بررسی آزمایشگاهی اثر عمق نصب زهکش‌های زیرزمینی در شست‌وشوی نیترات از خاک شن‌لومی

عباس ستوده‌نیا، الهام نوروزپوراصل[۱] * و پیمان دانش‌کار آراسته

استادیار گروه مهندسی آب دانشگاه بین‌المللی امام خمینی (ره).

absotoodehniako@yahoo.com

دانشجوی کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی دانشگاه بین‌المللی امام خمینی (ره).

Elham.Norozpour@gmail.com

استادیار گروه مهندسی آب دانشگاه بین‌المللی امام خمینی (ره).

Arasteh1348@gmail.com

چکیده

عمق زهکش‌های زیرزمینی یک پارامتر مهم در طراحی سامانه‌های زهکشی می‌باشد که نقش تعیین‌کننده‌ای در مقدار و کیفیت زه‌آب‌های خارج شده از لوله‌های زهکش دارد. برای بررسی این موضوع از یک مدل آزمایشگاهی بهره گرفته شد. زهکش‌ها در سه عمق ۰/۲۵، ۰/۵ و ۰/۸۵ متری در یک مخزن به ابعاد ۱×۰/۵×۱متر حاوی خاکی با بافت شن‌لومی نصب شده و غلظت نیترات، نیتریت، آمونیوم و آمونیاک زه‌آب و حجم زه‌آب خروجی از زهکش‌ها اندازه‌گیری شد. نتایج به‌دست آمده نشان دادکه بیشینه غلظت نیترات آب خروجی با افزایش عمق نصب زهکش‌ها افزایش می‌یابد. بیشترین غلظت نیترات خارج شده از زهکش‌های نصب شده در عمق‌های ۰/۲۵، ۰/۵ و ۰/۸۵ متری به ترتیب برابر با ۵۱/۵۴، ۱۰۵/۴۵ و ۲۹۶/۴۲ میلی گرم در لیتر بود و هم‌چنین حجم زه‌آب خروجی در عمق ۰/۵ و ۰/۸۵ متری به ترتیب ۲۶ و ۳۰ درصد نسبت به عمق ۰/۲۵ متری افزایش یافت. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که کاهش عمق نصب زهکش‌ها موجب کاهش مقدار آبشویی نیترات شد.

واژه های کلیدی: کیفیت زه‌آب، محیط زیست، مدل آزمایشگاهی، نشت نیترات.

۱- آدرس نویسنده مسئول: قزوین، دانشگاه بین‌المللی امام خمینی (ره) قزوین، دانشکده فنی و مهندسی، گروه مهندسی آب

* دریافت: شهریور ۱۳۹۲ و پذیرش: بهمن ۱۳۹۲

Archive of SID

www.SID.ir

مقدمه

در مناطق خشک و نیمه‌خشک مانند ایران به دلیل شرایط اقلیمی و هم‌چنین اعمال مدیریت نامناسب آبیاری، زهکشی به عنوان مکمل آبیاری شناخته شده است و به عنوان جزئی ضروری در کشاورزی امروز کشور به‌شمار می‌رود. ایجاد شبکه‌های زهکشی سطحی یا زیرزمینی موجب تخلیه آب‌های مازاد از نیمرخ خاک و بهبود مشخصات فیزیکی آن می‌گردد. شبکه‌های زهکشی هم‌چنین با ایجاد امکان آبشویی، کنترل شوری خاک را نیز میسر می‌سازد. جمع‌آوری و تخلیه آب مازاد و نمک‌های خاک، اراضی کشاورزی را از ماندابی و شور شدن نجات می‌دهد. زهکشی هم‌چنین باعث تهویه در خلل و فرج خاک شده و تنفس ریشه گیاه را نیز تضمین می‌کند(جبلی،۱۳۸۰).

زهکشی اراضی از اقداماتی است که علاوه بر افزایش عملکرد در اراضی کشاورزی، استفاده پایدار از این اراضی را تضمین می‌کند(پارسی‌نژاد و همکاران، ۱۳۸۷). نگرش سنتی حاکم بر طراحی سیستم‌های زهکشی، هدف زهکشی را منحصراً افزایش عملکرد گیاه و بهبود شرایط محیط رشد می‌داند و اثرات زیست‌محیطی طرح‌های زهکشی را مورد بررسی قرار نمی‌دهد. در نگرش جدید علاوه بر اهداف کشاورزی و تولیدی، اهداف زیست‌محیطی نیز در طرح‌های زهکشی مورد بررسی قرار می‌گیرند(نظری و همکاران، ۱۳۸۷). از آنجایی که بیشترین مشکلات زیست‌محیطی زهکش‌های زیرزمینی، دفع مواد شیمیایی در کشاورزی (کودها و سموم شیمیایی) در اراضی زه‌دار و تخلیه املاح در اراضی شور می‌باشد، ازاین‌رو ضروری است معیارهای رایج طراحی به گونه‌ای بازنگری شوند که جنبه‌های زیست‌محیطی نیز در آن‌ها گنجانده شود.

