مصرفی و تولید اقتصادی، توجه خاصی شود که در این راستا بهبود مدیریت مصرف آب در زراعت گیاهان بخصوص گیاهان ردیفی استفاده از روشهای دو سامانه‌ای در آبیاری (تلفیق روشهای آبیاری سطحی و تحت فشار) قابل توجه و شایان ذکر می‌باشد که در اینروش علاوه بر استفاده کردن از آبیاری سطحی تا مرحله ابتدایی رشد گیاه واستقرار گیاه در مزرعه که در اینخصوص کاهش هزینه آبیاری (در مقایسه با روش آبیاری تحت فشار) را در پی داشته واز طرفی دیگر بعد از استقرار گیاه با مشخص بودن تعداد بوتهای گیاهان سبز گردیده و مقدار آب مورد نیاز آنها با انجام آبیاری قطره‌ای میزان مصرف آب و استفاده بهینه و تولید بیشتر از آب مصرفی را فراهم نموده که در این رابطه با تعیین بهترین روش آبیاری برروی گیاهان علوفه‌ای میتوان امکان توسعه کشت گیاهان علوفه‌ای جدید بخصوص آمارانت را در منطقه فراهم نمود. زیرا با ترویج و کشت محصولات زراعی در سیستمهای مختلف آبیاری علاوه بر افزایش عملکرد محصولات کشاورزی در هر مترمکعب آب مصرفی، استفاده بهینه از هر واحد آب و اقتصادی کردن مصرف آن، میزان درآمد زارعین را افزایش خواهد داد و بعلاوه افزایش تولید علوفه در منطقه میتواند به توسعه دامداریها و تامین نیاز غذایی و علوفه‌ای آنها کمک نماید که در این زمینه با کشت گیاه آمارانت در این طرح نسبت به معرفی و امکان کشت و گسترش آن در مناطق گرمسیری کشور و قراردادن آن در الگوی کشت و تناوب آن با برخی گیاهان دانه‌ای و علوفه‌ای گرامینه اقدام گردیده که مختصراً از مشخصات این گیاه به شرح ذیل می‌باشد.

گیاه آمارانت (Amaranthus spp) که از خانواده Amaranthaceae یا تاج خروس اخیراً بعنوان گیاه زراعی جدیدی مطرح شده است که در حال حاضر بواسطه درصد بالای پروتئین دردانه و اندامهای هوایی به صورت دانه، علوفه و سبزیجات مورداستفاده قرار میگیرد. و این تنوع در مصرف باعث شده که طی دهه اخیر کشت آمارانت درسطح وسیعی از مناطق جهان مانند چین، جنوبشرقی آسیا، آفریقا و آمریکا رایج شود. این گیاه اصطلاحاً درگروه گیاهان شبه غلات Pseudo Cereal قرار داشته و در حال حاضر بیش از ۴۰ نوع محصول مختلف ازدانه علوفه و سبزیجات آن در بازارهای بسیاری از کشورهای جهان عرضه میشود. به لحاظ گیاه شناسی آمارانت گیاهی است دولپه، برگ پهن، ریشه عمیق و دارای یک ساقه اصلی و روزگوتاه که گلهای دراین گیاه انتهایی بوده و گل آذین در قسمت فوقانی گیاه پس از پایان رشد رویشی ظاهر میگردد این گیاه عمدتاً خودگشن (ولی با درصد کمی دگرگشن) و با گلهای تک پایه و به رنگهای مختلف قرمز، نارنجی و زرد بوده که بصورت مجتمع بر روی محور گل آذین خوش‌ای قرار گرفته‌اند. بعلاوه آمارانت گیاهی است یکساله تابستانه و با ارتفاع زیاد (بین ۱۸۰ تا ۲۴۰ سانتیمتر) که سیستم فتوسترزی آن از نوع چهارکربنه بوده و سازگاری بالایی به مناطق گرمسیری با روزهای آفتابی دارد و از محدود گیاهان زراعی برگ پهن با سیستم فتوسترزی چهار کربنه محسوب میگردد. و فیزیولوژیکی این گیاه حدود ۱۳ تا ۱۵ درجه سانتیگراد و عمق کاشت سطحی (حدود یک سانتیمتر) و سرعت جوانه زنی بذور آن بالاست که دراین شرایط معمولاً ۳ تا ۵ روز پس از کاشت بذور این گیاه سبز خواهد شد. علوفه‌این گیاه نیز زمانی که شامل مخلوطی از برگ، ساقه و گل آذین باشد بسته به رقم و شرایط محیطی بین ۱۰ تا ۲۴ درصد پروتئین خواهد داشت. ارقام زراعی این گیاه اگرچه به طور مشترک در بسیاری از مناطق گرمسیری جهان کشت میشوند ولی به لحاظ خصوصیاتی همچون عملکرد، طول دوره رسیدگی، ارتفاع و کیفیت دانه و علوفه تفاوت‌هایی دارا میباشند لذا اظهار شده که یافتن ارقام مناسب و تاریخ کاشت مطلوب اولویت‌های اصلی ورود این گیاه جدید در هر منطقه خواهد بود از سوی دیگر وجود تفاوت‌های گیاه شناسی زراعی این گیاه با غلات (مانند برگ پهن)، برگ باریک، ریشه عمیق، ریشه سطحی، محصول علوفه‌ای، دانه‌ای) باعث شده که در حال حاضر گیاه آمارانت جایگاه مطلوبی در الگوی تناوبی (غلات-کلزا) داشته و باعث بهبود تنوع زراعی سیستمهای کشت گیاهان غلات شده است. که براین اساس و به لحاظ توجه جهانی به گیاه آمارانت و گسترش سریع سطح زیرکشت آن و همچنین با توجه به شرایط اقلیمی گرم و آفتابی خوزستان انتظار می‌رود که این گیاه علوفه‌ای چهار کربنه بتواند در آینده تولید کمی و کیفی مطلوبی دراین منطقه داشته باشند لذا برای اولین مرتبه در ایران چهار رقم از ارقام علوفه‌ای آمارانت در ۳ روش آبیاری (جویچه‌ای، تلفیقی دوسامانه‌ای (سطحی و قطره‌ای، بارانی) کشت و مورد مقایسه قرار گرفتند.

### اهداف یک سیستم آبیاری:

هدف اصلی آبیاری تامین آب موردنیاز گیاهان میباشد اما اهداف دیگری نیز از انجام عمل آبیاری میتواند موردنظر باشد که عبارتند از:

کنترل درجه حرارت جهت رشد بهتر گیاه، آبشویی املاح اضافی خاک، نرم کردن خاک برای سهولت شخمنی وغیره میباشد.

روشهای قدیمی وابتدایی تا روشهای پیشرفته هرکدام دارای محسن و معایب خاص خود میباشند. شرایط اساسی انتخاب هرروش با درنظرگرفتن عواملی مثل خصوصیات خاک، شرایط آب و هوایی، منبع تامین آب، نوع محصول زراعی، توجیه اقتصادی، نیروی انسانی، شرایط اقتصادی، مقدار وکیفیت آب قابل استفاده درآبیاری میباشد و چنانچه تصمیم براین باشد که یکی از روشهای آبیاری برای یک زراعت خاص توصیه شود باید مطالعات کافی وتحقیقات مقایسه‌ای روشهای متفاوت روی عملکرد واجزای عملکرد صورت گیرد تا با استفاده از آمارهای مستند و مطمئن بهترین روش آبیاری را با توجه به وضعیت هرمنطقه و توجیه اقتصادی انتخاب و بکار گرفت.

### روشهای آبیاری:

#### آبیاری جویچه‌ای:

آبیاری جویچه‌ای یک روش آبیاری سطحی است. این روش بیشتر برای کشت‌های ردیفی مانند سیب زمینی ذرت، پنبه، نیشکر، چغندر، سبزیجات و صیفی جات و درختکاری مورداستفاده قرار میگیرد. در این روش آبیاری چون سطح کمتری از مزرعه خیس میگردد اتلاف آب از طریق تبخیر کمتر است آبیاری جویچه‌ای در مقایسه با آبیاری نواری به جریان در واحد عرض کمتری نیاز دارد و دارای محدودیتهاي توپوگرافی کمتری نیز میباشد.

