

## بررسی تأثیر افزایش فشار کارکرد سیستم بر توسعه حرکت آب در خاک خشک از طریق کارگذاری لوله تراوا به شکل عمودی

\* منا گلابی<sup>۱</sup> و علی محمد آخوندعلی<sup>۲</sup>

دانشجوی دکتری گروه آبیاری و زهکشی دانشگاه شهید چمران اهواز و کارشناس دفتر تحقیقات و استانداردهای شبکه‌های آبیاری و زهکشی سازمان آب و برق خوزستان، استادیار گروه آبیاری و زهکشی دانشگاه شهید چمران اهواز  
تاریخ دریافت: ۸۵/۳/۲۳؛ تاریخ پذیرش: ۸۶/۶/۱۸

### چکیده

یکی از مهمترین و در عین حال پیچیده‌ترین مسائل موجود در مهندسی آبیاری، مسئله حرکت آب در خاک می‌باشد. در اغلب تحقیقات، روابطی که جهت بررسی حرکت آب در خاک به دست آمده است، بیشتر براساس تغییرات میزان آب در سطح خاک می‌باشند. به‌منظور بررسی صحرائی و واقعی حرکت آب در خاک‌های سبک و خشک، یک سیستم آبیاری زیر زمینی تراوا با استفاده از کپسول‌های تراوا در تپه‌های شنی الباجی اهواز نصب گردید. کپسول‌های مورد استفاده در دو اندازه ۳۰ و ۴۵ سانتی‌متر، تحت فشار کارکرد ۲، ۴ و ۶ متر آب و تداوم زمانی ۱۰، ۳۰، ۶۰، ۱۸۰ و ۳۰۰ دقیقه مورد آزمایش قرار گرفتند. بدین ترتیب که برای اولین آزمایش روی لوله‌ای از جنس پلی‌اتیلن (به قطر ۳۲ میلی‌متر) به فواصل ۱/۵ متر (به منظور عدم تداخل الگوهای ایجاد شده) ۵ کپسول تراوا به طول‌های یکسان نصب و لوله پلی‌اتیلن مذکور به یک دستگاه پمپ روبین مجهز به فشارسنج و فشارشکن جهت تنظیم فشارهای لازم متصل گردید. ورود آب از انتهایی‌ترین لوله تراوا بعد از گذشت ۱۰ دقیقه از زمان آزمایش، توسط شیرگازی که در ابتدای آن تعبیه شده بود قطع، و سپس در امتداد لوله ترانشه‌ای حفر و توسعه افقی و عمودی آب در اطراف لوله مشاهده و میزان آن ثبت شد. به‌همین ترتیب برای سایر زمان‌ها، اندازه‌ها و فشارها حرکت آب در خاک به صورت دو بعدی به صورت کمی ثبت گردید. نتایج بیانگر این مطلب است که حداکثر پیشروی عمودی در لوله‌های ۳۰ و ۴۵ سانتی‌متر پس از ۵ ساعت حداکثر ۶۰ و ۸۵ سانتی‌متر و بیشترین پیشروی افقی در این دو لوله به ازای فشار ۶ متر به ترتیب بین ۳۸ تا ۱۱ و ۴۸ تا ۱۱ سانتی‌متر پس از ۵ ساعت آبیاری به دست آمده است. سایر نتایج در قالب جدول‌ها و معادلاتی ارائه شده است که می‌توانند میزان توسعه رطوبتی را پیش‌بینی نمایند.

واژه‌های کلیدی: حرکت آب در خاک، آبیاری زیرزمینی، کپسول تراوا، ترانشه

### مقدمه

میکرو در سال‌های اخیر مورد مطالعه محققان واقع شده است. لوله‌های لاستیکی اسفنجی که در این سیستم مورد استفاده قرار می‌گیرد، آب را از تمام جداره‌های لوله به

آبیاری با استفاده از لوله‌های تراوا با راندمان بالا به‌عنوان یک روش جدید در مجموعه روش‌های آبیاری

به لحاظ درجه سختی و تراکم، متغیر بوده و هنگامی که این لوله‌ها در سطح خاک به کار گرفته شوند از بیرون صرفاً با اتمسفر و در درون، تحت فشار کار سیستم قرار می‌گیرند. به طوری که هر چه فشار سیستم افزایش یابد آبدهی به ازای واحد طول افزایش یافته و معمولاً آبدهی به صورت توابع خطی از فشار می‌باشد.