مدیریت سیستم‌هایی که با معیارهای رایج طراحی شده‌اند و نیز طراحی سیستم‌های زهکشی جدید، باید به گونه‌ای باشد که حجم زه‌آب‌ها و غلظت عناصر و نمک‌های موجود در آن به حداقل ممکن برسد(دربندی، ۱۳۸۰). عمق زهکش‌های زیرزمینی از پارامترهای مهم در طراحی سیستم‌های زهکشی می‌باشد که تعیین مناسب آن، ازیک‌سو در عملکرد مطلوب سیستم زهکشی نقش مهمی ایفاء می‌کند و از سوی دیگر می‌تواند اهداف ذکر شده را تا اندازه‌ای برآورده سازد(اصلانی و همکاران، ۱۳۸۹ و دربندی،۱۳۸۰). اسکگز و چشر (۲۰۰۳) گزارش کردند که با قرار دادن زهکش‌ها در عمق‌های کم می‌توان مقدار نیتروژن خارج‌شده از طریق زهکش‌های زیرزمینی را کاهش داد. هر چند منافع کشاورزی زهکش‌های کم‌عمق تا حدی کمتر از زهکش‌های عمیق است اما در کل منافع زهکش‌های کم‌عمق به دلیل هزینه‌های بالای جداسازی نیتروژن از زه‌آب زهکش‌های عمیق به‌منظور کاهش غلظت آن، بیشتر است.

آرنولد (۲۰۰٤) دو عمق زهکش ۰/۸٦و ۱/۲ متری، با فاصله ۲۳ متر را در مزرعه‌ای با خاک شن‌لومی مورد بررسی قرار داد و نشان داد که حجم زه‌آب در زهکش کم‌عمق نسبت به زهکش عمیق در سال اول ۳۷ درصد و در سال دوم ۲٦ درصد کاهش داشت، اما از لحاظ آماری تفاوت معنی‌دار نبود و هم‌چنین عمق زهکش تأثیر معنی‌داری روی کیفیت زه‌آب نشان نداد. در سال اول مقدار نیترات برای زهکش کم‌عمق و عمیق به ترتیب برابر ۲۱/۷ و ۲۸ کیلوگرم بر هکتار به دست آمد، اما در سال دوم این مقادیر به ۲۸/۹ و ۲۳/۵ کیلوگرم بر هکتار رسیدند. درکل درطول مدت تحقیق، تلفات نیترات برای زهکش کم‌عمق ۵۰/٦ و برای زهکش عمیق ۵۱/۵کیلوگرم در هکتار تعیین شد.

در تحقیقی مشابه، دو سیستم زهکشی یکی با لوله زهکش در عمق ۱/٤ متر با فاصله ۲۵ متر و دیگری با زهکش نصب شده در عمق ۰/۷ متر با فاصله ۱۲/۵ متر به‌منظور تعیین تأثیر عمق زهکش زیرزمینی بر میزان شستشوی نیترات توسط چاد (۲۰۰٦) مورد بررسی قرار گرفت، وی گزارش نمود که در مدت۳۱ ماه آزمایش، میزان جریان خروجی از زهکش‌های کم‌عمق ۱۷/۱ درصد

Archive of SID

www.SID.ir

کمتر از زهکش‌های عمیق بود و حجم کل زه‌آب از زهکش‌های کم‌عمق در طول سال‌های ۲۰۰٤ و ۲۰۰۵ به طور معنی‌داری کمتر از زهکش‌های عمیق بود. هم‌چنین، خروج نیترات به‌وسیله‌ی زهکش کم‌عمق ۹/۸ درصد کمتر از زهکش عمیق بود. سینگ و همکاران (۲۰۰٦) نیز پس از بررسی عمق‌ها و فواصل مختلف توسط مدل DRAINMOD گزارش کردند که عمق بهینه نصب زهکش برای بیشترین میزان محصول و کمترین حجم زه-آب به همراه کمترین میزان تلفات نیترات، مربوط به زهکش با عمق ۱/۰۵ متر با فاصله ۲۵ متر و ضریب زهکشی ۰/٤٦ سانتی‌متر در روز است.

هم‌چنین، نانگیا و همکاران (۲۰۰۹) در تحقیقی به منظور بررسی اثرات عمق و فاصله نصب زهکش بر میزان تلفات نیتروژن از مدل آداپت (ADAPT) که به کمک داده‌های صحرایی واسنجی و صحت‌سنجی شده است، استفاده نمودند. آن‌ها نشان دادند که کاهش عمق یا افزایش فاصله زهکش‌ها موجب کاهش شستشوی نیترات می‌شود. هم‌چنین نتایج حاکی از آن بود که ترکیب بهینه عمق ۱/۵ متر و فاصله ٤۰ متر میزان شستشوی نیترات را ۵۱ درصدکاهش می‌دهد، درحالی‌که میزان محصول فقط هفت درصد کمتر از حداکثر تولید خواهد بود.