مدت زمان آبیاری درروش جویچه‌ای به کمبود رطوبت خاک و نحوه توزیع رطوبت دلخواه درطول مزرعه بستگی دارد مقدار جریان آب درداخل جویچه باید از سرعت نفوذ آب به داخل خاک بیشتر باشد تا آب با سرعت مطلوبی درطول جویچه پیشروی نماید درسیستم آبیاری جویچه‌ای، تلفات آب به دو صورت نفوذ عمقی و هرز آب (روان آب) سطحی از انتهای جویچه اتفاق می افتد مناسبترین حالت آن است که مجموع این دو تلفات به حداقل برسد.

از مهمترین پارامترهای طراحی وارزیابی آبیاری جویچه‌ای میتوان به طول جویچه شدت جریان آب در جویچه و سرعت نفوذ آب به خاک اشاره کرد.

#### آبیاری قطره‌ای:

در سیستم آبیاری قطره‌ای آب از طریق قطره چکانها درنzdیکی منطقه توسعه ریشه‌ها به زمین داده شده تا مساحت کوچکی از سطح زمین خیس شود. این سیستم درابتدا برای وضعیت مانند باغهای میوه که در آنها فاصله درختان زیاد است طراحی شده و پس از اینکه موفقیت خود را درآبیاری درختان به اثبات رساند درزراحتهای ردیفی نیز بکار گرفته شد. در این روش مانند تمام روشهای آبیاری

موضعی بین تبخیر و تعرق و مقدار آبی که به زمین داده می‌شود در یک دوره محدود ۲۴ تا ۷۲ ساعت توانز برقرار است.

بطورکلی جریان خروجی از قطره چکان‌ها نباید زیاد باشد. یعنی از یک یا چند لیتر در ساعت تجاوز نکند و نباید مقدار آن در طول زمان تغییر کند. همچنین دبی خروجی از قطره چکان‌ها نباید آنقدر کوچک باشد که مواد معلقی که از صافی گذشته اند در داخل لوله‌ها رسوب کنند. به عبارت دیگر از یکنواختی جریان در طی کار قطره چکان باید اطمینان حاصل شود

در بعضی شرایط استفاده از قطره چکان‌ها امکان پذیر نبوده یا اهداف آبیاری برآورد نمی‌شود این شرایط عبارتند از:

- شرایطی که بافت خاک مزرعه سبک بوده و یا عمق خاک زراعی کم می‌باشد
  - مواردی که نیاز آبی گیاه زیاد بوده واستفاده از تعداد زیاد قطره چکان با دبی کم باعث افزایش هزینه‌ها می‌گردد
  - شرایطی که کیفیت آب پایین بوده و باعث گرفتگی روزنه قطره چکان‌ها می‌شود
- در چنین شرایطی استفاده از سایر سیستمهای آبیاری موضعی توصیه می‌گردد
- اخیراً تحقیقاتی بر روی اثر سیستم آبیاری قطرهای در محصولاتی نظیر سبب زمینی، هندوانه، گوجه فرنگی و چغندر قند انجام شده است. کریم زاده و علیزاده (۱۳۸۰) گزارش کردند که استفاده از آبیاری قطرهای با مقادیر مصرف بسیار کمتر آب در مقایسه با سیستمهای نشتی و حتی بارانی محصول قابل توجهی تولید شده است.

#### آبیاری بارانی:

آبیاری بارانی به روشی اطلاق می‌گردد که در آن آب تحت فشار وارد شبکه‌ای ازلوله‌های اصلی و فرعی شده و سپس از طریق آپاش بصورت تقریباً یکنواخت و به شکل قطرات باران روی گیاهان پاشیده می‌شود.

روشهای آبیاری بارانی به دو دسته کلی تقسیم می‌شوند:

- الف - روشهای آبیاری بارانی کلاسیک (غیرمکانیزه) که به روشهایی اطلاق می‌گردد که در جابجایی آپاشها و یا بالهای آبیاری نیروی موتوری دخالت نداشته و اینکار توسط نیروی کارگر انجام می‌گیرد و شامل ایستگاه پمپاژ لوله‌های اصلی و فرعی، بالهای آبیاری و آپاشها می‌باشد.
- ب - روشهای آبیاری بارانی مکانیزه که در این دسته از روشهایی برای جابجایی آپاشها و یا بالهای آبیاری از نیروی موتوری استفاده می‌شود این روشهای پیشرفته تراز روشهای کلاسیک بوده و از این جهت برای بهره‌برداری و مدیریت نیاز به دانش کافی، نیروی فنی و لوازم و تجهیزات برای تعمیر و نگهداری و سرویس‌دهی دارد.

### نقش آب در فرآیند تولید:

آب جزء ترکیبات عده سلولها و بافت‌های گیاهی است و با توجه به خواصی که دارد تاثیر زیادی بر فرآیندهای گیاهی و نهایتاً تولید عملکرد درگیاهان دارد.

حدود ۸۰ تا ۹۰ درصد سلول گیاه را آب فراگرفته است آب مرتباً از بافت‌های مختلف گیاه به نقاط دیگر در گیاه میتواند منتقل شود و نهایتاً اگر به صورت ساختمانی مصرف نشود به صورت تبخیر از سطح بافت گیاه (تعرق) از گیاه میتواند دفع شود.

رشد سلولی در گیاه فعالیتی است که نسبت به کمبود آب بسیار حساس است کاهش پتانسیل آب بافت‌های مریستمی موجب نقصان پتانسیل فشار به حدی کمتر از میزان لازم برای بزرگ شدن سلول میگردد. این امر به نوبه خود موجب کاهش سنتز پروتئین یا سنتز دیواره سلولی و بزرگ شدن سلول میشود. همچنین با کاهش پتانسیل آب غلظت هورمونهای گیاهی نیز تغییر می‌یابد. به عنوان مثال اسید آبسیسیک (ABA) در برگها افزایش می‌یابد. تجمع ABA موجب بسته شدن روزنه‌ها شده و در نتیجه CO<sub>2</sub> کاهش می‌یابد در در شرایطی که تجمع ABA زیاد باشد برگها و میوه‌های مسن تر می‌ریزنند. در شرایط تنفس نسبت بین وزن خشک ریشه به اندام هوایی افزایش پیدا میکند البته حالتی که مقادیر خالص وزن خشک ریشه افزایش پیدا میکند خیلی نادر و کمیاب است هرچند در شرایط تنفس، وزن خشک ریشه‌ها و اندام هوایی دارای سرعت رشد کنترلی میشوند ولی کاهش رشد ریشه کمتر از کاهش رشد اندام هوایی است

### کارآیی مصرف آب:

کارآیی مصرف آب برای نشان دادن رابطه کمی میان رشد و مصرف آب بکار برده میشود که اگر و نومیستها معمولاً آن را با معادله زیر تعریف میکنند.

#### عملکرد در واحد سطح

$$\text{WUE} = \frac{\text{مقدار آب مصرفی برای تولید عملکرد}}{\text{عملکرد}} \quad \text{_____}$$

#### عملکرد غالباً به صورت عملکرد دانه و کاه، کل ماده خشک تولید شده می‌باشد و آب مصرفی به صورت مجموع آب نهاده (نزولات + آبیاری) و گاه از مجموع آب تبخیر، روان آب، زه آب و آب مصرف شده توسط گیاه، در نظر گرفته میشود از دیدگاه آگرونومیکی کارآیی مصرف آب از دو مولفه اصلی تشکیل یافته است اول جزء بیولوژیکی که مقدار ماده خشک تولید شده به ازاء هر واحد تعرق را نشان میدهد و گاهی از آن بعنوان کارآیی تعرق نام میبرند و دوم جزء مدیریتی که بخشی از کل آب را که به مصرف تعرق رسیده مشخص می‌سازد.

