بررسی کارآیی آبیاری زیر زمینی با لوله‌های لاستیکی تراوا

تیمور سهرابی و نعمت اله گازری

به ترتیب استادیار گروه مهندسی آبیاری و آبادانی و دانشجوی فارغ التحصیل

دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران

تاریخ پذیرش مقاله ۷۶/۲/۳

خلاصه

آبیاری زیر زمینی امکان توزیع رطوبت بطور غیر اشباع در منطقه ریشه گیاه را فراهم می سازد . یکی از سیستمهای نوین این روش، استفاده از لوله‌های لاستیکی اسفنج مانند است که تحت فشار بسیار کمی (۲ـ۱ اتمسفر) توانایی انتشار آب بطور یکنواخت و تحت کنترل را داشته و با نصب آن در ناحیه ریشه گیاه، رطوبتی در حد ظرفیت زراعی در خاک ایجاد می‌کند. انتخاب عمق مناسب و فاصله بهینه این لوله‌ها نسبت به همدیگر و نسبت به گیاه، منوط به داشتن محدوده رطوبتی تولید شده توسط لوله در خاک است. بدین منظور طی آزمایشی که این لوله‌ها در عمق ۴۰ سانتی‌متری و بطول ۵۰ متر در باغ مو به وسعت یک هکتار و با بافت خاک رسی و در یک فصل رشد انجام شد، ملاحظه گردیدکه:

۱ـ شعاع توسعه رطوبتی بستگی به خصوصیات فیزیکی خاک و شرایط هیدرولیکی سیستم دارد. یعنی به تناسب افزایش فشار در شبکه، محدوده رطوبتی خاک توسعه بیشتری می‌یابد. این امر برای فشارهای ۰/۵ و ۱ و ۱/۵ بار انجام و در سطح ۱٪ آماری کاملاً معنی‌دار بوده است.

۲ـ در طول لوله آبده به استثناء ابتدای آن، مقدار رطوبت داده شده به خاک اختلاف معنی‌داری در سطح ۱٪ آماری نداشته‌اند.

۳ـ در انتقال صعودی آب در خاک و تبخیر آن از سطح خاک املاح در لایه سطحی آن تجمع یافته و موجب شوری خاک تا عمق ۱۵ـ۱۰ سانتیمتری خاک گردیده است.

واژه های کلیدی : آبیاری زیر زمینی، لوله تراوا،لوله لاستیکی

مقدمه

نظر باینکه عوامل متعددی در تولید محصولات زراعی مؤثر می‌باشد و برخی از این عوامل ممکن است محدود کننده باشند، پژوهشگران در هر منطقه تکنیک خاصی را جهت کشت و کار و استفاده بهینه از پتانسیل‌های موجود و رفع موانع و محدودیتها، ابداع کرده‌اند که البته ممکن است از ایده‌های جدید استفاده کرده و یا کارهای گذشته را تکمیل نموده باشند.

از مجموع هزار میلیون هکتار زمین زیر کشت در دنیا تنها دویست‌میلیون هکتار آن آبیاری می‌شود. با وجود این، همین مقدار زمین بیش از ۴۰% محصولات کشاورزی دنیا را تأمین می‌کند. بنابر این، نیاز به افزایش تولید محصولات کشاورزی ایجاب می‌کند که مناطق فاریاب توسعه داده شوند. از طرفی مسئله حائز اهمیت است و استفاده از روشهای خاص آبیاری امری اجتناب ناپذیر می‌باشد. در این رابطه روشهای آبیاری میکروویا اصطلاحاً آبیاری با مصرف کم آب و انرژی از اهمیت زیادی برخوردار است.

یکی از روشهای آبیاری میکرو، آبیاری زیر زمینی با

لوله‌های تراوا می‌باشد. پیچیدگی‌هائی که در طراحی و بهره برداری این سیستم وجود دارد، کاربرد مستقیم آن را برای کشاورزان غیر ممکن می‌سازد. چنانچه اصول کلی و مبانی علمی آن ، در نظر گرفته نشود، این روش نه تنها مفید نخواهد بود بلکه موجب هدر رفتن سرمایه نیز می‌شود.

امروزه سیستم آبیاری زیر زمینی به روشهای مختلفی در سطح جهان به خصوص کشورهایی که در کمبود آب به سر می‌برند در حال اجرا و کار می‌باشد. یکی از جدیدترین این روشها، استفاده از لوله‌های لاستیکی تراوا[1] است که در منطقه ریشه گیاه نصب و آب تحت فشار ۲-۶/ ۰ بار در آن جریان یافته و با تراوش از خود موجب مرطوب شدن آن منطقه می‌شود.

بنابه ضرورت‌ها و توانایی‌های احتمالی این سیستم و عدم تحقیق اصولی بر روی آن در ایران باعث گردید که جهت بررسی و شناسائی آن تحقیقی صورت گیرد. مقاله حاضر حاصل تحقیقی است که جهت معرفی و شناسائی مشخصات هیدرولیکی و کلاً کارآیی این سیستم صورت گرفته است. به منظور ایجاد شرایط طبیعی و شناخت رابطه سیستم با خاک و گیاه، این تحقیق در مزرعه و برروی سیستم در حال کاربرای گیاه مو انجام شده است.

پژوهش متون -بوش و نی بن آزمایشی به منظور مقایسه آبیاری زیر زمینی و شیاری در تگزاس انجام دادند که نتایج حاصله نشان داد که مقدار آب مصرفی ۴۲% کمتر از شیاری است(۴).

ویستنی و همکاران در سال ۱۹۶۶ تأثیر فشار و اندازه روزنه‌هارادر لوله‌های آبیاری قطره‌ای بکار گرفته شده برای آبیاری زیر زمینی را (Point source) را مورد مطالعه قرار دادند و نتایج حاصله نشان داد که حرکت آب در خاک تحت تأثیر پارامترهای فوق قرار می‌گیرند(۸).

فوک و ویلاردسن روشی را جهت آنالیز و طراحی سیستم آبیاری زیر زمینی ارائه دادند. در این روش با استفاده از داده‌های صحرائی، ظرفیت سیستم، عمق کار گذاری و فواصل بین لوله‌ها و زمان آبیاری قابل حصول بود(۵).

توماس و همکاران به منظور تعمیم معادله نشت یکنواخت از لوله آبده و مقایسه توزیع پتانسیل ماتر یک محاسبه و اندازه گیری شده تحقیقاتی انجام دادند. این آزمایش در خاکی که برای آبیاری زیر زمینی در نظر گرفته شده بود انجام شد. حاصل کار آنها معادله‌ای بود که رابطه بین K_S هدایت هیدرولیکی اشباع و θ رطوبت خاک را بیان نمود (۶).

آزمایشی که توسط توماس و همکاران برروی سه موضوع، مقایسه پتانسیل موئینه‌ای در خاک با تبخیر و تعرق، تشریع حدود توزیع پتانسیل موئینه‌ای در منطقه ریشه برای دو محصول جو و ذرت، و همچنین طراحی اساس آبیاری زیر زمینی با فرض جریان یکنواخت انجام گرفت نتایج خوبی حاصل گردید (۷).

مهدی‌زاده طرحهای آماری متعددی درمناطقی‌نظیر ساوه، سبزوار و بندر عباس جهت مقایسه آبیاری زیر زمینی با سایر روشها برروی گیاهان مختلف انجام داد و نتایج گزارش شده نمایانگر اثرات خوب‌این سیستم در رشد گیاه و صرفه‌جوئی آب می‌باشد(۳).استفاده ازلوله‌های سفالین‌برای صرفه‌جوئی‌وتأمین آب‌برای کشت نباتات یک ساله در ایران در سال ۱۳۷۳ به وسیله باستانی بکار گرفته شد(۱).

آزمایش‌های ترویجی انجام شده (۱۳۷۳) برروی گیاهان مختلف در کشورهای فرانسه، اسپانیا، ترکیه، الجزایر حاکی از سرعت در رشد و ازدیاد محصول و صرفه‌جوئی در میزان آب مصرفی تحت این سیستم را نشان می‌دهند (۲).

