

## بررسی آزمایشگاهی تغییرات شوری زه‌آب در فواصل و اعماق مختلف زهکش در حضور آب زیرزمینی شور

حامد نوذری<sup>1\*</sup>، عادل زالی<sup>2</sup>، سعید آزادی<sup>3</sup>

تاریخ پذیرش: 94/12/15

تاریخ دریافت: 93/08/10

<sup>1</sup> - استادیار گروه علوم و مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا همدان

<sup>2</sup> - دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه علوم و مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا همدان

<sup>3</sup> - دانشجوی دکتری مهندسی منابع آب گروه علوم و مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا همدان

\* مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: [hanozari@yahoo.com](mailto:hanozari@yahoo.com)

### چکیده

هدف از انجام این تحقیق، تعیین روند تغییرات شوری زه‌آب کشاورزی در فواصل مختلف نصب زهکش در طول زمان، در عمق‌ها و دبی‌های مختلف می‌باشد. جهت انجام این تحقیق، از یک مدل آزمایشگاهی با ابعاد 1/8 در 1 در 1/2 متر استفاده شد. زهکش‌ها در عمق‌های 20، 40 و 60 سانتی‌متری با فواصل 180، 90 و 60 سانتی‌متر نصب و آزمایش‌ها برای دبی‌های 0/14، 0/11 و 0/07 لیتر بر ثانیه انجام شد. شوری آب زیرزمینی و آب آبیاری به ترتیب 65 و 0/32 دسی‌زیمنس بر متر انتخاب شد. نتایج نشان داد که در تمامی موارد شوری زه‌آب خروجی، با گذشت زمان کاهش می‌یابد و هر چه فاصله لوله‌های زهکش افزایش یابد، شوری زه‌آب خروجی نسبت به فواصل دیگر زهکشی، افزایش و زمان به تعادل رسیدن شوری زه‌آب خروجی افزایش خواهد یافت. همچنین نتایج نشان داد که هر چه فاصله، عمق و دبی زهکش کمتر شود میزان تأثیر کیفیت آب زیرزمینی بر کیفیت زه‌آب خروجی کمتر می‌شود.

واژه‌های کلیدی: دبی، زمان تعادل، زهکش زیرزمینی، محیط‌زیست، هدایت الکتریکی

## Experimental Study of Drainage Water Salinity Changes at Intervals and Various Depths of Drain in the Presence of Saline Groundwater

H Nozari<sup>1\*</sup>, A Zali<sup>2</sup>, S Azadi<sup>3</sup>

Received: 01 November 2014

Accepted: 05 March 2016

<sup>1</sup>- Assist. Prof., Water Sci. Eng. Dept., Faculty of Agric., Bu-AliSina University, Iran

<sup>2</sup>- M.Sc. Student, Water Sci. Eng. Dept., Faculty of Agric., Bu-AliSina University, Iran

<sup>3</sup>- Ph.D Student, Water Sci. Eng. Dept., Faculty of Agric., Bu-AliSina University, Iran

\*Corresponding Author, Email: hanozari@yahoo.com

### Abstract

The purpose of this study was to determine the trend of agricultural drainage water salinity changes in outflow of the different spacings and depths, during the study time periods. In this research, an experimental box model was used with dimensions of 1.8×1×1.2 meters. The Drains at the depths of 20, 40 and 60 cm and spacings of 180, 90 and 60 cm, were installed in the box model and examined for the discharges of 0.14, 0.11 and 0.07 lit/sec. Groundwater and irrigation water salinities were chosen as 65 and 0.32 dS m<sup>-1</sup>, respectively. The results showed that in all drains the outflow water salinity was changed with time in a decreasing trend. With increasing the drains spacing, the amount of output water salinity increased and this increased the time to reach balance. The results showed that when the spacing, depth and discharge flow rate of drains were decreased, the effect of ground water on drain water was decreased.

**Keywords:** Balance time, Discharge, Electrical conductivity, Environment, Subsurface drain

### مقدمه

بخشند، اثر بیشتری دارند. گذشت زمان، افزایش سطح اراضی فاریاب و متناسب با آن افزایش سطح زمین‌های زهکشی شده، نمایان شدن آلودگی‌های زه‌آب و گرایش بیشتر مردم به سوی حفاظت محیط‌زیست موجب شد که نظر بسیاری از پیشروان دانش و دوست‌داران محیط‌زیست به زهکشی منفی شود. امروزه زهکشی نقش بسیار گسترده‌تری پیدا کرده است، به طوری که هدف آن فقط خارج ساختن آب اضافی از زمین نیست بلکه مسائلی مانند احیاء یا شیرین کردن اراضی، مدیریت آب، مسائل مربوط به حفاظت محیط‌زیست و یا کیفیت آب نیز از جمله وظایفی است که در اجرای زهکشی مدنظر قرار می‌گیرند (علیزاده 1384). به طور کلی هدف از زهکشی به‌عنوان بخشی از

نیاز به زهکشی یک مسأله پویا است. زیرا آمار موجود نشان می‌دهد که در مقیاس جهانی حدود دو - سوم اراضی دیم دارای زهکش طبیعی بوده و احتیاج به پیاده کردن طرح‌های زهکشی در آنها نیست ولی یک سوم این اراضی به‌طور مفرط نیاز به زهکشی دارند (اسمیدما و همکاران 2000). لذا با توجه به افزایش جمعیت و گسترش کشاورزی برخی از اراضی نیاز به زهکشی پیدا خواهند کرد. دست‌اندرکاران زهکشی در گذشته چنین می‌پنداشتند که هر چه زهکش‌ها بتوانند آب اضافی و نمک بیشتری را خارج کنند و تهویه خاک را بهبود

