

بررسی آزمایشگاهی تأثیر آرایش منافذ لوله‌های زهکش بر میزان نمک زه آب خروجی

حامد نوذری^{۱*}، آذین پورصدری^۲، عادل زالی^۳

تاریخ دریافت: ۹۴/۱۰/۱۷

تاریخ پذیرش: ۹۵/۱۲/۲۴

^۱- استادیار گروه علوم و مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا همدان

^۲- کارشناس ارشد، گروه علوم و مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا همدان

^۳- کارشناس ارشد، گروه علوم و مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا همدان

* مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: hanozari@yahoo.com

چکیده

در این تحقیق، با استفاده از مدل فیزیکی، تأثیر سه نوع آرایش منافذ لوله‌های زهکش بر میزان نمک زه آب خروجی مورد بررسی قرار گرفت. اولین آرایش منافذ برای تخلیه جریان زیرسطحی، دارای چهار ردیف سوراخ موازی در سمت بالا و پایین لوله (M4) بود. دومین آرایش به صورت لوله دارای سه ردیف سوراخ موازی با زاویه قرارگیری ۱۲۰ درجه نسبت به هم (M3) و در سری سوم یک ردیف سوراخ در قسمت بالای لوله (M1) لحاظ گردید. لوله‌های زهکش در دو عمق ۲۰ و ۶۰ سانتی‌متر نسبت به سطح خاک و فاصله ۶۰ و ۱۸۰ سانتی‌متر، نصب شدند. نتایج نشان داد در حالت های M1 و M3 سهم آب زیرزمینی مشارکت‌کننده در زه آب خروجی کاهش می‌یابد. حالت M4 بیشترین سهم مشارکتی آب زیرزمینی در زه آب خروجی را دارا بود در حالی که M1 کمترین سهم مشارکتی را داشت. همچنین تفاوت معنی‌داری بین میزان نمک-های خروجی از زهکش با آرایش M4 و M1 وجود داشت. در تمامی موارد، نصب زهکش عمیق منجر به افزایش مقدار نمک خروجی گردید.

واژه‌های کلیدی: جریان شعاعی، روزنه، سطح ایستابی، هدایت‌الکتریکی

Experimental Study of Drainage Pipes' Openings Arrangement Effect on Drainage Water Salt Load

H Nozari^{1*}, A Poursadri², A Zali³

Received: 07 January 2016

Accepted: 14 March 2017

¹ Assist. Prof., Water Sci. Eng. Dept., Faculty of Agric., Bu-Ali Sina University, Iran

² M.Sc. Graduate., Water Sci. Eng. Dept., Faculty of Agric., Bu-Ali Sina University, Iran

³ M.Sc. Graduate., Water Sci. Eng. Dept., Faculty of Agric., Bu-Ali Sina University, Iran

*Corresponding Author, Email: hanozari@yahoo.com

Abstract

In this study, effect of three different openings arrangements of drainage pipes on the drainage water salt load was investigated using a physical model. The first arrangement of openings for drainage of the subsurface flow had four parallel rows on the upper and lower sides of the pipe (M4). In the second arrangement the pipes had three parallel rows of openings with 120 degrees apart between the rows (M3) and the third one had one row of holes on top of the pipe (M1). Drainage pipes were installed at 20 and 60 cm depths with spacing of 60 and 180 cm. The results showed that the M1 and M3 cases experienced a decline in the contribution of the groundwater in the drained water. The M4 case had the highest contribution of the groundwater, while the M1 had the lowest one of that. So, there was a significant difference between the drainage salt loads at M4 and M1 cases. In all cases, deep drain installation led to increase the drainage water salt load.

Keywords: Electrical conductivity, Opening, Radial flow, Water table

مقدمه

زیر کشت بالایی دارند، تراز سطح آب زیرزمینی بالاست و حجم زه آب خروجی بسیار زیاد است. با توجه به این که آب زیرزمینی در بخش وسیعی از این منطقه نمک بسیار بالایی دارد، میزان نمک زه آب خروجی نیز بالا بوده و مدیریت این زه آب های شور ضروری می باشد (نوذری و لیاقت ۱۳۹۳). از آنجایی که تخلیه گاه نهایی زهکش ها معمولاً رودخانه ها، دریاها و تالاب هاست و این مناطق زیستگاه بسیاری از موجودات می باشد، کیفیت زه آب خروجی تأثیر زیادی بر پایین دست و حیات این جانداران دارد. بنابراین رعایت مسایل زیست محیطی بسیار حائز اهمیت می باشد.

دورال و فیو (۱۹۹۰) در تحقیقی در دره سان خاکین کالیفرنیا نشان دادند میزان مشارکت آب زیرزمینی و هدایت الکتریکی زه آب خروجی زهکش های عمیق بیشتر از زهکش های کم عمق است. گریسمر (۱۹۹۳) به بررسی تأثیر فاصله زهکش های زیرزمینی بر

با توجه به کمبود منابع آب در کشور و توسعه پروژه های صنعتی و کشاورزی و افزایش جمعیت، طراحی سامانه های آبیاری و زهکشی جهت مدیریت بهینه از منابع آب از اقدامات مهم مدیریتی در ایران است. مناسب ترین روش رفع مشکلات کمی و کیفی حاصل از زه آب خروجی کشاورزی، کنترل منابع آلاینده با مدیریت کاربرد به هنگام و صحیح مواد شیمیایی و کاهش تلفات رواناب و نفوذ عمقی آبیاری در سطح مزرعه می باشد. لازم به ذکر است زه آب ورودی به لوله زهکش در مناطقی که تراز سطح آب زیرزمینی بالاست، شامل دو قسمت می باشد: بخشی با کیفیت آب خارج شده از منطقه ریشه و از بالای سطح زهکش و بخش دیگر از ناحیه زیر زهکش و با کیفیت آب زیرزمینی، وارد لوله زهکش می شود. لذا وجود لوله های زهکش باعث تغییر کیفیت آب زیرزمینی منطقه نسبت به زمان می شود. در مناطقی مانند خوزستان که به دلیل موقعیت آب و هوایی مناسب سطح