در مطالعه حاضر، خاک‌های ماسه ای استفاده شده‌اند. دشت خوزستان واجد حدود ۳۰۰ هزار هکتار تل ماسه روان است، این زمین‌ها علاوه بر این که حدود یک سوم زمین‌های زراعی استان را در بر می‌گیرند، تحت اثر بادهای موسمی، مشکلات فراوانی نظیر فرسایش، عوارض بهداشتی و غیره را باعث می‌شوند. برای تثبیت این توده‌های روان، روش‌های متعارف آبیاری امکان پذیر نیست، چون نفوذپذیری این خاک‌ها بسیار بالاست و تلفات عمقی آب بسیار زیاد می‌باشد. از آنجا که استفاده از درختان مقاوم به شرایط مناطق خشک یکی از گزینه‌های مهم برای تثبیت این خاک هاست، پایدار سازی آنها در مقابل باد با توسعه عمودی ریشه‌ها باید مد نظر قرار گیرد، بنابراین کاربرد عمودی لوله‌های تراوا یک گزینه مناسب به نظر می‌رسد زیرا با این روش می‌توان مقادیر کم آب را تا عمق دلخواه و تحت کنترل به خاک تزریق نمود و سبب توسعه عمقی ریشه‌های درختان شد.

همانگونه که قبلاً ذکر شد کاربرد لوله‌های تراوا بیشتر به صورت افقی در سطح یا زیر سطح خاک صورت گرفته و با افزایش فشار کار سیستم، آبدهی افزایش می‌یابد. بنابراین توسعه الگوهای رطوبتی در خاک نیز تحت تأثیر این افزایش آبدهی قرار می‌گیرد.

مرور منابع نشان می‌دهد که در مورد کاربرد عمودی لوله‌های تراوا کار اندکی صورت گرفته است. آخوندعلی (۲۰۰۳) با ثابت نگهداشتن فشار کار سیستم معادل ۲ متر آب سه نوع خاک ماسه‌ای، متوسط و سنگین را مورد مطالعه کاربرد عمودی لوله‌های تراوا قرار داد و الگوهای رطوبتی استوانه‌ای شکل به دست آورد. توسعه افقی و عمقی و حجم مصرف آب در خاک‌های ماسه‌ای بیشترین

بیرون تراوش داده و این امکان را فراهم می‌آورد که لوله در سطح خاک یا زیر سطح خاک نصب گردد. در مورد نحوه کارکرد و مسائل فنی این لوله‌ها بررسی‌هایی انجام شده که می‌توان به تحقیقات خرمیان و میرلطیفی (۲۰۰۱) در مورد مشخصه‌های هیدرولیکی لوله‌های لاستیکی متخلخل موسوم به تراوا به طول ۶ متر در محدوده ۲۰ تا ۱۰۰ کیلو پاسکال، سهرابی و گازری (۱۹۹۷) در مورد کارایی آبیاری زیرزمینی با لوله‌های لاستیکی تراوا در باغ انگوری به مساحت یک هکتار پوشیده از خاک رس در عمق ۴۰ سانتی‌متر و به طول ۵۰ متر، لوماکس و همکاران (۱۹۹۸)، بررسی خصوصیات هیدرولیکی لوله‌های تراوا و تحقیق در مورد رابطه میزان آبدهی و فشار، یودر و موت (۱۹۹۵)، مطالعه یکنواختی آبدهی لوله‌های تراوا با استفاده از لوله‌های نو به طول ۶ متر، سماجسترال (۱۹۹۲)، بررسی کارکرد طولانی مدت لوله‌های تراوا ساخت سه شرکت متفاوت، سماجسترال (۱۹۹۴)، تحقیقی با عنوان مطالعات مزرعه‌ای سیستم لوله‌های تراوا، تیلاک و ساتون (۱۹۹۸)، بررسی یکنواختی آبدهی قطعات ۶ متری از یک لوله ۱۰۰ متری تحت دو فشار ۱۰ و ۲۰ کیلو پاسکال با دو نوع آب فیلتر شده و آب فیلتر نشده و آخوندعلی (۲۰۰۴)، تعیین الگوهای پیشروی رطوبتی در خاک‌های استان خوزستان با استفاده از آبیاری زیرزمینی تراوا اشاره نمود. تحقیق اخیر نشان داد که وقتی لوله‌ها زیر سطح خاک به کار روند، آبدهی لوله‌ها نه تنها تحت اثر فشار کار سیستم بلکه تحت تأثیر بافت و رطوبت خاک واقع می‌شود. آبدهی تحت این شرایط به ازای یک فشار کار ثابت وقتی که نوع خاک از شنی به رسی تغییر کند به شدت کند می‌گردد.