هورن باکل و همکاران (۲۰۰۷)، مریدنژاد (۱۳۸۷) و ناصری و ارواحی (۱۳۸۸) نیز گزارش کردند که کاهش عمق نصب زهکش موجب کاهش حجم زه‌آب خروجی می‌شود.تمامی محققین بر کاهش آبشویی نیترات و حجم زه‌آب خروجی ناشی از کاهش عمق نصب زهکش تاکید کردند.

انجام آزمایش‌ها با در نظر گرفتن حالت‌های مختلف استقرار لوله‌های زهکش در شرایط واقعی در مزارع آزمایشی چندهکتاری مستلزم صرف هزینه و زمان زیادی است، لذا استفاده از مدل‌های فیزیکی برای سهولت مطالعات حتی با وجود مزارع آزمایشی توجیه‌پذیرمی-باشد(اصلانی و همکاران،۱۳۸۹). اصلانی و همکاران (۱۳۸۹) از یک مدل آزمایشگاهی برای بررسی اثر عمق و فاصله‌ی نصب لوله‌های زهکش بر کیفیت زه‌آب در شرایط ماندگار و غیرماندگار استفاده نمودند و گزارش کردند که با افزایش عمق نصب زهکش‌ها، بر مقدار نیتروژن خارج‌شده، هدایت‌الکتریکی، اسیدیته و جریان زهکشی افزوده می‌شود. رضی و همکاران (۱۳۹۱) نیز با استفاده از یک مدل آزمایشگاهی نشان دادند که کاهش عمق نصب زهکش‌ها موجب بهبود کیفیت آب خروجی و کاهش مقدار آن می‌گردد.

آنچه که در تحقیقات گذشته کمتر مورد توجه قرار گرفته، چرخه نیتروژن و نحوه تبدیل ترکیبات نیتروژنی به یکدیگر در این چرخه است. لذا، در تحقیق حاضر این موضوع در ارتباط با عمق نصب زهکش ها مورد بررسی قرار گرفته است. بنابراین، هدف این تحقیق، بررسی کمی کاهش آبشویی نیترات تحت تاثیر کاهش عمق نصب زهکش زیرزمینی به‌وسیله یک مدل آزمایشگاهی و هم‌چنین بررسی مقدار کاهش حجم زه‌آب خروجی درنتیجه کاهش عمق زهکش است.

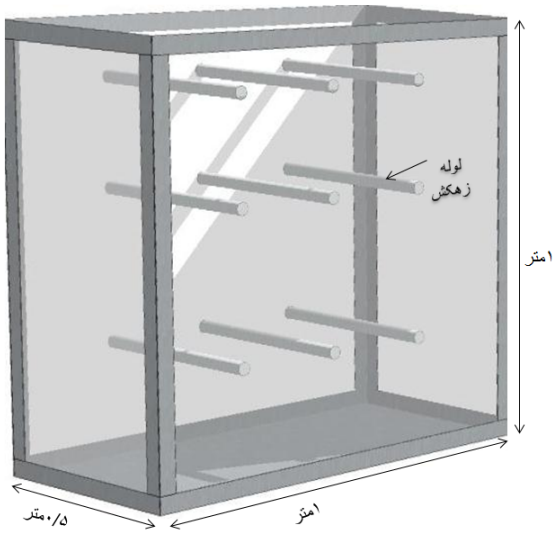
مواد و روش‌ها

مشخصات مدل آزمایشگاهی

در این تحقیق مطابق شکل(۱) از مخزنی از آهن گالوانیزه حاوی خاک و لوله‌های زهکش با طول یک متر، عرض نیم متر و ارتفاع یک متر استفاده شد، که در دیواره پشتی آن نه حفره در سه ردیف در اعماق ۰/۲۵، ۰/۵ و ۰/۸۵ متری با فواصل طولی ۲۵سانتیمتری ایجاد شد که محل نصب لوله‌های زهکش و پیزومترها بود.

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۱- نمایی از مدل آزمایشگاهی مورداستفاده در تحقیق

از لوله‌های گالوانیزه، به قطر ۰/۰۲۱ متر و به طول ۰/٤٥ متر به عنوان لوله زهکش استفاده شد که با مته‌ای به قطر پنج میلی‌متر و به تعداد استاندارد سوراخ شدند. به عنوان پوشش نیز از یک توری پلاستیکی که با ماسه ای با متوسط قطر ذرات دو میلی متر پر شده بود، استفاده شد که در نهایت مجموع قطر لوله و فیلتر به۰/۰٤۱ متر رسید(رضی، ۱۳۹۰). در دیواره بیرونی پشت مخزن، در محل حفره‌ها، لوله‌های پیزومتر روی تابلو، به‌منظور تعیین موقعیت سطح ایستابی در خاک نصب شد شکل (۲). هم‌چنین، از یک مخزن آب در ارتفاع ۰/۲۵ متری از سطح خاک برای اشباع کردن خاک استفاده شد.