به 1/5 متر کاهش داده شود و البته با توجه به اهمیت موضوع انجام مطالعات مزرعه‌ای جامع در این خصوص ضروری است. همچنین نتایج نشان می‌دهد که تأثیر عمق نصب زهکش بر عملکرد گیاه نیشکر روندهای متفاوتی دارد. این مسئله خاطر نشان می‌سازد که همواره افزایش عمق نصب زهکش موجب افزایش یکنواخت عملکرد گیاه نخواهد شد. طبق نتایج DRAINMOD-S، با افزایش عمق نصب زهکش‌ها از 100 سانتی‌متر به 210 سانتی‌متر تخلیه سالانه نمک از زهکش‌ها از 67/4 تن بر هکتار به 102/5 تن بر هکتار افزایش داشته است. ابراهیمیان و همکاران (1387) شاخص‌های مورد استفاده در طراحی سیستم زهکشی زیرزمینی را مورد ارزیابی قرار دادند. آنها به این نتیجه رسیدند که مقدار متوسط ضریب عکس‌المعمل واقعی مزرعه 0/08 و بیشتر از مقدار در نظر گرفته شده در مرحله طراحی (0/04) است درحالی که مقدار متوسط آبدی و ویژه محاسبه شده 5/7 درصد و کمتر از مقدار در نظر گرفته شده در هنگام طراحی (7/7 درصد) است. فاصله زهکش‌ها از یکدیگر بر اساس نتایج به دست آمده بین 30 تا 39 متر تخمین زده شد که از فاصله زهکش‌های اجرا شده (75 متر) کمتر است. پناهی و همکاران (1389) به این نتیجه رسیدند که وقتی آب آبیاری دارای کیفیت بهتری نسبت به آب زیرزمینی می‌باشد، در اثر اختلاط آب آبیاری و آب زیرزمینی، گذشت زمان غلظت شوری آب زیرزمینی کاهش می‌یابد و به شوری آب آبیاری نزدیک‌تر می‌شود. اما رفتار تغییرات شوری و زمان رسیدن به تعادل در لایه‌های مختلف متفاوت است و هر چه عمق آب زیرزمینی بیشتر شود زمان رسیدن به تعادل طولانی‌تر می‌شود.

مویرهد و همکاران (1996) در تحقیقی نشان دادند که در یک خاک رسی زهکش‌های کم‌عمق با فواصل کم کارآیی بهتری از زهکش‌های عمیق با فواصل زیاد دارند، این مزیت بیشتر به دلیل تخلیه سریع آب اضافی از منطقه ریشه بوده و در ضمن بار نمک خروجی به صورت معنی‌داری کمتر بود و تنها در حدود 10 درصد بار نمک زهکش-

مدیریت آب کشاورزی، افزایش رشد محصولات و حفظ حاصلخیزی خاک می‌باشد.

دفع زه‌آب‌های حاصل از زهکشی اراضی کشاورزی که معمولاً کیفیت بسیار نامطلوبی دارند بسیار مشکل می‌باشد. رها نمودن زه‌آب‌های آلوده و با کیفیت پایین در آب‌های سطحی پایین‌دست، گزینه‌ای معمول برای دفع زه‌آب‌ها می‌باشد اما این گزینه

نمی‌تواند راه حل مناسبی باشد. دشواری و حساسیت مسأله، با وجود دو هدف هم‌زمان افزایش عملکرد و حفظ محیط زیست، دو چندان می‌شود. عدم دستیابی به راه حل مناسب، موجب از بین رفتن و به خطر افتادن اراضی کشاورزی خواهد شد (مانگورا و گارسیا 1997). بنابراین قبل از برنامه‌ریزی و اجرای طرح‌های زهکشی لازم است اثرات زیست‌محیطی آن ارزیابی و مورد مطالعه قرار گیرد. دهقانیان و همکاران (1389) به منظور تعیین فرمول‌های مناسب، جهت محاسبه فاصله زهکش‌های زیرزمینی در شهرستان مرودشت استان فارس تحقیقی انجام دادند. آنها تیمارهای زهکش زیرزمینی شامل فواصل 25، 50 و 75 متری، به طول 150 متر در عمق 1/85 متری از سطح خاک را اجرا کردند. نتایج تحقیق آنها نشان داد که فرمول‌های دام با 11/25 درصد و گلور با 13/8 درصد متوسط انحراف از فاصله واقعی زهکش‌های زیرزمینی بهترین کارآیی را دارا هستند. همچنین در این منطقه فاصله 75 متر برای زهکش‌های زیرزمینی قابل توصیه است. نظری و همکاران (1387) با استفاده از مدل DRAINMOD-S، عملکرد سیستم زهکشی، عملکرد محصول (نیشکر) و بار نمک زه‌آب، اثر عمق زهکش بر کارآیی اقتصادی و زیست‌محیطی سیستم زهکشی واحد امیر کبیر را مورد بررسی قرار دادند. نتایج این مطالعه نشان داد عمق نصب زهکش در منطقه مورد مطالعه بایستی از حد کنونی آن (2 متر)

بدون افزایش نمک خروجی از زهکش فراهم می‌کند. از طرف دیگر شوری زه‌آب در زهکش‌های کم‌عمق نسبت به زهکش‌های عمیق بسیار کمتر بوده است که نشان دهنده افزایش شوری خاک با عمق است.

با بررسی مطالعات صورت گرفته می‌توان گفت، مطالعات زیادی راجع به اثر عمق و فاصله زهکش‌ها بر کمیت و کیفیت زه‌آب خروجی صورت گرفته است ولی مطالعه راجع به اثر کیفیت آب زیرزمینی بر کیفیت زه‌آب خروجی و همچنین تغییرات کیفیت زه‌آب خروجی و آب زیرزمینی نسبت به زمان کمتر مورد توجه قرار گرفته است. همچنین تأثیر عمق و فاصله نصب زهکش روی کیفیت زه‌آب خروجی نسبت به زمان و زمان به تعادل رسیدن زه‌آب با آب آبیاری که یکی از موارد بسیار مهم در مدیریت زه‌آب‌ها می‌باشد بررسی نشده است. مطالعات نشان می‌دهد که پروژه‌های متعددی در دست اجرا می‌باشد که بعد از بهره‌برداری، حجم قابل توجهی زه‌آب تولید خواهند نمود و مدیریت زه‌آب‌های تولید شده، با توجه به کیفیت آنها، بسیار ضروری می‌باشد. روش‌های مختلفی نیز برای کنترل و مدیریت این‌گونه زه‌آب‌ها وجود دارد که می‌توان به اختلاط آنها با آب آبیاری، تخلیه به رودخانه به حدی که به کیفیت آب رودخانه صدمه نزند، تخلیه به حوضچه‌های تبخیر اشاره نمود. انتخاب هر یک از این روش‌ها یا ترکیبی از آنها و تعیین سهم زه‌آب خروجی به هر یک از این روش‌ها بسیار مشکل است، زیرا کیفیت زه‌آب خروجی در حال تغییر است و این امر تصمیم‌گیری را مشکل می‌نماید. بنابراین به‌منظور اعمال مدیریت صحیح روی زه‌آب‌های تولید شده باید کمیت و کیفیت آنها در طول بازه مدیریتی تعیین گردد. لذا هدف از انجام این تحقیق، بررسی روند تغییرات شوری زه‌آب خروجی در فواصل و اعماق مختلف نصب لوله زهکش و در حضور آب زیرزمینی بسیار شور می‌باشد.