زه‌آب خروجی می‌گردد. حمزه و همکاران (۱۳۸۹) نشان دادند که با افزایش عمق نصب زهکش و کاهش دبی با توجه به بالا بودن هدایت الکتریکی آب زیرزمینی میزان نمک زه‌آب خروجی افزایش می‌یابد. اصلانی و همکاران (۱۳۸۹) از یک مدل آزمایشگاهی جهت تعیین عمق و فاصله مناسب زهکش‌های زیرزمینی بر اساس کیفیت زه-آب خروجی استفاده کردند و میزان عمق و فاصله زهکش‌ها، میزان تغذیه، جریان ورودی تغذیه‌کننده و آب زیرزمینی را تعیین نمودند. محجوبی و همکاران (۱۳۹۲) به این نتیجه رسیدند که میزان تخلیه نهایی زهکش‌ها در اثر عمیق بودن عمق نصب زهکش در واحد کشت و صنعت امام خمینی استان خوزستان، به رودخانه دز زیاد است. آنها با استفاده از زهکش‌های کنترل‌شده نشان دادند که میزان نمک خروجی زه‌آب تخلیه‌شده به رودخانه دز در حدود ۲۴ تن در هکتار کمتر بوده است. سلیمانی و همکاران (۱۳۹۲) مدلی را جهت برآورد هزینه‌های اجرایی شبکه‌های آبیاری و زهکشی برای منطقه بهشهر اجرا کردند و به این نتیجه رسیدند که با افزایش عمق نصب زهکش‌ها، هزینه در واحد سطح کاهش می‌یابد، اما این کاهش هزینه همواره یکنواخت نیست. نینگو و همکاران (۲۰۰۵) عملیات استفاده از زه‌آب جهت آبیاری زمین‌های کشاورزی را شبیه‌سازی نمودند و به این نتیجه رسیدند که مقدار زیادی از آب زهکشی‌شده به آب زیرزمینی تعلق دارد. این محققان نشان دادند که با افزایش عمق غیر قابل نفوذ، زمان رسیدن به حالت تعادل نیز بیشتر است.

اما با توجه به اینکه بخشی از سهم زه‌آب خروجی به آب زیرزمینی اختصاص دارد و در مناطقی مانند خوزستان که آب زیرزمینی کم‌عمق و بسیار شور است، این امر باعث کاهش کیفیت زه‌آب خروجی می‌شود، در تحقیق حاضر سعی شد تا تأثیر آرایش منافذ را بر میزان نمک زه‌آب خروجی و همچنین میزان نمک آب زیرزمینی پایش نمود.

مواد و روش‌ها

زه‌آب خروجی در دره سان خواکین کالیفرنیا که دارای آب زیرزمینی کم‌عمق شور بود پرداخت و به این نتیجه رسید که با افزایش عمق و فاصله زهکش‌ها کیفیت آب خروجی زهکش کاهش می‌یابد. برو و همکاران (۱۹۹۸) برای شبیه‌سازی سیستم زهکشی از مدل Drainmod-N در ۳ عمق و ۱۰ فاصله متفاوت استفاده کردند و نتیجه گرفتند که اگر عمق نصب زهکش ۱/۲۵ متر و فاصله آن ۲/۵ متر باشد زه‌آب خروجی کیفیت بهتری دارد. ادريس و همکاران (۲۰۰۷) از مدل Saltmod جهت طراحی زهکش زیرسطحی در ترکیه برای مطالعه بر روی تعادل بین آب و نمک استفاده کردند. در این مطالعه تأثیر شیوه‌های آبیاری و زهکشی در منطقه ریشه، بر روی نمک و میزان تخلیه مورد بررسی قرار گرفت. نتایج شبیه‌سازی نشان داد که بازده آبخوبی ۰/۷ و زهکشی طبیعی در منطقه آزمایش ۰/۱۲ متر در هر سال است. با در نظر گرفتن عمق ۱/۲ متر برای زهکش‌ها ۸۰ درصد خاک شوری با هدایت الکتریکی ۲/۷۲ و ۲/۷۱ دسی‌زیمنس بر متر در پایان دوره ۱۰ ساله خواهد بود که عمق تخلیه در منطقه آزمایش ۱/۵ متر است.

نوذری و همکاران (۱۳۸۸) در تحقیقی در خوزستان نشان دادند که متوسط هدایت الکتریکی زه‌آب در مقایسه با هدایت الکتریکی آب آبیاری و هدایت الکتریکی ناحیه ریشه گیاه مقادیر بسیار بالاتری دارد که علت آن را جریان‌های شعاعی زیر لوله زهکش دانستند که با آب-زیرزمینی لایه‌های شور ترکیب شده و باعث افزایش نمک زه‌آب شده است. این محققان نشان دادند که عملیات آبیاری باعث کاهش املاح لایه‌های پایین زیر لوله زهکش نسبت به زمان خواهد شد. نظری و همکاران (۱۳۸۷) با استفاده از نرم‌افزار Drainmod نشان دادند که عمق نصب زهکش بر عملکرد گیاه نیشکر روند متفاوتی دارد و با افزایش عمق نصب زهکش، میزان تخلیه سالانه نمک از زهکش‌ها افزایش یافته است. شکبیا و همکاران (۱۳۹۲) تأثیر سطح ایستابی بر هدایت الکتریکی زه‌آب و عمق اختلاط آب آبیاری و آب زیرزمینی زیر زهکش را در یک مدل فیزیکی مورد بررسی قرار دادند و به این نتیجه رسیدند که با افزایش دبی، ارتفاع سطح ایستابی و عمق اختلاط افزایش می‌یابد که در نتیجه باعث افزایش نمک

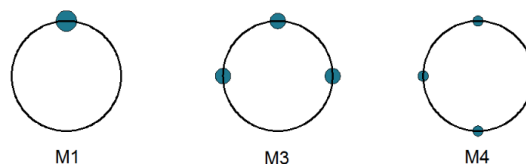
اولین آرایش به صورت چهار روزنه در اطراف لوله زهکش با نام M4 به عنوان آزمایش شاهد، دومین آرایش با ایجاد سه روزنه با زاویه ۹۰ درجه در بالا و طرفین با نام M3 و سومین آرایش تنها یک روزنه از بالای لوله زهکش با نام M1 فرض شد. مطابق با استاندارد، مساحت روزنه‌ها بر روی لوله زهکش در کمترین حالت ۸۰۰ میلی‌متر مربع (علی‌زاده ۱۳۸۴) در هر متر لوله زهکش می‌باشد که در فرورفتگی‌های لوله ایجاد شدند. بر اساس این تعریف قطر منافذ در آرایش M4 ۱/۵ میلی‌متر، آرایش M3 ۲ میلی‌متر و در آرایش M1 ۳ میلی‌متر انتخاب شد. برای جلوگیری از مسدود شدن منافذ روی لوله زهکش از توری پلاستیکی با قطر ۰/۵ میلی‌متر به عنوان پوشش استفاده شد (شکل ۲).