همچنین، تحقیقات انجام شده توسط واحد ترویج شرکت آبیاری تراوا (۲۰۰۱)، نشان می‌دهد که این لوله‌ها در انواع خاک‌ها، برای کشت انواع گیاهان در سطح یا زیر سطح خاک به صورت افقی بکار گرفته و مورد ارزیابی واقع شده است. آبدهی این لوله‌ها بسته به اندازه قطر داخلی آنها که از ۱۳ تا ۲۲ میلی‌متر متغیر است و نوع آنها

و در خاک های دیگر به ترتیب کاهش پیدا نمود. در مطالعه حاضر، هدف استخراج الگوهای رطوبتی در خاک های ماسه ای با کاربرد عمودی لوله های تراوا تحت تأثیر افزایش فشار کارکرد سیستم می باشد.

## مواد و روش ها

**موقعیت محل آزمایش:** این آزمایش آبان ۱۳۸۲ در ایستگاه تحقیقات منابع طبیعی استان خوزستان تپه های شنی الباجی واقع در ۲۸ کیلومتری جاده اهواز - اندیمشک به عرض جغرافیایی ۳۱ درجه و ۲۰ دقیقه شمالی و طول ۴۸ درجه و ۴۰ دقیقه شرقی در ارتفاع ۲۰ متری از سطح دریا اجرا گردید (باروت زاده، ۲۰۰۰). بافت خاک و درصد ذرات تپه های شنی در جدول ۱ ارائه شده است. در زمان انجام این تحقیق رطوبت خاک در عمق ۳۰-۰ سانتی متری ۰/۵ درصد وزنی و در عمق ۶۰-۳۰ سانتی متری ۱/۲ درصد وزنی بود.

**روش عملی تحقیق:** جهت این آزمایش از لوله تراوا HD2216 (قطر داخلی ۱۶ و خارجی ۲۲ میلی متر) استفاده شد. به این ترتیب که با تهیه قطعات ۳۰ و ۴۵ سانتی متری و مسدود کردن انتهای آنها با بست انتهایی و فلزی، کپسول های تراوا آماده گردید و برای ایجاد شرایط یکنواخت آزمایشی در هر آزمایش، برای هر طول، از لوله های نو و خشک استفاده شد. آزمایش در ۵ زمان (۱۰، ۳۰، ۶۰، ۱۸۰ و ۳۰۰ دقیقه)، با فشار کارکرد سیستم معادل ۲، ۴ و ۶ متر آب صورت گرفت. برای اولین آزمایش روی لوله ای از جنس پلی اتیلن به قطر ۳۲ میلی متر (با توجه به اندازه کمربند موجود) و به فواصل ۱/۵ متر (فاصله ۱/۵ متری جهت راحتی حفاری و مشاهده

الگوی رطوبتی و عدم تداخل پیازهای رطوبتی بود) ۵ قطعه لوله تراوا به طول ۳۰ سانتی متر انتخاب شده و سپس به صورت انشعاب به وسیله کمربند به لوله پلی اتیلن متصل شدند. لوله پلی اتیلن به یک دستگاه پمپ روبین ۳ اینچ با یک تبدیل وصل شد، این پمپ آب مورد نیاز را از یک منبع آب به سیستم پمپاژ می کرد. فشار کارکرد مورد نیاز هم با کارگذاری فشارشکن و فشارسنج قبل از لوله اصلی (پلی اتیلن) تنظیم و تثبیت می شد. پس از راه اندازی سیستم در زمان های ذکر شده الگوهای رطوبتی بعد از حفر ترانشه در امتداد لوله های تراوا مشاهده و پیشروی افقی و عمودی آنها ثبت شد. برای حذف هر لوله بعد از اتمام زمان پیش بینی شده از شیرهای گازی که روی لوله اصلی و قبل از انشعاب لوله های تراوا تعبیه شده بود استفاده می شد. به این ترتیب که از انتهای لوله اصلی بعد از آن که ۱۰ دقیقه از شروع کار گذشت شیر را بسته و با حفر ترانشه در امتداد طولی لوله الگوی رطوبتی مشاهده و میزان پیشروی افقی و عمودی اندازه گیری و یادداشت شد، به این ترتیب یکی از لوله ها از آزمایش حذف می شد. بدین وسیله پیشروی رطوبت در جهت های افقی و عمودی پس از اولین زمان بدست آمد. به همین ترتیب الگوهای رطوبتی پس از ۳۰، ۶۰، ۱۸۰ و ۳۰۰ دقیقه آبیاری یکی پس از دیگری به دست آمدند. در اصل با انتقال و روی هم منطبق کردن این الگوهای رطوبتی بر روی صفحه ای که از محور طولی لوله ها عبور داده می شود، توسعه رطوبت با زمان به دست می آید. این روند برای طول ۴۵ سانتی متری در فشارهای معادل ۲، ۴ و ۶ متر آب تکرار شد.