های عمیق می‌باشد. اسکگز و چشیر (1999) از مدل DRAINMOD برای شبیه‌سازی سیستم زهکشی در 17 فاصله زهکشی (از 5 تا 300 متر) و در پنج عمق زهکش (0/75، 1، 1/25، 1/5 و 1/75 متر)، در یک دوره 40 ساله از 1951 تا 1990 استفاده نمودند. نتایج مدل در این مطالعه نشان داد است که به‌طور کلی با افزایش فواصل زهکش‌ها و با کاهش عمق نصب زهکش‌ها عملکرد گیاه کاهش داشته است. آدریس و همکاران (2007) مطالعاتی را درباره تعادل بخشی بین آب و نمک با استفاده Saltmod جهت بهبود طراحی زهکشی زیرسطحی در دشت عمره ترکیه انجام دادند. در این مطالعه تأثیر شیوه‌های آبیاری و زهکشی در منطقه ریشه، بر روی شوری و میزان تخلیه مورد بررسی قرار گرفت. نتایج شبیه‌سازی نشان داد که راندمان آبشویی 0/7 و زهکشی طبیعی در منطقه آزمایش 0/120 متر در هر سال است. با در نظر گرفتن عمق 1/2 متر برای زهکش‌ها 80 درصد خاک شوری با هدایت الکتریکی 2/71 و 2/72 دسی‌زیمنس بر متر در پایان دوره 10 ساله خواهد بود که عمق تخلیه در منطقه آزمایش 1/5 متر است. همچنین در تحقیقی که توسط هورنباکل و همکاران (2007) در استرالیا انجام شد دو سیستم زهکشی چند سطحی<sup>1</sup> و تک سطحی<sup>2</sup> از لحاظ کیفیت زه‌آب خروجی با هم مقایسه شدند. در این مطالعه سیستم تک سطحی زهکش‌ها در عمق 1/8 متر و به فاصله 20 متر از یکدیگر و سیستم زهکشی چند سطحی شامل زهکش‌های کم عمق (با عمق 75 سانتی‌متر و با فواصل 3/3 متر) و زهکش‌های عمیق (با عمق 1/8 متر و با فاصله 20 متر) قرار گرفتند. نتایج نشان داد که سیستم زهکشی چند سطحی شستشوی سریع‌تری را از ناحیه ریشه

<sup>1</sup> Multi-level drainage

<sup>2</sup> Single level drainage

## مواد و روش‌ها مدل آزمایشگاهی

برای انجام این تحقیق یک مدل فیزیکی به-شکل مکعب مستطیل، در آزمایشگاه هیدرولیک گروه مهندسی آب دانشگاه بوعلی سینا همدان طراحی و ساخته شد. این مدل به ابعاد  $1/8$  متر طول،  $1$  متر عرض و  $1/2$  متر ارتفاع می‌باشد (شکل 1). از لوله‌های خرطومی پلاستیکی به قطر  $30$  میلی‌متر و طول  $100$  سانتی‌متر به‌عنوان لوله‌های زهکش زیرزمینی موج‌دار استفاده شد. لوله‌های مذکور در سه عمق  $20$ ،  $40$  و  $60$  سانتی‌متری از سطح خاک و با فواصل  $60$ ،  $90$  و  $180$  سانتی‌متر در محل خود نصب شدند. برای جلوگیری از مسدود شدن سوراخ لوله زهکش‌ها، از یک توری پلاستیکی به قطر منفذ  $1$  میلی‌متر به‌عنوان پوشش اطراف لوله استفاده شد.



شکل 1- نمای کلی از مدل آزمایشگاهی.

به منظور بررسی کمیت و کیفیت زه‌آب و نمک خروجی و با توجه به این‌که مدت زمان طولانی لازم است تا شوری آب زیرزمینی به شوری آب آبیاری نزدیک شود، در انجام آزمایش‌ها از خاکی با

بافت شنی با نفوذپذیری  $2$  میلی‌متر، هدایت الکتریکی  $0/3$  دسی‌زیمنس بر متر و با هدایت هیدرولیکی نسبتاً بالا استفاده شد.

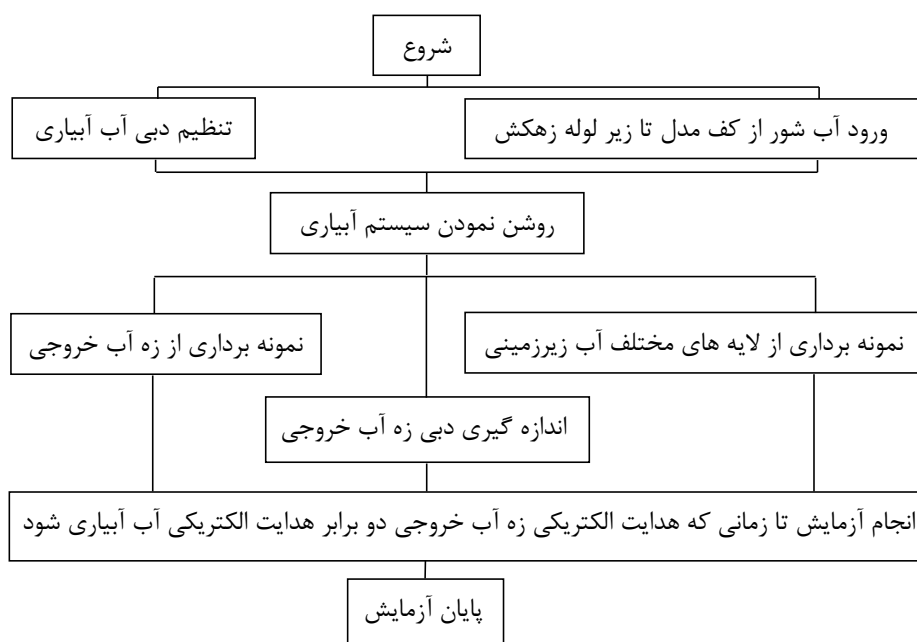
برای انجام آبیاری در قسمت فوقانی مدل از یک سیستم آبیاری سطحی استفاده شد. جهت اندازه‌گیری دبی ورودی به سیستم آبیاری از روش حجمی، و برای ثابت نگه داشتن دبی ورودی از یک منبع با بار ارتفاعی ثابت استفاده شد.

