بررسی میزان انتقال نیترات در خاک رسی

مرتضی سیدیان[1]، معصومه فراستی[2]*، علی حشمت پور[3]، اکبر رسولی[4]

۱ استادیار دانشکده کشاورزی، دانشگاه گنبدکاووس، گنبد، ایران

۲ استادیار دانشکده کشاورزی، دانشگاه گنبدکاووس، گنبد، ایران

۳ استادیار دانشکده کشاورزی، دانشگاه گنبدکاووس، گنبد، ایران

٤.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 نیتراته، آلی و آفت کش‌ها روی آورده اند. کاربرد بی رویه این نهاده‌ها بدون در نظرگرفتن 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=۰ انجام شد. بدین منظور ضخامت‌های مختلف ستون خاک ۲۰، ٤۰ ، ٦۰ 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: farasati۲۷٦۰@gmail.com - شماره تماس ۰۹۱۸۸۳۰۰۷۸۳

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-10-30]

[DOI: 10.18869/acadpub.jehe.3.4.313]

مقدمه

یکی از شاخص‌های مهم آلودگی منابع آب سطحی، زیرزمینی و زه آب جاری در شبکه‌های زهکشی کشاورزی، حضور نیترات می‌باشد که براثر کاربرد انواع کودهای شیمیایی، آلی (دامی و انسانی)، تجزیه گیاهان و دیگر باقی مانده‌های آلی در خاک و تخلیه نامناسب فاضلاب به وجود می‌آید[1]. 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[2].

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[3].

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[4].

روشهای آبیاری نیز در میزان انتقال نیترات در خاک نقش دارد. در مطالعه ای که در پایگاه تحقیقاتی دانشگاه کشاورزی پاکستان انجام شد، از ٤ 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[5]. 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[6]. برخی از مدل‌های مورد استفاده شامل SOIL،MACRO، LEACHN 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[7]. مدل هایدروس دو بعدی(Hydrus-۲D) یکی از مدل های 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 سال۱۹۹۸توسط آزمایشگاه شوری خاک آمریکا ارائه گردید و تا کنون نسخه های اصلاحی آن درقالب مدل هایدروس یک بعدی، دوبعدی و سه بعدی دراختیارمحققین قرارگرفته 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[11]. 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 معنی‌داری بیشتر از سایر دورهای 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

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-10-30]

[DOI: 10.18869/acadpub.jehe.3.4.313]

ستون خاک نشان داد که از سطح تا عمق ۲۰ سانتی متری خاک مقدار نیترات افزایش و پس از آن کاهش یافت[۷].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[۷].شبیه‌سازی توزیع عمقی نیترات با مدلHYDRUS-۲D 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[۳]. با توجه به مطالب ذکر شده هدف از انجام این پژوهش بررسی میزان انتقال نیترات در خاک رسی و شبیه‌سازی آن با HYDRUS ۲D می‌باشد.

مواد و روش ها

محل اجرای طرح آزمایشگاه کیفیت آب دانشگاه رازی بود. از طریق آزمایش هیدرومتری بافت خاک تعیین گردید. ضخامت‌های مختلف ۲۰، ٤۰، ٦۰ 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 آزمایش ها، 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 برلیتر، ابتدا ستونها به صورت عمودی 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 اندازه گیری غلظت تهیه شد. اولین قرائت در زمان t=۰ انجام شد.

مدل HYDRUS-۲D

حرکت آب درخاک بر اساس اطلاعات میدانی با استفاده از مدل HYDRUS-۲D شبیه سازی شد. معادله حاکم برجریان آب درخاک معادله دوبعدی ریچاردز می‌باشد:

$$\frac{\partial\theta}{\partial t}=\frac{\partial}{\partial x}\left[k(h)\frac{\partial h}{\partial x}\right]+\frac{\partial}{\partial z}\left[k(h)\frac{\partial h}{\partial z}+k(h)\right]-S \qquad (٤)$$

که درآن θ درصدرطوبت حجمی $(L^{3}L^{-3})$، 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 ازخاک می‌باشد(لیتر مکعب بر لیتر مکعب بر زمان[٤].