مواد و روشها

با توجه به اطلاعات موجود، به نظر می‌رسید که کارآیی سیستم آبیاری زیرزمینی با لوله‌های تراوا (پلی اتیلن) باید بالا باشد. یعنی با میزان مصرف آب کمتر مقدار محصول بیشتری به دست می‌آید بدین منظور لازم بود در محلی واقعی و در مزرعه این آزمایش صورت پذیرد. بر این اساس، مناطقی که این سیستم نصب شده بود مورد شناسائی قرار گرفت و از آن میان منطقه شهریار که نزدیکترین منطقه به کرج بوده وسهولت دسترسی به آن زیادتر بود انتخاب گردید در این منطقه موستانی به وسعت یک هکتار تحت آبیاری زیرزمینی تراوا بود که به عنوان مزرعه آزمایش مورد استفاده قرار گرفت در این مقاله به دو مورد از موارد تحقیق انجام شده اشاره می‌شود:

الف: تعیین الگوی توزیع رطوبتی اطراف لوله در فشارهای مختلف سیستم

1 - Tuporex

ب: تعیین الگوی توزیع املاح در اطراف لوله

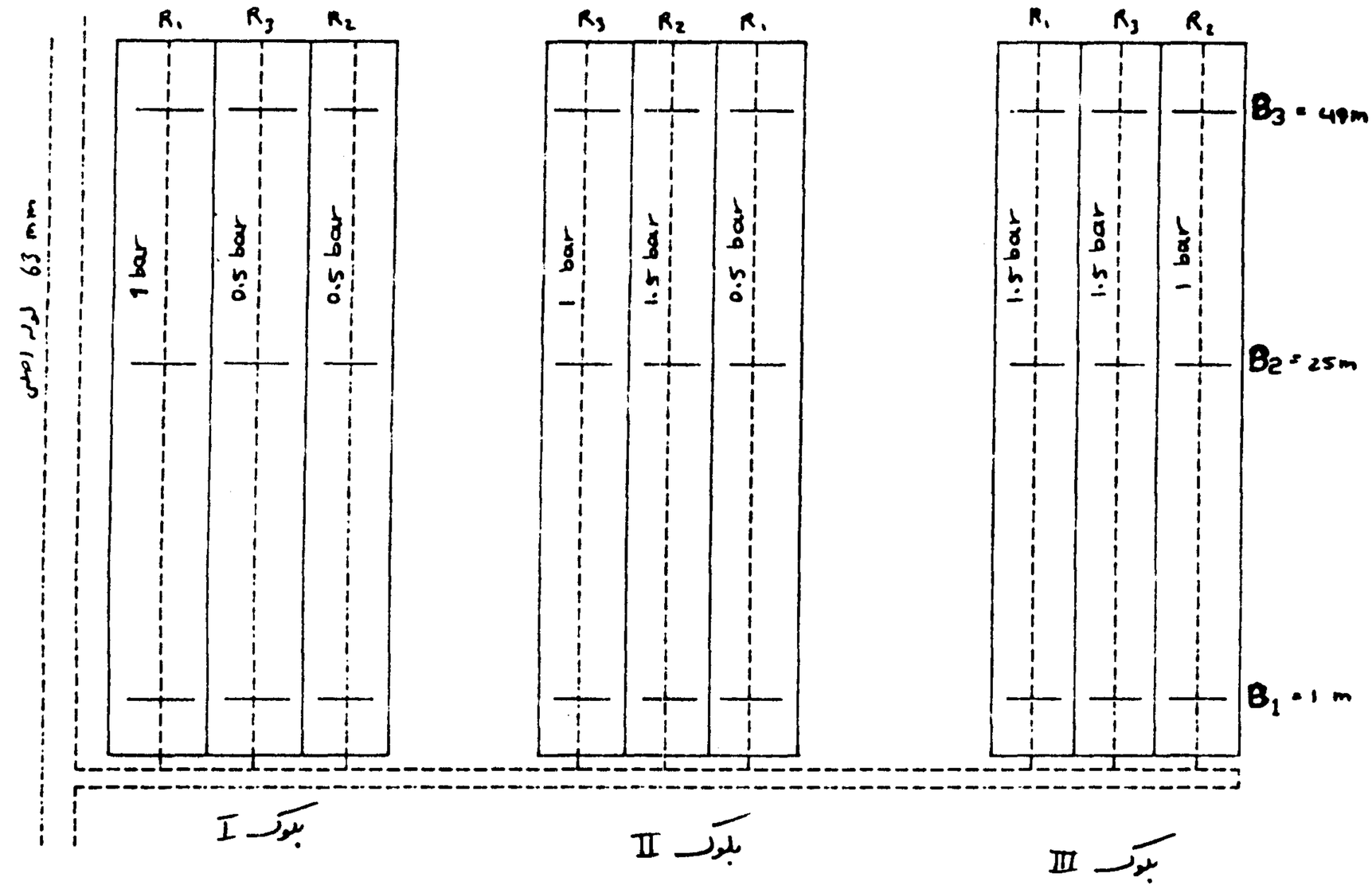
یکی از فاکتورهای اساسی در طراحی صحیح این سیستم انتخاب مناسب عمق و فاصله کارگذاری لوله‌ها در خاک است، که خود به الگوی خیسیدگی خاک اطراف لوله بستگی تام دارد.

با توجه به رابطه بین دبی و فشار لوله به نظر می‌رسید که بُرد رطوبتی اطراف لوله در فشارهای مختلف، و حتی در طول لوله و در یک فشار ثابت، متفاوت باشد. بر این اساس الگوی رطوبتی اطراف لوله در سه فشار ۰/۵، ۱ و ۱/۵ بار و در طول‌های ۱، ۲۵ و ۴۹ متری مورد اندازه‌گیری قرار گرفت. برای تعیین میزان اثرات هر یک از فاکتورهای فشار و طول، از یک طرح آزمایشی کرت‌های دوبار خرد شده[1] استفاده شد. شکل ۱ طرح آزمایشی فوق را در سه تکرار و سه تیمار اصلی شامل (فشارهای سیستم در ۰/۵ و ۱ و ۱/۵ بار) و سه تیمار فرعی شامل (طول‌های ۱، ۲۵ و ۴۹ متر لوله) و ۲۵ تیمار فرعی (شامل اعماق و فواصل مختلف نقاط خاک اطراف لوله) نشان می‌دهد.

طرح آزمایشی، در زمینی به مساحت ۲۵۰۰ متر مربع و در سه بلوک پیاده گردید. تیمارهای اصلی یعنی فشارهای ۰/۵، ۱ و ۱/۵ بار، در سه تکرار در بلوک‌ها به طور تصادفی انتخاب گردیدند. تیمارهای فرعی یعنی محل پروفیل به طور ثابت انتخاب گردید. بدین صورت که همواره B_1 طول یک متری، B_2 طول ۲۵ متری و B_3 طول ۴۹ متری از اول لوله تراوا بوده است، تیمار فرعی یعنی محل قرار گرفتن نقاط در اطراف لوله نیز ثابت بوده است یعنی در تمام ۲۷ پروفیل زده شده فاصله عمودی ردیف نقاط ۲۰ سانتی‌متر و فاصله افقی ستون نقاط ۴۰، ۲۰، ۲۰ و ۴۰ سانتی‌متر مطابق شکل ۲ بوده است.

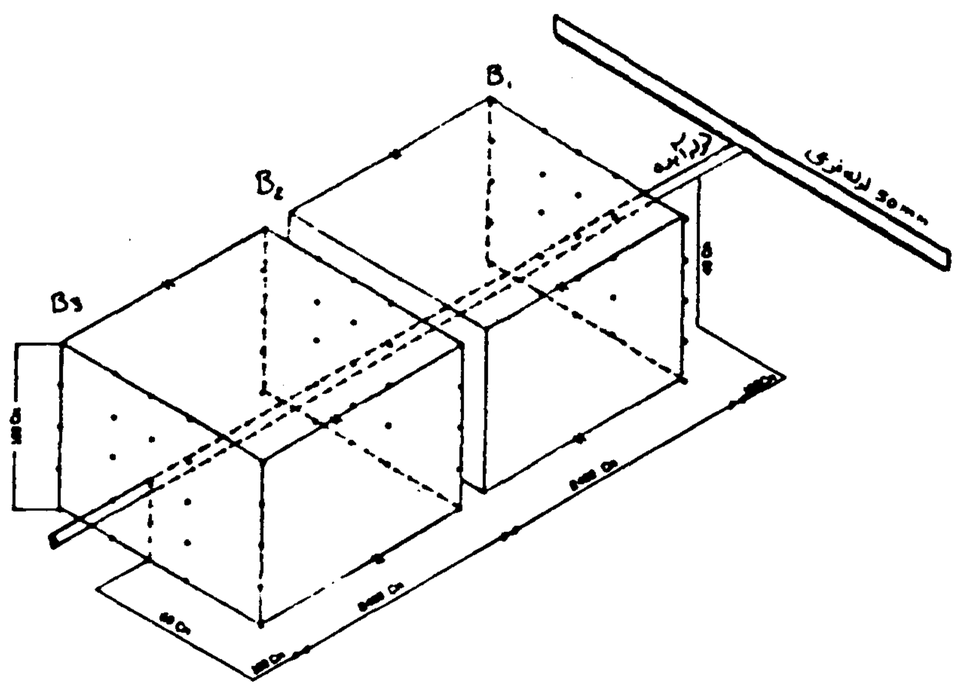
شبکه‌ای که تحت آزمایش بوده به وسیله پمپ کوچکی آب آن در فشار ۴ بار تأمین می‌شود. وجود خروجی در انتهای لوله اصلی این شبکه به منظور تثبیت فشار و عدم خاموشی پمپ بوده است.