به منظور انجام این تحقیق، از یک مدل فیزیکی از جنس فلز و پلاستیکی گلاس به صورت محفظه‌ای مکعب مستطیل به ابعاد ۱/۸ متر طول، ۱ متر عرض و ۱/۲ متر ارتفاع که در آزمایشگاه منابع آب دانشگاه بوعلی سینا همدان ساخته شده است، استفاده شد. کف محفظه به عنوان لایه غیر قابل نفوذ در نظر گرفته شد. در این مدل از لوله‌های پلاستیکی موج‌دار به قطر ۳۲ میلی‌متر و طول ۱۰۰ سانتی‌متر به عنوان زهکش زیرزمینی استفاده شد. لوله‌های زهکش در ۲ عمق ۲۰ و ۶۰ سانتی‌متری از سطح خاک و با فواصل ۶۰ و ۱۸۰ سانتی‌متر تعبیه شد (شکل ۱). جهت انجام آزمایش از سه نوع آرایش روزنه بر روی لوله‌های زهکش استفاده شد، که این لوله‌ها از نوع پلیمر موج‌دار بوده و روزنه‌ها در داخل شیارها تعبیه شدند.



شکل ۱- نمای کلی مدل و نصب لوله‌های زهکش‌ها.

سانتی‌متر طول) که در شکل ۳ نشان داده شده است استفاده شد. جهت تسریع در روند انجام آزمایش‌ها از خاکی با بافت شنی و هدایت هیدرولیکی بالا (۳/۸۵ متر در روز) استفاده شد. جهت ایجاد آب زیرزمینی شور از نمک *NaCl* استفاده شد.



شکل ۲- آرایش روزنه‌ها.

برای نمونه‌گیری و اندازه‌گیری میزان هدایت الکتریکی آب لایه‌های مختلف، از یک شبکه پیزومتری با آرایش ۱۵×۱۰ سانتی‌متر (۱۵ سانتی‌متر عرض و ۱۰



شکل ۳- آرایش پیزومترها.

در این رابطه: ECt هدایت الکتریکی قرائت شده و t دمای اندازه‌گیری شده بر حسب درجه سلسیوس می‌باشد.

به منظور محاسبه مقدار نمک خروجی از هر زهکش از رابطه تجربی زیر استفاده شد (الیت و همکاران ۲۰۰۴):

$$TDS = 800 \times EC \quad [۲]$$

که در آن EC بر حسب دسی زیمنس بر متر و کل املاح باقی‌مانده (TDS)^۱ بر حسب میلی‌گرم بر لیتر می‌باشد.

نتایج و بحث

به منظور ارزیابی نتایج حاصل از تأثیر آرایش منافذ روی لوله‌های زهکش، ابتدا هدایت الکتریکی زه‌آب خروجی به کمک نسبت هدایت الکتریکی به بیشینه هدایت الکتریکی، بدون بعد شد. سپس نسبت مذکور در برابر زمان ترسیم شد. به عنوان نمونه شکل ۴ تغییرات این پارامتر را در برابر زمان، برای دو عمق زهکش ۲۰ و ۶۰ سانتی‌متر، فاصله ۶۰ سانتی‌متر و دبی ۰/۰۹ لیتر بر ثانیه، در سه آرایش M1 و M3، M4 نشان می‌دهد. ملاحظه می‌شود که هدایت الکتریکی نسبی زه‌آب در

برای انجام آبیاری با دبی ۰/۰۹ لیتر بر ثانیه، از یک سیستم آبیاری سطحی که شامل یک لوله لترال می‌باشد استفاده شد. به منظور یکنواختی پخش آب، کانال‌های PVC با منافذی به فاصله ۱۰ سانتی‌متر بر روی سطح خاک نصب شد. برای ثابت ماندن دبی آب آبیاری، از یک منبع با بار آبی ثابت استفاده شد. مراحل کار به این ترتیب بود که ابتدا آب زیرزمینی با هدایت الکتریکی ۵۰ دسی‌زیمنس بر متر توسط پمپ وارد مدل شده و تا زمانی که آب شور به زیر سطح زهکش‌ها برسد پمپاژ ادامه داشت. پس از آن، سیستم آبیاری شروع به کار می‌کرد و به محض خروج زه‌آب از زهکش‌ها نمونه‌گیری از زهکش و پیزومترها شروع می‌شد.

بعد از اتمام آزمایش‌ها، کیفیت زه‌آب خروجی از زهکش‌ها و پیزومترها با استفاده از دستگاه EC متر اندازه‌گیری شد.

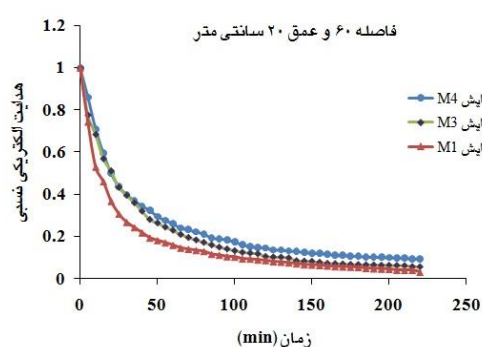
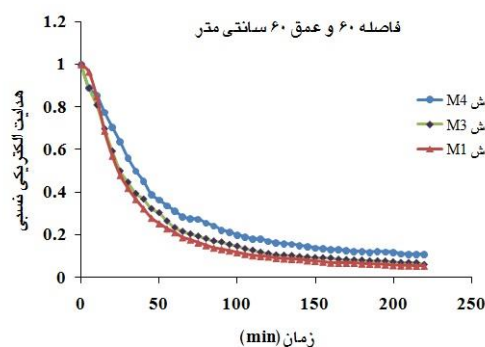
هدایت الکتریکی نسبت به دما متغیر است. لذا آن را در دمای ۲۵ درجه سلسیوس به عنوان دمای استاندارد (EC_{25}) در نظر می‌گیرند. جهت تصحیح هدایت الکتریکی در دمای ۲۵ درجه سلسیوس از رابطه ۱ استفاده می‌شود (رویجان و همکاران ۲۰۱۱).

$$EC_{25} = EC_t - 0.02 \times (t - 25) \times EC_t \quad [۱]$$

^۱ Total dissolved solids: TDS

لوله‌های زهکش، نفوذ خطوط جریان آب به اعماق بیشتر شده است که در نتیجه آن، مشارکت آب زیرزمینی شور در خروج زه‌آب از زهکش‌ها بیشتر می‌شود. همچنین در M3 به دلیل نبود منفذ قسمت تحتانی، میزان مشارکت آب زیرزمینی خروجی از زهکش‌ها نسبت به M4 کمتر بوده است. به همین دلیل است که میزان نمک خروجی در آرایش M4 نسبت به آرایش M3 و آرایش M3 نسبت به آرایش M1 بیشتر به دست آمده است. میزان نمک خروجی از هر زهکش برای آزمایش‌های مختلف محاسبه و نتایج آن در جدول ۱ ارائه شده است. لازم به ذکر است با توجه به نتایج به دست آمده، در زمان ۲۲۰ دقیقه تغییرات هدایت الکتریکی قابل ملاحظه نبوده و لذا جهت یکسان‌سازی و مقایسه بهتر نتایج، زمان ۲۲۰ دقیقه به عنوان زمان پایان آزمایش‌ها در نظر گرفته شد.

