

## بررسی میزان انتقال نیترات در خاک رسی

مرتضی سیدیان<sup>۱</sup>، معصومه فراستی<sup>۲\*</sup>، علی حشمت پور<sup>۳</sup>، اکبر رسولی<sup>۴</sup>

۱ استادیار دانشکده کشاورزی، دانشگاه گنبدکاووس، گنبد، ایران

۲ استادیار دانشکده کشاورزی، دانشگاه گنبدکاووس، گنبد، ایران

۳ استادیار دانشکده کشاورزی، دانشگاه گنبدکاووس، گنبد، ایران

۴ دانشجوی کارشناسی گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه رازی کرمانشاه، ایران

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۵/۲/۸ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۵/۱۰

### چکیده

**زمینه و هدف:** با افزایش جمعیت جهان و نیاز به تامین غذا، امروزه کشاورزان به استفاده از انواع کودهای نیترات، آلی و آفت کش‌ها روی آورده اند. کاربرد بی رویه این نهاده‌ها بدون در نظر گرفتن اثرات جانبی آن، مشکلات فراوانی چه از نظر زیست محیطی و چه از نظر سلامتی انسان‌ها به همراه می‌آورد. این ترکیبات از طریق بارندگی یا آبیاری از محلول خاک وارد منابع آب سطحی و زیرزمینی می‌شوند. هدف از این تحقیق تعیین میزان انتقال نیترات در خاک رسی و شبیه‌سازی آن با استفاده از نرم افزار HYDRUS ۲D می‌باشد.

**روش بررسی:** پس از آماده کردن ستونهای خاک رسی و نیترات با غلظت ۵۰ میلی گرم برلیتر، از بالای ستون خاک، محلول نیترات تهیه شده به ارتفاع ۱۰ سانتیمتر اضافه شد و تا پایان آزمایش این ارتفاع با اضافه کردن محلول، ثابت نگه داشته شد. همزمان با شروع آزمایش، نمونه برای اندازه گیری غلظت تهیه می‌شد. اولین قرائت در زمان  $t=0$  انجام شد. بدین منظور ضخامت‌های مختلف ستون خاک ۲۰، ۴۰، ۶۰ و ۸۰ سانتی متر تهیه و مورد بررسی قرار گرفت. برای شبیه‌سازی انتقال نیترات در خاک از مدل HYDRUS ۲D استفاده گردید.

**یافته‌ها:** با توجه به نتایج به دست آمده، با افزایش ضخامت خاک، اختلاف بین مقادیر غلظت خروجی داده‌های آزمایشگاهی و نتایج شبیه‌سازی HYDRUS ۲D بیشتر شده است.

**نتیجه‌گیری:** با افزایش ضخامت خاک اختلاف نتایج HYDRUS ۲D و داده‌های آزمایشگاهی بیشتر شد و با افزایش ضخامت، مدت زمان بیشتری برای انتقال نیترات سپری شد.

**کلمات کلیدی:** انتقال نیترات، ضخامت خاک، HYDRUS ۲D، خاک رسی

\* استادیار دانشکده کشاورزی، دانشگاه گنبدکاووس، گنبد

ایمیل: farasati7760@gmail.com - شماره تماس ۰۹۱۸۸۳۰۰۷۸۳

## مقدمه

یکی از شاخص‌های مهم آلودگی منابع آب سطحی، زیرزمینی و زه آب جاری در شبکه‌های زهکشی کشاورزی، حضور نیترات می‌باشد که بر اثر کاربرد انواع کودهای شیمیایی، آلی (دامی و انسانی)، تجزیه گیاهان و دیگر باقی مانده‌های آلی در خاک و تخلیه نامناسب فاضلاب به وجود می‌آید<sup>۱</sup>. امروزه مصرف بی رویه کودهای شیمیایی در کشاورزی باعث مشکلات زیست محیطی فراوانی شده است. تحقیقات در شمال آمریکا نشان داده که آلودگی آبهای زیرزمینی، به علت کاربرد بیش از حد کودهای شیمیایی در زمین‌های کشاورزی می‌باشد<sup>۲</sup>.

در روشهای صحیح کشت معمولا از مصرف مقادیر بیش از حد کود شیمیایی اجتناب می‌گردد، زیرا کاربرد بی رویه باعث افزایش ترکیبات نیتروژن دار در آب زهکشی می‌شود که از افق‌های سطحی به طرف پایین حرکت می‌کند. با این وجود مطالعات نشان داده که کاربرد کودهای شیمیایی با روش و مقدار مناسب، نقش چشم گیری در افزایش کیفیت و عملکرد محصول زراعی داشته و آبشویی نیترات را به میزان قابل توجهی کاهش می‌دهد<sup>۳</sup>.