در ابتدای لوله‌های فرعی منشعب از لوله اصلی برای هر بلوک لوازمی چون کنتور آب، تنظیم کننده فشار و فشار سنج قرار گرفته بود تا بتوان در هر تکرار فشار مورد نیاز را به وجود آورد و امکان اندازه‌گیری آب مصرفی وجود داشته باشد (شکل۳). در هر تکرار در هر بلوک فقط یکی از لوله‌های تراوا به سیستم متصل بوده و بقیه قطع بوده‌اند. روش اندازه‌گیری رطوبت به صورت وزنی بوده



شکل ۱ - نقشه طرح اسپلیت ، اسپلیت پلات

1 - Split - Split - Plot design



شکل ۲ - موقعیت ۲۵ تیمار فرعی فرعی در اطراف لوله‌ها در سه تیمار هربلوک

است که با دقت بالائی مورد اندازه‌گیری قرار گرفته است. نشت آب به داخل خاک و صعود آن در اثر نیروی کاپیلاری به سطح خاک و تبخیر از سطح خاک موجب انتقال نمک به لایه‌های سطحی خاک می‌گردد. نحوهٔ انتقال نمک و الگوی توزیع نمک در اطراف لوله از فاکتورهای قابل ملاحظه در سیستم‌های آبیاری زیر زمینی است. لذا در اول فصل رشد ECe خاک اندازه‌گیری گردید و نهایتاً مقایسه گردید.

طرح آزمایشی مورد استفاده در این قسمت از تحقیق، بلوکهای خرد شده بود که مشخصات آن بدین شرح است: تیمار اصلی: محل پروفیل در طول تراوا $A_1 = 1m$، $A_2 = 25m$ و $A_3 = 49m$

تیمار فرعی: وضعیت نقطه در اطراف لوله تراوا که در ۵ ردیف و ۵ ستون قرار گرفته بودند فاصله نقاط درست مانند قسمت تحقیق الگوی توزیع رطوبت می‌باشد. این آزمایش در ۹ تکرار انجام شده است و فشار سیستم مقدار ثابت ۱/۴ بار و مدت کارکرد در زمان نمونه‌برداری ۶ ماه بود. برای اندازه‌گیری ECe نمونه‌ها از آنها عصاره اشباع تهیه شد.

نتایج و بحث

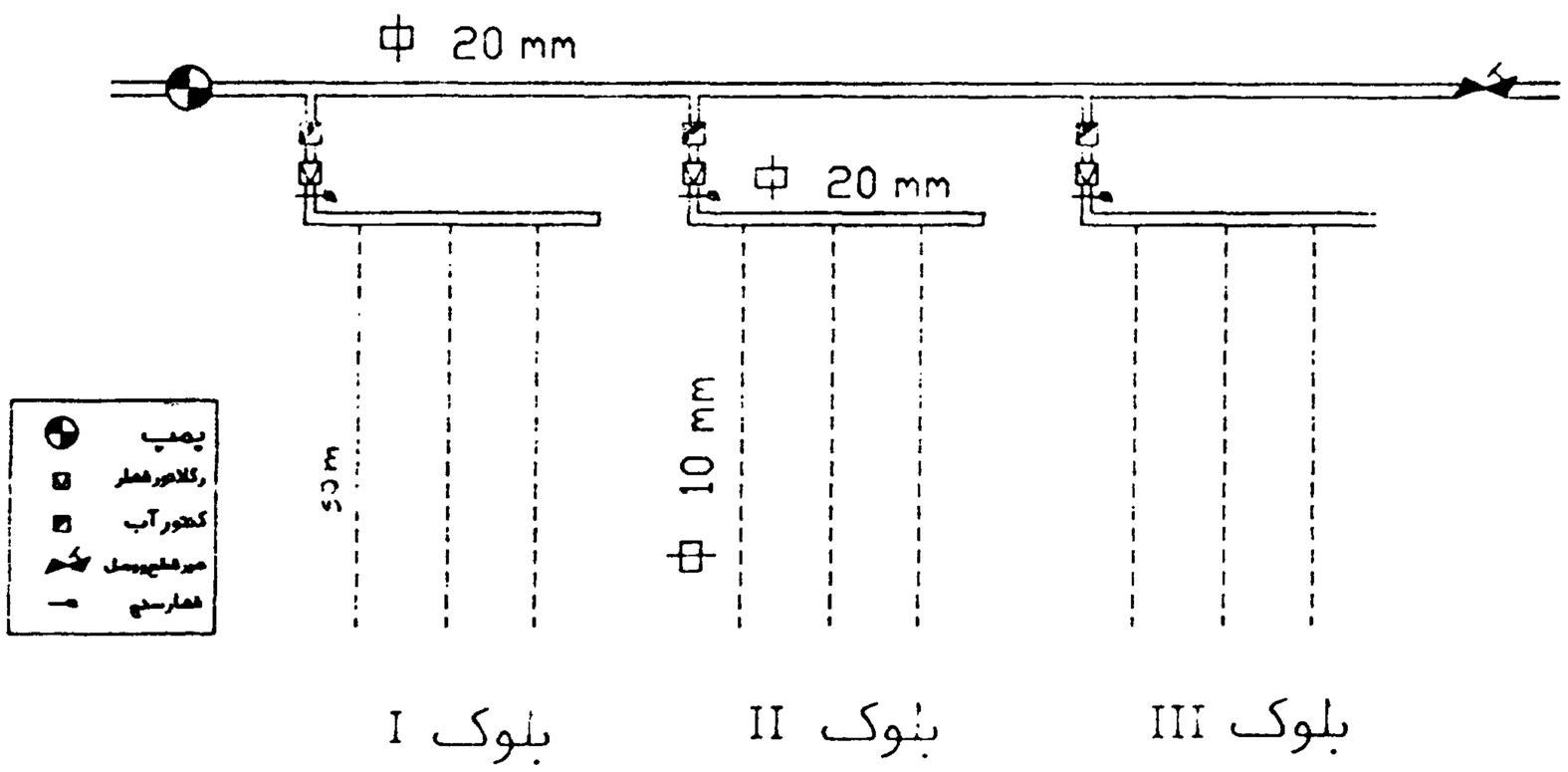
الف: الگوی توزیع رطوبتی اطراف لوله

همچنانکه گفته شد به منظور بررسی وضعیت پخش رطوبت در خاک از لوله تراوا، یک طرح آزمایشی کرتهای دو بار خرد شده اجرا و پس از برداشت نتایج، تجزیه واریانس آن به شرح جدول ۱ ارائه می‌گردد.

اثر فشار سیستم بر توزیع رطوبت:

آزمایش در سه تیمار و در فشارهای ۰/۵، ۱ و ۱/۵ بار انجام و میانگین‌ها به روش آزمون چند دامنه‌ای دانکن مقایسه شد و با توجه به جدول ۲ دیده می‌شود که سیستم آبیاری تراوا نسبت به تغییرات فشار آب حساس بوده و میزان آبدهی آن تغییر می‌نماید. این تغییرات معنی‌دار بوده و در سطوح ۱ و ۵ درصد مشهود می‌باشد. سطوح مختلف میانگین‌ها در جدول ۲ و شکل ۴ دیده می‌شود.