آرایش M4 با شیب کمتری نسبت به M3 و در M3 با شیب کمتری نسبت به M1 تغییر کرده است. همچنین مقدار هدایت الکتریکی نسبی M4، M3 و M1 در زمان ۲۲۰ دقیقه برای عمق زهکش ۶۰ سانتی‌متر به ترتیب برابر با ۰/۱۰۸، ۰/۰۶۱ و ۰/۰۵۵ (واحد بی‌بعد) و برای عمق زهکش ۲۰ سانتی‌متر به ترتیب برابر ۰/۰۹۲، ۰/۰۵۵ و ۰/۰۳۱ (واحد بی‌بعد) می‌باشد. علت این اختلاف را می‌توان این‌گونه تفسیر نمود که در M4 جریان آب به سمت لوله زهکش از قسمت فوقانی و تحتانی آن صورت می‌گیرد. اما در M1 به دلیل عدم وجود منفذ زیرین در لوله زهکش، جریان آب از قسمت زیرین لوله زهکش به طرف آن صورت نمی‌گیرد و جریان آب از سمت بالای لوله زهکش وارد آن می‌شود، که همین امر باعث کاهش میزان اختلاط عمق آب آبیاری با آب شور زیرزمینی شده است. لذا در M4 به دلیل ورود آب از زیر



شکل ۴- هدایت الکتریکی نسبی زه‌آب، برای آزمایش M4، M3 و M1 در فاصله ۶۰ و عمق‌های ۲۰ و ۶۰ سانتی‌متر.

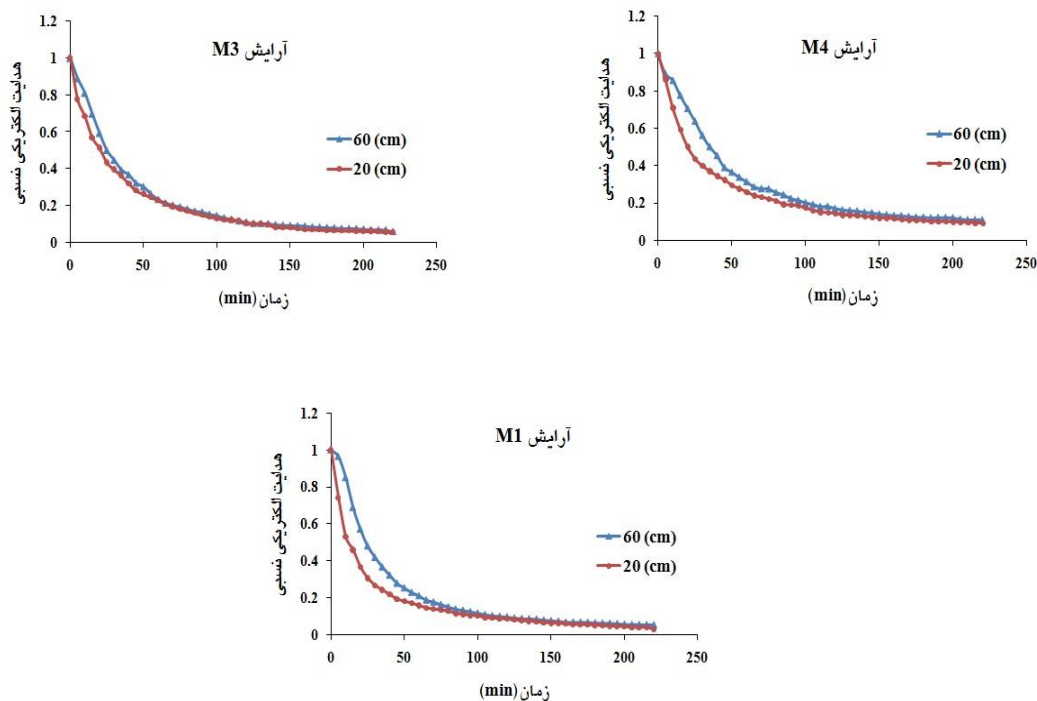
جدول ۱- میزان نمک خروجی از زهکش M4، M3 و M1 در طول آزمایش.

| آزمایش | نمک خروجی زه‌آب M4 (kg) | نمک خروجی زه‌آب M3 (kg) | نمک خروجی زه‌آب M1 (kg) |
|----------------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| D ₆₀ L ₆₀ | ۹/۶۱ | ۶/۸۷ | ۵/۸۹ |
| D ₂₀ L ₆₀ | ۸/۱۲ | ۶/۳۶ | ۵/۷۷ |
| D ₆₀ L ₁₈₀ | ۹/۹۲ | ۸/۸۰ | ۶/۸۹ |

شور زیرزمینی کمتر شده و کاهش عمق جریان‌های شعاعی باعث خروج کمتر نمک توسط زهکش می‌شود. در این قسمت هدایت الکتریکی نسبی زه‌آب، برای آرایش M4، M3 و M1 در فاصله ۶۰ سانتی‌متر و عمق ۲۰

همان‌طور که در جدول ۱ نشان داده شده است میزان نمک خروجی در آرایش M4 نسبت به آرایش M3 و آرایش M3 نسبت به آرایش M1 بیشتر به دست آمده است. لذا با تغییر آرایش منافذ، اختلاط آب آبیاری با آب

