

## بررسی کاتیون های خاك تحت سیستم آبیاری قطره ای زیرسطحی (SDI)

### در باغات بسته رفسنجان با آب های شور

نسرتین سیاری - بیزن فهردان - کامران داوری<sup>۱</sup>

تاریخ دریافت ۸۴/۷/۹

#### چکیده

یکی از مشکلات اساسی کشاورزی در مناطق خشک ایران وجود منابع آب با کیفیت نامناسب و متعاقباً تجمع املاح در نیمرخ خاک می باشد. آب های شور، توسعه کشاورزی و استفاده از منابع آب و خاک را محدود می کنند. لذا بهره برداری از منابع آب های شور مدیریت ویژه ای را می طلبد تا ضمن دستیابی به تولید بهینه، بتوان به کشاورزی پایدار نیز دست یافت. آبیاری قطره ای زیرسطحی برای آبیاری با آب های شور مناسب است زیرا تقریباً محلول خاک را همیشه رقیق نگه داشته و اثر شوری زیاد مشهود نیست. بعلاوه با کاهش تبخیر جلوی تجمع نمک در سطح خاک گرفته می شود. به منظور مطالعه و بررسی توزیع شوری و املاح در سیستم آبیاری قطره ای زیرسطحی طرحی با استفاده از دو سطح عمق کارگذاری لوله ها (۳۰ و ۶۰ سانتیمتر)، سه عمق نمونه برداری (۳۰-۶۰ و ۹۰-۶۰ سانتیمتری) و سه فاصله نمونه برداری (۱۰ و ۲ متری از درخت) در مزرعه محمدآباد ساقی واقع در حومه شهرستان رفسنجان در سه تکرار انجام گردید. در این طرح تغییرات مکانی و زمانی EC، SAR، PH، و یون های از قبیل کلسیم، منیزیم و سدیم خاک اطراف قطره چکان ها در مدت حدود یک سال (از مرداد ماه ۱۳۸۳ تا خرداد ماه ۱۳۸۴) هر چهار ماه یکبار مورد مطالعه و بررسی قرار گرفت. نتایج حاصل از اجرای طرح نشان داد که توزیع شوری و املاح خاک اطراف قطره چکان ها در طول فصل آبیاری بستگی به عمق کارگذاری لوله ها، شوری آب آبیاری، نوع خاک و زمان دارد. هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک اطراف قطره چکان ها در نهار های مختلف در فصل پائیز در هر دو عمق کارگذاری بیشترین مقدار را به خود اختصاص داد. در صورتی که در فصل زمستان به دلیل آبشویی انجام شده (در تاریخ ۴ و ۵ اسفند ماه ۱۳۸۳ و هر بار به مقدار ۱۰ سانتیمتر)، هدایت الکتریکی کمترین مقدار را داشت. مطالعه تغییرات مکانی هدایت الکتریکی نشان داد که این پارامتر در عمق ۳۰-۶۰ سانتیمتری بیشترین مقدار را دارا بود. مقادیر EC در عمق کارگذاری ۳۰ سانتیمتری بیشتر از عمق کارگذاری ۶۰ سانتیمتری بود. در مورد یون های منیزیم، کلسیم و منیزیم نیز در اکثر موارد روندی مشابه هدایت الکتریکی داشتند. کمترین مقادیر مشاهده شده این املاح متعلق به فصل زمستان و بیشترین مقادیر آن ها مربوط به فصل پائیز بود. تغییرات این یون ها با افزایش عمق و فاصله از مکان کارگذاری لوله ها در اکثر موارد روندی نزولی داشتند. مقادیر اندازه گیری شده در صد رطوبت وزنی بعد از آبیاری نشان داد که تلفات آب در اثر تبخیر در عمق کارگذاری ۳۰ سانتیمتری به دلیل نزدیکی بیشتر به سطح خاک بیشتر بود. میزان تغییر زمانی املاح خاک زیاد بود که می توان دلایل آن را سبک بودن بافت خاک و شوری اولیه خاک دانست. با توجه به نتایج، ما عمق کارگذاری ۶۰ سانتیمتری را به دلیل تجمع کمتر املاح و نگهداری رطوبت بیشتر پیشنهاد می کنیم.

واژه های کلیدی: آبیاری قطره ای زیرسطحی، تجمع املاح، بسته، کرمان، شوری، رفسنجان

#### مقدمه

آب شیرین، اکثر سطوح کشاورزی در بسیاری از موارد آب کمتر و با کیفیت پایین تر را برای تهیه غذا و چوب برای جمعیت در حال رشد مصرف می کنند. برای مصرف آب شور رعایت نکاتی چون: (الف) انتخاب محصول مقاوم به شوری، (ب) بهبود مدیریت آب و در بعضی مواقع استفاده از روش های پیشرفته آبیاری، و (ج) نگهداری و حفظ خصوصیات فیزیکی زمین کشت شده و نفوذ پذیری مطلوب خاک الزامی است (۶).

با صنعتی شدن کشورهای و رشد سریع جمعیت در مناطق مختلف جهان منابع آب شیرین در بیشتر نقاط رو به کاهش است. با توجه به این که بیش از ۹۰ درصد آب مصرفی در بخش کشاورزی مورد استفاده قرار می گیرد، لزوم صرفه جویی در مصرف آب متخصصین را بر آن داشته تا با به کارگیری روشهای تحت فشار در سطح وسیع در این روش گام بردارند (۴). به دلیل کمبود منابع

۱- به ترتیب دانشجوی سابق کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی، دانشیار، استادیار دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