شکل۲- نمایی از لوله‌های پیزومتر

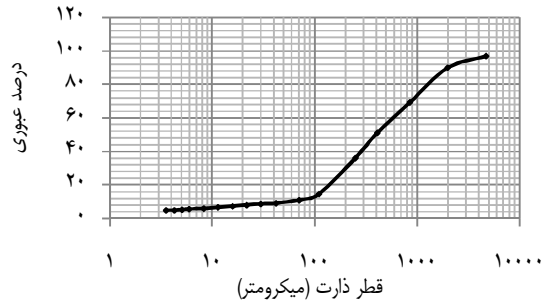
مراحل آماده‌سازی

ابتدا بر روی خاک موردنظر که از لایه زیرسطحی مزرعه‌ای در منطقه اسماعیل‌آباد استان قزوین تهیه شد، آزمایش‌های دانه‌بندی و تجزیه شیمیایی انجام شد،که نتایج آن در شکل(۳) و جدول (۱) نشان داده شده است. سپس منحنی‌مشخصه‌رطوبتی‌خاک تعیین شد و در ادامه مخزن موردنظر با این خاک طی چند مرحله پر شده و به کمک ابزار ایجاد تراکم به دانسیته ۱/٥ گرم بر سانتی‌مترمکعب رسید و لوله های زهکش نیز کار گذاشته شد.هم‌چنین، یک عدد هواکش و دو عدد لامپ به‌منظور افزایش تبخیر و کاهش دورآبیاری در بالای مخزن نصب گردید.

.

Archive of SID

www.SID.ir



شکل۳- منحنی دانه‌بندی خاک

جدول۱- برخی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک

بافت	EC_e (ds/m)	K (m/day)	NO_3-N (mg/l)	NO_3 (mg/l)	NO_2 (mg/l)	NH_4 (mg/l)	NH_3 (mg/l)
شن‌لومی	۰/۳	۱/۲۷	۳/۹۶	۱۷/۵۴	۰/۵۲۵	۰/۰۱۳	۰/۰۱۲

در این تحقیق، اثر سه عمق مختلف نصب زهکش، ۰/۲۵، ۰/۵ و ۰/۸۵ متری، مورد بررسی قرار گرفت و در هر عمق پنج آبیاری غرقابی با دور یک هفته انجام شد، که میزان آب آبیاری بر اساس جبران کمبود رطوبت نسبت به نقطه ظرفیت زراعی صورت گرفت که در دو نوبت آن (آبیاری دوم و چهارم)کود اوره (با ازت ٤٦درصد) نیز به آب آبیاری اضافه شد. میزان کود اوره استفاده شده ۱۰ گرم بود که بر مبنای مصرف ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار محاسبه شد.

شروع آزمایش

ابتدا خاک توسط لوله‌های پیزومتر واقع در عمق ۰/۸۵ متری تا عمق نصب اولین زهکش(۰/۲۵ متر) با آب شرب شهر قزوین که منبع آب آبیاری نیز بود اشباع شد.در آزمایش اول لوله پیزومتر متصل به زهکش میانی که در عمق ۰/۲۵متری قرار داشت از روی تابلو برداشته و رو به پایین قرار گرفت تا شروع به تخلیه زه آب نماید، سپس آبیاری اول انجام شد. به محض خروج زه‌آب، اولین نمونه‌برداری انجام و پارامترهایی شامل دما، هدایت الکتریکی و اسیدیته زه‌آب اندازه گیری، سپس بدون وقفه مقدار نیتروژن نیتراتی، نیترات، نیتریت، آمونیوم وآمونیاک نمونه گرفته شده توسط دستگاه فتومتر مدل۷۱۰۰ شرکت پالین‌تست، اندازه گیری شد. نمونه برداری از زه‌آب و اندازه گیری‌ها یک یا دوبار دیگر نیز در هنگام خروج زه-آب به فاصله زمانی تقریبی نیم تا یک ساعت انجام شد.بعد از خروج کامل زه‌آب، کل حجم زه‌آب خروجی نیز برای تعیین بیلان آب اندازه‌گیری شد. سپس، هواکش و لامپ‌هایی که در بالای مخزن قرار داشت روشن شد تا تبخیر بین دو نوبت آبیاری تشدید گردد. یک هفته بعد، آبیاری دوم با اضافه کردن پنج گرم کود اوره به آب آبیاری، به غلظت ۰/۲۹٤ گرم در لیتر، همانند آبیاری اول انجام شد. آبیاری‌های سه تا پنج نیز همانند دو آبیاری قبلی البته با اضافه کردن کود به آبیاری چهارم انجام و نتایج آن ثبت شد. در آزمایش دوم زهکش میانی واقع در عمق ۰/۵متری مورداستفاده قرار گرفت و مراحل آزمایش عینا تکرار شد.