به‌منظور انجام آزمایش‌ها، ابتدا ترکیب فاصله و عمق مورد نظر برای لوله‌های زهکش انتخاب و برای انتقال آب با شوری  $65$  دسی‌زیمنس بر متر برای آب زیرزمینی، آب شور از یک مخزن به کف مدل پمپاژ می‌شد، تا سطح آب زیرزمینی هم‌تراز با لوله‌های زهکش شود. پس از آن آبیاری با شوری  $0/32$  دسی‌زیمنس بر متر از قسمت فوقانی مدل و به‌کمک سیستم آبیاری طراحی شده صورت گرفت. اندازه‌گیری به محض خروج زه‌آب از زهکش شروع و تا زمانی که غلظت زه‌آب خروجی به دو برابر شوری آب آبیاری برسد ادامه یافت. شکل 2 الگوریتم نحوه انجام آزمایش‌ها را نشان می‌دهد.

به‌عنوان نمونه جهت انجام آزمایش با عمق نصب زهکش  $20$  سانتی‌متر، فاصله  $60$  سانتی‌متر و دبی آب آبیاری  $0/14$  لیتر بر ثانیه، ابتدا شرایط مذکور را تنظیم کرده و سپس سیستم آبیاری سطحی شروع به کار می‌کرد. بعد از شروع به کار سیستم آبیاری، مدت زمانی طول می‌کشید تا زه‌آب از زهکش خارج شود به محض خارج شدن زه‌آب، اندازه‌گیری شروع می‌شد. زمانی که دبی به حد ثابتی رسید و جریان ماندگار برقرار شد دبی زهکش به-روش حجمی و با استفاده از استوانه مدرج و اندازه‌گیری زمان انجام شد. زمان پایان آزمایش، زمان به تعادل رسیدن زه‌آب خروجی (حدود دو برابر شوری آب آبیاری) بود. در انتهای هر آزمایش هدایت الکتریکی نمونه‌ها به کمک دستگاه  $EC$  متر قرائت می‌شد. پس از اتمام هر آزمایش نیز عمل آبشویی با آب آبیاری و با استفاده از دو شیر خروجی که در کف مدل نصب شده بود انجام می‌شد و

انجام می‌شد. آزمایش‌های دیگر نیز به همین صورت و برای فاصله‌های زهکشی 90 و 180 سانتی‌متری و عمق‌های زهکشی 40 و 60 سانتی‌متر با دبی‌های 0/14، 0/11 و 0/07 لیتر بر ثانیه تکرار گردید.

آبشویی تا زمانی ادامه پیدا می‌کرد تا شوری خروجی از کف مدل با شوری آب آبیاری برابر شود. سپس با ثابت نگه داشتن عمق و فاصله زهکش، دبی آب آبیاری را به 0/11 لیتر بر ثانیه کاهش داده شده، سپس آزمایش مانند آزمایش قبلی



شکل 2- الگوریتم نحوه انجام آزمایش‌ها.

می‌باشد. با محاسبه میزان حجم آب خروجی می‌توان مقدار نمک را بر حسب کیلوگرم به دست آورد.

### نتایج و بحث

#### تأثیر فاصله زهکش بر زه‌آب خروجی

شکل 3 تغییرات هدایت الکتریکی زه‌آب خروجی را برای دبی‌ها و فواصل مختلف زهکش در عمق نصب 20 سانتی‌متر نشان می‌دهد. با توجه به این شکل، هدایت الکتریکی زه‌آب خروجی در تمامی حالات نسبت به زمان کاهش می‌یابد. میزان هدایت الکتریکی زه‌آب اولیه برای دبی 0/14 لیتر بر ثانیه در فاصله‌های 60، 90 و 180 سانتی‌متر به ترتیب برابر با 16/27، 19/77 و 22/68 دسی‌زیمنس بر متر و برای دبی 0/11 لیتر بر ثانیه برابر با 17/45، 21/34 و 24/18 دسی‌زیمنس بر متر و

به‌منظور محاسبه هدایت الکتریکی در دمای 25 درجه سانتی‌گراد ( $EC_{25}$ )، از رابطه زیر استفاده شد (رویجان و همکاران 2011).

$$EC_{25} = EC_t - 0.02 (t - 25) \quad EC_t \quad [1]$$

$EC_t$  هدایت الکتریکی قرائت شده در دمای  $t$  می-

باشد.

برای محاسبه مقدار شوری خروجی از هر زهکش بر حسب کیلوگرم نیز از رابطه تجربی زیر استفاده شد (الیوت و همکاران 2004):