جدول ۱- بافت خاک تپه های الباجی.

نوع ذرات	شن درشت	شن متوسط	شن ریز	شن خیلی ریز	سیلت	رس
قطر ذرات (میلی متر)	۰/۵-۱	۰/۲۵-۰/۵	۰/۲۵-۰/۱	۰/۰۵-۰/۱	۰/۰۰۲-۰/۰۵	کمتر از ۰/۰۰۲
درصد	۰	۲۸	۶۵/۵	۲	۲	۲/۵
بافت	شنی					



جدول ۴- معادلات پیشروی عمودی جبهه رطوبتی نسبت به زمان (Y) پیشروی در امتداد لوله بر حسب سانتی متر و t بر حسب دقیقه).

فشار (متر آب)			طول لوله (سانتی متر)
۶	۴	۲	
$Y=0.0861t+34.208$ $R^2=0.8777$	$Y=0.059t+32.759$ $R^2=0.8907$	$Y=0.0494t+30.674$ $R^2=0.9754$	۳۰
$Y=0.1216t+48.898$ $R^2=0.949$	$Y=0.0611t+47.91$ $R^2=0.8932$	$Y=0.0469t+45.965$ $R^2=0.9696$	۴۵

جدول ۵ - معادلات پیشروی افقی جبهه رطوبتی نسبت به زمان در لوله تراوا به طول ۳۰ سانتی متر در افق‌های مختلف پیشروی افقی (سانتی متر)، زمان (دقیقه).

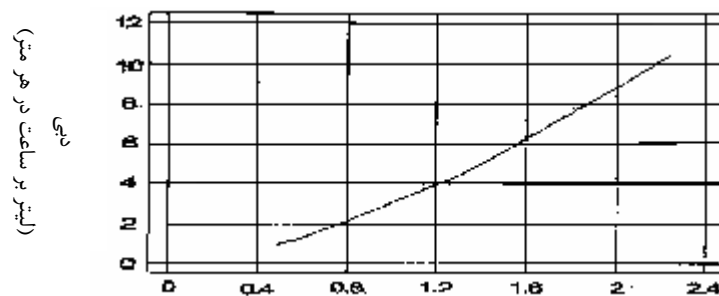
افق (سانتی متر)			فشار (متر آب)
۳۰	۱۵	۰	
$X=0.9278 \ln(t)-0.5401$ $R^2=0.9466$	$X=0.94 \ln(t)+0.9094$ $R^2=0.9717$	$X=1.1492 \ln(t)-0.7567$ $R^2=0.9877$	۲
$X=0.94 \ln(t)+0.4094$ $R^2=0.8471$	$X=1.1492 \ln(t)+0.7433$ $R^2=0.8979$	$X=1.0628 \ln(t)+0.3012$ $R^2=0.9082$	۴
$X=1.9718 \ln(t)+2.1386$ $R^2=0.5559$	$X=3.625 \ln(t)-1.2037$ $R^2=0.9846$	$X=4.2148 \ln(t)-4.7448$ $R^2=0.9855$	۶

جدول ۶- معادلات پیشروی افقی جبهه رطوبتی نسبت به زمان در لوله تراوا به طول ۴۵ سانتی متر در افق‌های مختلف پیشروی افقی (سانتی متر)، زمان (دقیقه).

افق (سانتی متر)				فشار (متر آب)
۴۵	۳۰	۱۵	۰	
$X=0.9037 \ln(t)-0.5403$ $R^2=0.8981$	$X=0.6239 \ln(t)+1.3175$ $R^2=0.9098$	$X=0.94 \ln(t)+0.9094$ $R^2=0.9717$	$X=1.1492 \ln(t)-0.7567$ $R^2=0.9877$	۲
$X=0.9923 \ln(t)-0.0071$ $R^2=0.9563$	$X=0.8635 \ln(t)+1.8258$ $R^2=0.7745$	$X=0.9652 \ln(t)+2.6051$ $R^2=0.7182$	$X=1.1896 \ln(t)+0.7762$ $R^2=0.6917$	۴
$X=3.7478 \ln(t)-2.3119$ $R^2=0.9789$	$X=4.6967 \ln(t)-2.2395$ $R^2=0.9574$	$X=4.8568 \ln(t)-3.9962$ $R^2=0.9755$	$X=3.7112 \ln(t)-3.1605$ $R^2=0.9466$	۶

ارتباط را برای لوله های تراوا با چگالی بالا نشان می دهد (شرکت آبیاری تراوا، ۲۰۰۱).