نیتروژن به شکل نیترات، در بیشتر مواقع از طریق فعالیت‌های کشاورزی وارد آبهای زیرزمینی می‌شود. در ضمن چاه‌هایی که میزان نیترات در آنها از ۱۰ میلی گرم در لیتر بیشتر بود در مناطقی واقع است که دارای مزارع کشاورزی می‌باشند. وجود نیترات علاوه بر مصارف کودهای شیمیایی می‌تواند از طریق فضولات دام و مراتع نیز باشد<sup>۴</sup>.

روشهای آبیاری نیز در میزان انتقال نیترات در خاک نقش دارد. در مطالعه ای که در پایگاه تحقیقاتی دانشگاه کشاورزی پاکستان انجام شد، از ۴ روش آبیاری مشتمل بر دو روش سنتی (کرتی و نواری) و دو روش تحت فشار (بارانی و قطره

ای) به منظور آنالیز نیترات در اعماق مختلف استفاده شد. نتایج نشان داد تجمع نیترات در همه عمقها در آبیاری سنتی بالا بوده و در آبیاری تحت فشار فقط در عمق‌های اولیه تجمع یافته است. همچنین تجمع نیترات در آبیاری غرقابی بیش از حد آستانه و در آبیاری تحت فشار زیر حد آستانه می‌باشد<sup>۵</sup>. بنابراین یافتن معیاری برای مقایسه انتشار پذیری نیترات و بررسی آن در انواع خاک‌ها برای به دست آوردن پتانسیل آلوده شدن آبخوانها ضروری بنظر می‌رسد<sup>۶</sup>. برخی از مدل‌های مورد استفاده شامل LEACHN، MACRO، SOIL و HYDRUS می‌باشند که با استفاده از آنها می‌توان نیترات شسته شده، انتقال آن به آب‌های زیرزمینی و همچنین مدیریت نیترات را تحت شرایط مختلف پیش بینی نمود<sup>۷</sup>. مدل هایدروس دو بعدی (Hydrus-2D) یکی از مدل‌های توانمند در امر شبیه سازی حرکت آب، املاح و گرما می باشد که بر پایه حل عددی معادله ریچاردز عمل می کند. این مدل در سال ۱۹۹۸ توسط آزمایشگاه شوری خاک آمریکا ارائه گردید و تا کنون نسخه های اصلاحی آن در قالب مدل هایدروس یک بعدی، دوبعدی و سه بعدی در اختیار محققین قرار گرفته است. آبشویی نیترات در خاک‌های تیمار شده با لجن فاضلاب، کود گاوی و کودهای شیمیایی را در دو نوع خاک لوم رسی و لوم شنی نشان داد که آبشویی نیترات از لجن فاضلاب و کود آلی در خاک لوم رسی بیشترین و کود شیمیایی در خاک لوم شنی کمترین تجمع نیترات در خاک را داشت<sup>۱۱</sup>. نتایج تحقیقات در زمینه تاثیر منبع کود نیتراتی و دور آبیاری بر آبشویی نیترات و توزیع آن در نیمرخ خاک نشان داد که در آبیاری اول غلظت نیترات به طور معنی داری بیشتر از سایر دوره‌های آبیاری بود و بیشترین میزان نیترات نیز مربوط به تیمار کود اوره بود.

همچنین بیشترین میزان نیترات بعد از عبور ۰/۵ حجم منفذی از جریان آب مشاهده شد. علاوه بر این توزیع نیترات در

در آزمایشگاه کیفیت آب دانشکده کشاورزی نصب شدند و سپس انتهای ستون‌های خاک درون لوله مسدود شده و آب به داخل آن تا ارتفاع کمی بالاتر از ارتفاع مورد نظر اضافه می‌شد. سپس هر یک از خاک‌های تهیه شده به تدریج از بالای ستون خاک اضافه می‌شد تا به ارتفاع مورد نظر برسد. بعد از ریختن یک حجم مشخص از خاک، به وسیله یک تخته چوبی خاک‌ها به آرامی کوبیده شدند تا به حداکثر تراکم طبیعی برسند. بایستی قبل از شروع آزمایش از خارج شدن حباب‌های هوا مطمئن شد. برای این کار ضرباتی به بدنه ستون وارد شد. پس از آماده شدن ستون خاک، از بالای ستون خاک، محلول نمک تهیه شده به ارتفاع ۱۰ سانتیمتر اضافه شد و تا پایان آزمایش این ارتفاع با اضافه کردن محلول، ثابت نگه داشته شد. همزمان با شروع آزمایش، نمونه برای اندازه‌گیری غلظت تهیه شد. اولین قرائت در زمان  $t=0$  انجام شد.