به طور کلی هر عامل مدیریتی که بدون افزایش تبخیر و تعرق، محدودیتهای رشد گیاه را کاهش میدهد باعث افزایش کارآیی مصرف آب خواهد شد. مانند مصرف کود، کنترل علفهای هرز و آفات گیاهی، ذخیره

آب، روشاهای تهیه زمین، کاشت به موقع و استفاده از ارقاء برتراست. از عوامل موثر در کارآیی مصرف آب تنوع گونه‌های گیاهی است و در گونه‌های ۴ عمدهاً راندمان مصرف آب بیشتر از گونه‌های ۳ میباشد. اختلاف بین گیاهان ۳ و ۴ وقتی حرارت از ۲۰ به ۳۵ درجه سانتیگراد افزایش می‌یابد بیشتر مشاهده میشود. عواملی که در بالابودن راندمان مصرف آب گیاهان ۴ سهیم هستند شدت فتوسنتز ورشد زیاد این گیاهان در درجه حرارت و نور زیاد مقاومت زیاد روزنه‌ای میباشد.

### موارد استفاده از آمارانت:

#### ۱- مصارف غذایی:

انسانها با استفاده از شیوه‌های گوناگون دانه آمارانت را بعنوان غذا مصرف میکنند رایج ترین کاربرد آن به صورت پودر در آرد مصرفی در انواع نان، رشت، کیک تابه‌ای، آرد غلات سبزچاشت (غذایی متخلک از حبوبات و خشکبار همراه با شیر) و بیسکویت یا دیگر غذاهای درست شده با آرد میباشد. همچنین نیز میتوان دانه را همانند ذرت بوداد یا همچون آرد جوی دوسر خرد کرد. هم اینک بیش از ۴۰ محصول محتوی آمارانت در بازار ایالات متحده آمریکا یافت میشود که کیفیت تغذیه‌ای آمارانت یکی از دلایل گرایش اخیر به آن است واز مهمترین فاکتورهای آن داشتن اسیدآمینه لیزین میباشد که در محصولات زراعی غلات درصد آن پایین است و همچنین دانه آن فاکتورهای فیبری زیاد و چربی‌های اشباع اندکی دارد که در کاربرد آن در بازارهای غذایی نقش فراوانی دارد.

#### ۲- مصارف علوفه‌ای:

برای مصرف آمارانت درخصوص علوفه میتوان از برگها، ریشه و تاج این علف که دارای پروتئین زیادی میباشد (۱۵-۲۴٪ برمبنای ماده کل خشک) استفاده نمود که مطالعه یکساله مینسوتا درخصوص علوفه آمارانت تا پتانسیل محصول ۴/۵ تنی ماده خشک را دریک جریب بزرگ با پروتئین خام ۱۹٪ (در آخرین مرحله رویش) تا ۱۱-۱۲٪ (در مرحله برداشت درکل گیاه برماده خشک کل تعیین کرده است) همچنین مطالعات اخیر نشانگر ارتباط آمارانت با کاهش کلسترول در حیوانات آزمایشگاهی است.

#### ارزش غذایی:

ترکیب مغذی گیاه آمارانت از نوع دانه دار ونباتی به شکل گستردگی مطالعه شده است.

Becker et al 1981 Teutonico and Knorr 1985

Pedersen et al 1987 Bressani 1990

دانه آمارانت یک ترکیب خاص از پروتئین کربوهیدرات و لیپیدها را شامل میشود.

(Bressani 1989 Lehman 1989)

دانه آمارانت پروتئین بیشتری نسبت به دیگر دانه‌های غلات دارد (۱۲ تا ۱۸٪) و دارای محتویات اسید آمینه لیسین بیشتری است مقدار زیاد لیسین دردانه آمارانت آن را تقریباً به شکل یک منبع غذایی ترکیبی جهت افزایش بیولوژیکی با ارزش غذایی بالا آماده ساخته است.

#### Pedersen et al 1987

ارزش پروتئین دانه‌های آمارانت هنگامی مشخص می‌شود که آرد این گیاه با دیگر آردهای دانه‌های غلات مخلوط شود هنگامی که آرد این گیاه به نسبت ۷۰ به ۳۰ با آرد برنج، ذرت و گندم مخلوط شود ارزش پروتئین (براساس کاسین) به ترتیب از ۷۲ به ۹۰ و ۵۸ به ۳۲ و به ۵۱ افزایش می‌یابد. Bressani 1989 پروتئین دانه گیاه آمارانت با دیگر دانه‌های غلات با این حقیقت که ۶۵٪ آن جرم دانه و ۳۵٪ درآندوسپرم است با یک متوسط ۱۵٪ در جرم و ۸۵٪ درآندوسپرم برای دیگر غلات مقایسه شده است متفاوت است کربوهیدراتهای موجود دردانه آمارانت در درجه اول شامل نشاسته تولید شده از انواع چسبنده وغیره چسبنده هستند ویژگی منحصر به فرد نشاسته دانه آمارانت این است که اندازه دانه‌های نشاسته (۱ تا ۳  $\mu\text{m}$ ) کوچکتر از آنچه دردانه غلات است وجود دارد که براساس سایز خاص و ترکیب نشاسته گیاه آمارانت گفته شده که نشاسته آن ممکن است حالت ژلاتینی و خاصیت منجمد شدگی و آب شدگی را داشته باشد که در صنعت غذایی موثر واقع شده است BEEKERETALI 1981 Lehman 1988 زیادی برای استفاده از نشاسته آمارانت درآماده سازی غذا، کاستاردها (نوعی فرنی) خمیرها، سس سالاد چاپ شده است. SINGHEL AND KUL KARNI دانه آمارانت شامل ۵ تا ۹٪ روغن است که به طور کلی بیشتر از دیگر غلات است جز لیپیداین دانه که شبیه به دیگر غلات است تقریباً ۷۷٪ حالت اشباع نشده با اسیدلینولیک که عمدہ آن اسیدچربی دار است.

بخشی چربی دانه به دلیل محتوی زیاد اسکوالن (squalen) حالت منحصر به فرد داشته (۰.۵ تا ۰.۸٪) و دارای ماده توکوترینول می‌باشد.

دانه آمارانت همچنین شامل مقادیر زیادی کلسیم، آهن، سدیم است که با دیگر دانه‌های غلات قابل مقایسه است (Becker et al 1981)

در مقایسه با آمارانت دانه‌ای به آمارانت علوفه‌ای توجه کمتری شده است درحالی که آمارانت علوفه‌ای بعنوان یک غذای خوشمزه و یک محصول عمدۀ خوراکی در بسیاری از بخش‌های جهان مورد استفاده قرار می‌گیرد که در ایالات متحده مصرف آن فقط به تولید کنسرو برای مردم کشور به طور عمدۀ در منطقه نیویورک است. آمارانت سبزی به همان خوشمزگی یا شاید بهتر از مزه اسفناج می‌باشد و به طور قابل ملاحظه‌ای محتوی کلسیم آهن و فسفر بیشتری است.

### مواد و روشها:

#### موقعیت جغرافیایی محل و تاریخ اجرای آزمایش:

آزمایش در مزرعه آبیاری تحت فشار سازمان آب و برق خوزستان در ۱۶۵ کیلومتری جنوب شرقی اهواز و ۳۰ کیلومتری شرق امیدیه و از نظر جغرافیایی بین طول شرقی ۴۵ / ۴۹ / ۴۷ تا ۴۹ / ۴۷ و عرض شمالی ۲۸ / ۳۰ در تابستان ۱۳۸۳ به مدت ۴ ماه اجرا گردید عملیات آماده کردن زمین اجرای آزمایش در تاریخ پانزدهم تیرماه صورت گرفت و سپس اجرای نقشه تعیین حدود کرتها، کاشت بذرها و اجرای سیستمهای آبیاری در کرتها مربوطه تا تاریخ ۵ مرداد ماه به طول انجامید و در تاریخ ششم مرداد ماه ۱۳۸۳ اولین آبیاری در کرتها مربوطه تا تاریخ ۵ مرداد ماه به طول انجامید و در تاریخ ششم مرداد ماه ۱۳۸۳ اولین آبیاری صورت گرفت.