به طور کلی با توجه به خاصیت لوله های تراوا در شرایط آزاد در اتمسفر با افزایش فشار کارکرد سیستم، دبی به ازای واحد طول لوله افزایش می یابد. شکل ۱ این



فشار (بار)

شکل ۱- رابطه دبی و فشار در لوله های تراوا با چگالی بالا (شرکت آبیاری تراوا، ۲۰۰۱).

با افزایش آبدهی، حجم آب تخلیه شده در واحد زمان از سطح لوله تراوا به داخل خاک افزایش می‌یابد. افزایش حجم آب خروجی از جداره لوله به داخل خاک باعث افزایش شعاع منطقه رطوبتی اطراف لوله می‌شود و این امر به پخشیدگی بیشتر آب در خاک کمک می‌کند (شرکت آبیاری تراوا، ۲۰۰۱). با توجه به درصد رطوبت اولیه خاک که در حد خشک می‌باشد، با خروج آب بیشتر از جداره لوله به داخل خاک، ابتدا آب از خلل و فرج ریز که با اصطکاک زیاد همراه است، عبور می‌کند. جهت افزایش حرکت آب در خاک نیاز به نیروی رانشی می‌باشد که بخشی از آن به علت اختلاف پتانسیل نقاط نزدیک لوله و نقاطی که با فاصله از لوله قرار دارند تأمین می‌شود و بخشی دیگر با افزایش فشار سیستم که حاصل آن افزایش آبدهی است تأمین می‌گردد. بدین ترتیب بعد از پر شدن خلل و فرج ریز، خلل و فرج درشت هم مملو از آب شده و حرکت آب در خاک تسهیل و تسریع می‌شود. به عبارت دیگر، حرکت آب در خاک مستقل از تأثیر نیروی ثقل در همه جهات از جمله حرکت افقی به پتانسیل ماتریک بستگی پیدا می‌کند اما با افزایش فشار سیستم در نتیجه افزایش آبدهی از جداره لوله، درصد رطوبت در خاک اطراف جداره لوله به سرعت افزایش پیدا کرده و باعث افزایش اختلاف پتانسیل نقاط نزدیک لوله با نقطه‌ای که به فاصله  $X$  از آن قرار دارد، می‌شود و این امر باعث تسریع حرکت آب به نقطه مذکور می‌گردد. بنابراین، افزایش فشار کارکرد سیستم به‌طور غیرمستقیم باعث افزایش سرعت پیشروی رطوبت در خاک می‌شود. در مورد حرکت عمودی علاوه بر نیروی مکش خاک، عامل اصلی نیروی ثقل نیز اثر گذار است.

توجه به مقادیر  $Y$  در جدول ۲ ناشی از توسعه رطوبت، بیانگر این مطلب است که به ازای طول ثابت لوله با افزایش فشار و افزایش زمان، عمق رطوبت در داخل خاک زیاد می‌شود. برای لوله تراوای ۳۰ سانتی‌متری به ازای فشارهای ۲، ۴ و ۶ مترآب بیشترین اعماق به دست آمده پس از ۵ ساعت آبیاری به ترتیب ۴۵، ۵۰ و ۶۰ سانتی‌متر می‌باشد. با توجه به این اعداد اختلاف توسعه عمقی در فشارهای مذکور از یک

فشار به فشار دیگر ۲ برابر می‌باشد (زیرا تفاوت ۴۵ تا ۵۰، ۵ سانتی‌متر و تفاوت ۵۰ تا ۶۰، ۲ برابر ۵ یعنی ۱۰ سانتی‌متر است). این در حالی است که طول لوله ۳۰ سانتی‌متر است. بنابراین عمق نفوذ یافته به زیر لوله تراوا به ازای فشارهای مذکور ۱۵، ۲۰ و ۳۰ سانتی‌متر است. به طوری که ملاحظه می‌شود به ازای فشار ۶ متر توسعه عمقی به زیر لوله تراوا دقیقاً برابر طول لوله به دست آمده است. به طور کلی از جدول ۲ نتیجه می‌شود که در زمان‌های یکسان به ازای فشارهای مختلف با افزایش فشار افزایش توسعه عمقی حاصل می‌شود. همچنین به ازای یک فشار ثابت، با افزایش زمان آبیاری افزایش پیشروی عمودی ملاحظه می‌گردد که این افزایش توسعه عمقی در فشار ۶ متر حداکثر می‌باشد. همچنین معادلات به دست آمده در جدول ۴ که پیشروی عمودی را به صورت تابعی از زمان نشان می‌دهد مؤید مطلب فوق است. نکته قابل توجه در معادلات به دست آمده که به شکل  $Y = at + b$  می‌باشند مقدار  $b$  است که در حدود طول لوله کاربردی است و علت اختلاف جزئی آن به خطای ایجاد شده در آزمایش که شامل خطاهای ناشی از اندازه‌گیری، خطاهای ناشی از وسایل آزمایش و شرایط آن است ربط داده می‌شود. بنابراین، می‌توان، نتیجه گرفت که به ازای یک طول ثابت لوله تراوا با افزایش زمان و فشار، توسعه عمقی جبهه رطوبتی افزایش خواهد داشت.