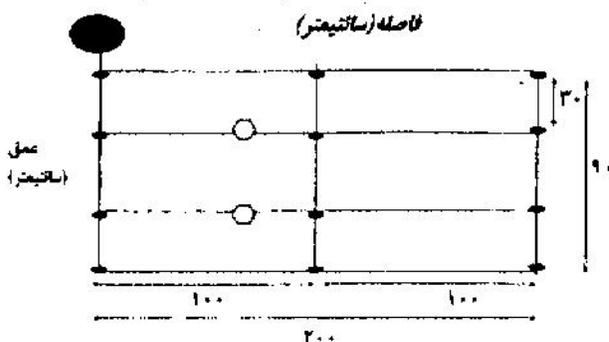
محدودیت استفاده از آب شور برای آبیاری، لازم است که اثر شوری آب آبیاری بر تغییرات مکانی املاح خاک در طی فصل آبیاری مورد بررسی قرار گیرد. شهرستان مورد مطالعه، رفسنجان یکی از شهرهای مهم استان کرمان محسوب می شود. کل اراضی این شهرستان بر اساس آمار سال ۱۳۷۴، حدود ۱۲۵ هزار هکتار است که حدود ۹۰ درصد آن یعنی ۱۱۲ هزار هکتار آن به کشت پسته اختصاص دارد. آب این منطقه شور و دارای هدایت الکتریکی در محدوده ۱۶/۹۴-۱/۵۶۵ دسی زمینس بر متر می باشد (۵). هدف از این مقاله تشریح تاثیر عمق کارگذاری لوله ها و عمق و فاصله از محل کارگذاری لوله ها در سیستم آبیاری قطره ای زیر سطحی بر توزیع املاح خاک در یکی از باغات پسته شهرستان رفسنجان، که یکی از مناطق عمده تولید پسته در کشور است، می باشد. در این مقاله مطالعه توزیع مکانی املاح در این سیستم با توزیع املاح در سیستم آبیاری سطحی (شاهد) مورد مقایسه قرار گرفته است.

#### مواد و روش ها

در جهت تحقق اهداف این طرح، آزمایشاتی بر اساس دو عمق کارگذاری لوله های فرعی (۳۰ و ۶۰ سانتیمتری)، سه عمق نمونه برداری (۳۰-۶۰-۹۰ سانتیمتری) و روی سه فاصله (۰ و ۱۰ و ۲۰ سانتیمتری) از تنه درخت در سه تکرار انجام گرفت. آزمایش در یک مزرعه تحقیقاتی واقع در حومه شهرستان رفسنجان (محمدآباد ساقی) صورت گرفت. مساحت این مزرعه یک هکتار با درختان پسته رقم کله قوچی و سی ساله بود. فواصل کشت ۸×۲ متر بود. آب مورد نیاز طرح از چاهمی واقع در مزرعه با شوری ۱۳/۹۳ دسی زمینس بر متر تامین گردید. سیستم آبیاری قطره ای زیر سطحی به مدت ۳ سال در این مزرعه اجرا شده بود که آزمایشات ما از سال دوم اجرای این سیستم آغاز گردید. این باغ در گذشته با آبی با هدایت الکتریکی ۱۲ دسی زمینس بر متر باروش آبیاری غرقابی و دور آبیاری ۳۵ روز آبیاری می شده است. در این طرح سیستم آبیاری قطره ای زیر سطحی با دو عمق کارگذاری مختلف لوله های فرعی اجرا شد. فواصل قطره چکان ها بر روی لوله های فرعی ۷۵ سانتیمتر و دی آن ها ۴ لیتر بر ساعت بود که در فشار یک اتمسفر کار می کردند. قطره چکان های مورد استفاده در این طرح از نوع خود شوینده بودند. این

برداشت بی رویه آب زیرزمینی و کاهش سطح آن در مناطق پسته خیز استان کرمان از سالها قبل شروع شده و همچنان ادامه دارد، حتی در بعضی مناطق استان آب شیرین تخلیه و پیشروی آب شور باعث شور شدن آب ها شده است. حال اگر برداشت آب های زیر زمینی کاهش یا جبران نشود، آینده ای بسیار نگران کننده در پیش روی استان کرمان خواهد بود (۵). در این زمینه انتخاب سیستم آبیاری قطره ای زیر سطحی مناسب می تواند نقشی اساسی در بهبود وضعیت گیاه و صرفه جویی در مصرف آب مصرفی، افزایش رشد، کاهش خطرات شوری برای گیاهان و افزایش در بهره وری در آب می باشد (۲). این سیستم در ابتدا برای آبیاری محصولات اقتصادی مثل درختان میوه و نیشکر به کار می رفت، ولی امروزه به دلیل طول عمر سیستم (۱۵-۱۰ سال) و هزینه سالیانه پایین، برای سایر محصولات کشاورزی با ارزش کم نیز استفاده می شود. این سیستم به طور موفقیت آمیزی در باغات پسته مورد استفاده قرار گرفته است (۱۰). آب مصرفی در این سیستم در مقایسه با سایر روش های آبیاری سطحی حدود ۳۵ تا ۵۵ درصد کاسته می شود (۱۳). این سیستم به طور طبیعی نمک ها را در اطراف پیاز رطوبتی در خاک تجمع می دهد، در نتیجه غلظت نمک ها در سطح خاک بین ردیف های کارگذاری لوله ها یا نزدیک عمق پیاز رطوبتی زیادتر می باشد (۱۵). در سیستم های قطره ای، غلظت نمک روی سطح خاک یا نزدیک آن باعث بروز مشکلاتی برای جوانه زنی می گردد که با طراحی دقیق و مدیریت صحیح تحت آبیاری قطره ای زیر سطحی از این مشکلات کاسته می شود (۱۱ و ۱۰). در این سیستم به دلیل نزدیکی قطره چکان ها به ریشه ها امکان حاصلخیزی بیشتری وجود دارد (۱۳).

طراحی و مدیریت صحیح آبیاری قطره ای زیر سطحی تا حد زیادی خطرات ناشی از شوری آب را می کاهد، اما این موضوع مانع آن نیست که مسئله شوری در این آبیاری نادیده گرفته شود. از مشکلات عمده در رابطه با آبیاری در مناطق خشک و نیمه خشک، تجمع املاح در نیمرخ خاک می باشد. حتی اگر آب بهترین کیفیت را نیز داشته باشد، مقداری املاح را به خاک منتقل کرده و باعث افزایش تدریجی غلظت نمک در خاک می گردد (۹). با توجه به مطالب بیان شده، و از آن جایی که تاکنون در ایران تاثیر شوری آب آبیاری بر توزیع املاح خاک در آبیاری قطره ای زیر سطحی مورد بررسی و تحقیق جامع قرار نگرفته است و همچنین با توجه به



شکل (۱) محل قرار گرفتن قطره چکان ها و مکان های نمونه برداری شده آزمایشگاه منتقل شده و بافت خاک به روش هیدرومتری و با استفاده از مثلث بافت خاک تعیین گردید. وزن مخصوص ظاهری خاک ۱/۲۹ گرم بر سانتیمتر مکعب بود. نتایج حاصله در جدول ۱ آورده شده اند. آب مورد استفاده (جدول ۲) دارای هدایت الکتریکی برابر ۱۳/۹۳ دسی زیمنس بر متر و نسبت جذب سدیم آن ۳۰ بود که با توجه به مقدار EC که بزرگتر از ۳ و نسبت جذب سدیم که بزرگتر از ۶ می باشد، این آب دارای محدودیت نفوذپذیری است (۱). مقدار  $HCO_3$  بین ۸/۵-۱/۵ میلی

قطره چکان ها بصورت چند فیتره ساخته می شوند و در داخل آن ها یک سیکلون غشایی مدور وجود دارد. به علت خصوصیت فیزیکی از زمان آغاز آبیاری تا خاتمه آن و زمانی که فشار پایین است در قطره چکان ها مکانیسمی جهت خود شویی اتوماتیک وجود دارد. در قسمت ورودی قطره چکان نیز یک تویی وجود دارد که هنگام توقف کار خروجی را به طور کامل مسدود کرده و مانع از ورود ذرات خاک به داخل قطره چکان می گردد (۱۷).