#### مشخصات هواشناسی منطقه:

شهرامیدیه در جنوب شرقی خوزستان واقع شده است و با توجه به آمار هواشناسی سال آزمایش (۱۳۸۳) از مجموع ۸ ایستگاه هواشناسی و بارانسنجی که آمار و اطلاعات آنها مورد استفاده قرار گرفته ایستگاه سینوپتیک بهبهان بعنوان ایستگاه معرف منطقه انتخاب شده است که حداکثر وحدائق درجه حرارت مشاهده شده در ایستگاه معرف برابر ۵۱ و ۱- درجه سانتیگراد میباشد.

گرمترین ماه سال تیرماه با متوسط حداکثر ۴۴/۲ و خنکترین ماه سال دیماه با متوسط حدائق ۷/۵ درجه سانتیگراد بوده است متوسط درجه حرارت سالانه ۲۴/۱ درجه سانتیگراد بدست آمده است. همچنین متوسط نقطه شبنم سالانه ۸/۱ درجه سانتی گراد میباشد متوسط میزان ابرهای سالانه برابر دوهشتم و ساعات آفتاب برابر ۳۰.۲۲ برآورد شده است.

به طور متوسط در ۵۸ درصد موقع درایستگاه معرف باد آرام بوده و باد غالب با فراوانی نسبی ۱۶ درصد و سرعت متوسط ۴/۲ متر بر ثانیه شمال غربی میباشد متوسط سرعت باد سالانه ۱ متر بر ثانیه بدست آمده است.

#### مشخصات ارقام آزمایش:

ارقام آمارانت در این آزمایش به ترتیب ردیفهای کشت بنامهای ذیل میباشد.

۱- رقم	Argentina (اسلوواکی)
۲- رقم	Giantorange
۳- رقم	Pop Ping
۴- رقم	Mercado

### مشخصات طرح آزمایشی:

آزمایش حاضر به صورت طرح اسپلیت پلات به طریق بلوکهای کامل تصادفی در ۴ تکرار و در زمینی به ابعاد ( ۹۰ × ۴۰ ) متر اجرا گردید.

### مشخصات تیمارها:

درکرتهای اصلی ۳ تیمار آبیاری شامل ۱۰۰ درصد نیازآبی با استفاده از آبیاری تلفیقی دو سامانه‌ای (سطحی و قطره‌ای) و ۱۰۰ درصد نیاز آبی درروش آبیاری سطحی (جویچه‌ای) و ۱۰۰ درصد نیاز آبی با استفاده از روش آبیاری تحت فشار بارانی و در تیمارهای فرعی ارقام کاشت شامل ۴ رقم م Mercado Pop Ping Argentina, Giantorange با فاصله جوی و پشت‌های ۷۵ سانتی متر و فاصله خطوط کاشت ۲۰ سانتی متر روی پشت به صورت فاکتوریل قرار گرفتند.

### مشخصات کرتها:

کرتها آزمایش به ابعاد ۱۰ × ۶ متر برای هر رقم (مساحت هر کرت فرعی برای ۴ رقم ۲۴۰ مترمربع) طراحی شده بود فاصله بین کرتها ۲ متر و فاصله بین تکرارها ۵ متر در نظر گرفته شد. هر کرت شامل ۸ ردیف کاشت برای هر رقم و فاصله فاروها در تمام تیمارها ۷۵ سانتیمتر بود و فاصله خطوط کاشت روی پشت ۲۰ سانتیمتر و فاصله خطوط کاشت روی دو پشت ۵۵ سانتیمتر محاسبه شد.

### تهیه زمین، مصرف کود پایه و اجرا کردن نقشه طرح:

کشت قبلی زمین اجرای طرح به کشت گندم اختصاص داشت. در ابتدای کاراز چند نقطه مختلف مزرعه نمونه برداری خاک انجام شد پس از آن زمین آبیاری گردید و پس از گاورو شدن یک شخم عمیق زده شد و سپس دو دیسک عمود برهم زده شد. کودهای پایه پخش گردید و پس از آن سم علف کشت ارادیکان به میزان شش لیتر در هکتار به کمک سمپاش تراکتوری زده شد و با یک دیسک سبک با خاک مخلوط گردید. سپس عملیات فاروکشی به منظور ایجاد جوی و پشتہ در کل زمین آزمایش انجام گرفت و با استفاده از شیرپ پشتہ‌ها شکل و فرم بهتری گرفتند. سپس نقشه کاشت (با توجه به فاصله بین تکرارها و کرتچه‌های داخل تکرارها) اجرا و کل طرح آماده کشت گردید.

### محاسبه کود موردنیاز:

کود موردنیاز شامل ازت، فسفر، پتاس براساس آزمون خاک و برآورد عملکرد محصول به نحوی که کود فسفر از منبع سوپرفسفات آمونیم به مقدار ۱۵۰ کیلوگرم و کود اوره جهت تامین ازت ۳۵۰ کیلوگرم و سولفات پتاسیم به میزان ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار محاسبه شد که از این میزان تمام کود فسفر و پتاس و ۲۰۰ کیلوگرم اوره به عنوان کود پایه به وسیله کودپاش سانتریفوژ در قطعه آزمایشی پخش گردید.

**عملیات آبیاری:****آبیاری سطحی:**

برای اجرای سیستم آبیاری سطحی از نوع جویچه‌ای ابتدا به کمک نهرکن نهرهای اصلی آبیاری ایجاد شد و متعاقباً کرت بندی و مرتب کردن پشتنهای و نهرها انجام گرفت. پس برای کنترل آب ورودی و خروجی در مسیر نهر اصلی آب یک پارشال فلوم و در انتهای قسمت خروج زه آب نیزیک پارشال فلوم نصب شد.

**آبیاری تلفیقی (سطحی با قطره‌ای):**

در این روش ابتدا از روش آبیاری سطحی استفاده گردیده تا مرحله رشد ابتدایی گیاه وسپس با استقرار گیاه در مزرعه از آبیاری تحت فشار قطره‌ای استفاده گردید که در روش آبیاری قطره‌ای آب از طریق شبکه لوله‌های تحت فشار در مزرعه توزیع و توسط یک وسیله مکانیکی (قطره چکان) Triekle که آب از آن به خارج گسیل می‌شود در اختیار گیاه قرار می‌گیرد که در نزدیکی منطقه توسعه ریشه‌ها به زمین داده شده تا مساحت کوچکی از سطح زمین خیس شود که این سیستم در ابتدا برای وضعیتی مانند باگهای میوه طراحی شده بود ولی پس از اینکه موقیت خود را در آبیاری درختان به اثبات رساند در زراعتها ریدیفی نیز بکار گرفته شد که در این روش بین تبخیر و تعرق و مقدار آبی که به زمین داده می‌شود در یک دوره محدود ۲۴ تا ۷۲ ساعته توازن برقرار می‌شود.

برای اجرای سیستم آبیاری تحت فشار قطره‌ای پمپ آب از نوع سانتریفوژ نصب شده و در ادامه مسیر صافی‌های آب برای جلوگیری کردن از ورود ذرات همراه آب به داخل لوله‌ها و مسدود شدن نازلها به صورت سری بعداز پمپ نصب گردیده و آب تحت فشار توسط لوله اصلی با فشار وسپس با انشعاب لوله‌های فرعی برای تکرارهای روش آبیاری قطره‌ای منتقل گردیده لوله‌های فرعی به طول ۲۵ متر در سراسر کرتاهای اصلی روی پشتنهای کشیده شدند و به کمک اتصالات مخصوص به لوله‌های اصلی منتقل گردیده و به کمک بستهای مخصوصی در انتهایها بسته شدند.

جهت کنترل میزان آب مصرفی در هر ثوابت آبیاری، بر روی لوله اصلی انتقال آب کنتوری نصب شده بود و میزان آب مورد نیاز محاسبه شده به کمک کنتور و براساس متر مکعب در روش آبیاری قطره‌ای کنترل و در اختیار گیاهان قرارداده می‌شد.