$$TDS = 800 \cdot EC \quad [2]$$

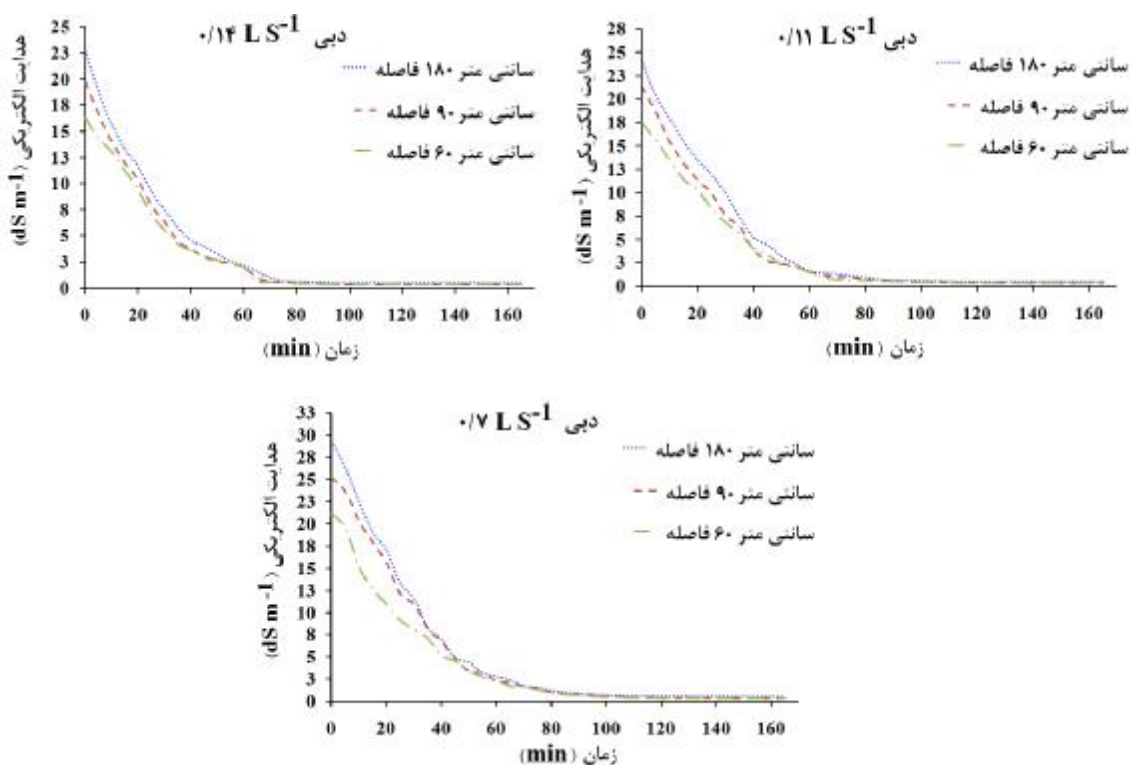
که در آن  $EC$  بر حسب دسی‌زیمنس بر متر و

باقی‌مانده خشک (TDS)<sup>3</sup> بر حسب میلی‌گرم بر لیتر

<sup>3</sup>Total dissolve salinity: TDS

طولانی‌تر شدن طول خطوط جریان شعاعی می‌شود، که این امر باعث مشارکت بیشتر آب زیرزمینی شور در زه‌آب خروجی می‌شود. مقدار زمان تعادل برای هر یک از عمق‌ها و فاصله‌ها در جدول 1 ارائه شده است. در همین راستا نوذری و همکاران (1388) نیز حرکت آب و نمک را در سامانه زهکشی زیرزمینی با روش تحلیل پویایی سیستم شبیه‌سازی کردند. نتایج شبیه‌سازی آنها نشان داد که هر چه شوری لایه‌های پایین زهکش بیشتر باشد، زمان رسیدن به تعادل افزایش می‌یابد.

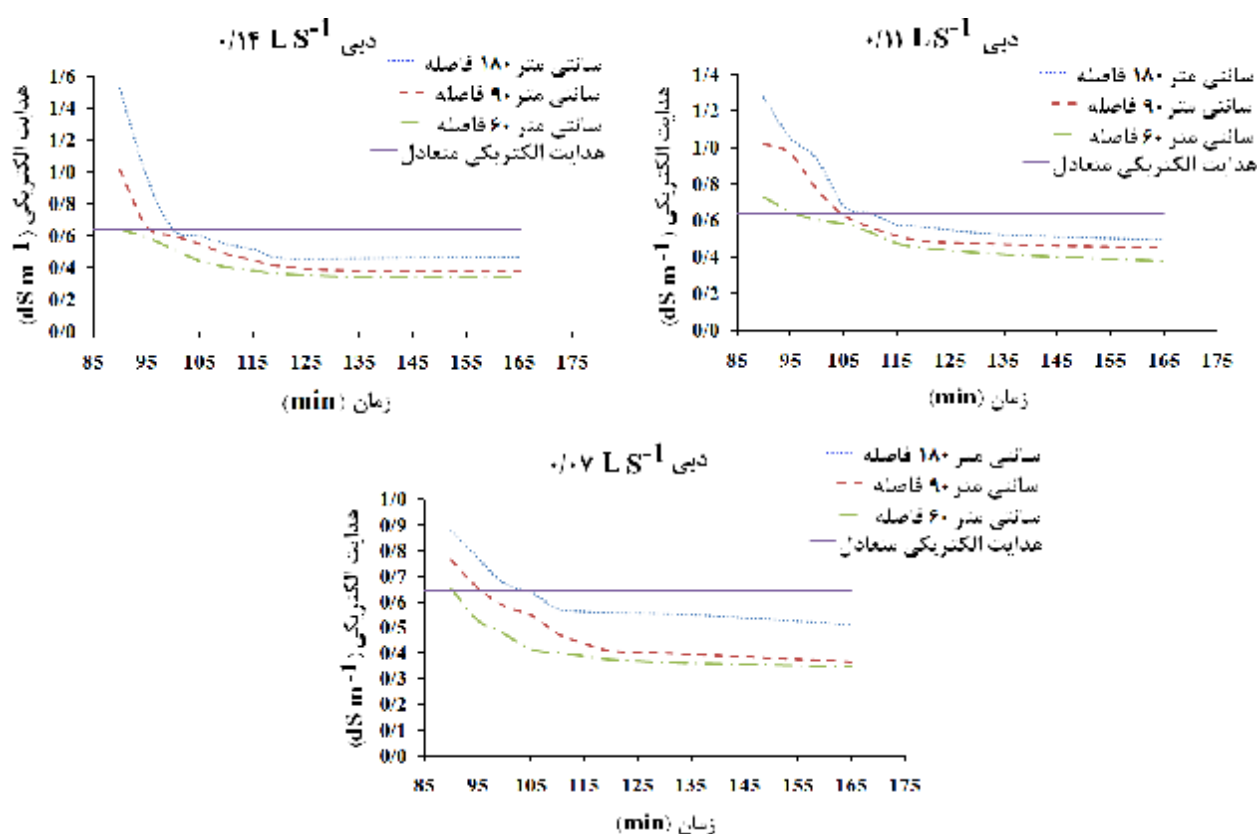
برای دبی 0/07 لیتر بر ثانیه برابر با 21/15، 25/21 و 29/37 دسی‌زیمنس بر متر می‌باشد. ملاحظه می‌شود که هر چه فاصله زهکش‌ها بیشتر باشد، میزان هدایت الکتریکی زه‌آب خروجی نیز بیشتر است. از سوی دیگر، مدت زمان به تعادل رسیدن شوری زه‌آب خروجی نیز نسبت به عمق، فاصله و دبی زهکش متغیر می‌باشد. ملاحظه می‌شود که در یک دبی و عمق ثابت، با افزایش فاصله زهکشی، مدت زمان رسیدن به تعادل افزایش می‌یابد. در بیان علت آن می‌توان گفت که افزایش فاصله زهکش، باعث کاهش حجم زه‌آب خروجی و همچنین



شکل 3- تغییرات هدایت الکتریکی در فواصل و دبی‌های مختلف برای عمق 20 سانتی‌متر.