#### مدل HYDRUS-2D

حرکت آب در خاک بر اساس اطلاعات میدانی با استفاده از مدل HYDRUS-2D شبیه‌سازی شد. معادله حاکم بر جریان آب در خاک معادله دوبعدی ریچاردز می‌باشد:

$$\frac{\partial \theta}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial z} \left[ k(h) \frac{\partial h}{\partial z} \right] + \frac{\partial}{\partial x} \left[ k(h) \frac{\partial h}{\partial x} + k(h) \right] - S \quad (4)$$

که در آن  $\theta$  درصد رطوبت حجمی ( $L^3L^{-3}$ )،  $h$  بار فشار آب در خاک ( $L$ )،  $t$  زمان ( $T$ )،  $K$  هدایت هیدرولیکی ( $LT^{-1}$ )،  $x$  جهت افقی و  $z$  جهت عمودی را نشان می‌دهند. همچنین  $S$  نشان دهنده مقدار جذب آب توسط ریشه از خاک می‌باشد (لیتر مکعب بر لیتر مکعب بر زمان)<sup>۴</sup>.

ستون خاک نشان داد که از سطح تا عمق ۲۰ سانتی متری خاک مقدار نیترات افزایش و پس از آن کاهش یافت<sup>۷</sup>. در تحقیقی اثر فاصله انتقال بر انتشارپذیری کلرید سدیم با استفاده از نرم افزار هایدروس دوبعدی پرداخته شد. نتایج به دست آمده از نرم افزار هایدروس نشان داد که با افزایش متوسط فاصله انتقال، مقدار انتشارپذیری خاک افزایش یافته به طوری که با نزدیک شدن غلظت نمونه‌ها به غلظت نهایی آلاینده مقدار آن ثابت شده است<sup>۷</sup>. شبیه‌سازی توزیع عمقی نیترات با مدل HYDRUS-2D نشان داد که توزیع این ماده در مراحل مختلف دوره رشد گیاه از یک منحنی بسیار ایده‌آل تبعیت می‌کند، طوری که در یک سیستم پیشرفته می‌توان انتظار چنین منحنی را داشت. روند تغییرات این منحنی طوری بود که از سطح خاک تا ناحیه توسعه ریشه در هفته‌های مختلف سیر صعودی داشته و پس از رسیدن به یک حداکثر سیر نزولی را طی کرده است<sup>۳</sup>. با توجه به مطالب ذکر شده هدف از انجام این پژوهش بررسی میزان انتقال نیترات در خاک رسی و شبیه‌سازی آن با HYDRUS 2D می‌باشد.

#### مواد و روش‌ها

محل اجرای طرح آزمایشگاه کیفیت آب دانشگاه رازی بود. از طریق آزمایش هیدرومتری بافت خاک تعیین گردید. ضخامت‌های مختلف ۲۰، ۴۰، ۶۰ و ۸۰ سانتی متر از ستون خاک انتخاب گردید. هر آزمایش دارای ۳ تکرار و ۱۰ سانتی متر فضای آزاد بود. فرضیه آزمایش‌ها برای شبیه‌سازی انتقال املاح در مزرعه عبارت بودند از: تخلخل هر یک از خاک‌ها ثابت است و محیط متخلخل خاک‌ها همگن است. تنها پارامتر متغیر در مدت آزمایش‌ها، ضخامت خاک بود از نمک نیترات پتاسیم برای تهیه ۵۰ میلی گرم بر لیتر نیترات استفاده گردید. پس از آماده کردن ستون‌های خاک و نیترات با غلظت ۵۰ میلی گرم بر لیتر، ابتدا ستون‌ها به صورت عمودی

صورت نمی گیرد و مرز انتهایی مرز زهکش آزاد است. مدل مذکور در حل معادله جریان و انتقال املاح شرایط مرزی مناسبی را در ارتباط با اتمسفر و بخش زهکش در نظر می گیرد.

### پارامترهای هیدرولیکی خاک

پارامترهای هیدرولیکی خاک توسط مدل ROSSETA که در HYDRUS-2D واقع شده و بر اساس شبکه عصبی کار می کند تعیین شد. با وارد کردن داده های بافت خاک، درصد دانه بندی خاک، درصد رطوبت در حد ظرفیت زراعی و نقطه پژمردگی دائم پارامترهای هیدرولیکی خاک را تخمین زد که مقدار عددی این پارامترها برای اجرای مدل HYDRUS ضروری می باشد. این پارامترها در جدول ۲ ارائه شده است.

### نتایج و بحث

با توجه به نتایج تجزیه فیزیکی خاک، بافت خاک مورد مطالعه رسی به دست آمد (جدول ۱). با توجه به درصد های مختلف ذرات شن، سیلت و رس، پارامترهای هیدرولیکی جداگانه به دست آمد. در جدول (۲)  $\theta_s$  رطوبت اشباع خاک،  $\theta_r$  رطوبت باقی مانده خاک،  $\alpha$  و  $n$  ضرایب مربوط به توابع هیدرولیکی خاک و  $K_s$  ضریب نفوذپذیری خاک در حالت اشباع می باشد که توسط مدل ROSSETA تخمین زده شد

مشخصات هیدرولیکی خاک با استفاده از رابطه ونگنوختن- معلم به دست آمد.