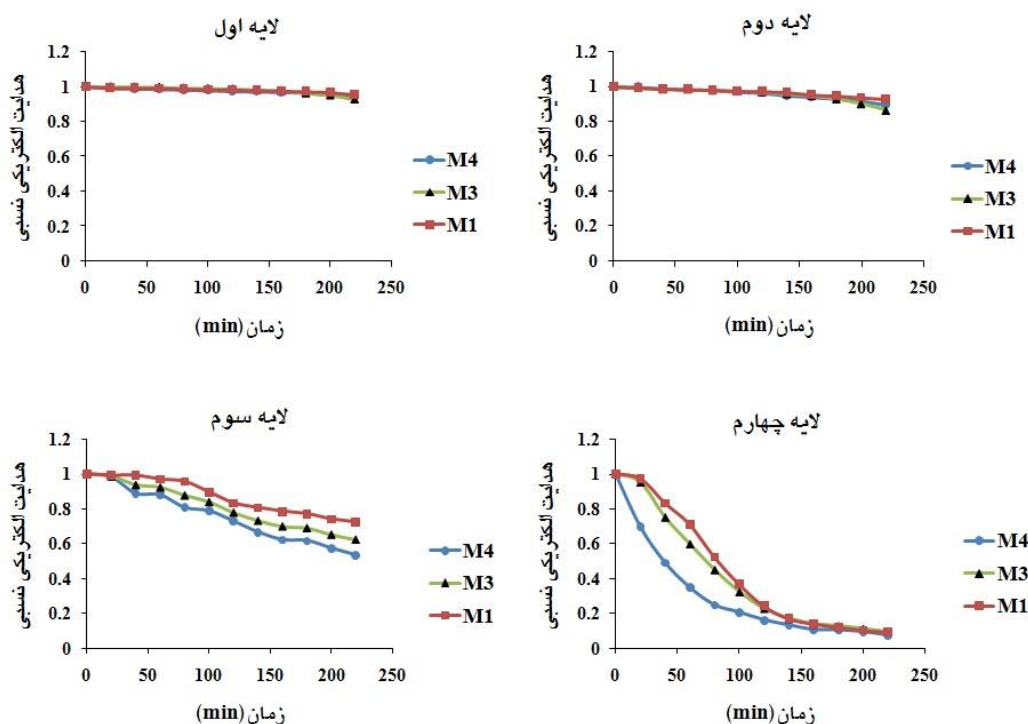
و ۶۰ سانتی‌متر (D_{20L60} و D_{60L60}) ترسیم شد تا تأثیر عمق بر روی آرایش روزنه‌ها بررسی شود (شکل ۵).



شکل ۵- هدایت الکتریکی نسبی زه‌آب، برای آرایش M3، M4 و M1 در فاصله ۶۰ سانتی‌متر و اعماق ۲۰ و ۶۰ سانتی‌متر.

شکل ۶ میانگین هدایت الکتریکی نسبی لایه‌های مختلف آب زیرزمینی را نسبت به زمان برای آزمایش D_{60L60} نشان می‌دهد. در این شکل ناحیه زیر لوله زهکش به چهار لایه به ضخامت ۱۰ سانتی‌متر تقسیم‌بندی شده‌اند. ملاحظه می‌شود که آب آبیاری در حضور زهکش M4 نسبت به زهکش M3 و زهکش M3 نسبت به زهکش M1 تأثیر بیشتری بر هدایت الکتریکی آب زیرزمینی داشته است و با افزایش عمق و افزایش فاصله از سطح زهکش‌ها، از میزان تأثیر نحوه آرایش منافذ بر هدایت الکتریکی آب زیرزمین کاسته می‌شود. به بیان دیگر سهم آب زیرزمینی شور شرکت کننده در زه‌آب خروجی M4 نسبت به زهکش M3 و زهکش M3 نسبت به زهکش M1 بیشتر است و هدایت الکتریکی آن تحت تأثیر آب آبیاری، سریع‌تر تغییر می‌یابد.

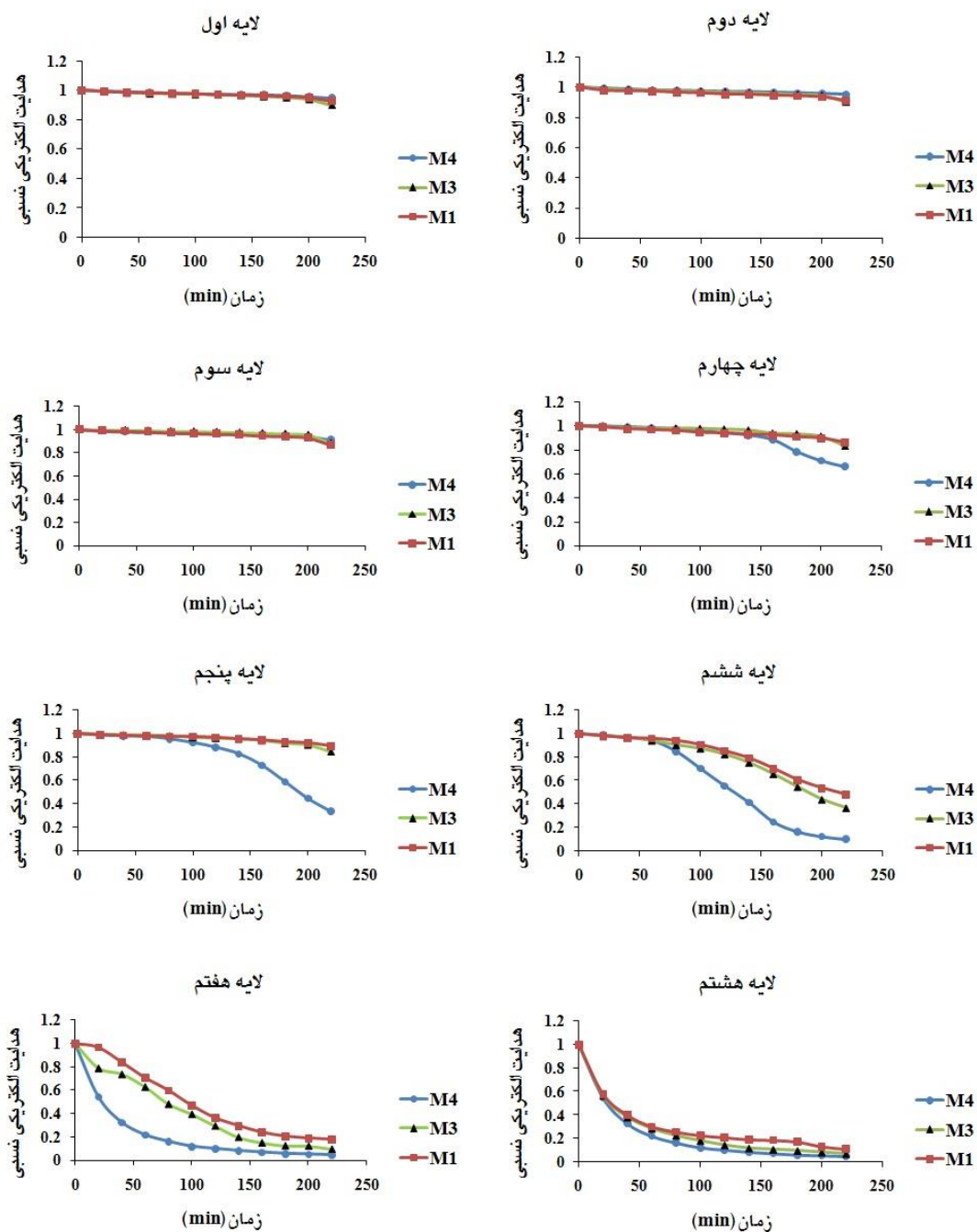
با توجه به شکل ۵ با افزایش عمق نصب زهکش‌ها از ۲۰ سانتی‌متر به ۶۰ سانتی‌متر نسبت به سطح خاک، میزان هدایت الکتریکی زه‌آب خروجی بیشتر شده است. در بیان علت آن می‌توان گفت که با افزایش عمق نصب زهکش، میزان بار آبی افزایش یافته در نتیجه خطوط جریان آب طولانی‌تر شده و به اعماق بیشتر نفوذ می‌کند. نفوذ خطوط جریان به اعماق بیشتر، باعث مشارکت بیشتر آب زیرزمینی با کیفیت پایین در خروج زه‌آب از زهکش‌ها می‌شود. هورنباکل و همکاران (۲۰۰۷) نشان دادند که استفاده از زهکش کم عمق با تعداد لوله زهکش بیشتر نسبت به زهکش عمیق‌تر با تعداد لوله کمتر، باعث کاهش هدایت الکتریکی زه‌آب خروجی شده است. همچنین زهکش کم عمق، باعث کاهش جریان از اعماق پایین‌تر زهکش شده است. آیارز و همکاران (۲۰۰۶) نیز به نتایج مشابهی در این زمینه دست یافتند.