زمان تعادل، محور زمان با مقیاس بزرگتری ترسیم شده‌است.

شکل 4 زمان به تعادل رسیدن شوری زه‌آب خروجی با آب آبیاری را برای هر یک از شرایط فوق نشان می‌دهد. لازم به ذکر است به منظور نمایش بهتر



شکل 4- زمان به تعادل رسیدن هدایت الکتریکی زه آب خروجی.

نمک خروجی از زهکش افزایش می یابد. دلیل کاهش کیفیت زه آب خروجی را می توان این گونه بیان کرد که با افزایش فاصله زهکش، بار آبی ایجاد شده نیز افزایش می یابد. این افزایش بار آبی، باعث طولانی تر شدن طول خطوط جریان آب و نفوذ جریان به اعماق پایین آب زیرزمینی می شود. لذا با کاهش فاصله زهکش ها می توان تا حدی مانع از خارج شدن زه آب با کیفیت پایین شد، اما کاهش فاصله باعث افزایش هزینه اجرای سیستم زهکشی نیز می شود که در طراحی باید مورد بررسی قرار گیرد.

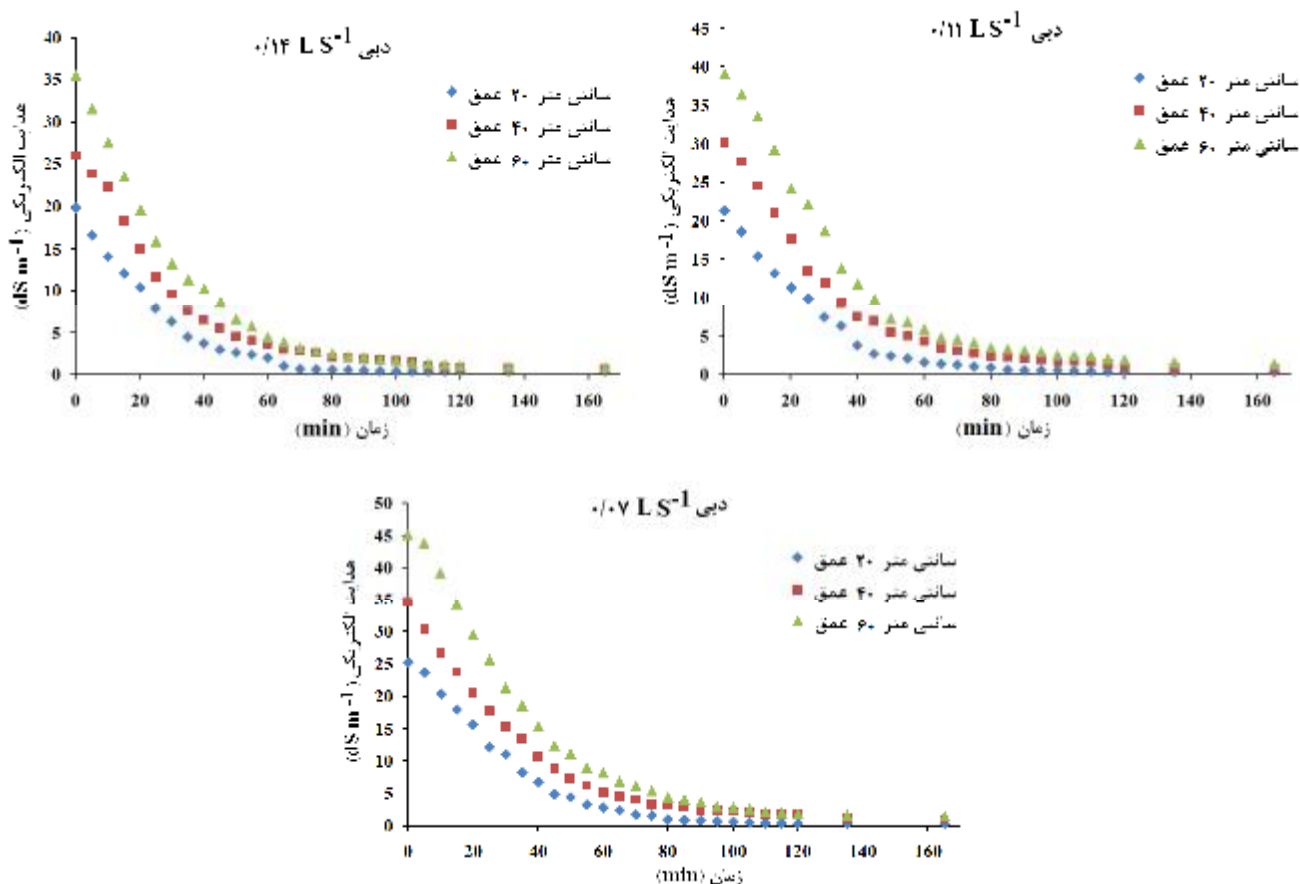
همچنین با افزایش عمق نصب زهکش، شوری زه آب خروجی افزایش می یابد. در بیان علت آن نیز می توان گفت که با افزایش عمق نصب زهکش، میزان بار آبی روی لوله های زهکش افزایش یافته، در نتیجه جریان شعاعی از عمق بیشتری املاح را به سمت لوله های زهکش هدایت می کند.

#### تاثیر عمق نصب زهکش در زه آب خروجی

شکل 5 تغییرات هدایت الکتریکی زه آب خروجی را نسبت به زمان در دبی ها و اعماق مختلف نصب زهکش نشان می دهد. با توجه به این شکل میزان شوری اولیه زه آب خروجی (دبی 0/14 لیتر بر ثانیه) در عمق های 20، 40 و 60 سانتی متر به ترتیب برابر با 19/77، 25/98 و 35/5 دسی زیمنس بر متر می باشد. ملاحظه می شود که در تمامی حالات شوری زه آب در طول زمان در حال کاهش بوده و با افزایش عمق زهکش، میزان شوری خروجی افزایش می یابد. مدت زمان لازم برای به تعادل رسیدن شوری زه آب خروجی نیز با افزایش عمق زهکش، افزایش می یابد (جدول 1).