لوله ها از جنس پلی اتیلن با قطر داخلی ۱۶ میلیمتر در فاصله ۷۵ سانتیمتری از ردیف درختان کار گذاری شدند. نیاز آبی گیاه بر اساس تبخیر و تعرق گیاه در اقلیم منطقه و راندمان ۹۰ درصد در طول فصل زراعی محاسبه شد. دور آبیاری نیز ثابت و هر ۱۲ روز یکبار به مدت ۳۰ ساعت در نظر گرفته شد. محل قرار گرفتن قطره چکان ها و همچنین مکان های نمونه برداری شده در شکل ۱ آمده است.

برای تعیین بافت خاک از سه عمق در فاصله یک متری از تنه درخت در دو نقطه از مزرعه (در دو عمق کار گذاری ۳۰ و ۶۰ سانتیمتر) به صورت تصادفی نمونه برداری شد. نمونه ها به

جدول (۱) نتایج تجزیه فیزیکی خاک (نمونه ها از فاصله یک متری برداشت شدند)

عمق (cm)	بافت	EC (dS/m)	PH	سیلت %	رس %	شن
عمق کار گذاری ۳۰ سانتیمتر						
۳۰-۰	لوم شن	۱۹/۹	۷/۴	۲۳	۱۸	۵۹
۶۰-۳۰	لوم شن	۱۳/۵	۷/۳	۲۰	۹	۷۱
۹۰-۶۰	لوم سیلتی	۱۱/۸۷	۷/۶	۵۲	۱۹	۲۹
عمق کار گذاری ۶۰ سانتیمتر						
۳۰-۰	لوم شن	۱۶/۹	۷/۴	۲۵	۱۴	۶۱
۶۰-۳۰	لوم شن	۱۴/۷	۷/۳	۳۳	۱۸	۴۹
۹۰-۶۰	لوم سیلتی	۱۲/۲۳	۷/۳	۲۳	۲۴	۵۳

جدول (۲) نتایج تجزیه شیمیایی آب چاه واقع در مزرعه

THD mgr/l	TDS mgr/l	SAR	K meq/l	Na meq/l	Mg meq/l	Ca meq/l	CL meq/l	SO <sub>4</sub> meq/l	HCO <sub>3</sub> meq/l	CO <sub>3</sub> meq/l	PH	EC dS/m
۱۴۶۱	۸۷۸	۳۰	۱/۳	۱۱۴/۸	۷/۷	۲۱/۵	۱۴۰	۱/۷	۳/۶	۰	۷/۷	۱۲/۹۲

**نتایج و بحث**

**هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک**

با توجه به نتایج آزمایشات بیشترین مقدار هدایت الکتریکی در فصل تابستان در تیمار عمق کارگذاری ۶۰ سانتیمتری (۳/۳۰ دسی زیمنس بر متر، عمق ۳۰:۰ سانتیمتری و روی ردیف) و مقدار حداقل برای این تیمار نیز در همین فصل (۵۷/۹ دسی زیمنس بر متر، عمق ۹۰:۶۰ سانتیمتری و روی ردیف) بود. با این وجود می توان محدوده تغییرات هدایت الکتریکی برای دو عمق کارگذاری را تقریباً یکسان دانست. در هر دو مورد بیشترین مقدار در نزدیکی سطح خاک دیده شد که می توان این شوری بالا در سطح خاک را به تبخیر از سطح خاک نسبت داد. در هر دو عمق کارگذاری، کمترین مقداری که برای این پارامتر دیده شد، در محل کارگذاری لوله ها و در زیر آن بود. شوری در این اعماق برابر یا کمتر از هدایت الکتریکی آب مورد استفاده بود. طبق تحلیل انجام شده اثر متقابل فاصله نمونه برداری و عمق کارگذاری لوله ها در سطح ۵ درصد معنی دار شد. بر اساس مقایسه میانگین ها که با آزمون دانکن انجام گرفت، بیشترین مقدار (۱۷/۷۳ دسی زیمنس بر متر) متعلق به عمق کارگذاری ۳۰ سانتیمتری و روی ردیف درختان بود و کمترین مقدار (۱۳/۴۶ دسی زیمنس بر متر) در همین عمق کارگذاری و فاصله یک متری از تنه درخت مشاهده گردید (جدول ۳). در این فصل همچنین اثر عمق نمونه برداری در سطح یک درصد معنی دار گردید. بیشترین مقدار متعلق به عمق ۳۰-۰ سانتیمتری و برابر ۱۹/۷۱ دسی

اکی والان بر لیتر است که باعث بروز مشکلاتی در حد متوسط برای محصولات حساس می گردد. در نهایت میتوان گفت کیفیت آب مورد استفاده بد و جزو آب های شور محسوب می گردد (۷ و ۴).

در طول آزمایش نمونه های خاک از سه عمق در سه فاصله از درخت جهت تعیین پارامترهایی از قبیل هدایت الکتریکی، سدیم، منیزیم، SAR و کلر، درصد رطوبت وزنی و PH به آزمایشگاه ارسال شد.