$$\theta(h) = \left\{ \theta_r + \frac{\theta_r - \theta_s}{(1 + |\alpha h|)^n} \right\} \quad (5)$$

$$S_e = \frac{\theta - \theta_r}{\theta_s - \theta_r}, m = 1 - 1/n \quad (6)$$

$$K(h) = K_s S_e^2 \left[ 1 - (1 - S_e^{\frac{1}{m}}) m \right]^2 \quad (7)$$

که در آن:  $s$  درصد آب خاک اشباع،  $r$  درصد آب خاک باقیمانده،  $K_s$  هدایت هیدرولیکی اشباع،  $\alpha$  عکس مکش ورود هوا در حالت اشباع و  $n$ ،  $m$  و  $L$  پارامترهای وابسته به خاک هستند که با استفاده از برازش بر معادله مورد نظر به دست می آیند. پارامترهای مدل از قبیل ویژگی های هیدرولیکی خاک شامل پارامترهای منحنی رطوبتی خاک و نیز پارامتر هدایت هیدرولیکی اشباع خاک ( $K_s$ )، رطوبت باقیمانده ( $\theta_r$ ) و رطوبت اشباع ( $\theta_s$ ) در مدل ونگنوختن معلم، با استفاده از اطلاعات تجزیه مکانیکی خاک (بافت خاک) و اندازه گیری جرم مخصوص ظاهری به وسیله مدل رزتا (Rosetta) پیش بینی گردیدند.

### شرایط اولیه و انتهایی داده شده به مدل

شرایط اولیه توزیع نیترات در خاک، میزان نیترات اولیه خاک در نظر گرفته شد. همچنین فرض شد از جوانب جریانی

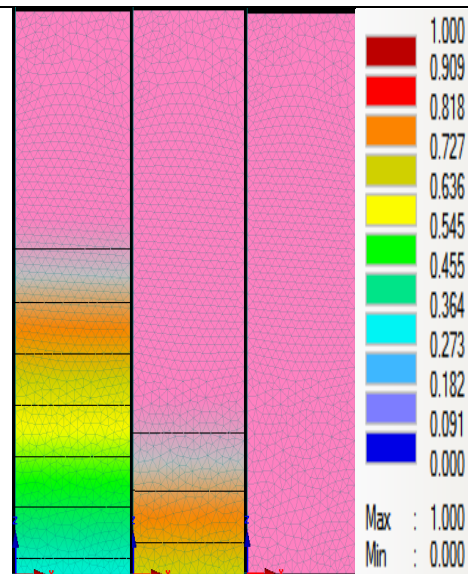
جدول ۱: مشخصات فیزیکی و هیدرولیکی خاک مورد مطالعه

درصد شن	درصد سیلت	درصد رس	بافت خاک	درصد رطوبت	درصد رطوبت حجمی خاک	چگالی ظاهری	تخلخل
					خاک در PWP	( $\text{gr cm}^{-3}$ )	
				در FC			
۱۴/۲۸	۵۲	۳۳/۷۲	لوم رسی سیلتی	۰/۳۶	۰/۲۱	۱/۳۴	۰/۴۵

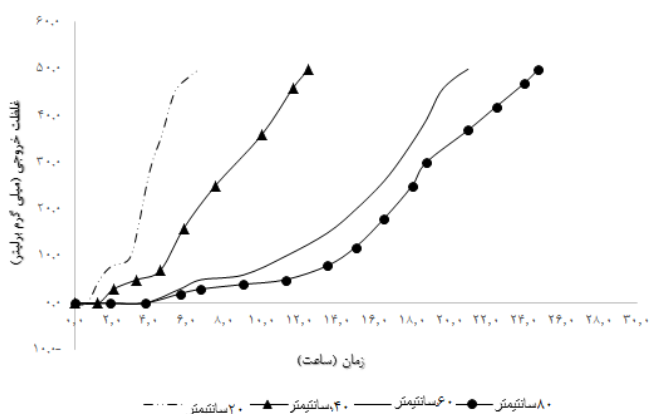
جدول ۲: پارامترهای هیدرولیکی به دست آمده از مدل HYDRUS۲D

پارامتر	$\theta_r$	$\theta_s$	$\alpha$	n	Ks(cm/hr)	l
	۰/۱	۰/۳۹	۰/۰۵۹	۱/۴۸	۱/۳۱	۰/۵

شکل ۱ تغییرات غلظت خروجی نیترات با زمان را با توجه نتایج به دست آمده از داده‌های آزمایشگاهی نشان می‌دهد. شکل‌های ۲ تا ۵ تغییرات غلظت خروجی نیترات را با زمان در ضخامت‌های مختلف خاک با توجه به نتایج شبیه‌سازی توسط HYDRUS-۲D نشان می‌دهد. در همه ضخامت‌ها تا مدتی پس از شروع آزمایش هیچ خروجی دیده نشد و با افزایش ضخامت خاک این زمان تاخیر افزایش یافته است (شکل ۱).