با توجه به نتایج به دست آمده می توان گفت، در یک دبی و عمق ثابت زهکش، با افزایش فاصله زهکش، کیفیت زه آب خروجی کاهش یافته و مقدار





شکل 5- تغییرات هدایت الکتریکی زه‌آب خروجی برای فاصله 90 سانتی‌متر در اعماق و دبی‌های مختلف.

عمق زهکش، میزان تخلیه املاح از این ناحیه سریع‌تر صورت می‌گیرد و هدایت الکتریکی آب زیرزمینی نسبت به زمان سریع‌تر کاهش می‌یابد.

#### نتیجه‌گیری کلی

نتایج این تحقیق نشان داد:

- در هر فاصله و دبی ثابت، با افزایش عمق زهکش، مقدار شوری زه‌آب خروجی افزایش می‌یابد.
  - در هر عمق و دبی ثابت، با افزایش فاصله زهکش، شوری زه‌آب خروجی افزایش می‌یابد.
- دلیل کاهش کیفیت زه‌آب خروجی در شرایط مذکور را می‌توان این‌گونه بیان کرد که با افزایش فاصله و عمق زهکش، بار آبی ایجاد شده بین لوله‌های زهکش نیز افزایش پیدا می‌کند. این افزایش بار آبی، باعث طولانی‌تر شدن طول خطوط جریان آب و نفوذ آن به اعماق پایین‌تر

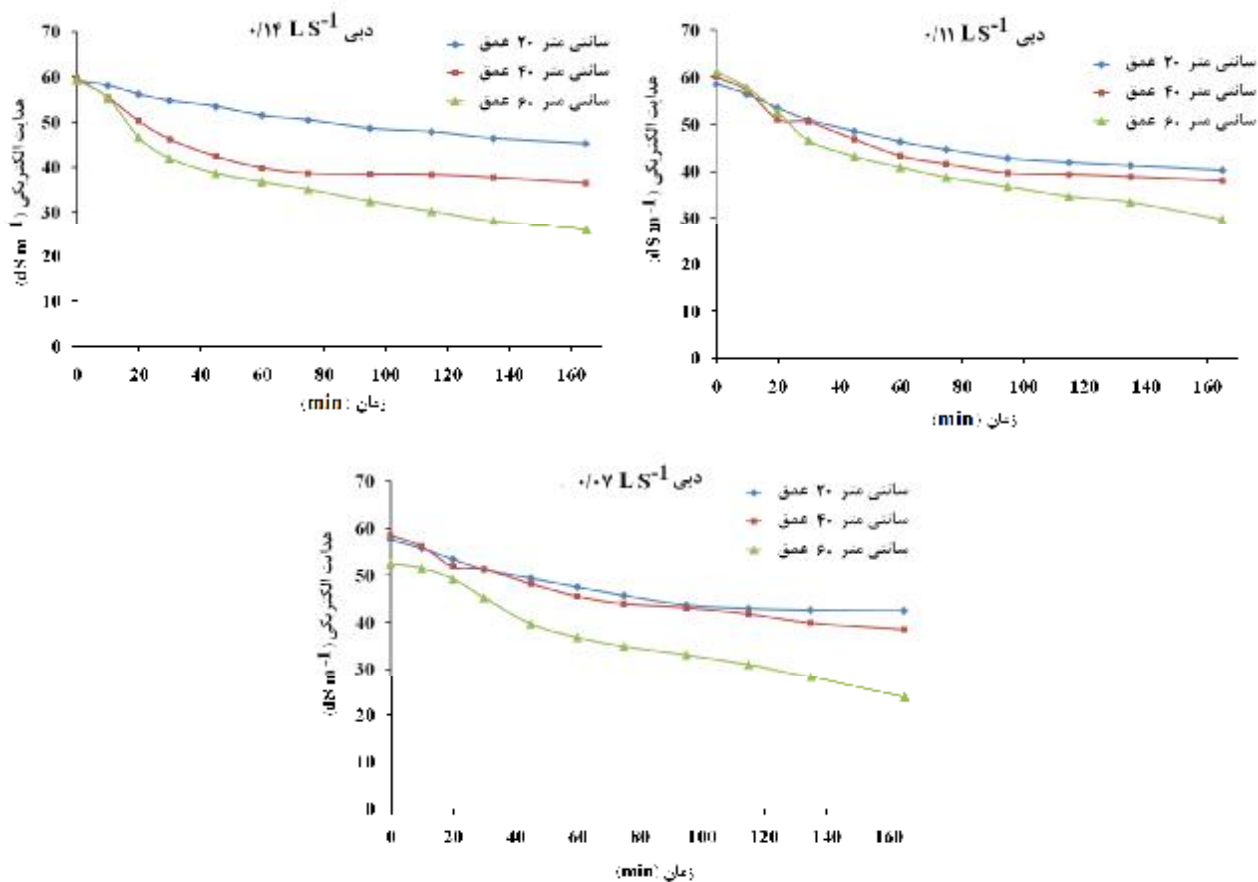
نتایج این تحقیق با نتایج رضی و همکاران (1391) همخوانی دارد. این محققان نشان دادند که بیشینه هدایت الکتریکی آب خروجی با افزایش عمق نصب زهکش‌ها افزایش می‌یابد. در نتیجه با کاهش عمق نصب زهکش‌ها می‌توان کیفیت آب خروجی را بهبود بخشید. در همین راستا حمزه و همکاران (1389) در بررسی تاثیر زهکش‌های مطبق بر کمیت و کیفیت زه‌آب خروجی به این نتیجه رسیدند که با افزایش عمق نصب زهکش‌ها، به دلیل افزایش میزان شوری خاک و آب زیرزمینی، میزان شوری خروجی از زهکش‌ها افزایش می‌یابد.

شکل 6 تغییرات هدایت الکتریکی آب زیرزمینی را برای سه عمق نصب 20، 40 و 60 سانتی‌متر و دبی‌های 0/14، 0/11 و 0/07 لیتر بر ثانیه نشان می‌دهد. ملاحظه می‌شود که با افزایش

آب زیرزمینی شور می‌شود. و با توجه به سهم مشارکت آب زیرزمینی در خروج آب از زهکش، کیفیت زه‌آب خروجی کاهش می‌یابد. نتایج این تحقیق با نتایج محققین دیگر مانند رضی و همکاران (1391) و حمزه و همکاران (1389) همخوانی دارد.