برای مقایسه نحوه توزیع املاح در این سیستم و سیستم آبیاری سطحی از باغ مجاوره که با آبیاری سطحی آبیاری می شد نمونه هایی از سه عمق جمع آوری گردید. خصوصیات خاک این باغ تفاوت چندانی با باغ تحت مطالعه مطابق نظر ندارد و آب مورد استفاده آن نیز با آب مورد استفاده در این تحقیق یکسان است. تحلیل این طرح به صورت کورت های خرد شده در قالب کاملاً تصادفی با سه بار تکرار انجام شد. آزمون مقایسه میانگین ها با استفاده از آزمون دانکن انجام شد. عمق کارگذاری لوله ها با دو سطح (۳۰ و ۶۰ سانتیمتری) کورت های اصلی و عمق و فاصله نمونه برداری ها در سه تکرار کورت های فرعی (به صورت فاکتوریل) بودند. این طرح در چهار زمان (۵ مردادماه، ۱۵ آذرماه، ۱۲ اسفندماه و ۱۵ خردادماه) تکرار گردید. در فصل زمستان دو بار آبیاری با آب مورد استفاده جهت آبیاری و هر بار به مقدار ۱۰ سانتیمتر انجام شد. جهت محاسبات آماری در این بررسی از نرم افزارهای Excel، Mstate و Surfe8 استفاده شد.

جدول (۳) اثر متقابل عمق کارگذاری و فاصله نمونه برداری بر پارامترهای تحت مطالعه

تیمار	فصل	A1C1	A1C2	A2C1	A2C2	A2C3
هدایت الکتریکی	تابستان	۱۷/۷۳ <sup>a</sup>	۱۳/۴۶ <sup>b</sup>	۱۴/۸۸ <sup>ab</sup>	۱۵/۳۶ <sup>ab</sup>	۱۵/۲۸ <sup>ab</sup>
	بهار	۱۰/۸۹ <sup>ab</sup>	۷/۷۴ <sup>b</sup>	۱۳/۱۳ <sup>a</sup>	۱۰/۵۱ <sup>ab</sup>	۹/۴۳ <sup>ab</sup>
کلر	بهار	۷۸/۶۷ <sup>a</sup>	۴۹/۵۶ <sup>b</sup>	۹۰/۲۲ <sup>a</sup>	۷۱ <sup>ab</sup>	۷۲/۵۶ <sup>a</sup>
نسبت جذب سدیم	تابستان	۳۴/۷۹ <sup>a</sup>	۲۸/۹۸ <sup>ab</sup>	۱۹/۲۹ <sup>c</sup>	۲۷/۲۴ <sup>bc</sup>	۲۴/۳۱ <sup>bc</sup>
منیزیم	تابستان	۲۱/۹۸ <sup>a</sup>	۱۱/۴۹ <sup>b</sup>	۱۳/۱۱ <sup>b</sup>	۱۱/۳۷ <sup>b</sup>	۱۲/۲۹ <sup>ab</sup>
کلسیم	بهار	۱۹/۷۸ <sup>ab</sup>	۱۹/۱۹ <sup>ab</sup>	۲۵/۰۱ <sup>a</sup>	۲۲/۲۴ <sup>ab</sup>	۱۷/۰۶ <sup>b</sup>

A1 و A2 به ترتیب عمق کارگذاری ۳۰ و ۶۰ سانتیمتری، C1، C2 و C3 به ترتیب روی ردیف، یک متری دو متری اختلاف میانگین های دارای حروف مشابه در سطح ۵ درصد معنی دار نمی باشند.

جدول (۳) اثر عمق نمونه برداری بر پارامترهای تحت مطالعه

نماینده	عمق ۱-۳۰ سانتیمتر	عمق ۳۰-۶۰ سانتیمتر	عمق ۶۰-۹۰ سانتیمتر
هدایت الکتریکی	۱۹/۷۱ <sup>a</sup>	۱۴/۶۶ <sup>b</sup>	۱۲/۶۵ <sup>b</sup>
	۲۰/۷۵ <sup>a</sup>	۱۱/۲۱ <sup>b</sup>	۱۰/۳۹ <sup>b</sup>
کلر	۱۷/۳۱ <sup>a</sup>	۱۲/۷۸ <sup>b</sup>	۱۰/۶۲ <sup>b</sup>
	۱۹۶/۷ <sup>a</sup>	۹۳/۲۲ <sup>b</sup>	۸۰/۴۴ <sup>b</sup>
سدیم	۱۳۳/۴ <sup>a</sup>	۱۰۲/۸ <sup>b</sup>	۸۷/۱۲ <sup>b</sup>
	۱۶۳/۸ <sup>a</sup>	۸۵/۳۲ <sup>b</sup>	۷۳/۴۸ <sup>b</sup>
نسبت جذب سدیم	۱۸/۹۳ <sup>a</sup>	۱۲/۰۶ <sup>b</sup>	۲۰/۲ <sup>a</sup>
	۲۸/۲۵ <sup>b</sup>	۲۰/۳۲ <sup>b</sup>	۱۷/۷۹ <sup>b</sup>
کلسیم	۳۴/۰۸ <sup>a</sup>	۲۹/۰۸ <sup>b</sup>	۲۶/۰۸ <sup>b</sup>
	۲۹/۰۹ <sup>a</sup>	۱۸/۳۶ <sup>b</sup>	۱۷/۹۴ <sup>b</sup>
منیزیم	۱۸/۴۴ <sup>a</sup>	۱۲/۱۴ <sup>b</sup>	۱۰/۷۳ <sup>b</sup>
	۳۱/۶۹ <sup>a</sup>	۱۶/۱۴ <sup>b</sup>	۱۶/۱۰ <sup>b</sup>

اختلاف میانگین‌های دارای حروف مشابه در سطح ۵ درصد معنی دار نمی باشد.

در سه عمق ۲۴، ۱۶ و ۱۲ اینچی (۶۰، ۴۰ و ۳۰ سانتیمتر) نصب کردند. تجمع نمک در عمق ۲۴ اینچی تنها در انتهای عمق توسعه ریشه صورت گرفت، در صورتی که برای دو عمق دیگر میزان شوری و املاح در بالای عمق کارگذاری لوله‌ها به طرف سطح خاک روندی صعودی و در زیر لوله‌ها روندی نزولی داشتند. این نتایج با مشاهدات ما مطابقت دارد.