**آبیاری بارانی:**

برای اجرای سیستم آبیاری بارانی که در آن آب تحت فشار وارد شبکه‌ای از لوله‌های اصلی و فرعی شده وسپس از طریق آپیاش به صورت تقریباً یکنواخت و به شکل قطرات باران روی گیاهان پاشیده می‌شود که برای انجام این آزمایش در خصوص تیمار آبیاری بارانی از آپیاشهای ژاله ۵ متحرک با سایز mm $11 \times 6 / 3 \times 3 / 2$  استفاده گردید که حداقل پاشش آب توسط این آپیاشها به شعاع ۵ × ۲۵ متر مربع می‌باشد و با فشار ۴ اتمسفر و با دبی خروجی ۱۲ متر مکعب در ساعت که برای نصب این آپیاش از رایزرهای

متحرک استفاده نموده و پس از آبیاری این رایزرها جابجا میشوند ولی لوله‌های اصلی و فرعی آب رسانی از پمپها تا مزرعه به صورت ثابت درمزروعه کار گذاری شده اند که جهت کنترل میزان آب مصرفی و فشار موجود در لوله‌ها، در هر ثوبت آبیاری بروی لوله اصلی انتقال آب کنتور یک درجه فشار سنج نصب گردیده که میزان آب مورد نیاز با فشار مناسب جهت پاشش مناسب آب در اختیار گیاهان قرارداده شود.

#### نمونه برداری:

جهت اندازه‌گیری و بررسی عملکرد واجزای عملکرد در تیمارهای مختلف و اثر تیمارهای مختلف بر فاکتورهای مذکور در زمانهای مناسب نمونه برداریها و یاداشت برداریها از گیاهان بعمل آمد همانطور که قبلًا ذکر گردید هر رقم شامل ۸ ردیف کاشت در هر تیمار آبیاری بود که خطوط شماره یک و هشت بعنوان حاشیه در نظر گرفته میشد و خطوط دو و هفت بعنوان حاشیه چهار خط وسط میباشند و از خطوط وسط در چهارمتر بالای کرت برای نمونه گیری عملکرد نهایی استفاده شد. و برای نمونه گیری اجزای عملکرد کل ماده خشک در هکتار بار عایت یک متر حاشیه از نمونه گیری عملکرد نهایی از بوته‌های خطوط چهار و پنج در پایین کرت استفاده شد.

#### پارامترهای اندازه‌گیری:

پارامترهای اندازه گیری جهت آزمایش آب در خاک و گیاه به شرح ذیل میباشند:

پارامترهای اندازه گیری در خاک عبارتند از PH,EC, پتاسیم قابل جذب، فسفر قابل جذب، ازت کل، si خاک و C,S خاک و برآورد بافت خاک بوده است.

پارامترهای اندازه گیری در گیاه عبارتند از: ارتفاع گیاه، ارتفاع ساقه، ارتفاع گل آذین ضخامت ساقه، وزن برگ، وزن ساقه، وزن گل آذین، وزن کل گیاه، نسبت وزن برگ به کل گیاه، نسبت وزن ساقه به وزن کل، نسبت وزن برگ به وزن ساقه نسبت وزن ساقه به وزن برگ و درصد ازت کل در گیاه و درصد پروتئین موجود در گیاه و عملکرد کل گیاه بوده است.

پارامترهای اندازه گیری در آب عبارتند از: so4,CL,HCO3, CO3 K.NA.MG.CA, T.D.S, PH,EC بوده است.

#### نرم افزارهای مورد استفاده جهت مقایسه و آنالیز آماری نتایج:

جهت آنالیز نتایج بدست آمده از نرم افزارهای SAS و Mstat-c استفاده گردیده و جهت طراحی اشکال و جداول از نرم افزار EXCEL استفاده گردیده است

## نتایج و بحث:

جدول مقایسات میانگین اثرات متقابل تیمارهای متفاوت آبیاری و ارقام مختلف بر خصوصیات رشدی گیاه همانند ارتفاع گیاه، ارتفاع ساقه، طول گل آذین و قطر ساقه

تیمارها	ارتفاع گیاه	ارتفاع ساقه	طول گل آذین	قطر ساقه
آبیاری بارانی×اسلواکی	۱۵۳ G	۱۴۰/۵ E	۱۲/۵ E	۱۰ CD
Giant×آبیاری بارانی	۱۳۵ I	۱۲۳ G	۱۲ E	۷/۲۵ E
Poping×آبیاری بارانی	۱۴۳/۵ H	۱۳۱/۵ F	۱۲ E	۹/۵ D
Mercado×آبیاری بارانی	۱۲۷/۵ J	۱۱۶/۵ H	۱۱ E	۷/۵ E
آبیاری تلفیقی×اسلواکی	۲۰۰/۵ B	۱۷۳/۵ B	۲۷ BC	۹/۷۵ CD
Giant×آبیاری تلفیقی	۱۸۹ D	۱۶۳ C	۲۶ C	۱۱/۵ B
Poping×آبیاری تلفیق	۱۷۸ E	۱۵۸/۵ D	۱۹/۵ D	۱۱ BC
Mercado×آبیاری تلفیق	۱۶۳/۵ F	۱۴۳/۵ E	۲۰ D	۷/۵ E
آبیاری سطحی×اسلواکی	۱۹۱ D	۱۶۱/۵ CD	۲۹/۵ B	۱۲ AB
Giant×آبیاری سطحی	۱۹۶ C	۱۷۰ B	۲۶ C	۱۳ A
Poping×آبیاری سطحی	۲۰۴ AB	۱۷۸/۵ A	۲۵/۵ C	۱۱B C
Mercado×آبیاری سطحی	۲۰۶/۵ A	۱۷۲ B	۳۴/۵ A	۱۰/۵ C

مقایسات میانگین اثرات متقابل (جدول) نشان داده شده است. با توجه به نتایج این جدول در مورد صفت‌های اندازه‌گیری شده گروه‌بندی تیمارهای متفاوت (آبیاری×ارقام) براساس حروف الفبای انگلیسی صورت گرفته است و مقایسات در سطح ۱ درصد آزمون دانکن انجام گرفته و اینکه تیمارهایی که با حروف متفاوت علامت‌گذاری شده‌اند از لحاظ آماری متفاوتند و اینکه تیمارهایی که در یک حرف مشترک هستند تفاوت آماری ندارند.

مقایسات میانگین اثرات متقابل برای ارتفاع گیاه نشان می‌دهد که روش آبیاری سطحی و همراه با رقم Mercado بهترین پاسخ را به این صفت داده است و بیشترین ارتفاع گیاه با ۲۰/۵ سانتی‌متر بدست Mercado آمده است. همچنین نتایج جدول نشان می‌دهد که روش آبیاری بارانی همراه با رقم ضعیفترین پاسخ را داشته است و ارتفاع گیاه در این شرایط به ۱۲۷/۵ سانتی‌متر می‌رسد. در همین ارتباط این نکته حائز اهمیت است که روش آبیاری بیشترین تأثیر را بر این رقم و بر ارتفاع گیاه داشته است که تغییرات وسیعی در این صفت با تغییر شرایط آبیاری بدست آمده است. در کل بایستی گفت که روش آبیاری سطحی بیشترین ارتفاع گیاه را درر قم‌ها ایجاد کرده‌اند و در بین رقم‌ها (زنوتیپ‌ها) رقم Poping و Mercado بیشترین ارتفاع را همراه با روش آبیاری سطحی دارا هستند.

اینکه در روش آبیاری سطحی بیشترین استفاده از آب انجام گرفته و فتوستنتز و تولید ماده خشک بالایی را شاهد هستیم.

مقایسات میانگین اثرات متقابل برای صفت اندازه‌گیری شده ارتفاع ساقه نشان می‌دهد که روش آبیاری سطحی همراه با رقم Poping بهترین پاسخ را داده است و بیشترین ارتفاع ساقه با ۱۷۸/۵ سانتی‌متر بدست آمده است.