اثر طول لوله در توزیع رطوبت در خاک



شکل ۳ - لوازم کنترل آب در ابتدای هر بلوک

جدول ۱ - آنالیز واریانس مقادیر مختلف رطوبت در خاک

منابع تغییر	درجات آزادی	مجموع‌مربعات	میانگین مربعات	F	احتمال
تکرار	۲	۷/۲۳۵	۳/۶۱۷	۰/۲۴۳	
فاکتور فشار	۲	۲۳۳۳/۵۱۲	۱۱۶۶/۷۵۶	۰/۰۰۰۶۷۷/۴۹۳۳	
خطا	۴	۶۰/۲۲۵	۵/۰۵۶		
فاکتور طول‌لوله	۲	۱۲۸۷/۴۱۲	۶۴۳/۷۰۶	۰/۰۰۰۱۲۳/۴۸۸۷	
اثرمتقابل طول	۴	۲۱/۶۵۵	۵/۴۱۴	۰/۱۹۷۶	
لوله فشار					
خطا	۱۲	۳۲۸/۸۵۶	۲۷/۴۰۵		
فاکتورفاصله‌نقطه	۲۴	۳۰۰۵۵/۹۹۵	۱۲۵۲/۳۳۳	۰/۰۰۰۰۴۹۶/۸۰۹۱	
از لوله					
اثر متقابل فشار	۴۸	۱۵۰۷/۷۵۵	۳۱/۴۱۲	۰/۰۰۰۰۱۲/۴۶۱۲	
فاصله نقطه					
اثر متقابل طول‌لوله	۴۸	۶۴۴/۸۴۷	۱۳/۸۵۱	۰/۰۰۰۰ ۵/۴۹۴۸	
و فاصله نقطه					
اثرمتقابل فشارطول	۹۶	۳۱۱/۸۵۱	۳/۲۴۸	۰/۰۴۸۱ ۱/۲۸۸۷	
لوله و فاصله نقطه					
از لوله					
خطا		۴۳۲	۱۰۸۸/۹۶۵	۲/۵۲۱	
جمع	۶۷۴	۳۷۶۶۸/۳۱۲			

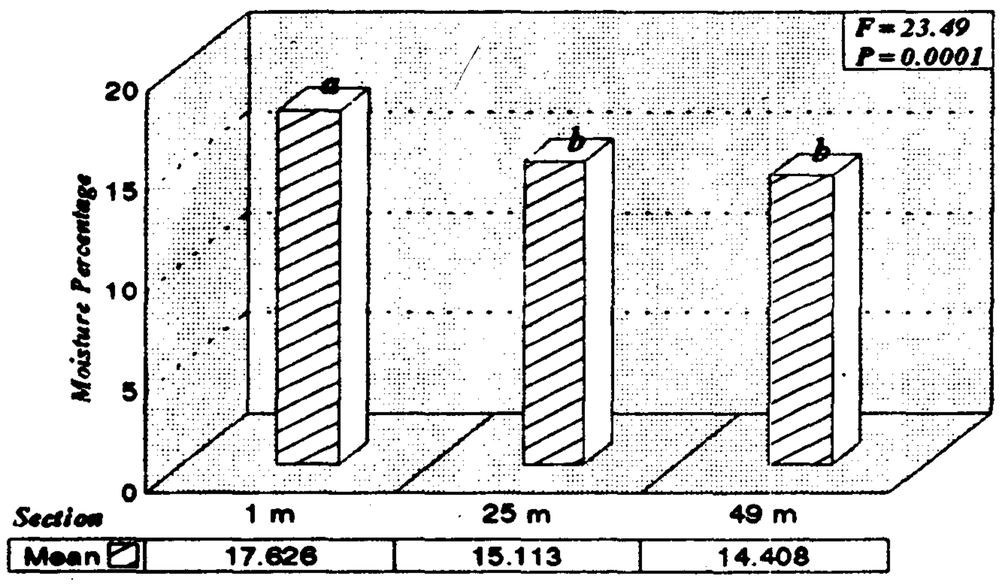
CV= %۱۰/۱

در تمام ۹ لوله تحت آزمایش، رطوبتی که در ابتدای لوله در خاک نشت می‌نموده است، بیشترین مقدار نسبی خود بوده است ولی در بقیه لوله مخصوصاً نیمه دوم (۵۰ - ۲۵) متر به سبب افت فشار و کاهش دبی لوله، مقدار نشت از لوله به یکنواختی رسیده و اختلاف معنی‌داری مشاهده نمی‌شود. اثر طول لوله بر توزیع رطوبت در شکل ۵ و در جدول ۳ مشاهده می‌شود.

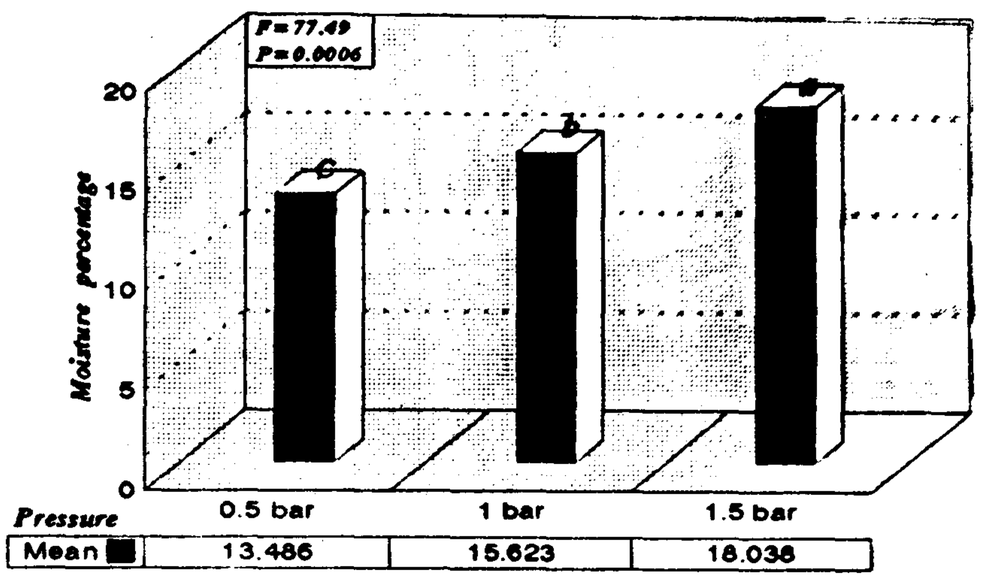
اثر فاصله نقطه از لوله در پروفیل خاک، در میزان رطوبت آن همانگونه که در جدول ۴ و شکل ۶ دیده می‌شود مقدار رطوبتی که به نقاط مختلف خاک اطراف لوله می‌رسد متفاوت بوده و از نظر آماری در سطوح ۱ و ۵ درصد تفاوت کاملاً معنی‌داری دارند.

و بطور متوسط تا ۲۰ سانتی‌متری سطح، خاک در حد رطوبت ظرفیت زراعی می‌باشد. با توجه به شکل‌های ۶ الی ۸ که از دو دید به مسئله توزیع رطوبت در خاک نگاه شده است، می‌توان به طور کلی چنین استنتاج نمود که با افزایش فاصله از لوله بطور شعاعی در خاک، از میزان رطوبت کاسته می‌شود واین روند در دو طرف و زیر لوله کند، ولی در قسمت بالای لوله تند می‌باشد. بافت سنگین خاک منطقه به صعود موئینه خاک شتاب قابل ملاحظه‌ای بخشیده و به همین جهت انتقال آب به سمت بالا بیشتر است.

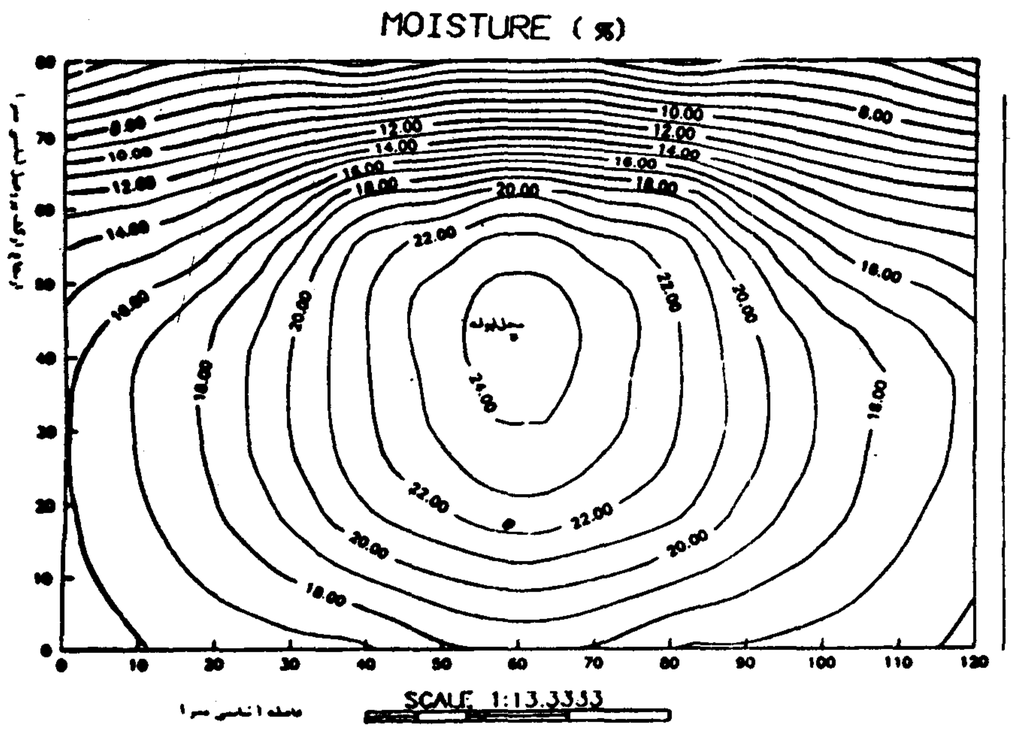
ب: توزیع نمک در پروفیل خاک:



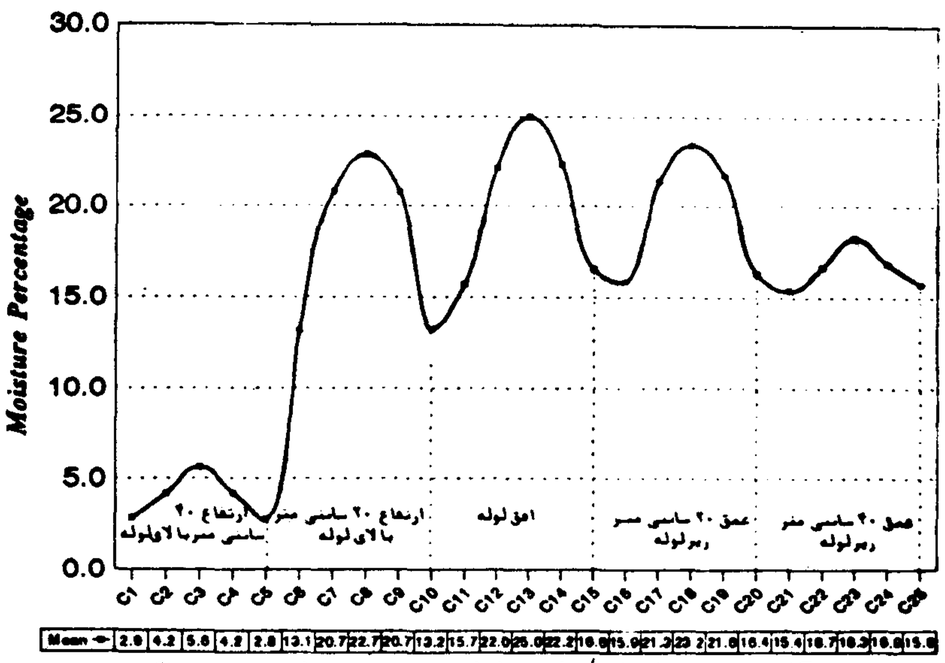
شکل ۴ - مقایسه اثرات فشار سیستم بر مقدار رطوبت توزیع شده



شکل ۵ - مقایسه اثرات طول لوله بر مقدار رطوبت توزیع شده



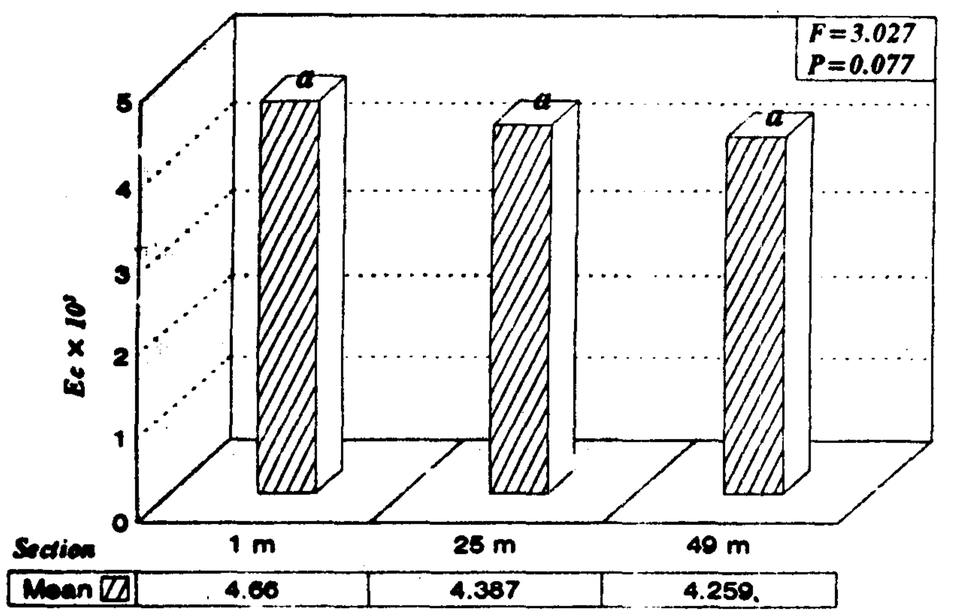
شکل ۷ - منحنی‌های هم‌رطوبت دراطراف لوله (میانگین رطوبت برای ۲۷ پروفیل)



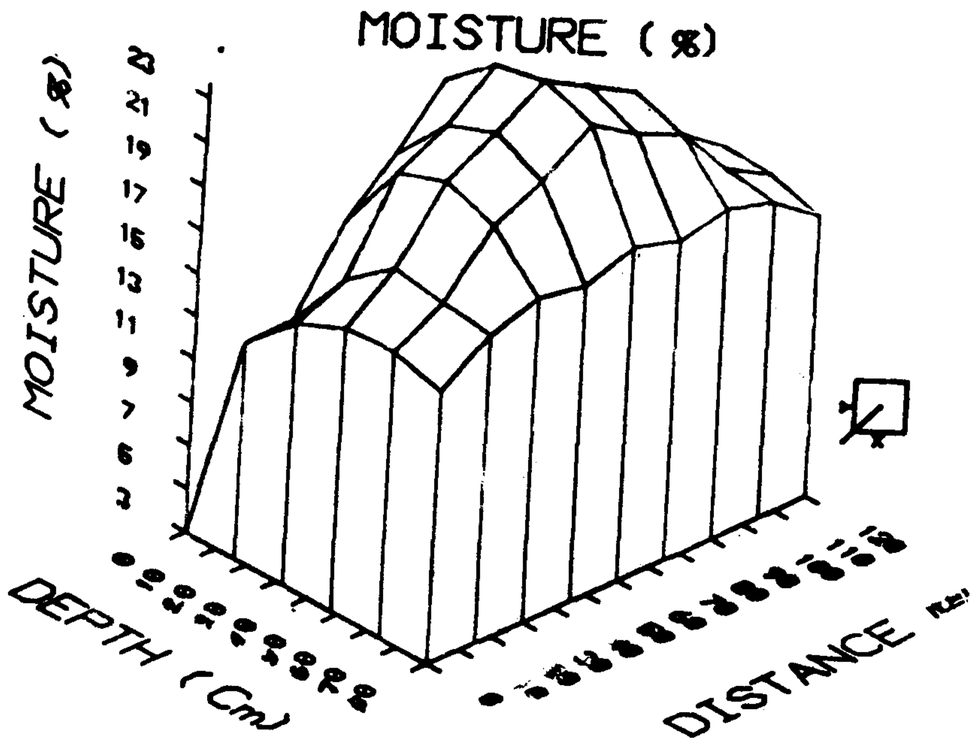
شکل ٦ - اثر فاصله نقطه از لوله در توزیع رطوبت در خاک

C - فاصله نقطه دراطراف لوله (تیمار فرعی)

Mean -میانگین رطوبت در تکرارها و تیمارها



شکل ۹ - اثر طول لوله در توزیع نمک در خاک



شکل ۸ - منحنی رطوبت پوش نقاط مختلف اطراف لوله در سیستم تراوا

جدول ۲ - مقایسه میانگین اثرات فشار بر مقدار رطوبت توزیع شده

فشاربار	میانگین درصد رطوبت	۵% DMRT	۱% DMRT
۰/۵	۱۳/۴۹	C	C
۱	۱۵/۶۲	B	B
۱/۵	۱۸/۰۴	A	A

جدول ۳ - مقایسه میانگین اثرات طول لوله بر مقدار رطوبت توزیع شده

طول‌لوله‌متر	میانگین‌درصدرطوبت	۵% DMRT	۱% DMRT
۱	۱۷/۶۳	A	A
۲۵	۱۵/۱۱	B	B
۴۹	۱۴/۴۱	B	B

رطوبت موجود در خاک با حرکت روبه بالا بر اثر نیروی موئینه و تبخیر از سطح خاک، املاح خود را باقی می‌گذارد. تجمع املاح در اثر این پدیده باعث شوری خاک می‌شود. سیستم تراوا در باغ مذکور پس از یک فصل زراعی کار مورد آزمایش قرار گرفت. آزمایش برروی لوله‌هائی با فشار کارکرد ۱/۴ بار در هر پروفیل در طول‌های ۱ متر، ۲۵ متر و ۴۹ متر لوله تراوا نمونه‌برداری شد. و نتایج تجزیه واریانس داده‌ها به شرح جدول (۵) می‌باشد.