در فصل بهار اثر متقابل عمق کارگذاری و فاصله نمونه برداری در سطح ۵ درصد معنی دار گردید. با توجه به مقایسه میانگین‌ها بیشترین مقدار متعلق به فاصله دو متری و عمق کارگذاری ۳۰ سانتیمتری و برابر ۱۳/۱۳ دسی‌زیمنس بر متر بود. کمترین مقدار مشاهده شده متعلق به عمق کارگذاری ۳۰ سانتیمتری و فاصله یک متری از درخت و برابر ۷/۷۴۲ دسی‌زیمنس بر متر بود (جدول ۳). در عمق کارگذاری ۶۰ سانتیمتری اختلاف معنی داری بین تیمارها و اثر متقابل آنها در سطح ۵ درصد وجود نداشت. برت و همکاران (۹) دلیل شوری بالا در لایه سطحی خاک را نزدیکی لوله‌ها در عمق ۳۰ سانتیمتری به سطح خاک بیان کرده که به دلیل در دسترس قرار دادن آب بیشتر، تبخیر افزوده می‌شود و در نهایت شوری در سطح در این عمق کارگذاری بیشتر خواهد بود.

زیمنس بر متر و کمترین مقدار مشاهده شده در عمق ۹۰-۳۰ سانتیمتری و برابر ۱۲/۶۵۸ دسی‌زیمنس بر متر بود (جدول ۴). در فصل پاییز نیز همان روند نزولی که در فصل تابستان دیده شد وجود داشت. در این فصل تنها اثر عمق نمونه برداری در سطح یک درصد معنی دار شد. بیشترین مقدار آن متعلق به عمق ۳۰-۰ سانتیمتری و برابر ۲۰/۷۵ دسی‌زیمنس بر متر بود (جدول ۴). اثرات متقابل معنی داری در این فصل مشاهده نگردید.

در فصل زمستان همان روند نزولی در نحوه توزیع املاح دیده شد. ولی با توجه به آبیاری انجام شده، اثر هیچ کدام از تیمارها در سطح ۵ درصد معنی دار نشد. در این فصل محدوده تغییرات هدایت الکتریکی کم و مقدار آن نسبت به سایر فصول پایین تر بود. ما در این فصل از عمق ۱۲۰-۹۰ سانتیمتری نیز نمونه برداری کردیم. طبق اعداد به دست آمده میزان شوری در این لایه به دلیل تجمع املاح در اثر آبیاری بیشتر از سایر لایه‌های بالایی بود. در سال ۲۰۰۳ تحقیقی توسط برت و همکاران (۹) بر روی نحوه توزیع املاح در سیستم آبیاری قطره‌ای زیر سطحی بر روی پسته انجام شد. آن‌ها نشان دادند که بافت خاک تا حد زیادی بر توزیع و تجمع نمک و املاح مؤثر می‌باشد. آن‌ها لوله‌های این سیستم را

ما اسیدپته در اکثر موارد در حد خنثی بوده و اثری منفی بر خصوصیات هیدرولیکی خاک و توسعه ریشه نداشت.

### مقایسه با سیستم آبیاری سطحی

غلظت املاح در سیستم آبیاری سطحی از سطح خاک به طرف عمق روندی صعودی داشتند که در همه موارد در جهت عکس نحوه توزیع املاح در سیستم آبیاری قطره ای زیر سطحی بود (شوری آب در سیستم آبیاری سطحی برابر شوری آب به کار رفته در سیستم آبیاری قطره ای زیر سطحی می باشد) (شکل ۲). در این جا تنها سه مورد (هدایت الکتریکی، نسبت جذب سدیم و سدیم) آورده شده است، در مورد سایر املاح همین روند مشاهده گردید. هاتسون (۱۲) نیز در مطالعه ای نحوه توزیع و تجمع املاح را در سه سیستم آبیاری قطره ای سطحی، جوینچه ای و آبیاری قطره ای زیر سطحی مورد مقایسه قرار داد. نامبرده نشان داد که بیشترین مقدار هدایت الکتریکی در آبیاری جوینچه ای متعلق به عمق ۳۰-۵ سانتیمتری با متوسط ۸/۵ دسی زمینس بر متر بود. در دو سیستم آبیاری قطره ای بر سطحی و سطحی مقدار تجمع EC خیلی کمتر و در حدود ۲/۲-۲ دسی زمینس بر متر بود. غلظت املاح در تمامی موارد در فصل پاییز نسبت به تابستان افزوده شدند که این افزایش در برخی موارد به بیش از ۴۰ درصد می رسید. ولی در زمستان به دلیل آیشویی میزان املاح به بیش از ۶۰ درصد کاسته شد. این اعداد و ارقام نشان می دهد که آیشویی نقش بسیار مؤثری در شستشو و انتقال املاح داشته است. نمایی از توزیع املاح و شوری در این سیستم در شکل های ۳ تا ۶ آمده است.

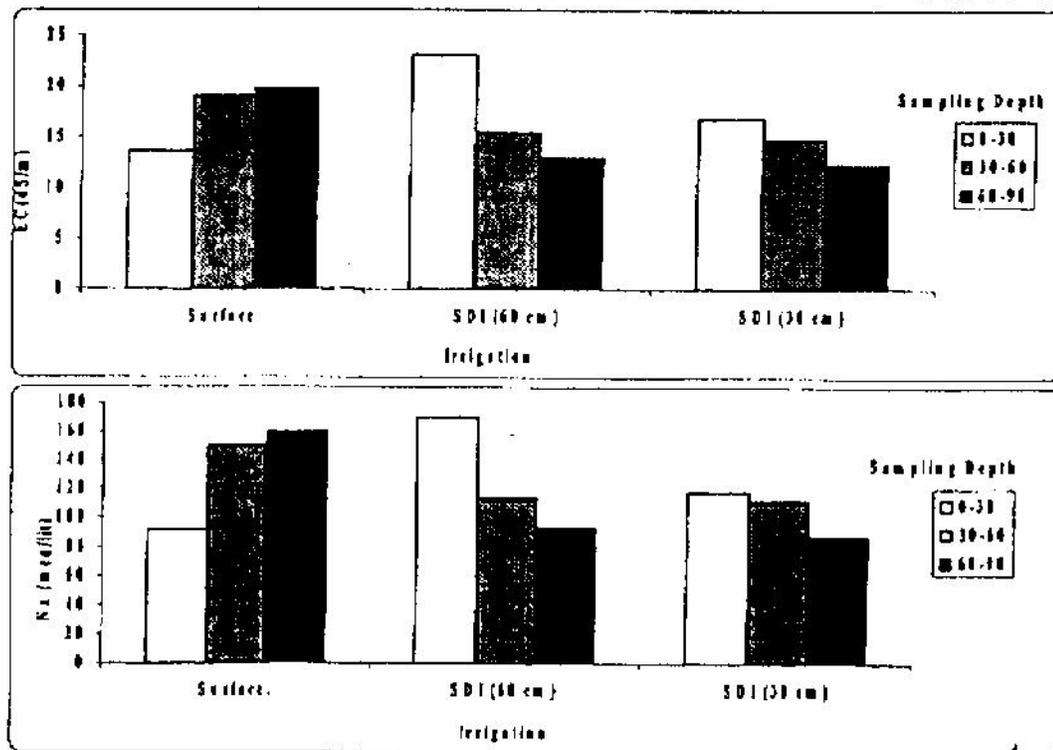
میانگین ها، بیشترین مقدار متعلق به عمق کارگذاری ۳۰ سانتیمتری و روی ردیف برابر ۲۱/۹۸ میلی اکی والان بر لیتر و کمترین مقدار آن ۱۱/۳۷ میلی اکی والان بر لیتر بود که متعلق به عمق کارگذاری ۶۰ سانتیمتر و روی ردیف بود. در این فصل همچنین اثر عمق نمونه برداری در سطح یک درصد معنی دار گردید. کمترین مقدار میانگین مشاهده شده مربوط به عمق ۹۰-۶۰ و برابر ۱۰/۷۳ میلی اکی والان بر لیتر و بیشترین مقدار آن متعلق به عمق ۳۰-۰ و برابر ۱۸/۴۴ میلی اکی والان بر لیتر بود (جدول ۴). در فصل پاییز تنها اثر عمق نمونه برداری در سطح یک درصد معنی دار گردید که مقدار حداکثر آن متعلق ۳۰-۰ و برابر ۳۱/۶۹ میلی اکی والان بر لیتر و حداقل مقدار متعلق به عمق ۹۰-۶۰ سانتیمتر و برابر ۱۶/۱ میلی اکی والان بر لیتر بود (جدول ۴). این روند در سایر فصول نیز مشاهده شد. در فصل زمستان و بهار هیچ کدام از فاکتورهای آزمایش در سطح ۵ درصد معنی دار نگردیدند.