همچنین نتایج جدول نشان می‌دهد که روش آبیاری بارانی همراه با رقم Mercado کمترین ارتفاع ساقه را در بین تیمارهای متفاوت به خود اختصاص داده است. ارتفاع ساقه در این شرایط ۱۱۶/۵ سانتی‌متر بدست آمده است. به نظر می‌رسد شرایط آبیاری بارانی فراهم آب قابل دسترس کمتری برای فاکتورهای رشدی گیاه به همراه داشته است که نتیجه‌اش کاهش قابل توجه ارتفاع گیاه و ارتفاع ساقه در شرایط آبیاری بارانی نسبت به روشهای آبیاری دیگر می‌باشد.

مقایسات میانگین اثرات متقابل برای صفت اندازه‌گیری شده طول گل آذین نشان می‌دهد که بیشترین طول گل آذین در روش آبیاری سطحی همراه با رقم Mercado بدست آمده است. طول گل آذین در این شرایط به ۳۴/۵ سانتی‌متر رسیده است. همچنین کمترین طول گل آذین مربوط به شرایط روش آبیاری بارانی همراه با رقم Mercado است. در اینجا هم تفاوت رقم در حد بالا و پائین این صفت مشاهده نشده است و بیشترین تأثیر ناشی از نوع آبیاری است که اعمال شرایط بهینه را محدوده و یا مؤثر می‌کند. مقایسات میانگین اثرات متقابل برای صفت قطر ساقه نشان می‌دهد که روش آبیاری نشتی همراه با رقم Giant بیشترین قطر ساقه را به خود اختصاص داده است. قطر ساقه در این تیمار ۱۳ سانتی‌متر شده است کمترین قطر ساقه در روش آبیاری بارانی همراه با رقم Giant و همچنین روش آبیاری بارانی همراه با رقم Mercado ۷/۲۵ و ۷/۵ سانتی‌متر شده است. اینکه صفت قطر ساقه تحت شرایط آبیاری متفاوت بیشترین تغییر را داشته است و کمتر تحت اثر رقم (ژنوتیپ) قرار گرفته است. شرایط بهینه برای این صفت در کلیه ارقام آبیاری سطحی است.

جدول میانگین مربعات تأثیر روش‌های مختلف آبیاری و رقم بر عملکرد کل گیاه (کیلوگرم در هکتار)،

درصد ازت و درصد پروتئینی

درصد ازت و درصد پروتئینی	درصد ازت	عملکرد کل	درجه آزادی	منابع تغییرات
$1 \times 10$	$5 \times 10$	۳۶۵۷۵۲/۰۸	۲	تکرار (R)
۱۰۱/۱۷۷	۲/۵۹۰	۳۸۳۳۶۹۸۱/۲۵xx	۲	آبیاری (A)
۷ × ۱۰	۰/۰۰۱	۴۱۶۳۰۲/۰۸	۴	خطا (a)
۱/۷۲xx	۰/۰۴۴xx	۳۰۸۱۰۰۲۲/۹۱xx	۳	ارقام (B)
۲۴/۸xx	۰/۶۴xx	۱۷۹۶۶۹۴۷/۹۱xx	۶	(A-B) آبیاری ارقام
۰/۰۰۳۱	۰/۰۰۰۴۹	۲۰۹۶۶۳/۱۹۴	۱۸	خطا (b)

جدول فوق تجزیه واریانس برای سه صفت عملکرد کل گیاه، درصد ازت و درصد پروتئین را نشان می‌دهد.

باتوجه به جدول اثرات روش‌های متفاوت آبیاری در سطح آماری ۱ درصد و ۵ درصد بر عملکرد کل گیاه (کیلوگرم در هکتار) معنی‌دار شده است اینکه روش‌های مختلف آبیاری عملکرد نهایی گیاه را تغییر داده‌اند. (عملکرد گیاه در سه روش آبیاری اعمال شده متفاوتند).

همچنین درصد ازت و درصد پروتئین گیاه تحت تأثیر روش‌های متفاوت آبیاری تغییر کرده‌اند چنانچه جدول فوق نشان می‌دهد تفاوت درصد ازت گیاه و درصد پروتئین در سطح آماری ۱ درصد و ۵ درصد معنی‌دار شده‌اند ملاحظه اینکه نوع آبیاری استحصال ازت و در نهایت پروتئین گیاه را تغییر داده است.

همچنین باتوجه به جدول اثرات رقم (ژنوتیپ‌ها) بر عملکرد نهایی گیاه، درصد ازت و درصد پروتئین گیاه در سطح آماری ۵ درصد و ۱ درصد معنی‌دار بوده‌اند.

اینکه تفاوت‌های عملکردی گیاه چرا از روش‌های آبیاری اعمال شده حاصل تغییرات ژنتیکی ارقام نیز می‌باشند. بدین ترتیب حاصل ترکیب ارقام و انواع روش‌های آبیاری بر خصوصیات مذکور نیز در سطح آماری تعریف شده (۵ درصد و ۱ درصد) معنی‌دار شده‌اند

نتیجه اینکه ارقام عملکردهای متفاوتی در شرایط یکسان دارند همچنین ارقام متناسب با نوع آبیاری اعمال شده عملکرد متغیری داشته‌اند. حصول عملکرد بالای برای رقم مناسب و روش آبیاری بهینه مهمترین موضوع مورد بحث برای این پژوهش است.

#### جدول مقایسات میانگین تأثیر تیمارهای آبیاری و رقم بر عملکرد کل (کیلوگرم در هکتار) درصد ازت و درصد پروتئین گیاه

تیمارها	عملکرد کل (کیلوگرم در هکتار)	درصد ازت	درصد پروتئین
A1	۱۲۵۳۲/۵ c	۱/۳۲ c	۱۰/۳۱ c
A2	۱۴۵۴۲/۹ b	۲/۱۸ a	۱۳/۶۷ A
A3	۱۶۱۹۷/۵ a	۲/۰۷ b	۱۲/۹۲ B
اسلواکی	۱۶۱۴۳/۹ a	۱/۸۵ b	۱۱/۵۸ B
Giant	۱۵۸۰۰ a	۱/۸۲ c	۱۱/۴۳ c
Poping	۱۳۱۳۳/۲ b	۱/۸۰ d	۱۱/۲۷ d
Mercado	۱۲۴۸۶/۷ c	۱/۹۶ a	۱۲/۲۶ a

A1: آبیاری بارانی A2: آبیاری تلفیقی A3: آبیاری سطحی

جدول فوق گروه‌بندی تیمارهای مختلف براساس حروف الفبای انگلیسی صورت گرفته است بدین صورت که تیمارهایی که با حروف متفاوت علامت‌گذاری شده‌اند از لحاظ آماری متفاوتند.

مقایسات میانگین اثرات روشهای مختلف آبیاری بر صفت عملکرد نهایی گیاه نشان می‌دهد که روش آبیاری سطحی بیشترین عملکرد را با ۱۶۱۹۷/۵ کیلوگرم در هکتار دارا می‌باشد و پس از آن روش آبیاری تلفیقی با میانگین ۱۴۵۴۲/۹ کیلوگرم در هکتار قرار دارد. همچنین تأثیر ارقام بر طبق جدول فوق بر روی عملکرد گیاه نشان می‌دهد که رقم اسلواکی و Giant به ترتیب با ۱۶۱۴۳/۹ و ۱۵۸۰۰ کیلوگرم در هکتار در یک گروه آماری قرار دارند و بیشترین عملکرد را در بین ارقام به خود اختصاص داده‌اند. همچنین رقم Mercado کمترین عملکرد را با ۱۲۴۸۶ کیلوگرم در هکتار به خود اختصاص داده است.