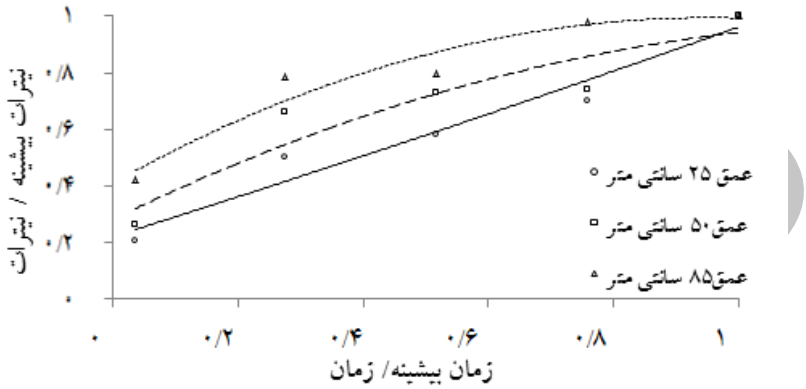
آزمایش سوم، مربوط به زهکشی بود که در عمق ۰/۸۵ متری نصب شده بود. آزمایش سوم نیز همانند دو آزمایش دیگر انجام شد و پس از متوقف شدن زه‌آب خروجی به اتمام رسید. ازآنجایی‌که شرایط اولیه آزمایش دوم و سوم با آزمایش اول متفاوت بود، به همین سبب قبل از شروع آزمایش مربوط به دو عمق آخر، از خاک نمونه‌برداری و مقدار نیترات، نیتروژن نیتراتی و شوری باقی‌مانده در خاک اندازه گیری شد.

Archive of SID

www.SID.ir

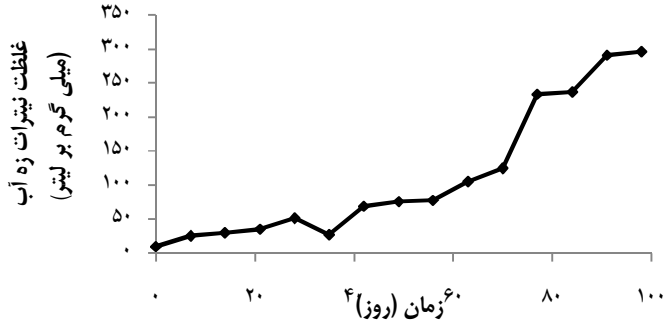
نتایج و بحث

به‌منظور بررسی نتایج و تعمیم نتایج این تحقیق و مدل‌سازی فیزیکی به سایر شرایط و مقایسه آن‌ها با سایر تحقیقات منحنی‌های بی‌بعد مربوط به پارامترهای اندازه‌گیری شده ترسیم شد. نمودار نسبت غلظت نیترات تخلیه شده به بیشینه مقدار نیترات در مقابل نسبت زمان نمونه برداری به زمان رسیدن به بیشینه مقدار نیترات برای هر سه عمق نصب زهکش در شکل(۲) نشان داده شده است. به نقاط مربوط به هر سه عمق منحنی برازش داده شد.



شکل۴- تغییرات غلظت نیترات نسبت به زمان به ازای عمق‌های مختلف نصب زهکش

همان گونه که در شکل(٤) ملاحظه می‌شود، در ابتدای آبشویی با گذشت زمان روند افزایشی در غلظت نیترات زه‌آب تخلیه شده مشاهده شدکه روندی غیرخطی داشته است. در مجموع، تغییرات غلظت نیترات با زمان در هر سه آزمایش تقریبا مشابه بود با این تفاوت که شیب منحنی در آزمون اول بیشتر از دو آزمون بعدی بود که علت آن تخلیه املاح بیشتر درآزمایش اول است. هم-چنین، غلظت نیترات بعد از آبیاری دوم و چهارم به دلیل اضافه کردن کود اوره به آب آبیاری نسبت به آبیاری سوم افزایش بیشتری داشته است و بیشترین غلظت نیترات نیز درآبیاری پنجم مشاهده شد که علت آن را می‌توان به آبشویی املاح باقی‌مانده طی آبیاری‌های گذشته نسبت داد.شکل(۵) نمودار تغییرات غلظت نیترات زه‌آب با زمان، بدون بی‌بعدسازی را نشان می‌دهد تا نوسانات و حداکثر و حداقل‌های تغییر غلظت قابل مشاهده باشد.



شکل۵ – تغییرات غلظت نیترات در طول مدت آزمایش‌ها

جدول(۲)، مشخصات توابع برازش داده شده به نقاط شکل(٤) را برای سه عمق مختلف نصب زهکش، نشان می‌دهد که توسط نرم‌افزار دیتافیت نسخه نه (DataFit version 9) به دست آمده است. مقدار ۰/۰۰۵

Archive of SID

www.SID.ir

برای ضریب جمله توانی مربوط به آزمایش اول نشان از این نکته دارد که ارتباط بین غلظت نیترات بی‌بعد با زمان نسبتا خطی است و این رفتار در آزمایش دوم و سوم کاملا تغییر یافته است.