### اسیدپته

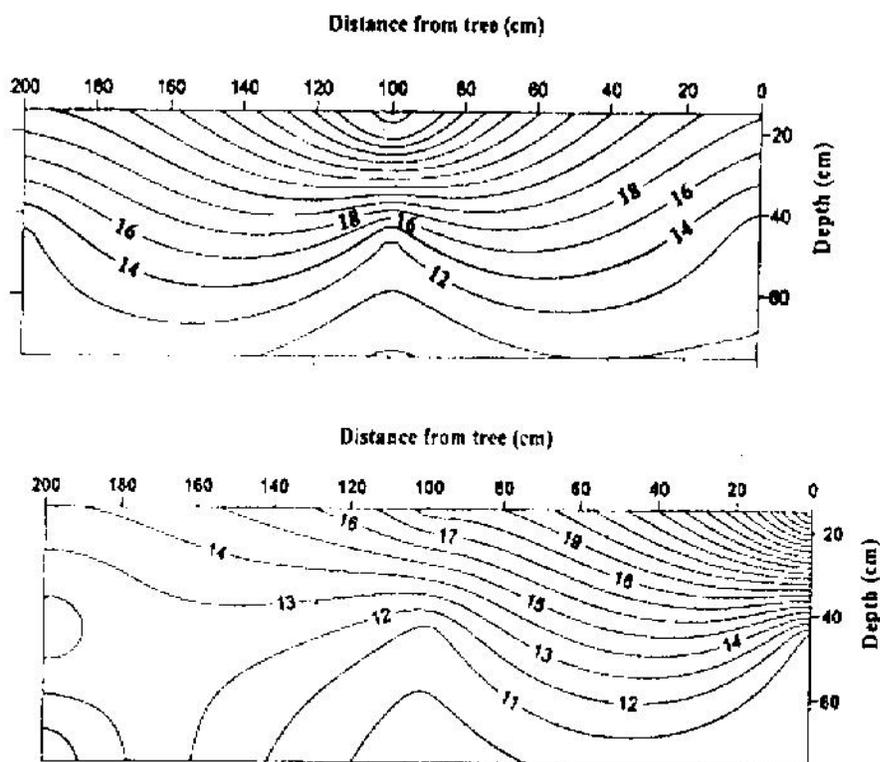
PH در تمام فصول دارای مقدار متوسطی حدود ۷/۴ بود. در تابستان و پاییز و زمستان هیچ کدام از فاکتورهای آزمایش در سطح ۵ درصد معنی دار نگردید. تنها در فصل بهار اثر عمق نمونه برداری در سطح ۵ درصد معنی دار گردید. در لایه سطحی خاک بیشترین مقدار میانگین مشاهده شد که برابر ۷/۶۳۸ بود که نشان دهنده این است که خاک به سمت قلیائیت میل می کند که دلیل آن آیشویی زمستانه و بارندگی های بهاره است، عدم اضافه کردن مواد اصلاح کننده نیز این مورد را تشدید می کند. کمترین مقدار مشاهده شده برابر ۷/۵۵ و متعلق به عمق ۹۰-۶۰ سانتیمتر بود. در تحقیق



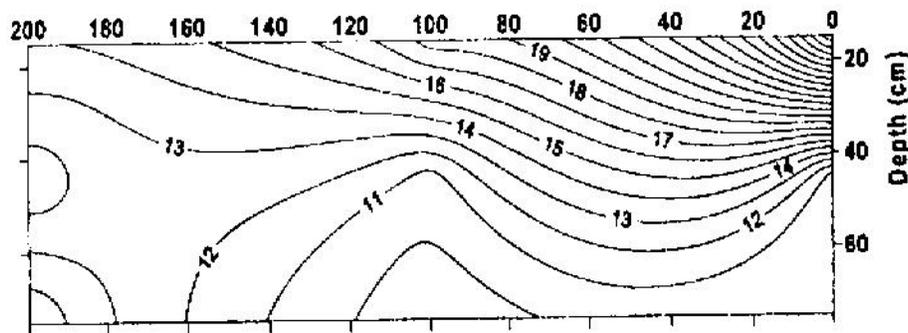
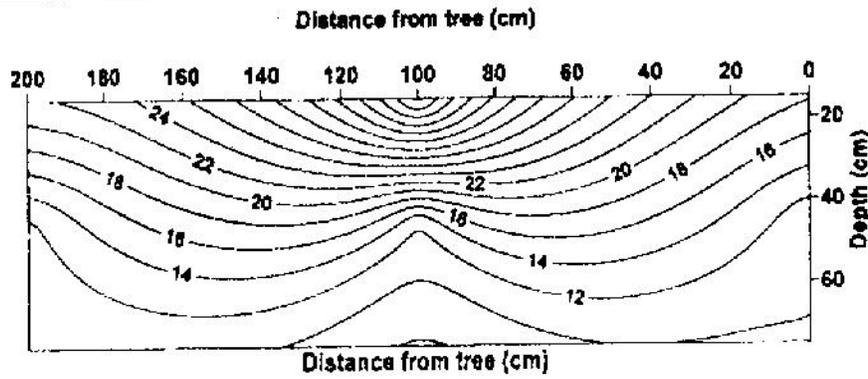
شکل (۲) مقایسه توزیع نسبت جذب سدیم (بالا)، هدایت الکتریکی (وسط) و سدیم (پایین) در سیستم آبیاری سطحی و قطره ای زیر سطحی (تابستان ۱۳۸۳)