اثر طول لوله در مقدار نمک باقیمانده در پروفیل

میانگین مقدار نمک باقیمانده در پروفیل هر مقطع از لوله بوسیله آزمون چنددامنه‌ای دانکن مقایسه شد. و چنانچه در جدول (۶) ملاحظه می‌گردد در سطح ۵ درصد کاملاً معنی‌دار ولی در سطح ۱ درصد اختلاف معنی‌داری مشاهده نمی‌شود. این بدان معنی است که با اعتماد ۹۹ درصد توزیع نمک در سرتاسر لوله را می‌توان یکسان فرض نمود.

جدول ۴ - مقایسه میانگین اثر فاصله نقطه از لوله در پروفیل خاک بر توزیع رطوبت

عمق به سانتی‌متر	فاصله به سانتی‌متر	میانگین درصد رطوبت	۵%DMRT	۱%DMRT
۰	۶۰	۲/۸۷	O	L
۰	۲۰	۴/۱۶	N	K
۰	۰	۵/۶۰	M	J
۰	۲۰	۴/۱۸	N	K
۰	۶۰	۲/۷۷	O	L
۲۰	۶۰	۱۳/۱۴	L	I
۲۰	۲۰	۲۰/۷۴	EF	E
۲۰	۰	۲۲/۶۹	BC	BC
۲۰	۲۰	۲۰/۶۹	F	E
۲۰	۶۰	۱۳/۲۱	L	I
۴۰	۶۰	۱۵/۷۳	JK	GH
۴۰	۲۰	۲۲/۰۰	CD	CD
۴۰	۰	۲۵/۰	A	A
۴۰	۲۰	۲۲/۲۰	CD	BCD
۴۰	۶۰	۱۶/۵۶	HIJ	GH
۶۰	۶۰	۱۵/۸۹	IJK	GH
۶۰	۲۰	۲۱/۳۰	DEF	DE
۶۰	۰	۲۳/۲۳	B	B
۶۰	۲۰	۲۱/۶۳	DE	CDE
۶۰	۶۰	۱۶/۳۶	HIJ	GH
۸۰	۶۰	۱۵/۳۹	K	H
۸۰	۲۰	۱۶/۷۰	HI	G
۸۰	۰	۱۸/۱۲۵	G	F
۸۰	۲۰	۱۶/۸۶	H	G
۸۰	۶۰	۱۵/۷۶	IJK	GH

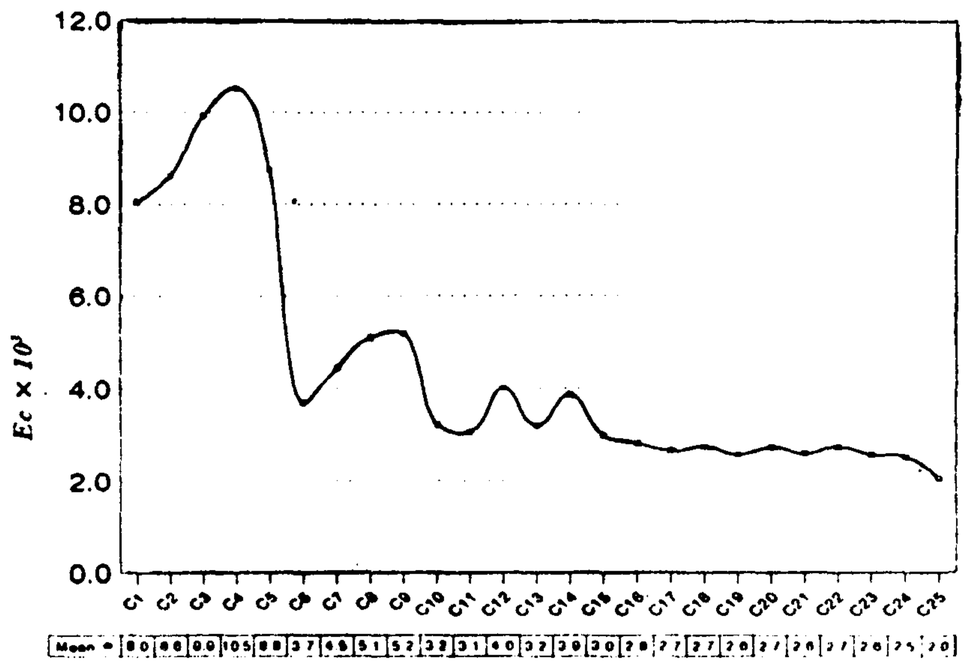
سطوح مختلف میانگین‌ها را نسبت به طول لوله در جدول (٦) و شکل(۹) می‌توان مشاهده کرد.

اثر فاصله از لوله در پروفیل خاک، بر میزان شوری آن همچنانکه در جدول(۷) و شکل(۱۰) مشاهده می‌شود، نقاط مختلف در اطراف لوله تراوا دارای مقادیر متفاوتی از نمک می‌باشند که بر حسب عمق از مقدار آن کاسته می‌شود. اگر شکلهای (۱۱) الی (۱۴) مورد مقایسه قرار گیرد چنین استنتاج می‌شود که قبل از کار گذاری سیستم تراوا در این باغ، پروفیل خاک آن از شوری نسبتاً یکنواختی برخوردار بوده است به نظر می‌رسد که این آبیاری به سمت پائین بوده است. بدین ترتیب که نمک منتقل شده به لایه‌ی سطحی بر اثر صعود موئینه در یک دوره آبیاری، به وسیله آب آبیاری دور بعدی شسته شده و به اعماق حرکت داده شده است.

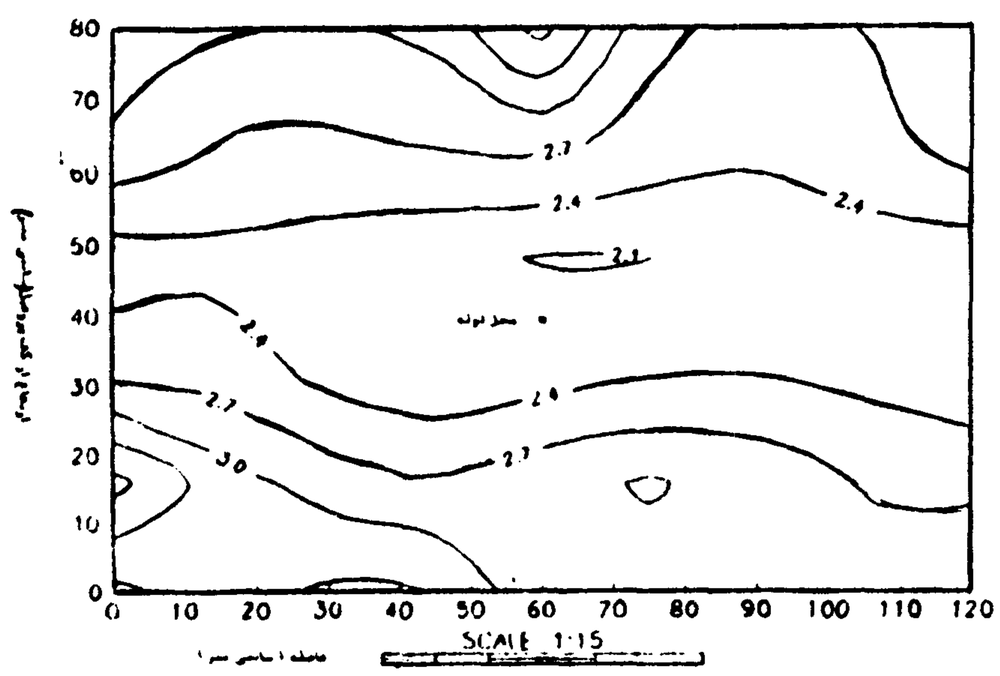
پس از کارگذاری سیستم تراوا دیده می‌شود که از میزان نمک لایه (۸۰-٦۰) سانتی‌متر پروفیل خاک کاسته شده ولی به میزان نمک لایه (۴۰-۰) سانتی‌متر آن افزوده شده است. این پدیده را چنین می‌توان توجیه نمود که لایه (۸۰-٦۰) سانتی‌متر خاک به