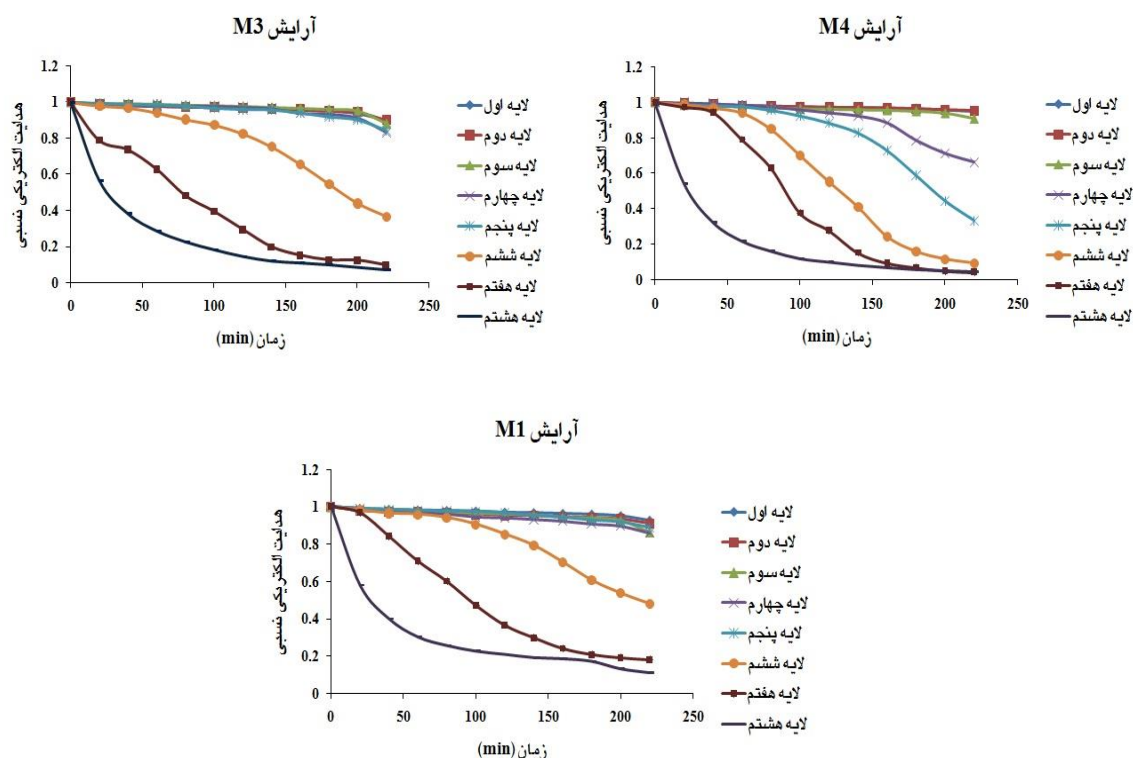
شکل ۶- هدایت الکتریکی نسبی آب زیرزمینی لایه های مختلف M4، M3 و M1 برای آزمایش D₆₀L₆₀.

تغییرات میانگین هدایت الکتریکی نسبی لایه‌های مختلف خاک برای آزمایش D₂₀L₆₀ در شکل ۷ نشان داده شده است. ملاحظه می‌شود که در آرایش M1 لایه‌ی اول تا پنجم که به ترتیب ارتفاع ۱۵، ۲۵، ۳۵، ۴۵ و ۵۵ سانتی-متر از کف محفظه را دارند، آب زیرزمینی یکسان بوده و این نشان‌دهنده عدم تأثیر جریان شعاعی و اختلاط آب آبیاری و آب زیرزمینی می‌باشد. این اتفاق در آرایش M4 فقط در لایه‌های اول تا سوم یکسان بوده است و از لایه چهارم به بعد با گذشت زمان میزان هدایت الکتریکی کمتر شده است. همچنین مشاهده می‌شود که تغییرات هدایت الکتریکی نسبی لایه‌های آب زیرزمینی آرایش M3 به آرایش M1 نزدیک‌تر می‌باشد، با این تفاوت که به دلیل وجود سه منفذ در آرایش M3 و ایجاد جریان شعاعی بیشتر نسبت به آرایش M1 مشارکت آب زیرزمینی شور با آب آبیاری بیشتر بوده و باعث افزایش خروج آب زیرزمینی از زهکش M3 می‌شود.