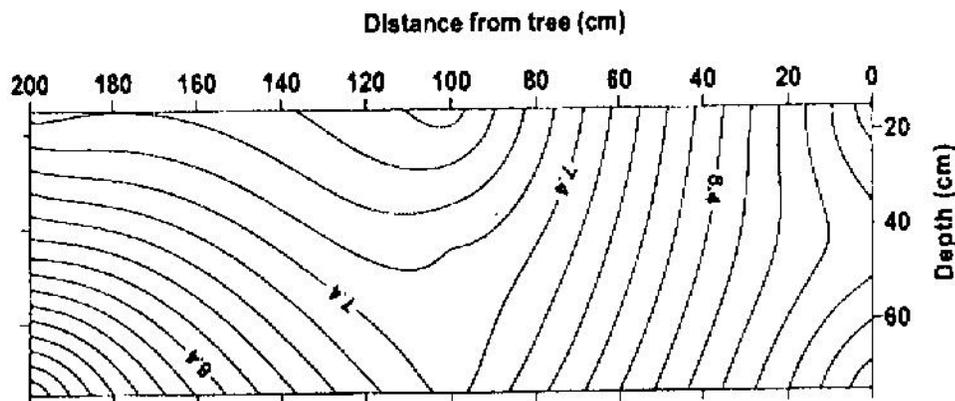
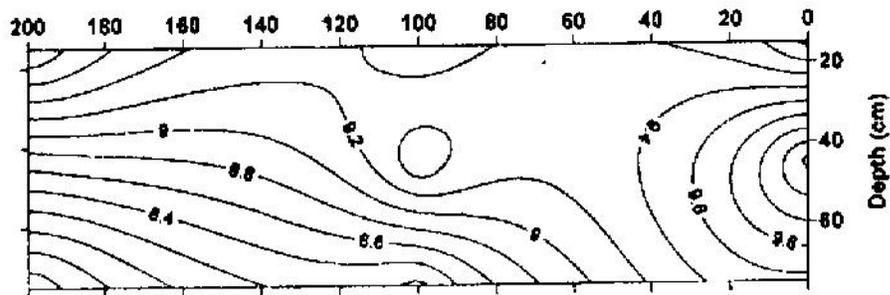
ادامه شکل (۲)



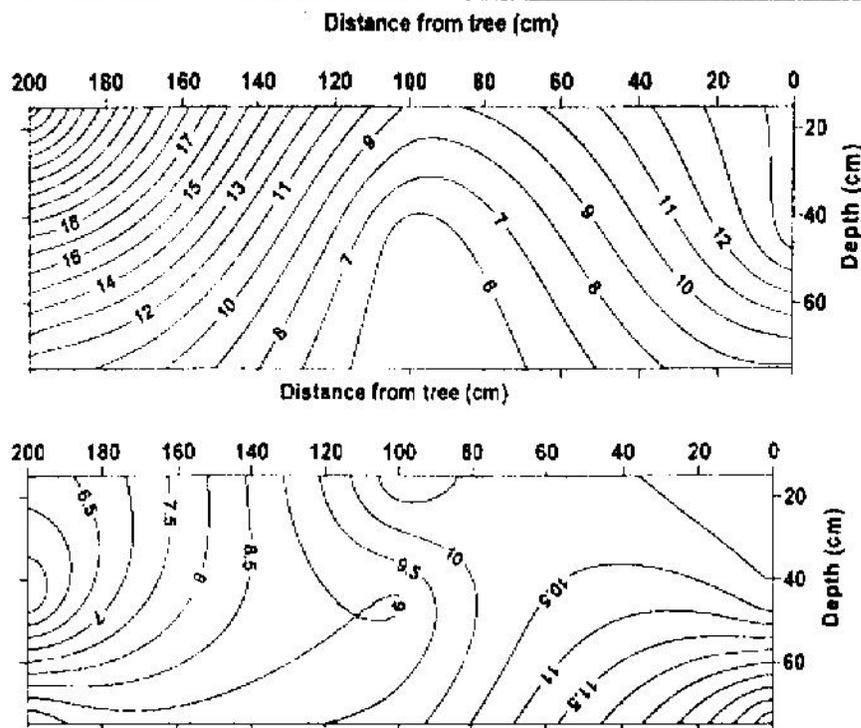
شکل (۳) نمایش از توزیع هدایت الکتریکی عناصره اشباع خاک در اطراف محل کارگذاری لوله ها (۳۰ س.م. شکل بالا و ۶۰ س.م. شکل پایین) در فصل تابستان



شکل (۴) نمایی از توزیع هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک در اطراف محل کارگذاری لوله‌ها (۳۰ س.م. شکل بالا و ۶۰ س.م. شکل پایین) در فصل پاییز



شکل (۵) نمایی از توزیع هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک در اطراف محل کارگذاری لوله‌ها (۳۰ س.م. شکل بالا و ۶۰ س.م. شکل پایین) در فصل زمستان



شکل (۶) نمایی از توزیع هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک در اطراف محل کارگذاری لوله ها (۳۰ م.م. شکل بالا و ۶۰ م.م. شکل پایین) در فصل بهار

انسپسو و همکاران (۱۱) در سال ۲۰۰۲ نشان دادند که راندمان پنبه برای عمق کارگذاری ۳۰ سانتیمتری بالاتر از عمق کارگذاری ۲۰ سانتیمتری بود و دلیل آن تلفات زیادتر تبخیر از قطره چکان های کارگذاری شده در عمق کمتر دانستند.