مقایسات میانگین برای صفت اندازه‌گیری شده درصد ازت جدول نشان می‌دهد که بیشترین ازت استحصال شده از گیاه مربوط است به روش آبیاری تلفیقی با ۲/۱۸ درصد ازت که همین امر هم مورد انتظار بوده است چرا که در مراحل رشدی به لحاظ آبیاری با روش آبیاری تلفیقی جذب ازت بیشتر و بهتر صورت می‌پذیرد و کمترین دریافت ازت در گیاه با روش آبیاری بارانی صورت گرفته که تنها ۱/۳۲ درصد ازت گیاه دریافت کرده است. برای ارقام در مقایسات میانگین در صفت اندازه‌گیری شده درصد ازت بیشترین درصد ازت حاصله مربوط به رقم Mercado با ۱/۹۶ درصد است و کمترین درصد ازت به رقم Poping با ۱/۸ درصد اختصاص دارد. همچنین با توجه به جدول مقایسات برای درصد پروتئینی در بین روشهای آبیاری اعمال شده، آبیاری تلفیقی بیشترین درصد پروتئینی را در گیاه ایجاد کرده است. ۱۳/۶۷ درصد پروتئینی در این روش از گیاه استحصال شده است که رقم مطلوبی است پس از روش آبیاری تلفیقی، آبیاری سطحی بیشترین درصد پروتئینی را در گیاه داشته است که معادل ۱۲/۹۲ درصد بوده است. در بین ارقام مقایسات نشان می‌دهد که رقم Mercado با ۱۲/۲۶ درصد پروتئینی بیشترین درصد پروتئین را داراست و پروتئین کمتر نیز متعلق به رقم Poping با ۱۱/۲۷ درصد می‌باشد.

جدول مقایسات میانگین اثرات متقابل تحت تأثیر تیمارهای مختلف آبیاری و رقم بر عملکرد کل گیاه،

#### درصد ازت و درصد پروتئین

تیمارها	عملکرد کل (کیلوگرم در هکتار)	درصد ازت	درصد پروتئین
آبیاری بارانی×اسلواکی	۱۵۳۶۵ D	۱/۵۷ CD	۱۰/۸۷ C
Giant×بارانی	۱۴۰۷۵ F	۱/۴۸ D	۱۰/۳۱ C
آبیاری بارانی×Poping	۱۰۸۸۵ H	۱/۱۵ E	۸/۱۸ D
آبیاری بارانی×Mercado	۹۸۰۵ J	۱/۱۰ E	۷/۸۸ D
آبیاری تلفیقی×اسلواکی	۱۸۴۱۱/۶ A	۲/۴۷ AB	۱۵/۴۲ A
Giant×تلفیقی	۱۷۰۷۵ B	۲/۲۰ B	۱۳/۷۵ B
آبیاری تلفیقی×Poping	۱۲۱۰۰ E	۲/۱۵ B	۱۳/۴۴ B
آبیاری تلفیقی×Mercado	۱۰۵۸۵ I	۱/۹۲ C	۱۲/۱ BC
آبیاری سطحی×اسلواکی	۱۴۶۵۵ E	۱/۵۱ CD	۱۰/۴۴ C
Giant×آبیاری سطحی	۱۶۰۷/۵ C	۱/۸ C	۱۲/۲۵ BC
Poping×آبیاری سطحی	۱۶۴۱۵ C	۲/۱۱ B	۱۳/۱۸ B
آبیاری سطحی×Mercado	۱۷۰۷۰ B	۲/۸۶ A	۱۵/۸۲ A

جدول مقایسات میانگین برای اثرات متقابل تیمارهای مختلف آبیاری همراه با ارقام را نشان می‌دهد. (اینکه تیمارهای با حروف متفاوت، از لحاظ آماری متفاوتند).

مقایسات برای عملکرد کل نشان می‌دهد که تیمار آبیاری با روش تلفیقی همراه با رقم اسلواکی بهترین پاسخ عملکردی را داشته است اینکه این تیمار بیشترین عملکرد را با میانگین ۱۸۴۱۱/۶ کیلوگرم در هکتار داراست که عملکرد قابل قبولی به حساب می‌آید در مرتبه بعدی از لحاظ عملکرد تیمار آبیاری تلفیقی همراه با رقم Gaint و همچنین تیمار آبیاری به روش سطحی همراه با رقم Mercado قرار دارند که به ترتیب ۱۷۰۷۵ و ۱۷۰۷۰ کیلوگرم در هکتار ماده خشک تولید کرده‌اند. تولید ماده خشک کمتر برای تیمار آبیاری با روش بارانی و رقم Mercado اتفاق افتاده است که تنها ۹۸۰۵ کیلوگرم در هکتار ماده خشک تولید کرده است.

بعد از این تیمار، تیمار آبیاری به روش تلفیقی همراه با رقم Mercado و همچنین تیمار آبیاری به روش بارانی و رقم Poping قرار دارد که به ترتیب ۱۰۵۸۵ و ۱۰۸۸۵ کیلوگرم در هکتار ماده خشک تولید کرده‌اند. نتیجه کلی برای صفت عملکرد نهایی گیاه بطور میانگین رقم اسلواکی و شرایط آبیاری تلفیقی بوده است.

مقایسات میانگین برای اثرات متقابل در صفت درصد ازت نشان می‌دهد که بیشترین درصد ازت در تیمار آبیاری به سطحی و رقم Mercado بدست آمده که ۲/۸۶ درصد می‌باشد همچنین تیمار آبیاری به روش تلفیقی و رقم اسلواکی تولید ۲/۴۷ درصد ازت در گیاه داشته است که رقم مطلوبی است. کمترین تولید ازت در گیاه در تیمار آبیاری با روش بارانی و رقم Mercado بدست آمده که معادل ۱/۱۰ درصد می‌باشد. نتیجه اینکه رقم Mercado بیشترین و کمترین درصد ازت را در دو روش آبیاری سطحی و بارانی داراست که مختصاً تولید ازت را به شرایط آبیاری و نوع آبیاری نتیجه می‌دهد مقایسات میانگین برای صفت درصد پروتئین در گیاه (جدول) نشان می‌دهد که پروتئین بیشتری در تیمار آبیاری سطحی و رقم Mercado بدست آمده است که معادل ۱۵/۸۲ درصد می‌باشد. پس از این تیمار، تیمار آبیاری تلفیقی و رقم اسلواکی بهترین پاسخ را داده است. که ۱۵/۴۲ درصد پروتئین در گیاه تولید شده است.

کمترین تولید پروتئین مربوط به شرایط آبیاری به روش آبیاری بارانی و رقم Mercado است که ۷/۸۸ درصد پروتئین را داراست. اگرچه تیمار آبیاری به روش بارانی و رقم Poping هم تولید ۸/۱۸ درصد پروتئین در گیاه کرده است. بطور کل شرایط آبیاری بارانی کمترین تولید پروتئین در گیاه داشته است.

#### پیشنهادات:

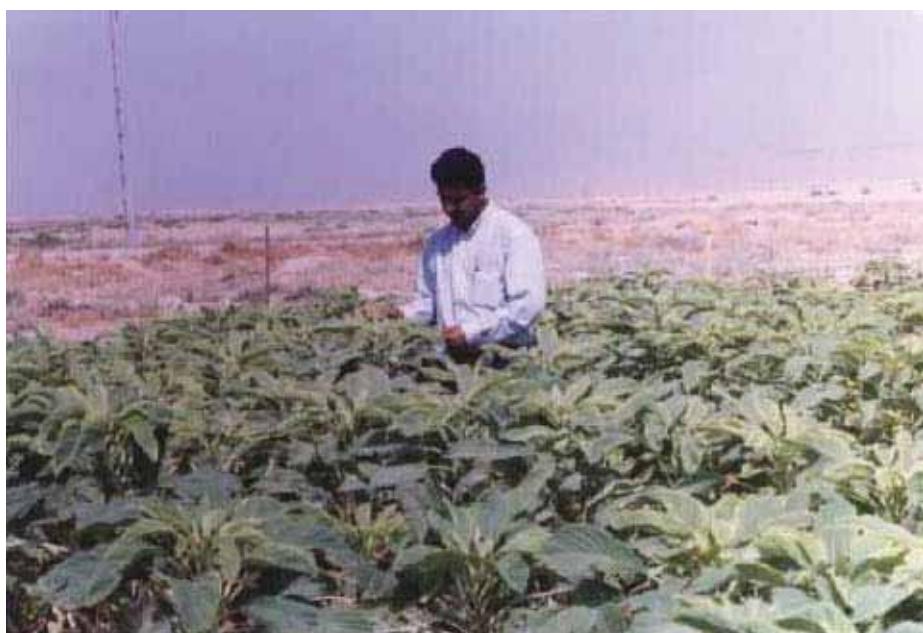
- ۱- مطالعه و تحقیق بیشتر درخصوص انتخاب نوع روش آبیاری در هر منطقه با توجه به شرایط آب و هوایی و بافت خاک و نوع الگوی کشت منطقه
- ۲- مطالعه و تحقیق بیشتر در خصوص گیاهان جدیدی زراعی از جمله گیاه آمارانت در رابطه با ارقام زود رس و دیررس آن با توجه به مناطق کشت مختلف