با توجه به شکل ۶ در هر دو آزمایش M1 و M4 در لایه اول و دوم که به ترتیب ارتفاع ۱۵ و ۲۵ سانتی‌متر از کف محفظه را دارند، آب زیرزمینی یکسان بوده و این مسئله عدم تأثیر جریان شعاعی و اختلاط آب آبیاری و آب زیرزمینی را نشان می‌دهد و تغییر آرایش منافذ تأثیری در این دو لایه نداشته است. در لایه سوم که ۳۵ سانتی‌متر از کف محفظه فاصله دارد، شیب نمودار M4 نسبت به M3 و M3 نسبت به M1 بیشتر است. لذا می‌توان گفت در الگوی M4 آب زیرزمینی با آب آبیاری اختلاط پیدا کرده و توسط جریان شعاعی از زهکش‌ها خارج می‌شود. اما در الگوی M1 شیب نمودار کمتر بوده که نشان می‌دهد جریان شعاعی تأثیر کمتری بر این لایه داشته است. در لایه چهارم که هم‌تراز با لوله زهکش می‌باشد، به دلیل کاهش طول خطوط جریان شعاعی و همچنین افزایش عمق آب بالای این لایه در الگوی M1، هدایت الکتریکی این لایه در الگوی M1 در مقایسه با دو آرایش دیگر دیرتر به تعادل می‌رسد.



شکل ۷- هدایت الکتریکی نسبی لایه های مختلف M4، M3 و M1 برای آزمایش D₂₀L₆₀.

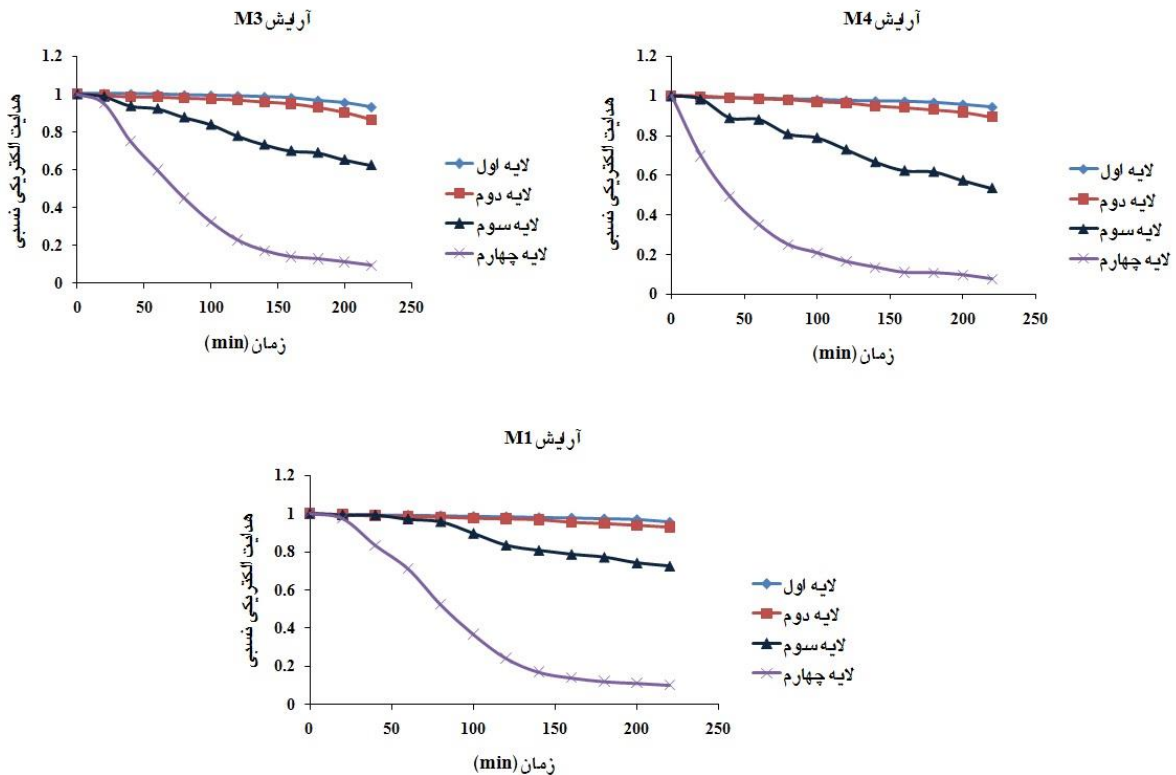


شکل ۸- هدایت الکتریکی نسبی لایه‌های مختلف M4، M3 و M1 برای آزمایش D₂₀L₆₀.

نسبت به M1 شده است. در آرایش M4 از لایه‌ی چهارم تا لایه‌ی هشتم تحت تأثیر زهکش قرار گرفته با گذشت زمان هدایت الکتریکی نسبت به زمان کاهش می‌یابد. این در حالی است که در آرایش M1 فقط در لایه‌ی ۶، ۷ و ۸ (لایه ۸ هم‌تراز با زهکش) هدایت الکتریکی نسبت به زمان کاهش پیدا می‌کند. با توجه به این شکل، هدایت الکتریکی نسبی لایه‌ی هشتم آرایش‌های M4، M3 و M1 در انتهای آزمایش‌ها به ترتیب دارای مقادیر ۰/۰۷، ۰/۰۵ و ۰/۱ (واحد بی‌بعد) می‌باشند.

شکل ۹ میانگین هدایت الکتریکی نسبی لایه‌های مختلف آب زیرزمینی را برای آزمایش D₆₀L₆₀ نشان می‌دهد. با توجه به شکل، آب آبیاری فقط در دو لایه بالایی آب زیرزمینی تأثیر گذاشته است. هدایت الکتریکی نسبی لایه‌ی چهارم در آرایش‌های M4، M3 و M1 در انتهای آزمایش‌ها به ترتیب دارای مقادیر ۰/۰۷، ۰/۰۹ و ۰/۱ (واحد بی‌بعد) می‌باشند.

تغییرات میانگین هدایت الکتریکی نسبی لایه‌های مختلف آب زیرزمینی برای آزمایش D₂₀L₆₀ در شکل ۸ ترسیم شده است. ملاحظه می‌شود که در آرایش M4 لایه اول، دوم و سوم که به ترتیب ارتفاع ۱۵، ۲۵ و ۳۵ سانتی‌متر از سطح غیر قابل نفوذ را دارند، این لایه‌ها تحت تأثیر خطوط جریان شعاعی ناشی از لوله زهکش قرار نگرفته و هدایت الکتریکی نسبت به زمان ثابت مانده است. اما در آرایش M1 لایه‌های اول تا پنجم ثابت مانده است. لذا می‌توان گفت در آرایش M1 جریان شعاعی کوتاه‌تری نسبت به M4 تشکیل می‌شود و در نتیجه سهم آب زیرزمینی در کیفیت زه‌آب خروجی از زهکش‌ها کمتر شده و باعث تسریع در زمان تعادل می‌شود. تغییرات میانگین هدایت الکتریکی نسبی آرایش M3 نسبت به آرایش M1 نزدیک بوده است. اما با این تفاوت که جریان شعاعی طولانی‌تر در آرایش M3 باعث مشارکت بیشتر آب زیرزمینی در خروج از زهکش‌ها



شکل ۹- هدایت الکتریکی نسبی لایه های مختلف M4, M3 و M1 برای آزمایش D₆₀L₆₀.