جدول ۲ توسعه افقی رطوبت را برای فشار ۲ متر در بازه‌ای بین ۳ تا ۱۲ سانتی‌متر نشان می‌دهد، که ۱۲ سانتی‌متر بعد از ۵ ساعت آبیاری حاصل می‌شود. به نظر می‌رسد این مقدار توسعه افقی برای بسیاری از درختان پس از ۵ ساعت آبیاری کافی نباشد. در هر حال با استفاده از ۲ یا چند کپسول تراوا می‌توان در فشار ۲ متر الگوهای افقی را همپوشانی و توسعه داد بخصوص در شرایطی که محدودیت تأمین انرژی نیز موجود باشد. توسعه رطوبتی برای فشار ۴ متر از ۴ تا ۱۵ سانتی‌متر متغیر است که نسبت به فشار ۲ متر تغییر چندانی نمی‌کند و در مورد این فشار هم می‌توان مانند فشار ۲ متر عمل کرد. همچنین توسعه رطوبتی در فشار ۶ متر بازه‌ای بین ۹

تا ۳۸ سانتی متر را نشان می‌دهد که در مقایسه با دو فشار قبلی تفاوت قابل ملاحظه‌ای ندارد. در فشار ۶ متر از زمان شروع آزمایش تا ۳ ساعت بعد از آزمایش پیشروی افقی رطوبت، در سطح‌های مختلف ملاحظه می‌شود. اما از ۳ ساعت تا ۵ ساعت تفاوت قابل ملاحظه‌ای مشاهده نمی‌شود و می‌توان این گونه بیان داشت که بعد از ۵ ساعت دیگر نمی‌توان با توجه به بافت خاک توقع افزایش پیشروی افقی رطوبتی را داشت. به‌طور کلی در این رابطه تغییر زمان از ۳ ساعت به ۵ ساعت درست است که تغییر چندانی در پیشروی افقی را در برداشته اما افزایش فشار بسیار کارآمد بوده و پیش‌بینی می‌شود که در فشارهای بیشتر نظیر ۸ و ۱۰ متر پیشروی افقی بیشتری ملاحظه شود. به‌منظور به‌دست آوردن رابطه پیشروی افقی با زمان در افق‌های مختلف الگوی رطوبتی، منحنی پیشروی افقی در برابر زمان رسم شد و بهترین خطوط برازش داده شد و معادلات این خطوط به دست آمد.

معادلات ذکر شده در جدول ۵ لحاظ شده‌اند و می‌توانند پیشروی افقی را در هر سطح نسبت به زمان به‌صورت تجربی پیش‌بینی کنند.

توجه به جدول ۳ نظیر لوله ۳۰ سانتی متری مبین افزایش عمق رطوبت با افزایش فشار برای لوله تراوا ۴۵ سانتی متری می‌باشد. به ازای یک فشار ثابت، با زمان افزایش پیشروی عمودی را نشان می‌دهد و بیشترین افزایش در فشار ۶ متر می‌باشد. به ازای یک زمان ثابت هم بیشترین توسعه عمودی پس از ۵ ساعت آبیاری بوده که به ازای فشارهای ۲، ۴ و ۶ متر به‌ترتیب ۶۰، ۶۵ و ۸۵ سانتی متر بوده است، با توجه به این که طول لوله ۴۵ سانتی متر بوده توسعه رطوبت از زیر لوله‌ها به‌ترتیب ۱۵، ۲۰ و ۴۰ سانتی متر می‌باشد و مانند لوله ۳۰ سانتی متر به ازای فشار ۶ متر توسعه عمقی به زیر لوله در حدود طول لوله کاربردی است. معادلات به‌دست آمده در جدول ۴ هم نشان‌دهنده افزایش پیشروی عمودی با زمان است و قسمت  $at$  معادله پیشروی عمودی از زیر لوله را نشان می‌دهد. به‌طور کلی

می‌توان اظهار داشت که نتایج در مورد کپسول ۴۵ سانتی متری مشابه کپسول ۳۰ سانتی متری است.