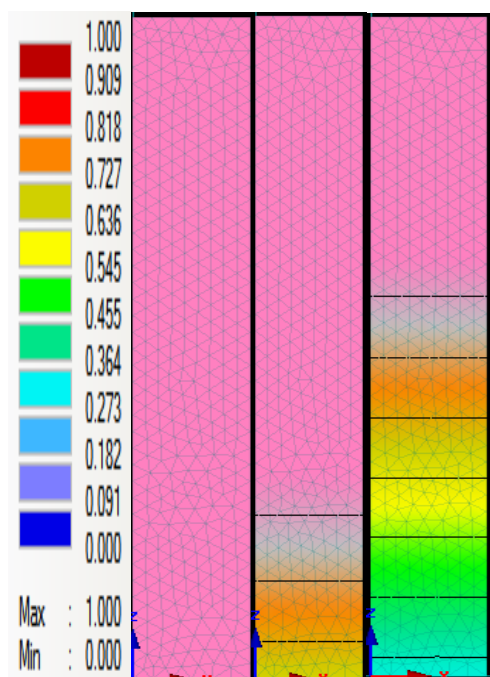


شکل ۲: تغییرات غلظت نیترات با زمان در ضخامت ۲۰ سانتی متر پس از ۲، ۴ و ۶ ساعت از زمان آزمایش

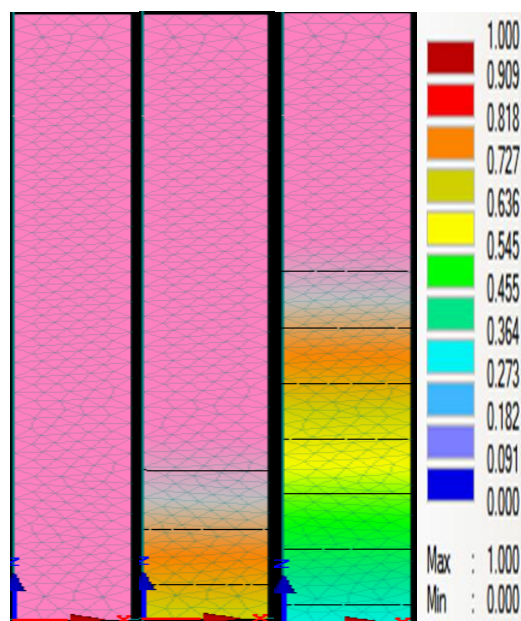


شکل ۱: تغییرات غلظت خروجی نیترات با زمان در ضخامت‌های مختلف خاک (داده‌های آزمایشگاهی)

در ستون خاک با ضخامت ۲۰ سانتی متر پس از گذشت زمان ۲ ساعت، نیترات با غلظت ۵۰ میلی گرم برلیتر تا ۹ سانتی متری ستون خاک پیشروی کرده است (شکل ۱). با توجه به شکل ۱، پس از ۲ ساعت غلظت خروجی برابر ۱۰ میلی گرم بر لیتر، پس از ۴ ساعت ۲۸ میلی گرم بر لیتر و پس از ۶/۵ ساعت غلظت خروجی ۵۰ میلی گرم بر لیتر شده است. در حالیکه با توجه به نتیجه شبیه‌سازی HYDRUS-۲D، غلظت نیترات خروجی پس از دو ساعت برابر ۱۳ میلی گرم بر لیتر شده است. پس از ۴ ساعت، غلظت نیترات خروجی ۳۲ میلی گرم بر لیتر و پس از ۶ ساعت ۵۰ میلی گرم بر لیتر شده است (شکل ۲).



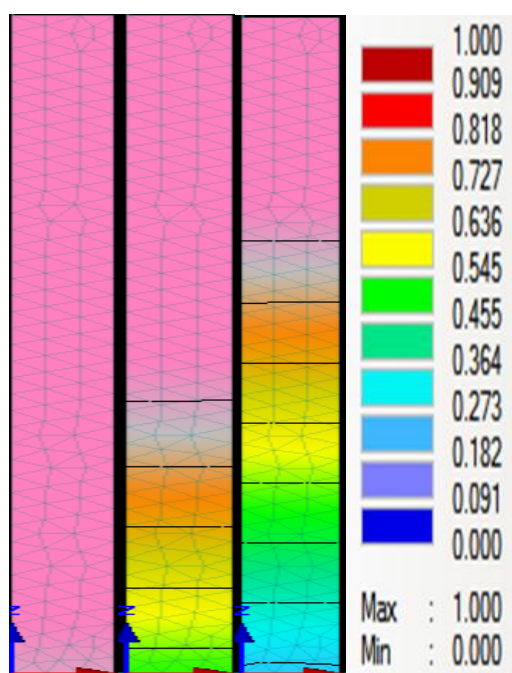
شکل ۳: تغییرات غلظت نیترات با زمان در ضخامت ۴۰ سانتی متر پس از ۴، ۸ و ۱۲ ساعت از زمان آزمایش