جدول 1- مقادیر زمان تعادل برای دبی‌ها، اعماق و فاصله‌های مختلف نصب زهکش.

عمق (cm)	دبی ( $L S^{-1}$ )	فاصله (cm)	نمک (Kg)	هدایت الکتریکی ( $dS m^{-1}$ )	زمان تعادل (min)
		180	4/12	22/68	75
	0/14	90	3/67	19/77	70
		60	3/27	16/27	65
		180	3/82	24/18	90
20	0/11	90	3/26	21/34	85
		60	2/89	17/45	75
		180	2/997	39/37	105
	0/07	90	2/76	25/21	95
		60	2/21	21/15	90
		180	6/25	31/79	165
	0/14	90	6/01	25/98	165
		60	4/49	21/59	135
		180	6/03	36/50	165
40	0/11	90	5/6	30/25	165
		60	4/39	25/84	165
		180	4/95	40/23	165
	0/07	90	4/3	34/69	165
		60	3/36	27/30	165
		180	9/09	39/65	165
	0/14	90	8/09	35/50	165
		60	6/53	30/25	165
		180	8/89	43/44	165
60	0/11	90	7/99	39/12	165
		60	5/9	32/51	165
		180	7/03	50/31	165
	0/07	90	6/13	45/19	165
		60	4/5	34/86	165



شکل 6- تغییرات هدایت الکتریکی زیر زهکش تا لایه غیر قابل نفوذ برای فاصله 180 سانتی‌متر.

شور از لایه‌های پایین‌تر، در زه‌آب خروجی زهکش‌ها می‌شود. همین امر باعث تاثیر بیشتر شوری آب آبیاری بر شوری آب زیرزمینی شده و املاح زیرزمینی سریع‌تر تخلیه می‌شوند. لذا کیفیت آب زیرزمینی سریع‌تر بهبود می‌یابد.

- مدت زمان به تعادل رسیدن شوری زه‌آب خروجی نیز نسبت به عمق، فاصله و دبی زهکش متغیر می‌باشد. در یک دبی و عمق ثابت، با افزایش فاصله زهکشی، مدت زمان رسیدن به تعادل افزایش می‌یابد.

- افزایش عمق و فاصله زهکش، باعث افزایش طول خطوط جریان شعاعی و مشارکت آب زیرزمینی

#### منابع مورد استفاده

ابراهیمیان ح، لیاقت ع، پارسی‌نژاد م و اکرم م، 1387. ارزیابی صحرائی شاخص‌های مورد استفاده در طراحی سیستم زهکشی زیرزمینی (مطالعه موردی: شبکه زهکشی شرکت ران بهشهر). مجله تحقیقات مهندسی کشاورزی، جلد 9، شماره 2، صفحه‌های 81 تا 94.

پناهی م، ناصری عع، بهنیا عا و هوشمند عا، 1389. تأثیر شوری آب زیرزمینی بر روی شوری زه آب زهکش‌های زیرزمینی. صفحه‌های 1 تا 7. سومین همایش ملی مدیریت شبکه‌های آبیاری و زهکشی، دانشگاه شهید چمران، اهواز.

حمزه س، ناصری عع، جعفری س و کشکولی حع، 1389. بررسی تأثیر سیستم زهکشی مطبق بر کمیت و کیفیت زه آب خروجی از مزرعه و کاهش اثرات زیست‌محیطی. صفحه‌های 1 تا 7. سومین همایش ملی مدیریت شبکه‌های آبیاری و زهکشی، دانشگاه شهید چمران، اهواز.

دهقانیان سا، حقایقی سا و رسولی ف، 1389. تعیین فاصله زهکش‌های زیرزمینی در شهرستان مرودشت استان فارس. صفحه‌های 1 تا 7. سومین همایش ملی مدیریت شبکه‌های آبیاری و زهکشی، دانشگاه شهید چمران، اهواز.  
رضی ف، ستوده‌نیا ع، دانش‌کارآراسته پ و اکرم م، 1391. بررسی آزمایشگاهی تأثیر عمق نصب زهکش بر شوری زه آب خروجی از نیمرخ خاک رس سیلتی. مجله تحقیقات آب و خاک ایران، جلد 43، شماره 3، صفحه‌های 281 تا 288.

علیزاده ا، 1384. زهکشی جدید (برنامه‌ریزی، طراحی و مدیریت سیستم‌های زهکشی) (ترجمه و تدوین). چاپ اول، انتشارات دانشگاه امام رضا (ع).

نظری ب، لیاقت عا، پارسی‌نژاد م و ناصری عع، 1387. بهینه‌سازی عمق نصب زهکش‌های زیرزمینی با ملاحظات اقتصادی و زیست‌محیطی. صفحه‌های 107 تا 122. پنجمین کارگاه فنی زهکشی و محیط‌زیست، کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران، تهران.

نوذری ح، لیاقت عا، خیاط‌خلقی م و صدیقی ع، 1388. شبیه‌سازی سیستم‌های زهکش زیرزمینی در شرایط غیر ماندگار، با استفاده از تکنیک تحلیل پویایی سیستم. مجله تحقیقات مهندسی کشاورزی، شماره 2، جلد 10، صفحه‌های 71 تا 86.

- 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. *Applied Geophysics* 56: 281–294.
- 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–C, umra Plain, Turkey. *Agricultural Water Management* 85: 261–271.
- Manguerra HB and Garcia LA, 1997. Modeling flow and transport in drainage areas with shallow ground water. *Journal of Irrigation Drainage Engineering* 123(3): 185–193.
- Muirhead WA, Humphreys E, Jayawardane NS and Moll JL, 1996. Shallow subsurface drainage in an irrigated vertisol with perched water table. *Agricultural Water Management* 30: 261–282.
- 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.
- Skaggs RW and Chescheir GM, 1999. Application of drainage simulation models in "Skaggs, R.W. Van Schilfgaarde J. *Agricultural Drainage II*". Madison Wisconsin, USA.
- Smedsma LK, Abdel-Dayem S and Ochs WJ, 2000. Drainage and agricultural development. *Irrigation and Drainage Systems* 14: 223–235.