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-10-30]

[DOI: 10.18869/acadpub.jehe.3.4.313]

مشخصات هیدرولیکی خاک با استفاده از رابطه ونگنوختن- معلم به دست آمد[4].

$$\theta(h) = \left\{ \theta_r + \frac{\theta_r - \theta_s}{(1+|\alpha h|^n)^m} \right\} \quad (۵)$$

$$S_e = \frac{\theta - \theta_r}{\theta_s - \theta_r}, m = 1 - 1/n \quad (۶)$$

$$K(h) = K_s S_e^{\frac{1}{2}} \left[1 - (1 - S_e^{\frac{1}{m}})^m \right]^2 \quad (۷)$$

که درآن: s درصدآب خاک اشباع، r درصدآب خاک باقیمانده، K_s هدایت هیدرولیکی اشباع، αعکس مکش ورودهوا درحالت اشباع و n، m و L پارامترهای وابسته به خاک هستند که با استفاده از برازش برمعادله موردنظر به دست می‌آیند. پارامترهای مدل از قبیل ویژگیهای هیدرولیکی خاک شامل پارامترهای منحنی رطوبتی خاک ونیز پارامتر هدایت هیدرولیکی اشباع خاک(K_s)، رطوبت باقیمانده(θ_r) و رطوبت اشباع(θ_s) درمدل ونگنوختن معلم، با استفاده از اطلاعات تجزیه مکانیکی خاک(بافت خاک) واندازه گیری جرم مخصوص ظاهری به وسیله مدل رزتا (Rosetta) پیش بینی گردیدند.

شرایط اولیه و انتهایی داده شده به مدل

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

پارامترهای هیدرولیکی خاک

پارامترهای هیدرولیکی خاک توسط مدلROSSETA که در HYDRUS-۲Dواقع شده و بر اساس شبکه عصبی کار می‌کند تعیین شد. با وارد کردن داده های بافت خاک، درصد دانه بندی خاک، درصد رطوبت درحد ظرفیت زراعی و نقطه پژمردگی دائم پارامترهای هیدرولیکی خاک را تخمین زد که مقدار عددی این پارامترها برای اجرای مدل HYDRUS ضروری می‌باشد. این پارامترها در جدول۲ 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 درصدهای مختلف ذرات شن، سیلت و رس، پارامترهای هیدرولیکی جداگانه به دست آمد. درجدول (۲) θs رطوبت اشباع خاک، θrرطوبت باقی مانده خاک، α و n ضرایب مربوط به توابع هیدرولیکی خاک و K_s ضریب نفوذپذیری خاک درحالت اشباع می‌باشد که توسط مدل ROSSETA تخمین زده شد

جدول ۱: مشخصات فیزیکی و هیدرولیکی خاک مورد مطالعه

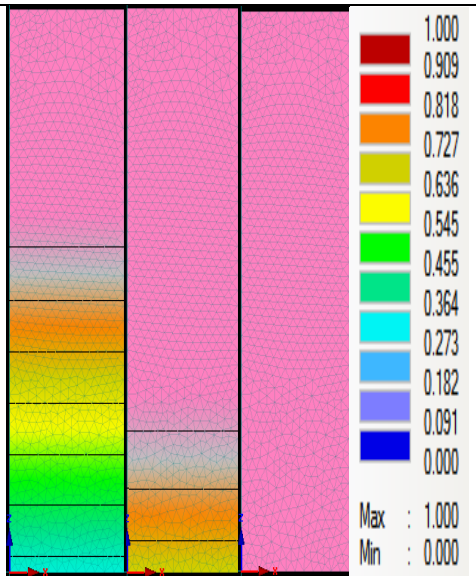
درصد شن	درصد سیلت	درصد رس	بافت خاک	درصد رطوبت حجمی خاک در FC	درصد رطوبت حجمی خاک درPWP	چگالی ظاهری ($gr\ cm^{-3}$)	تخلخل
۱٤/۲۸	۵۲	۳۳/۷۲	لوم رسی سیلتی	۰/۳٦	۰/۲۱	۱/۳٤	۰/٤۵

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-10-30]

[DOI: 10.18869/acadpub.jehe.3.4.313]

جدول ۲: پارامترهای هیدرولیکی به دست آمده از مدل HYDRUS۲D

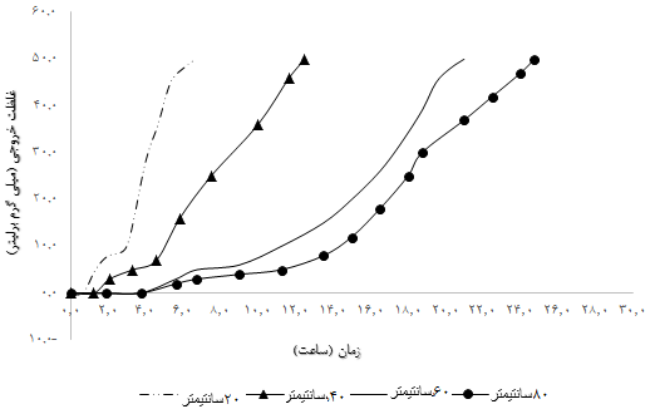
پارامتر	θr	θs	α	n	Ks(cm/hr)	l
	۰/۱	۰/۳۹	۰/۰۵۹	۱/٤۸	۱/۳۱	۰/۵