شکل ۴: تغییرات غلظت نیترات با زمان در ضخامت ۶۰ سانتی متر پس از ۶، ۱۲ و ۱۸ ساعت از زمان آزمایش

پس از ۴ ساعت غلظت خروجی برابر ۷ میلی گرم بر لیتر، پس از ۸ ساعت ۲۵ میلی گرم بر لیتر و پس از ۱۲/۵ ساعت غلظت خروجی ۵۰ میلی گرم بر لیتر شده است (شکل ۱). در حالیکه با توجه به نتیجه شبیه‌سازی HYDRUS-2D، غلظت نیترات خروجی پس از ۴ ساعت برابر ۱۵ میلی گرم بر لیتر شده است. پس از ۸ ساعت، غلظت نیترات خروجی ۲۹ میلی گرم بر لیتر و پس از ۱۲ ساعت ۵۰ میلی گرم بر لیتر شده است (شکل ۳).

پس از ۶ ساعت غلظت خروجی برابر ۵ میلی گرم بر لیتر، پس از ۱۲ ساعت ۱۵ میلی گرم بر لیتر و پس از ۲۱ ساعت غلظت خروجی ۵۰ میلی گرم بر لیتر شده است (شکل ۱). در حالیکه با توجه به نتیجه شبیه‌سازی HYDRUS-2D، غلظت نیترات خروجی پس از ۶ ساعت برابر ۲۲ میلی گرم بر لیتر شده است. پس از ۱۲ ساعت، غلظت نیترات خروجی ۴۲ میلی گرم بر لیتر و پس از ۱۸ ساعت ۵۰ میلی گرم بر لیتر شده است (شکل ۴).



شکل ۵: تغییرات غلظت نیترات با زمان در ضخامت ۸۰ سانتی متر پس از ۶، ۱۲ و ۲۲ ساعت از زمان آزمایش

پس از ۶ ساعت غلظت خروجی برابر ۵ میلی گرم بر لیتر، پس از ۱۲ ساعت ۸ میلی گرم بر لیتر و پس از ۲۵ ساعت غلظت خروجی ۵۰ میلی گرم بر لیتر شده است (شکل ۱). در حالیکه با توجه به نتیجه شبیه‌سازی HYDRUS-2D، غلظت نیترات خروجی پس از ۶ ساعت برابر ۲۰ میلی گرم بر لیتر شده است. پس از ۱۲ ساعت، غلظت نیترات خروجی ۴۴ میلی گرم بر لیتر و پس از ۲۲ ساعت ۵۰ میلی گرم بر لیتر شده است (شکل ۵).

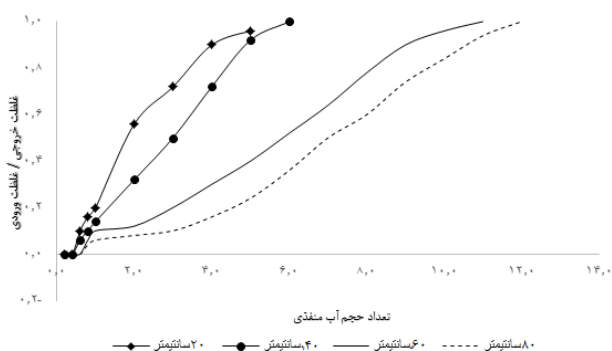
با توجه به نتایج شکل‌های ۲ تا ۵، در ضخامت‌های ۲۰، ۴۰، ۶۰ و ۸۰ سانتیمتر به ترتیب غلظت خروجی نیترات پس از مدت زمان ۶، ۱۲، ۱۸ و ۲۲ ساعت برابر غلظت ورودی (۵۰ میلی گرم بر لیتر) شده است. با توجه به شکل ۱، در ضخامت‌های ۲۰، ۴۰، ۶۰ و ۸۰ سانتیمتر به ترتیب پس از مدت زمان ۶/۵، ۱۲/۵، ۲۱ و ۲۵ ساعت غلظت خروجی برابر ۵۰ میلی گرم بر لیتر شده است.

در یک زمان مشخص با افزایش ضخامت خاک، اختلاف

بین مقادیر غلظت خروجی داده‌های آزمایشگاهی و نتایج شبیه‌سازی HYDRUS-2D بیشتر شده است. با افزایش زمان آزمایش، نیترات در ضخامت بیشتری از ستون خاک انتقال یافته است. همچنین با افزایش زمان آزمایش، اختلاف بین میزان انتقال نیترات در خاک توسط داده‌های آزمایشگاهی و شبیه‌سازی کمتر شده است (شکل‌های ۱ تا ۵).