جدول‌های ۳ و ۶ که نشان‌دهنده پیشروی افقی رطوبت در لوله تراوا به طول ۴۵ سانتی متری باشند، بیانگر این مطلب هستند که برای فشار ۲ متر توسعه رطوبتی بین ۴ تا ۱۲ سانتی متر بوده که مشابه لوله ۳۰ سانتی متری عمل کرده است اما در فشار ۴ متر توسعه رطوبتی بین ۴ تا ۱۶ سانتی متر متغیر بوده که نسبت به فشار قبلی تغییر چندانی نشان نمی‌دهد بلکه تقریباً مانند لوله ۳۰ سانتی متری عمل کرده است. در فشار ۶ متر تغییرات بین ۱۱ تا ۴۸ سانتی متر بوده که نه تنها نسبت به دو فشار قبلی تغییرات محسوسی را نشان می‌دهد بلکه نسبت به لوله ۳۰ سانتی متری، با توجه به بافت خاک افزایش آن قابل توجه می‌باشد.

با افزایش فشار در آبیاری تراوا افزایش توسعه رطوبتی رخ می‌دهد که نتایج حاصل با تحقیقات سهرابی و گازی (۱۹۹۷) و آخوندعلی (۲۰۰۴) مطابقت دارد. همچنین در این سیستم با افزایش زمان کارکرد توسعه عمودی و تا حدودی توسعه افقی افزایش یافته که از این بابت نتایج تحقیق آخوندعلی (۲۰۰۳) را تایید می‌نماید. در این پژوهش همانند تحقیقات آخوندعلی (۲۰۰۴ و ۲۰۰۳) وابستگی شدید پیشروی رطوبتی به زمان وجود دارد.

### نتیجه‌گیری

با توجه به جدول‌های استخراج شده از پیشروی رطوبت به ازای زمان برای دو اندازه کپسول تراوا ۳۰ و ۴۵ سانتی متر و کاربرد فشارهای معادل ۲، ۴ و ۶ متر آب، نکات زیر از این تحقیق نتیجه می‌شود:

(۱) با استفاده از داده‌های موجود، یک بازه نسبتاً وسیع از توسعه عمودی و افقی رطوبت به ازای تغییرات طول لوله تراوا و فشار آب به دست آمده است که طراح و بهره‌بردار را قادر می‌سازد متناسب با سن درخت و الگوی ریشه آن الگوی مورد نظر شامل طول لوله تراوا و تداوم آبیاری را متناسب با نیاز آبی گیاه انتخاب نماید. بدین‌وسیله متناسب با فشار و اندازه ریشه یا عمر درخت بهره‌برداری از آب و انرژی را بهینه و باعث کمترین تلفات عمقی گردد.

۲) اعداد به دست آمده نشان می‌دهند که کارایی این لوله‌ها در فشارهای پایین ۲ و ۴ متر برای درختان کم سن و نهال یا گیاهانی که قسمت هوایی و ریشه گسترده ندارند، مناسب است اما برای درختانی که با افزایش سن گسترش بخش هوایی دارند و نیاز به گسترش ریشه جهت جذب آب و مواد غذایی و به خصوص نقشی که ریشه به عنوان قیم در مناطق بادخیز برای درخت دارد کاربرد فشار ۶ متر آب الگوهای مناسبی در جهت افقی و عمودی حاصل می‌نماید.

۳) به طور کلی با افزایش فشار با توجه به بافت خاک منطقه مورد مطالعه حتی اگر پیشروی افقی بیشتری ملاحظه نشود اما پیشروی عمودی قابل توجهی رخ می‌دهد.

۴) جدول‌ها نشان می‌دهند که با افزایش زمان، افزایش پیشروی رخ می‌دهد، البته پیشروی عمودی قابل ملاحظه‌تر از افقی است که به بافت خاک مربوط می‌شود. میزان پیشروی عمودی را به صورت تقریبی و تجربی می‌توان از معادلات ارائه شده به دست آورد و با کنترل زمان با توجه به سن گیاه و نیاز آبی آن از تلفات آب جلوگیری کرد.

۵) اعداد به دست آمده نشان‌دهنده این مطلب مهم است

که بیشترین پیشروی افقی بخصوص در فشارهای ۶ متر آب در یک چهارم تا یک دوم طول لوله می‌باشد و با توجه به نحوه توسعه ریشه گیاهان و الگوی ۴۰، ۳۰، ۲۰ و ۱۰ درصد جذب آب، الگوهای حاصل در این فشار از مناسب‌ترین الگوها می‌باشند.