۳- مطالعه و تحقیق بیشتر در خصوص مسائل زراعی واکولوژی گیاهان جدید زراعی از جمله گیاه آمرانت در رابطه با سایر روشهای آبیاری و تلفیق آنها

#### فهرست منابع:

- ۱- آینه بند،امیر، اسفند ۱۳۸۳ مجله کشاورزی دانشگاه چمران، جلد ۲۷، شماره ۲
- ۲- پورمحسنی، ع، (۱۳۷۸)، " بررسی وضعیت عملکرد آبیاری بارانی در استان خوزستان" پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه شهید چمران اهواز
- ۳- ملوحی، ح، (۱۳۸۲)، "ارزیابی عملکرد آبیاری جویچه‌ای با انتهای بسته در مزارع شرکت توسعه نیشکر و صنایع جانبی (واحد امیر کبیر)"، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه شهید چمران اهواز
  
- 4- Baltensperger D. D Lyon, and L. Nelson 1995. Amaranth production in Nebraska. Nebraska cooperative Extension. Electronic version. Issued July. P.1-5
- 5- Cervantes,S.1990. Amaranth as a forage. P. 47-54.In. proc.4<sup>th</sup> Natl. Amaranth symp MN.23-25 Aug.1990.Univ.Minn.MN.
- 6- Cherney, J, and G.Marten.1989.small grain crop forage potential:I.Biological and chemical determinants of quality and yield.Crop Sci. 22: 227-231.
- 7- Elbehri,A.D. Putnam, and M.Schmitt, 1993. Nitrogen fertilizer and cultivar effects on yield and nitrogen use efficiency of grain amaranth Agron j.85.120-128
- 8- Henderson T.B. Johnson and A.Schneiter 2000 Row spacing,Plant population and cultivar effects on grain amaranth in the northern great plains Agron j.92:329-336
- 9- Cherney,j.and G.Marten 1989. Small grain crop forage potential: Biological and chemical determinants of quality and yield.crop Sci. 22:227-231.
- 10- Elbehri, A.,D. Putnam, and M.Schmitt,1993.Nitrogen fertilizer and cultivar effects on yield and nitrogen use efficiency of grain amaranth.Agron.J.58:120-128
- 11- Henderson, T,B. Johnson, and A.Schneiter.2000.Row spacing, Plant population and cultivar effects on grain amaranth in the northern great plains.Agron. J.92:329-336.
- 12- Johnson B, and T.Henderson.2002.Water use Patterns of grain amaranth in the Northern great plains.Agron.J.94:1437-1443
- 13- Myers,R 1996.Amaranth: new crop opportunity.P.207-220.In:J.Jamik (ed), progress in new crops.ASHS press,Alexandria, VA.







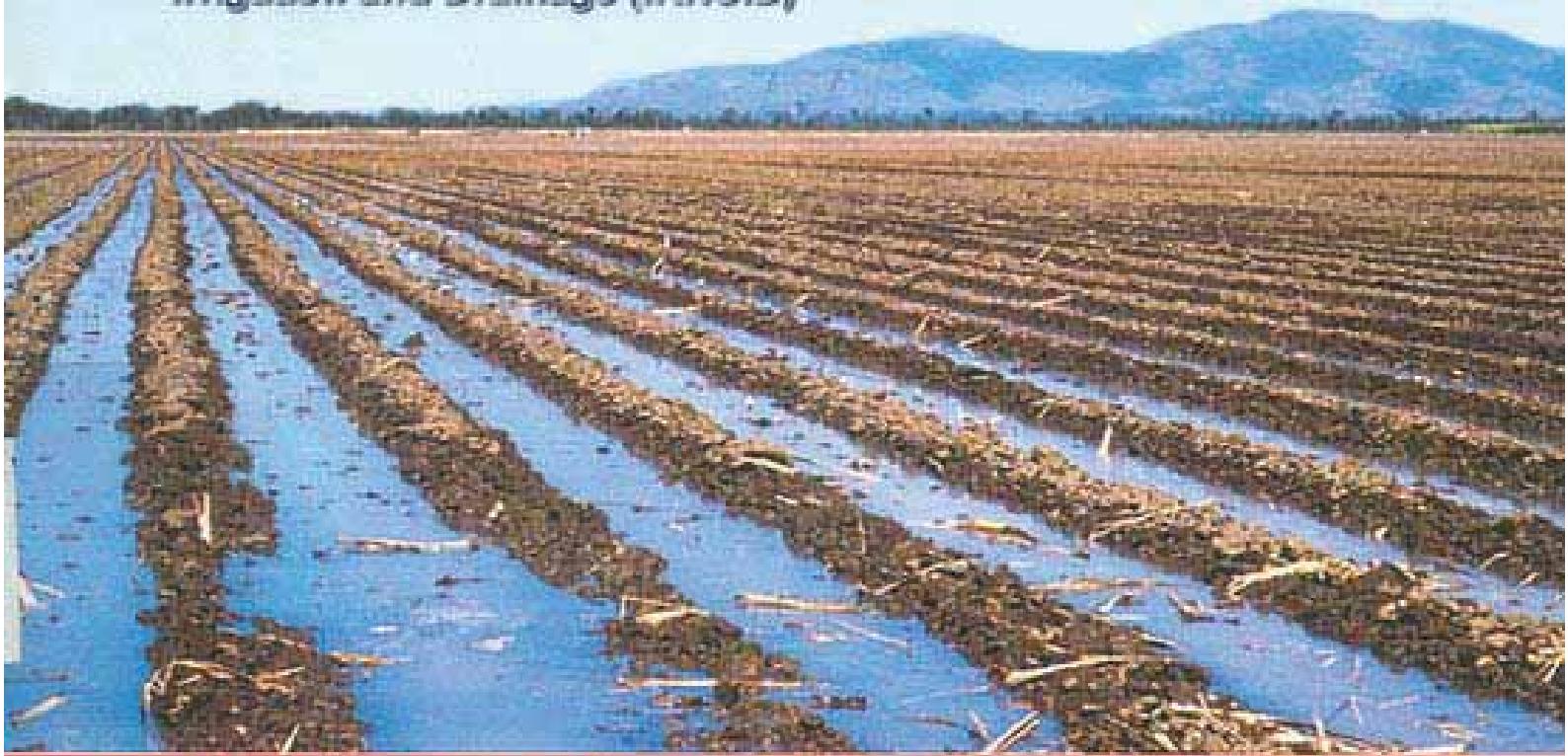




# Proceedings of the Workshop on Mechanized Surface Irrigation

Dec. 4, 2005

Iranian National Committee on  
Irrigation and Drainage (IRNCID)



دانی دبیرخانه: تهران - خیابان شهید دستگردی (خطرا) - خیابان شهید کارگزار - خیابان شهید شهرساز - پلازه ۲۲

تلفن: ۰۲۶۵۷۳۳۸ - فکس: ۰۲۶۷۲۲۸۵ کمیته ملی آبادی و زهکشی ایران