جدول ۵- آنالیز واریانس مقادیر مختلف نمک در خاک

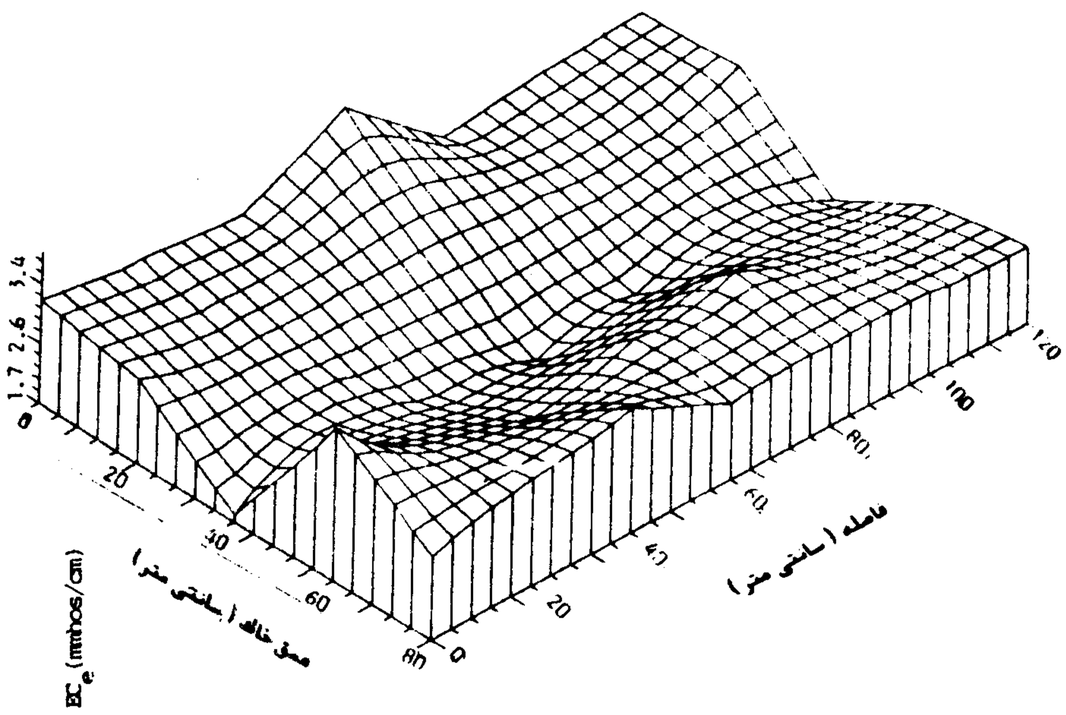
منابع تغییر	درجات آزادی	مجموع‌مربعات	میانگین مربعات	F	احتمال
تکرار	۸	۱۲٦/۹۰۷	۱۵/۸٦۳	۲/۹۷۳۸	%۰/۳۰۳
فاکتور طول لوله	۲	۱۸/۸۸۲	۹/۴۴۱	۳/۰۲٦۷	%۰/۷٦۸
خطا	۱٦	۱۱۸/۳۷٦	۷/۳۹۸		
فاکتورفاصله نقطه از لوله	۲۴	۴۲۸٦/٦۸۲	۱۷۸/٦۱۲	۴۳/۴۱۳۰	%۰/۰۰۰
اثر متقابل طول و فاصله‌نقطه	۴۸	۳۷۱/۴٦۰	۷/۷۳۹	۱۱/٦۹۷۵	%۰/۰۰۳
خطا	۵۷٦	۲۵۸۵/۵۳۰	۴/۴۸۹		
جمع	٦۷۴	۷۵۰۷/۸۵۳			



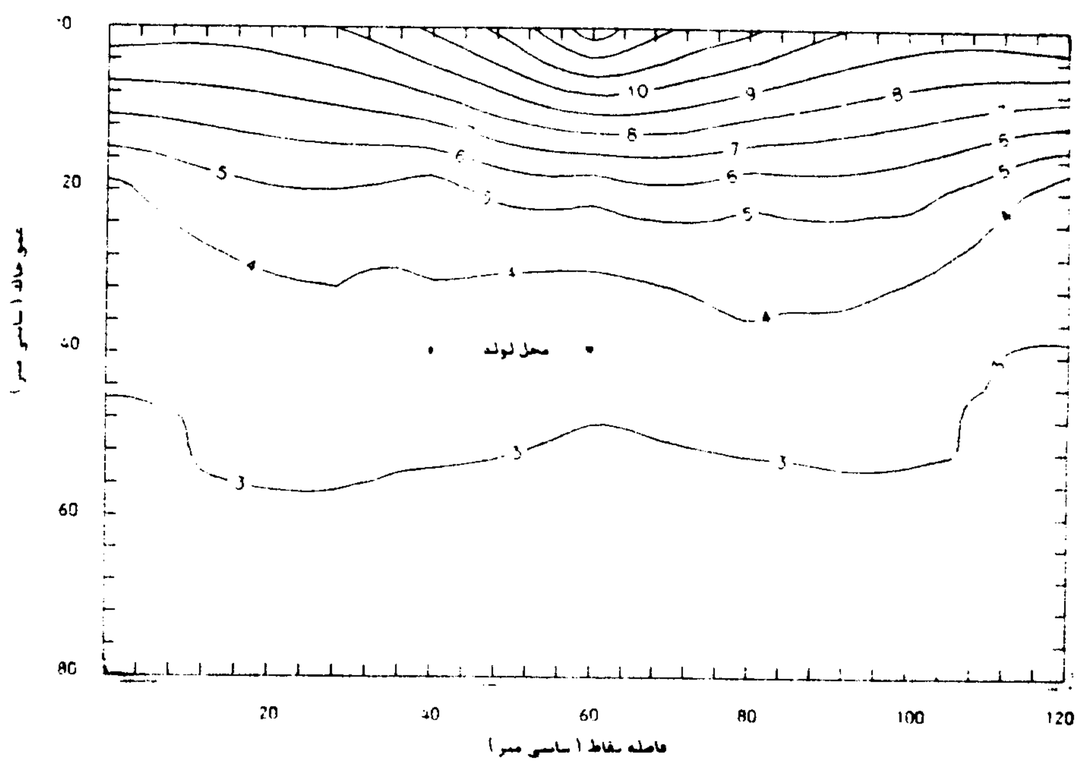
شکل ۱۰- اثر فاصله از لوله در توزیع نمک در خاک



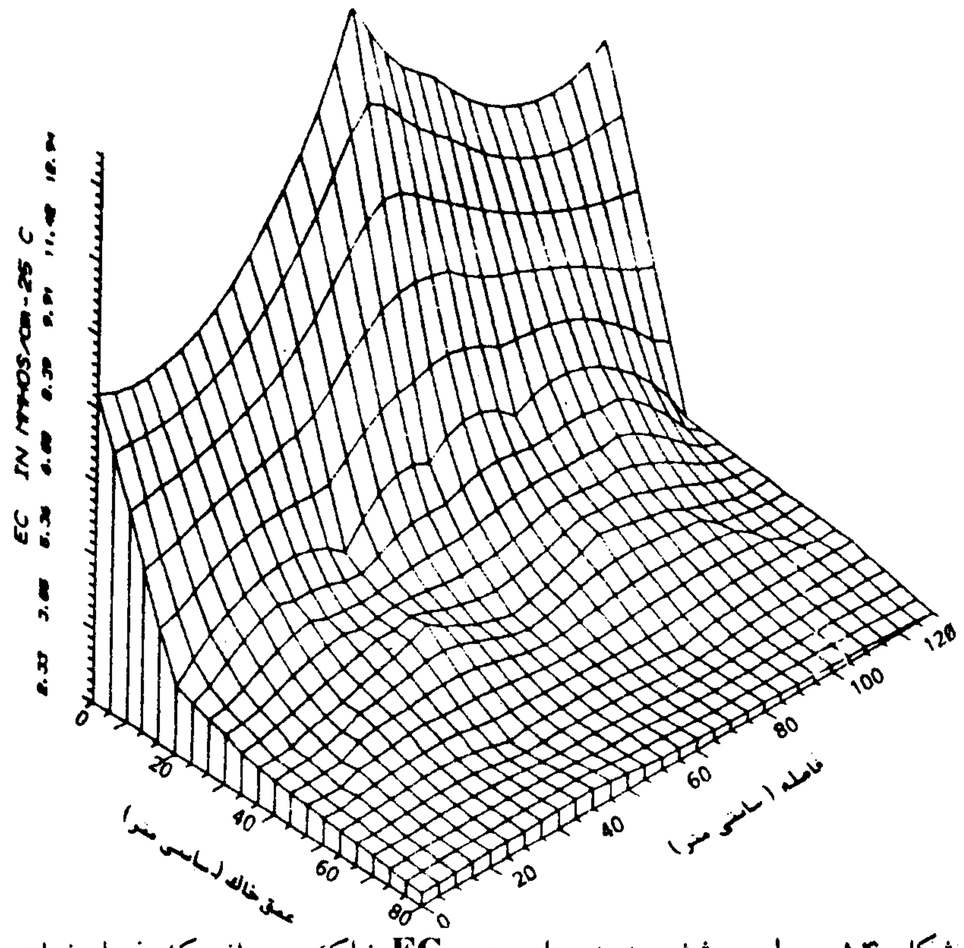
شکل ۱۱- منحنی‌های هم EC_e برای خاک منطقه قبل از کارگذاری سیستم تراوا



شکل ۱۲ - سطح پوشش منحنیهای هم EC_e خاک قبل از کارگذاری سیستم تراوا



شکل ۱۳ - منحنی‌های هم EC_e پس‌از یک فصل زراعی کارکرد سیستم تراوا در خاک



شکل ۱۴ - سطح پوشش منحنی‌های هم EC_e خاک پس از یک فصل زراعی کارکرد سیستم تراوا درخاک

علت شستشوی احتمالی و مصرف مقداری از املاح توسط گیاه و صعود مقداری از آن توسط رطوبت، از مقدار اولیه آن (قبل از کارگذاری سیستم) کمتر است ولی لایه (۴۰-۰) سانتی‌متر به علت عدم شستشوی پروفیل خاک توسط آب آبیاری، عدم مصرف گیاه، انتقال املاح لایه‌های زیرین توسط رطوبت و تبخیر از سطح خاک، محل تجمع مقدار متنابهی از نمک شده است. در لایه‌های پروفیل و در خاک دو طرف لوله توزیع، نمک تقریباً یکنواخت می‌باشد.