جدول ۲- نتایج برازش منحنی به پارامترهای اندازه‌گیری شده و جدول تجزیه واریانس توابع حاصله

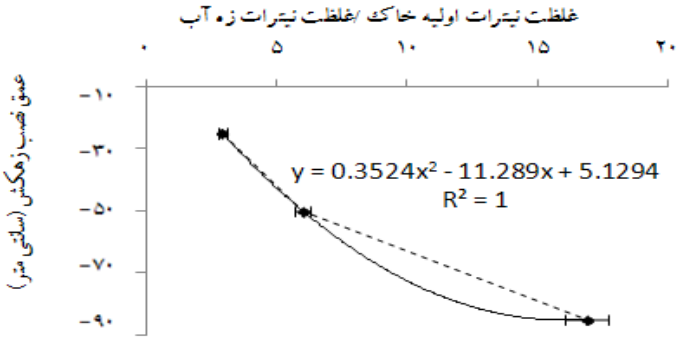
عمق زهکش (متر)	$NO_3/NO_{3max}=a(T/T_{max})^2+b(T/T_{max})+c$					
	نتایج رگرسیون (α=0.05)					
	متغیر	مقدار	حد پایین	حد بالا	احتمال(t)	R^2
۰/۲۵	a	۰/۰۰۵	-۱/۷	۱/۸	۰/۹۲	۰/۹۵
	b	۰/۶۹	-۱/۱۹	۲/۶	۰/۲۵	
	c	۰/۲۲	-۰/۱۹	۰/۶۳	۰/۱۵	
	آنالیز واریانس					
	منبع	DF	مجموع مربعات	میانگین مربع	F-ratio	احتمال(F)
	رگرسیون	۲	۰/۳۲۲	۰/۱۶	۲۰/۳۲	۰/۰۴۷
	خطا	۲	۰/۰۰۲	۰/۰۰۰۸		
	کل	۴	۰/۳۴			
	نتایج رگرسیون (α=0.05)					
	متغیر	مقدار	حد پایین	حد بالا	احتمال(t)	R^2
۰/۵	a	-۰/۴۱	-۳	۲/۱۳	۰/۵۶	۰/۸۸
	b	۱/۰۷	-۱/۶۵	۳/۸	۰/۲۳	
	c	۰/۲۸	-۰/۳۱	۰/۸۷	۰/۱۸	
	آنالیز واریانس					
	منبع	DF	مجموع مربعات	میانگین مربع	F-ratio	احتمال(F)
	رگرسیون	۲	۰/۲۵	۰/۱۳	۷/۶	۰/۱۱۶
	خطا	۲	۰/۰۰۲	۰/۰۱۷		
	کل	۴	۰/۲۹			
	نتایج رگرسیون (α=0.05)					
	متغیر	مقدار	حد پایین	حد بالا	احتمال(t)	R^2
۰/۸۵	a	-۰/۶۴	-۲/۳۳	۱/۰۴	۰/۲۴	۰/۹۳
	b	۱/۲۳	۰/۵۸	۳/۰۴	۰/۱	
	c	۰/۴۱	۱/۸۷	۰/۸	۰/۰۵	
	آنالیز واریانس					
	منبع	DF	مجموع مربعات	میانگین مربع	F-ratio	احتمال(F)
	رگرسیون	۲	۰/۲	۰/۱	۱۳/۹	۰/۰۶۷
	خطا	۲	۰/۰۰۱۵	۷/۳		
	کل	۴	۰/۲۲			

این تحقیق نیز نتایج محققین پیشین ازجمله: اسکگز و چشر (۲۰۰۳)، چاد (۲۰۰۶) و نانگیا و همکاران (۲۰۰۹) را در این زمینه تایید می‌کند.شکل(۶)، نسبت بیشینه غلظت نیترات زه‌آب به غلظت نیترات اولیه خاک را در مقابل افزایش عمق نصب زهکش نشان می‌دهد. ازآنجا که با افزایش عمق، غلظت زه‌آب نیز افزایش می‌یابد، نسبت این غلظت به غلظت اولیه خاک نیز افزایش خواهد یافت. در این شکل، خط بریده روند خطی تغییرات

Archive of SID

www.SID.ir

غلظت را با عمق پیشنهاد می‌کند و خط پیوسته، بهترین منحنی برازش داده شده به نقاط را نشان می‌دهد که از فرم چندجمله‌ای درجه دو تبعیت می‌کند.