نتیجه‌گیری کلی

عمق نصب ۲۰ سانتی‌متری، ۵/۷۷ کیلوگرم و برای عمق ۶۰ سانتی‌متری ۵/۸۹ کیلوگرم محاسبه شد. در آرایش M1 به دلیل وجود یک منفذ و تشکیل شدن جریان شعاعی کوتاه‌تر نسبت به آرایش M4، نمک کمتری از زهکش‌ها خارج شده و زمان تعادل کوتاه‌تر شده است. این در حالی است که در آرایش M4 و M3 جریان شعاعی طولانی‌تر و نمک بیشتری از زهکش‌ها خارج می‌شود. متوسط هدایت الکتریکی نسبی آرایش M4، M3 و M1 برای عمق ۲۰ سانتی‌متری از سطح خاک ترسیم شد و نتایج نشان داده که در آرایش M1 جریان شعاعی تأثیر کمتری روی آب زیرزمینی و خروج آن از زهکش‌ها را داشته است. با توجه به نتایج شکل ۸، در آرایش M4 لایه‌های چهارم تا هشتم تحت تأثیر جریان شعاعی ناشی از زهکش قرار گرفته است، در حالی که در آرایش M3 و M1 لایه‌های ششم تا هشتم تحت تأثیر قرار می‌گیرد.

این تحقیق در آزمایشگاه منابع آب دانشگاه بوعلی سینا همدان به منظور بررسی آزمایشگاهی تأثیر آرایش منافذ لوله‌های زهکش بر شوری زه آب خروجی و آب زیرزمینی انجام شد. نتایج این تحقیق نشان داد:

- میزان نمک اندازه‌گیری شده خروجی از زهکش با آرایش چهار منفذی، M4، در فاصله زهکشی ۶۰ سانتی‌متر و عمق ۲۰ سانتی‌متری، برابر با ۸/۱۲ کیلوگرم و در همین فاصله و در عمق ۶۰ سانتی-متری برابر ۹/۶۱ کیلوگرم می‌باشد.
- نمک اندازه‌گیری شده خروجی برای آرایش M3 که به عنوان لوله‌های زهکش با سه روزنه می‌باشد، برای عمق نصب ۲۰ سانتی‌متری، ۶/۳۶ کیلوگرم و برای عمق ۶۰ سانتی‌متری ۶/۸۷ کیلوگرم محاسبه شد.
- نمک اندازه‌گیری شده خروجی برای آرایش M1 که به عنوان لوله‌های زهکش تک روزنه می‌باشد و فقط آب از قسمت بالای لوله وارد آن می‌شود، برای

منابع مورد استفاده

- Alizade A, 2005. Drainage networks (planning, design and management of drainage system. Publication of Imam Reza University.
- Aslani F, Sadredini S, Fakherifard A and Ghorbani M, 2010. Estimation of proper depth and distance of subsurface drainage based on the quality of drainage water. *Iranian Journal of Soil and Water Research* 2(41): 139-146.
- Ayars JE, Christen EW and Hornbuckle JW, 2006. Controlled drainage for improved water management in arid regions irrigated agriculture. *Agricultural Water Management* 86: 128-139.
- Breve MA, Skaggs RW, Parsons JE and Gilliam JW, 1998. Using the DRAINMOD-N model to study effects of drainage system design and management on crop productivity, profitability and NO₃ -N losses in drainage water. *Agricultural Water Management* 35: 227-243.
- Deverall JS and Fio JL, 1990. Ground-water flow and solute movement to drain laterals, Western San Joaquin Valley, California. *Water Resources Research* 27: 233-246.
- Eliot A, Estella A, Rebecca SD, Dale W and Franklyn D, 2004. The relationship of total dissolved solids measurements to bulk electrical conductivity in an aquifer contaminated with hydrocarbon. *Journal of Applied Geophysics* 56: 281-294.
- Grismer ME, 1993. Subsurface drainage system design and drain water quality. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering* 119(3): 537-543.
- Hamzeh S, Naseri A, Jafari S and Kashkouli H, 2011. The effect on drainage system terraced on the quantity and quality of drainage water output from farm and reduce environmental impact. Third National Conference on Management of Irrigation and Drainage Networks Shahid Chamran University Faculty of Engineering Water Science.
- Hornbuckle JW, Christen EW and Faulkner RD, 2007. Evaluating a multi-level subsurface drainage system for improved drainage water quality. *Agricultural Water Management* 89: 208-216.
- Idris B, Nazmi D, Ali FT, Ahmet IA and Bulent S, 2007. Water and salt balance studies, using SaltMod, to improve subsurface drainage design in the Konya-Cumra Plain, Turkey. *Agricultural Water Management* 85: 261-271.
- Mahjoubi A, Naseri A, Hooshmand A and Broomandnasab S, 2013. Effect of controlled drainage on soil salinity, irrigation management and sugarcane yield an Imam Khomeini plantation. *Journal of Agricultural Engineering Research* No 4, Vol 13, page 25-40.
- Nazari B, Liaghat A, Parsinejad M and Naseri A, 2008. Optimization of subsurface drainage depth with economic and environmental considerations. 5 th Drainage and Environment Engineering Workshop, Iranian National Committee on Irrigation and Drainage, page 1-7.
- Ninghu S, Bethune M, Mann L and Heuperman A, 2005. Simulating water and salt movement in tile drained fields irrigated with saline water under a Serial Biological Concentration managements cenario. *Agricultural Water Management* 78: 165-180.
- Nozary H, Liaghat A and khayat kholghi M, 2009. Simulation of water and salt inflow in subsurface Drainage Systems, using system dynamics. *Iranian Journal of Irrigation and Drainage* 2(3):28-34.
- Ruijun Ma, McBratney A, Whelan B, Minasny B and Short M, 2011. Comparing temperature correction models or soil electrical conductivity measurement. *Precision Agriculture* 12: 55-66.
- Shakyba M, liyaghat A and Mirzaee F, 2013. The effect of the depth of the water table and discharge of drainage water on the depth and quality of groundwater mixing the output of the in vitro model. *Journal of Irrigation and Drainage* 2(7):122-132.
- Soleimani M, Parsinejad M and Nouri H, 2013. Estimating subsurface drainage network installation costs, case study Behshahr. *Watershed management research (Pajouhesh & Sazandegi)* 98:34-41.