منحنی‌های تعداد حجم آب تخلخل بکار رفته را می‌توان در شکل ۶ مشاهده نمود. در این نمودار، محور عمودی غلظت نسبی و محور افقی تعداد حجم آب تخلخل به کار رفته برای ضخامت‌های مختلف با گذشت زمان می‌باشد. معمولاً آزمایش‌های انتقال املاح با استفاده از منحنی‌های رخنه و تعداد حجم آب تخلخل به کار رفته ارزیابی می‌شوند. با مقایسه منحنی‌های رخنه آزمایش مذکور ملاحظه گردید که در همه ضخامت‌ها، منحنی‌های رخنه رسم شده از حالت متقارن خارج شده است. در همه ضخامت‌های ستون خاک قبل از غلظت نسبی ۰/۵، حجم آب تخلخل برابر یک گردیده است. نتیجه به دست آمده با تحقیقات آل طبا و همکاران<sup>۸</sup> که گزارش کرده‌اند در فواصل انتقال کوتاه، زمان رسیدن به غلظت نسبی ۰/۵ با خروج یک حجم آب تخلخل انجام نشده بلکه در نسبت کمتری اتفاق می‌افتد مطابقت داشته است. با مقایسه زمان‌های رسیدن به غلظت‌های نسبی ۰/۱۶ و ۰/۸۴ در تمامی آزمایش‌ها ملاحظه گردید که خاک رسی با ضخامت ۸۰ سانتی متر از مدت زمان بیشتری برای رسیدن به غلظت نسبی ۰/۱۶ و ۰/۸۴ برخوردار بوده و بیشترین حجم آب تخلخل بکار رفته را به خود اختصاص داده است. مشاهده گردید که در ضخامت‌های ۲۰ و ۴۰ سانتی متر منحنی‌های رخنه تقریباً تا رسیدن به غلظت نهایی به موازات هم می‌باشد، در حالی که این موضوع در منحنی‌های رخنه سایر ستون‌های خاک صدق نمی‌کند (شکل ۶). در همه ضخامت‌ها، قبل از غلظت نسبی ۰/۵، حجم آب تخلخل برابر یک گردیده است. با مقایسه زمان‌های رسیدن به غلظت‌های نسبی ۰/۱۶ و ۰/۸۴ در تمامی

سیمونک و همکاران<sup>۹</sup> برای این که آلاینده در داخل خاک به صورت پیستونی حرکت نماید بایستی شدت جریان انتقال و یا به عبارتی سرعت داری در تمامی نقاط داخل محیط متخلخل و در هر نقطه در تمامی جهات با هم برابر باشد، لازمه چنین موضوعی، همگن بودن و همگون بودن خاک است. ایجاد چنین محیط متخلخلی کاری مشکل و حتی غیر ممکن می باشد.



شکل ۶: منحنی رخنه مربوط به ضخامت‌های مختلف خاک

آزمایش‌ها ملاحظه شد که ستون خاک با ضخامت ۸۰ سانتی متر از مدت زمان بیشتری برای رسیدن به غلظت نسبی ۰/۱۶ و ۰/۸۴ برخوردار بوده است. همچنین سرعت انتقال نیترات در ضخامت ۸۰ سانتی متر کمتر از سایر ضخامت‌ها بود (شکل ۶). منحنی‌های رخنه مربوط به این آزمایش‌ها، بیشترین چولگی را به سمت راست داشته است. با توجه به منحنی رخنه، در ضخامت ۲۰ سانتی متر سریعتر از همه غلظت خروجی برابر غلظت ورودی گشته است که دلیل آن کمتر بودن ضخامت ستون خاک (۲۰ سانتی متر) نسبت به سایر ضخامت‌ها می باشد. با افزایش ضخامت ستون خاک مدت زمان و تعداد حجم آب بیشتری برای برابر شدن غلظت خروجی و ورودی سپری شده است. مطالعات تجربی متعدد نشان داده است که وقتی شدت جریان آب در محیط متخلخل کم باشد پدیده عقب افتادگی از شدت بیشتری برخوردار بوده و منحنی رخنه متناسب با آن، چولگی به راست پیدا می کند

## نتیجه گیری

غلظت خروجی برابر غلظت ورودی گشته است که دلیل آن کمتر بودن ضخامت ستون خاک (۲۰ سانتی متر) نسبت به سایر ضخامت‌ها می‌باشد. با افزایش ضخامت ستون خاک، مدت زمان و تعداد حجم آب بیشتری برای برابر شدن غلظت خروجی و ورودی سپری شده است.

با توجه به نتایج به دست آمده، در یک زمان مشخص با افزایش ضخامت خاک، اختلاف بین مقادیر غلظت خروجی داده‌های آزمایشگاهی و نتایج شبیه‌سازی HYDRUS ۲D بیشتر شده است. با افزایش زمان آزمایش، نیترات در ضخامت بیشتری از ستون خاک انتقال یافته و اختلاف بین میزان انتقال نیترات در خاک توسط داده‌های آزمایشگاهی و شبیه‌سازی کمتر شده است. منحنی‌های رخنه مربوط به این آزمایش‌ها، بیشترین چولگی را به سمت راست داشته است. با توجه به منحنی رخنه، در ضخامت ۲۰ سانتی متر، سریعتر از همه

## تقدیر و تشکر

بدین وسیله از معاونت پژوهشی دانشگاه گنبد بابت حمایت مالی این طرح تشکر می‌گردد.