خلاصه نتایج بدست آمده در این تحقیق بشرح زیر می‌باشد.

۱ - آبدهی لوله‌ها شدیداً به وضعیت هیدرولیکی سیستم از جمله فشار آب موجود در لوله‌ها وابسته است.

۲ - آبدهی لوله در یک طول مناسب به استثناء قسمتی از ابتدای لوله یکنواخت می‌باشد.

۳ - وضعیت رطوبتی نقاط اطراف لوله که بستگی تام به شرایط فیزیکی خاک و شرایط هیدرولیکی سیستم دارد، حاکی از آن است که رابطه تغییرات رطوبتی خاک با فاصله آنها از محور لوله در پروفیل خاک، در جوانب مختلف آن یکسان نمی‌باشد. یعنی میزان انتقال آب در خاک بدین ترتیب است که، بیشترین مقدار در جهت بالای لوله و بعد از آن در دو طرف افق لوله و کمترین مقدار مربوط به فضای زیر لوله می‌باشد. این نتایج برای خاکی با بافت رسی بدست آمده است.

۴ - با توجه به روند توزیع رطوبت در پروفیل خاک که در مورد قبلی ذکر شد، و با توجه به انتقال املاح به صورت توده‌ای در خاک، و با توجه به آزمایش انجام شده و در مقایسه شوری خاک قبل و بعد از کارگذاری سیستم، چنین نتیجه گرفته می‌شود که سیستم آبیاری زیرزمینی موجب شوری خاک در لایه (۱۵ - ۱۰) سانتیمتری سطح

جدول ۶ - مقایسه میانگین اثر طول لوله بر توزیع نمک در خاک

طول لوله متر	میانگین $EC_e \times 10^3$	DMRT %۵	DMRT%۱
۱	۴/۶۶۳	A	A
۲۵	۴/۳۸۷	AB	B
۴۹	۴/۲۵۹	B	A

خاک می‌شود. شدت و ضعف این پدیده بستگی به شرایط فیزیکی و شیمیایی خاک و شرایط شیمیایی آب آبیاری دارد.

۵ - به جهت قابلیت کنترل مداوم سیستم می‌توان راندمان آبیاری بالایی را از آن انتظار داشت. با توجه به ثابت بودن شرایط هیدرولیکی سیستم در طول فصل جاری، در عین حال، افزایش راندمان آبیاری حدود ۵۴% نسبت به آبیاری سطحی معمول در منطقه برخوردار بوده است.

۶ - عمر لوله‌ها و حفظ یکنواختی توزیع آب در سالهای آتی بستگی تام به شرایط نگهداری آن دارد. با توجه به وضعیت نامساعد نگهداری این سیستم در باغ مذکور و وجود احتمالی سیلت و ماسه در آب آبیاری، دبی لوله‌ها پس از کارکرد ۷ ماه کاهشی در حدود ۴۲% از خود نشان داده است.

۷ - مقایسه محصول یک قطعه زمین با سیستم آبیاری تروا، با میانگین محصول همین قطعه در سه سال قبل با سیستم آبیاری سطحی، افزایش محصول در حدود ۴۰% داشته است.

جدول ۷ - مقایسه میانگین اثر فاصله نقطه از لوله در پروفیل خاک بر توزیع رطوبت

عمق‌به سانتیمتر	فاصله‌به سانتیمتر	میانگین درصدرطوبت	%DMRT۵	DMRT%۱
۰	۶۰	۸/۰	C	B
۰	۲۰	۸/۶	BC	AB
۰	۰	۹/۹	AB	AB
۰	۲۰	۱۰/۵	A	A
۰	۶۰	۸/۸	BC	AB
۲۰	۶۰	۳/۷	EFGH	DEFG
۲۰	۲۰	۴/۵	DE	CE
۲۰	۰	۵/۱	D	C
۲۰	۲۰	۵/۲	D	C
۲۰	۶۰	۳/۲	FGHI	DEFGH
۴۰	۶۰	۳/۱	FGHI	EFGH
۴۰	۲۰	۴/۰	EF	CDE
۴۰	۰	۳/۲	FGHI	DEFG
۴۰	۲۰	۳/۹	EFG	CDEF
۴۰	۶۰	۳/۰	GHI	EFGH
۶۰	۶۰	۲/۸	HI	EFGH
۶۰	۲۰	۲/۷	HI	EFGH
۶۰	۰	۲/۷	HI	EFGH
۸۰	۶۰	۲/۶	I	GH
۸۰	۶۰	۲/۷	HI	EFGH
۸۰	۰	۲/۶	I	FGH
۸۰	۲۰	۲/۵	I	GH
۸۰	۶۰	۲/۰	I	H

سپاسگزاری

کلیه هزینه‌ها و امکانات اجرائی این طرح توسط مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی تأمین گردیده است که بدین وسیله صمیمانه تشکر و سپاسگزاری می‌شود.

مراجع مورد استفاده

REFERENCES

۱ـ ب . شهریار، ۱۳۷۳. طرح آبیاری زیرزمینی با لوله‌های کوزه‌ای. مجموعه مقالات هفتمین سمینار کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران.

۲ـ شرکت آبیاری زیرزمینی تراوا،۱۳۷۳. گزارش فنی لوله‌های تراوا .

۳ - م . پرویز، ۱۳۷۳. تحقیق در صرفه جویی مصرف آب و کاربرد کوزه‌های سفالین برای ایجاد فضایی سبز و کشت درختان مثمر و غیر مثمر در مناطق خشک کویر. نشریه سالانه آبیاری و زهکشی (شماره ۱۶)

4. Busch, C. D. & W. R. Kneebone, 1964. Subsurface irrigation with perforated plastic pipe. Transactions of the ASAE, 9:(1), pp:101

5. Fok, YU-Si & Willardson, L. S. 1971. Subsurface irrigation system analysis and design. Journal of the Irrigation and Drainage Division, ASCE, Vol. 97, No. IR3, pp:449-454

6. Thomas, Adrian W. Harold R. Duke, David W. Zachman, & E. Gordon Kruse. 1975. Comparison of calculated and measured capillary potentials from line sources. Soil. Soc. Amer. J., 40(1):10-14.

7. Thomas, Adrian, W., Harold R. Duke, E. Gordon Kruse, 1975. Capillary potential distributions in root zones using subsurface irrigation, Transactions of the ASAE, 20:(1). pp: 62-67

8. Whitney, L. F., Kazuki Muta, & E. S. Pira, 1969. Effect of soil profiles on movement of water on subsurface irrigation, Transactions of the ASAE, Vol. (12), No.1.

Subsurface Irrigation with Porous Pipe

T.SOHRABI AND N.GAZORI

Assistant Professor and Former Graduate Student, Department of Irrigation and Reclamation Engineering ,College of Agriculture, University of Tehran, Karaj, Iran.

Accepted 23 April 1997

SUMMARY

subsurface irrigation system usually provides a continious and homogeneous humid zone at root zone depth and keeps it at unsaturated status. This system with the use of new applicator (Porous pipes made mostly of rubber) diffuses water like a natural membrane over its total surface and over its total length. The selection of the proper depth and space between pipes depends on the physical and hydraulic characteristics of the soil and plants root system as well.To study the effects of the different pressures and pipe lengths on moisture and salt distribution, an experiment was statistically designed with three replications of each combination of three pressures (0.5, 1.0, and 1.5 bar) and three pipe lengths (0.0, 25.0, and 50 meter). This study was conducted in a vineyard in Karaj, Iran, in which the pipes were spaced 60 cm apart and buried at a depth of 40 cm having 50 meter length.The statisitical analysis of the data obtaind from these experiments showed that the movement of water through the soil is a function of pressure, that is, the positive pressure increased moisture gradients from the water source. The tests on the salt movement also indicated the in crease of the salt gradients from the water source toward surface. The application efficiency and yield under this system were about 50 and 41 percent more than the surface irrigation system, respectively.