#### نتیجه گیری

دامنه تغییرات غلظت املاح در عمق کارگذاری ۳۰ سانتیمتری بیشتر از عمق کارگذاری ۶۰ سانتیمتری بود. در اکثر موارد بیشترین تجمع شوری متعلق به این عمق کارگذاری بود. بعد از آبیاری مقدار اسیدیته در تیمارهای مربوط به این عمق کارگذاری به طرف قلبیائیت میل می کند. آبیاری باعث شسته شدن املاح دو ظرفیتی می شود که در نتیجه سدیم باقی مانده و موجب قلبیائیت خاک می گردد. باید مواد اصلاح کننده را به خاک اضافه کرد.

مقدار عملکرد در سالهای قبل در این مزرعه با سیستم آبیاری سطحی بین ۱-۸ تن در هکتار بود که با اجرای سیستم آبیاری قطره ای زیر سطحی به ۱٫۲-۱ تن در هکتار افزایش یافت. با توجه به مقادیر رطوبتی اندازه گیری شده، در تمامی موارد رطوبت در

انسپسو و همکاران (۱۱) در سال ۲۰۰۲ نیز نشان دادند که آبیاری در سیستم آبیاری قطره ای زیر سطحی نمک ها را از سطح شسته و به اعماق منتقل می کند و در نتیجه این آبیاری روند توزیع املاح در خاک تغییر کرده و مشابه سیستم آبیاری سطحی (از سطح خاک به طرف عمق افزایش می یابد) می گردد. در فصل بهار نیز املاح مقداری کمتر از دو فصل تابستان و پاییز دارند که در نتیجه بارندگی صورت گرفته است. ولی مقدار بارندگی به اندازه آبیاری نتوانسته در شستشو و انتقال املاح مؤثر عمل کند (مقدار بارندگی کمتر از آبیاری بود) به همین دلیل املاح در عمق ۳۰-۶۰ سانتیمتری ته نشین شدند. از این فصل به بعد روندی صعودی (از لحاظ زمانی) در غلظت املاح دیده می شد. باتام و همکاران (۸) در سال ۲۰۰۳، کمترین عمق پیشنهادی جهت نصب لوله ها در سیستم آبیاری قطره ای زیر سطحی را بر اساس بافت خاک، نوع گیاه و جلوگیری از خطرات عبور و مرور ماشین آلات توصیه کردند. همچنین کمترین عمق پیشنهادی (مؤثر) را می توان بر اساس سرعت قطره چکان و نیز بر اساس بررسی توزیع رطوبت و املاح در خاک انتخاب کرد.

عمق کارگذاری ۶۰ سانتیمتری بیشتر بود. با توجه به تمامی این رطوبت بیشتر و تجمع کمتر املاح پیشنهاد می کنیم. موارد ماعملق کارگذاری ۶۰ سانتیمتری را به دلیل نگهداری و ایجاد

#### منابع

۱. چیندری، م. ا. م. وح. ر. میرزایی. ۱۳۷۹. بررسی اقتصادی کاربرد آبیاری قطره ای در باغات پسته (رفسنجان). مجله علوم آب و خاک، جلد ۱۲، شماره ۱، ص ۸۱-۹۲.
۲. زرعی، ق. ۱۳۸۲. آبیاری زیر سطحی سفالی راهکاری مؤثر برای همزیستی با خشکسالی. مجله خشکی و خشکسالی کشاورزی، شماره ۸، ص ۲۵-۱۵.
۳. سیاری، ن. ۱۳۸۴. بررسی توزیع شوری در سیستم آبیاری قطره ای زیر سطحی در باغات پسته رفسنجان. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد. ۱۹۰ صفحه.
۴. شالهاوت، ژ. (جوهری، پ. ب. مترجم). آبیاری و شوری. کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران، تهران وزارت نیرو.
۵. صفری کمال آبادی، ح. ۱۳۸۳. راهکارهای مقابله با بحران آب با استفاده از روش آبیاری تحت فشار در باغهای پسته کرمان. مجله خشکی و خشکسالی کشاورزی شماره ۱۳۳، ص ۶۱-۵۷.
۶. فرشی، ع. ا. ح. سبادت، ص. دربندی، م. انتصاری، ج. خیرایی، م. میرلطیفی، ع. سلامت و م. ح. سادات میرایی. ۱۳۸۲. مدیریت آب آبیاری در مزرعه. کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران، تهران، ۱۵۷ صفحه.
۷. کریمی، م. ۱۳۸۳. معیارهای کیفیت آب در آبیاری. مجله زیتون، شماره ۱۵۶، ص ۳۵-۳۰.

8. Battam, M.B., B. G. Sutton and D.G. Boughton. 2003. Soil pits as a simple design aid for subsurface drip irrigation system. Irrig. Sci. 22: 135-141.
9. Burt, C., A.A. Othman and A. Paolini. 2003. Salinity patterns on row crops under subsurface drip irrigation (SDI) Aon the Westside of the San Joaquin valley of California. Irrigation Training and Research Center (ITRC). California Department of Water Resources. Water Conservation Office. Report No. R 03-004. (<http://www.itrc.org>)
10. Camp, C.R., F.R. Lamm, R.G. Evens and C.J. Phene. 2002. Subsurface drip irrigation- past, present, and future. Am. Soc. Agric. Engrns. 676: 363-372.
11. Enciso, J.M., B.L. Unruh, P.D. Colazzi and W.L. Multer. 2003. Cotton response to subsurface drip irrigation frequency under deficit irrigation. Appl. Engng. Agric. 19(5): 555-558.
12. Hanson, B.R., L.Y. Schwankl, K.F. Schulbach and G.S. Pettygrove. 1997. A comparison of furrow, surface drip, subsurface drip on lettuce yield and applied water. Agric. Water Manage. 33: 139-157.
13. Lamm, F.R. and T.P. Troojien. 2003. Subsurface drip irrigation for corn production: A review of 10 years of research in Kansas. Irrig. Sci. 22: 195-200.
14. Machado, R.M.A., M. Rosario, G. Oliveria and C. Portas. 2003. Tomato root distribution, yield and fruit quality under subsurface drip irrigation. Plant and Soil. 255(1):333-341.
15. Meiri, A., U. Yanai, N. Bernstein, R. Strul and M. Zilberstaine. 1999. Irrigation frequency