شکل۶- تغییرات نسبت بیشینه غلظت نیترات زه‌آب به غلظت نیترات اولیه خاک با افزایش عمق نصب زهکش

جدول (۳)، درصد زه‌آب خروجی از زهکش‌ها نسبت به حجم آب ورودی به مخزن در هر عمق را نشان می‌دهد. با توجه به نتایج، حجم زه‌آب خروجی از زهکش‌ها با افزایش عمق زهکش افزایش داشته است که با نتایج بدست آمده توسط سایر محققین در این زمینه مانند هورن باکل و همکاران (۲۰۰۷)، مریدنژاد (۱۳۸۷) و ناصری و ارواحی (۱۳۸۸) مطابقت دارد.

جدول۳- درصد زه‌آب خروجی در هر عمق نسبت به حجم آب ورودی

عمق (متر)	زه‌آب خروجی (درصد)
۰/۲۵	۵۰/۴۱
۰/۵۰	۶۷/۶۲
۰/۸۵	۷۱/۹۷

از نظر بیلان جرمی جدول(٤)، مقدار نیترات، نیتریت، آمونیوم و آمونیاک ورودی به مخزن خاک از طریق آب آبیاری و کودآبیاری و مقدار شکل‌های مختلف نیتروژن موجود در خاک قبل از شروع آزمایش‌ها را نشان می دهد. جدول (۵) مقادیر جرم خارج شده نیترات، نیتریت، آمونیوم و آمونیاک از مخزن را درطول آزمایش اثر عمق نشان می‌دهد.

با توجه به نتایج بدست آمده از جدول(٤)، جرم کل نیترات، نیتریت، آمونیوم و آمونیاک ورودی به مخزن به‌ترتیب برابر با ۲۱/۳۷، ۰/۷٦، ۰/۰۳۷ و ۰/۰۳۱ گرم است. هم‌چنین، با نمونه‌گیری از قسمت‌های مختلف خاک مخزن بعد از اتمام تمامی آزمایش‌ها مقدار نیترات، نیتریت، آمونیوم و آمونیاک باقی‌مانده در خاک به‌ترتیب ۱۱/۹۸، ۰/٤۹، ۰/۰۲۳ و ۰/۰۲۳گرم شد. همان‌طورکه نتایج نشان می‌دهد بین مقدار باقی‌مانده آمونیوم در خاک و حاصل تفریق آمونیوم ورودی و خروجی از مخزن اختلافی وجود ندارد، ولی در فرم‌های دیگر نیتروژن، مقادیر باقی‌مانده در خاک بیشتر می‌باشد.

از نظر بیلان جرمی جدول(٤)، مقدار نیترات، نیتریت، آمونیوم و آمونیاک ورودی به مخزن خاک از طریق آب آبیاری و کودآبیاری و مقدار شکل‌های مختلف

جدول۴- جرم شکل‌های مختلف نیتروژنورودی به مخزن خاک

ورودی	جرم نیترات (گرم)	جرم نیتریت (گرم)	جرم آمونیوم (گرم)	جرم آمونیاک (گرم)
آب آبیاری و کود آبیاری	۱۷/۹۷	۰/۶۶	۰/۰۳۴	۰/۰۲۸
موجود در خاک	۳/۴	۰/۱	۰/۰۰۳	۰/۰۰۳

جدول۵- جرم شکل‌های مختلف نیتروژن خروجی از مخزن خاک

خروجی	جرم نیترات (گرم)	جرم نیتریت (گرم)	جرم آمونیوم (گرم)	جرم آمونیاک (گرم)
آزمایش اثر عمق	۳۲/۴۶	۰/۴۵۵	۰/۰۱۴	۰/۰۱۳

Archive of SID

www.SID.ir

نتیجه گیری کلی

این تحقیق نشان داد که بیشترین غلظت نیترات زه‌آب خروجی برای سه عمق نصب زهکش ۰/۲۵، ۰/۵ و ۰/۸۵ متری به ترتیب برابر ۵۱/۵۴، ۱۰۵/۴۵ و ۲۹۶/۴۲ میلی گرم در لیتر بود که خود گویای افزایش غلظت با افزایش عمق می‌باشد. هم‌چنین، با افزایش عمق زهکش، حجم زه‌آب خروجی افزایش یافت به‌طوری‌که حجم زه-آب در عمق دوم (زهکش نصب شده در عمق۰/۵متری) و سوم (زهکش نصب شده در عمق ۰/۸۵ متری) به ترتیب ۲۶ و ۳۰ درصد نسبت به عمق اول (زهکش نصب شده در عمق۰/۲۵متری) افزایش نشان داد. از سوی دیگر، بیلان جرم نشان داد که اختلافی میان آمونیوم ورودی و خروجی در خاک وجود نداشت درحالی‌که در سایر شکل‌های نیتروژن مقدار بیشتری در خاک باقی مانده است. هرچند، فرایند حرکت آب و آبشویی نیترات در نیمرخ خاک بسیار پیچیده است. ولی، شناخت چگونگی حرکت نیترات در نیمرخ خاک و عوامل موثر بر حرکت آن کمک موثری در جلوگیری از تلفات عناصرغذایی، جلوگیری از آلودگی آب‌های سطحی و زیرزمینی و خاک و به‌طورکلی مدیریت صحیح و کاهش آبشویی نیترات از منطقه رشد ریشه می‌نماید.