## منابع

1. Comeira MR, Fernando RM and Pereira LS. Monitoring water land NO-N in irrigated maize fields in the Sorraia Watershed, Portugal. *Agricultural Water Management*, ۲۰۰۳ (۶۰): ۱۹۹-۲۱۶.
۲. Hallberg, G.R. Overview of agricultural chemicals in groundwater. In: *Proceedings of the Agricultural Impacts on Ground Water*. National Well Water Association, Dublin, ۱-۶۶, ۱۹۸۶.
۳. Asadi ME, Clemente RS, Gupta AD, Loof R, and Hansen GK. Impacts of fertigation via sprinkler irrigation on nitrate leaching and corn yield on an acid - sulphate soil in Thailand. *Agricultural Water Management* ۲۰۰۲, ۵۲(۳): ۱۹۷-۲۱۳.
۴. Neuman E., and P. Schmidt. *Agricultural nitrogen in groundwater pollution primer*. Civil Engineering Dept, Virginia Tech, ۱۹۹۷.
۵. Mirjat MS, Chandio AS, Memon SA, and Mirjat MU. Nitrate movement in the soil profile under irrigation agriculture: a case study. *Agriculture Engineering International: the CIGR e-journal*. Manuscript LW ۰۷ ۰۲۴. Vol. X. Feb, ۲۰۰۸.
۶. Besharat S, Nazemi AH, Sadroldini AA and Shahmorad S. Applications of HYDRUS and the Proposed SWMRUM Software in Simulating Water Flow with Root Water Uptake through Soils. *Water and Science Journal*, ۲۰۱۲, ۲۱(۴): ۱۲۱-۱۳۷.
۷. Emami. Evaluation effect of nitrate fertigation and frequency on nitrate leaching and distribution in soil. *Water and Soil Journal*, ۲۰۱۲, ۹-۱۰.
۸. Al-Tabbaa, A. and Ayotamuno JM. One dimensional solute transport in stratified sands at short travel distances. *Journal of Hazardous Materials*, ۲۰۰۰, ۷۳: ۱-۱۵

## Evaluation of Nitrate Transport in Clay Soil

Morteza Seyedian<sup>۱</sup>, Masumeh Farasati<sup>۲\*</sup>, Ali Heshmatpoor<sup>۳</sup>, Akbar Rasouli<sup>۴</sup>

۱. Assistant Professor, agricultural faculty, Gonbad-e Kavos University, Gonbad, Iran

۲. Assistant Professor, agricultural faculty, Gonbad-e Kavos University, Gonbad, Iran

۳. Assistant Professor, Agricultural Faculty, Gonbad-e Kavos University, Gonbad, Iran

۴. Graduate student, Department of Water Engineering, Razi University, Kermanshah, Iran

\*E-mail: Farasati ۲۷۶۰@gmail.com

Received: ۲۷ Apr ۲۰۱۶ ; Accepted: ۳۱ Jul ۲۰۱۶

### ABSTRACT

**Background and purpose:** With the increase in world population and the need to provide food, farmers are now using a variety of chemical fertilizers, organic pesticides have turned. Indiscriminate use of these inputs without considering its side effects, both environmental problems and brings in terms of human health. Among these, organic fertilizers contain soluble compounds such as nitrate. These compounds through precipitation or irrigation of the soil solution, groundwater and surface water resources are. The purpose of this study was to determine the amount of nitrate transport in clay and simulation software using HYDRUS۲D.

**Methods:** In order to perform it, ۵ different height of soil column ۲۰, ۴۰, ۶۰, ۸۰ and ۱۰۰ cm selected. In thicknesses of ۲۰, ۴۰, ۶۰ and ۸۰ cm respectively output levels after a period of ۶, ۱۲, ۱۸ and ۲۲ hours to input the concentration of nitrate (۵۰ mg/lit) is. In thicknesses of ۲۰, ۴۰, ۶۰ and ۸۰ cm, respectively, after the time of ۵/۶, ۵/۱۲, ۲۱, and ۲۵-hour concentration of ۵۰ mg/lit is output. In thickness ۲۰, ۴۰, ۶۰ and ۸۰cm, outlet concentration after ۶, ۱۲, ۱۸ and ۲۲ minutes inlet concentration (۵۰mg/lit).

**Results:** The result showed that Hydrus software ability of simulates nitrate movement in soil and result of Hydrus software and laboratory data near.

**Conclusions:** With increasing soil thickness difference HYDRUS۲D results and experimental data more and more time to transfer nitrate were spent with increasing thickness.

**Keywords:** Nitrate transport, Soil columns, HYDRUS ۲D, Clay soil