۶) همانطور که ملاحظه شد، الگوها را می‌توان به لحاظ زمان و فشار تحت کنترل داشت. هدایت ریشه گیاهان به هر عمق با توجه به این که ریشه‌ها در جهت رطوبت رشد می‌نمایند، میسر می‌باشد. از این مورد می‌توان برای درخت‌کاری در خاک‌های ماسه‌ای مناطق بادخیز جهت تثبیت استفاده کرد.

۷) در این روش آبیاری می‌توان با تعیین فاصله مناسب بین کارگذاری کپسول‌ها، حتی تداخل و هم‌پوشانی رطوبتی را ایجاد کرد.

## سپاسگزاری

از دفتر تحقیقات و استانداردهای شبکه‌های آبیاری و زهکشی سازمان آب و برق خوزستان به خاطر حمایت‌هایشان تشکر و قدردانی می‌گردد.

## منابع

1. Akhoond-Ali, A.M. 2004. Determining moisture movement for khouzestan soils with subsurface irrigation. Research No 486. Shahid Chamran University. Pp: 1-47.
2. Akhoond-Ali, A.M. 2003. Evaluation applied of leaky pipe with vertical option. Research No 406. Shahid Chamran University. Pp: 1-53.
3. Barotzadeh, M. 2000. The investigation of cultivation potato in sandy soils with drip irrigation. M. S Thesis. Pp: 13-15.
4. Khorrarnian, M., and Mirlatifi, M. 2001. Investigation hydraulic characteristics of leaky pipe, Journal of Soil and Water Science. 14:2.187.
5. Lomax, K.M., Wood, J.D., and Guacell, F.S. 1998. Emission characteristics of porous tubing. Agric. Water Manage. 15: 197-204.
6. Smajdstral, A.G. 1992. Field studies of porous pipe micro irrigation laterals . ASAE Paper No . 92-2089 , ASAE International Summer Meeting, Charlotte, NC. Pp: 19-24.
7. Smajdstral, A.G. 1994. Field studies of porous pipe micro irrigation laterals. ASAE Paper No. 94-2172, ASAE International Summer Meeting, Kansas city, Pp:19 - 22.
8. Sohrabi, T., and Gazori, N. 1997. Investigation of application leaky pipe in subsurface irrigation. Proceeding of the Second International Congress of Water and Soil Problems, 1: 93.
9. Tarava Irrigation Company. 2001. Initiation with standards of subsurface leaky pipe irrigation, Design, Accomplishment, Conservation. Pp: 1-54.
10. Teeluck, M., and Sutton, B.G. 1998 . Discharge characteristics of porous pipe micro irrigation lateral. Agric. Water Manage. 38 (2): 123-134.
11. Yoder, R.E., and Mote, C.R. 1995. Porous pipe discharge uniformity. Micro irrigation for a changing world. Conserving Resources/Preserving the Environment. Proceedings of the Fifth International Micro Irrigation Conres, ASAE, Orlando, Florida .Pp 750.



## **Evaluation of increasing pressure head on water movement in dry soil by vertical installation of subsurface leaky pipe**

**\*M. Golabi<sup>1</sup> and A.M. Akhoond -Ali<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Ph.D. student of Dept. of Irrigation and Drainage, Shahid Chamran University, Iran, <sup>2</sup>Assistant Prof. Dept. of Irrigation and Drainage Shahid Chamran University, Iran

---

### **Abstract**

One of the most important and complicated problems in irrigation engineering, is water movement into the soil. In some researchs the equations which have been extracted for this problem, are mostly due to infiltration of water from the soil surface into the soil. For evaluation of water movement in light soil, subsurface leaky pipe by Tarava capsules were installed inside a sandy soil at Albaji hills (28 km north-west of Ahwaz). Capsules with 30 and 45 cm length and applied pressure head of 2, 4 and 6 m of water, with 10, 30, 60, 180 and 300 min persistency were tested. In this study five pieces of leaky pipe capsules with 22 mm of diameter were installed on a polyethelene pipe with 32 mm diameter and 1.5 m distance for each test and were linked to a Robine pump. Then, vertical and horizontal patterns of soil moisture movement were observed from vertical cross section along capsules and recorded with time. The data collected by this method were showed that maximum of vertical movement in 30 and 45 cm capsules after 5 hr were 60 and 85 cm, in addition maximum of horizontal movement in these pipes with 6 m of pressure head were 9-38 and 11-48 after 5 hr of irrigation. Other results for soil moisture movement were collected in a set of tables and equations.

**Keywords:** Soil Water movement; Subsurface irrigation; Tarava capsule; Trench