سپاسگزاری

نگارندگان بر خود واجب می‌دانند از زحمات ارزشمند و بی‌دریغ کارشناسان محترم گروه، آقای مهندس غلامرضا بابایی و آقای مهندس رضا سعیدی تشکر و قدردانی نمایند. هم‌چنین از خانم ها مهندس فهیمه رضی، مهندس مهسا جمشیدی و مهندس مریم درخشان-سرچشمه و آقای مهندس محمدحسن قره‌داغی تشکر نموده و برای ایشان آرزوی توفیق دارند.

فهرست منابع

۱. اصلانی، ف.، ناظمی، ا.، صدرالدینی، ع.، فاخری فرد، ا. و قربانی، م. ۱۳۸۹. برآورد عمق و فاصله مناسب زهکش‌های زیرزمینی بر اساس کیفیت زه‌آب. مجله تحقیقات آب و خاک، ۴۱(۲):۱۳۹-۱۲۸.

۲. پارسی‌نژاد، م.، لیاقت، ع.، نظری، ب. و علی‌زاده، ح. ۱۳۸۷. نگرشی بر ملاحظات تعیین عمق نصب زهکش‌های زیرزمینی. دومین همایش ملی مدیریت شبکه‌های آبیاری و زهکشی، ۱۰-۸ بهمن، اهواز، ایران.

۳. جبلی، ج. ۱۳۸۰. اثرات زیست‌محیطی زهکشی اراضی. دومین کارگاه فنی زهکشی و محیط‌زیست، ۲۷ اردیبهشت، تهران، ایران.

۴. دربندی، ص. ۱۳۸۰. ملاحظات زیست‌محیطی در طراحی و مدیریت شبکه‌های زهکشی. دومین کارگاه فنی زهکشی و محیط‌زیست، ۲۷ اردیبهشت، تهران، ایران.

۵. رضی، ف. ۱۳۹۰. بررسی اثر عمق‌های مختلف نصب زهکش‌ها بر کیفیت آب خروجی. پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد آبیاری و زهکشی، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه بین المللی امام خمینی (ره) قزوین.

۶. رضی، ف.، ستوده‌نیا، ا.، دانش‌کارآراسته، پ. و اکرم، م. ۱۳۹۱. بررسی آزمایشگاهی اثر عمق نصب زهکش‌ها بر شوری زه‌آب. مجله تحقیقات آب و خاک، ۴۳(۳): ۲۸۸-۲۸۱.

۷. مریدنژاد، ع. ر. ۱۳۸۷. بازنگری برخی ضوابط طراحی شبکه‌های زهکشی کشور. پنجمین کارگاه فنی زهکشی و محیط‌زیست، ۱۶ آبان، تهران، ایران.

Archive of SID

www.SID.ir

۸. ناصری، ع. و ارواحی، ع. ۱۳۸۸. استفاده از مبانی جدید در طراحی سیستم‌های زهکشی زیرزمینی و تأثیر آن‌ها روی روش‌های اجرایی در خوزستان. ششمین کارگاه فنی زهکشی و محیطزیست، ١٦ دی، اهواز، ایران.

۹. نظری، ب.، لیاقت،ع.، پارسی‌نژاد، م. و ناصری، ع. ۱۳۸۷. بهینه‌سازی عمق نصب زهکش‌های زیرزمینی با ملاحظات اقتصادی و زیست‌محیطی. پنجمین کارگاه فنی زهکشی و محیطزیست، ١٦ آبان، تهران، ایران.

10. Arnold, L. A. 2004. Effects of drain depth on nitrogen losses in drainage in shallow water table soils. MSc. Thesis. North Carolina State University. North Carolina.

11. Chad, A. P. 2006. The effect of shallow subsurface drains on nitrate-N and orthophosphorus losses from drained agricultural lands. Ph.D. Thesis. North Carolina State University. North Carolina

12. Hornbuckle, J. Christen, W., Faulkner, R. D.2007. Evaluating a multi-level subsurface drainage system for improved drainage water quality. *Agricultural water management*.89(2):208-216.

13. Nangia, V. Gowda, P. H. Mulla, D. J. and Sands, G. R.2009. Modeling impacts of tile drain spacing and depth on nitrate-nitrogen losses. *Vadose Zone*. 9(1): 61-72.

14. Singh, R. Helmers, M. J., Zhiming, Q. 2006. Calibration and validation of DRAINMOD to design subsurface drainage systems for Iowa's tile landscapes. *Agricultural Water Management*. 85: 221-232.

15. Skaggs, R.W, and Chescheir, G.M. 2003. Effects of subsurface drain depth on nitrogen losses from drained lands. *Transactions of ASAE*. 46(2): 23

Archive of SID

www.SID.ir