شکل۲: تغییرات غلظت نیترات با زمان در ضخامت ۲۰ سانتی متر پس از ۲، ٤ و ٦ ساعت از زمان آزمایش

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 ٤ ساعت ۲۸ میلی گرم بر لیتر و پس از ٦/۵ ساعت غلظت خروجی ۵۰ میلی گرم برلیتر 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 ٤ ساعت، غلظت نیترات خروجی ۳۲ میلی گرم بر لیتر و پس از ٦ ساعت ۵۰ میلی گرم برلیتر شده است (شکل ۲).

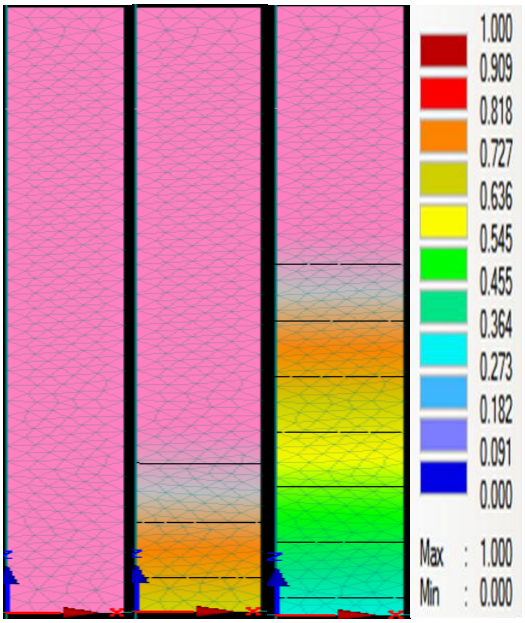
شکل ۱ تغییرات غلظت خروجی نیترات با زمان را با توجه نتایج به دست آمده از داده‌های آزمایشگاهی نشان می‌دهد. شکل‌های ۲ تا ۵ تغییرات غلظت خروجی نیترات را با زمان در ضخامت‌های مختلف خاک با توجه به نتایج شبیه‌سازی توسط HYDRUS-۲D نشان می‌دهد. در همه ضخامت‌ها تا مدتی پس از شروع آزمایش هیچ خروجی دیده نشد و با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



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

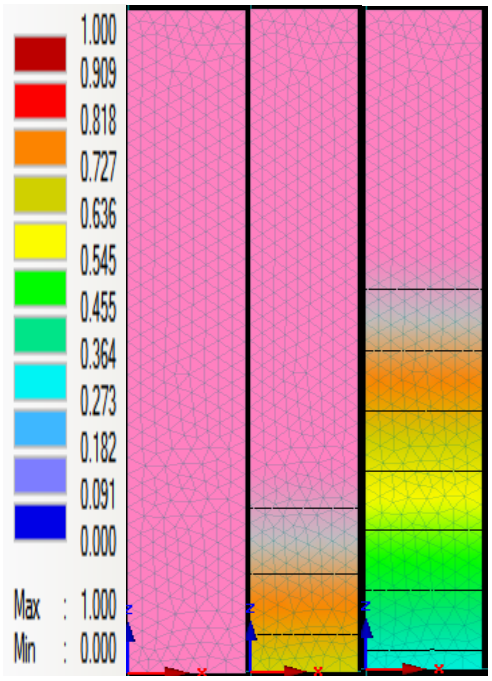
[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-10-30]

[DOI: 10.18869/acadpub.jehe.3.4.313]



شکل ٤: تغییرات غلظت نیترات با زمان در ضخامت ٦٠ سانتی متر پس از ٦، ١٢ و ١٨ ساعت از زمان آزمایش

پس از ٦ساعت غلظت خروجی برابر ٥میلی گرم بـر لیتـر، پس از١٢ساعت ١٥ میلی گـرم بـر لیتـر و پـس از ٢١ سـاعت غلظت خروجی ٥٠ میلی گرم برلیتر شده است (شـکل ١). در حالیکه با توجه به نتیجه شـبیه‌سـازی HYDRUS-٢D، غلظـت نیترات خروجی پس از ٦ ساعت برابر ٢٢ میلی گـرم بـر لیتـر شده است. پس از١٢ساعت، غلظت نیترات خروجی ٤٢ میلـی گرم بر لیتر و پس از ١٨ ساعت ٥٠ میلی گرم برلیتر شده است (شکل ٤).



شکل٣: تغییرات غلظت نیترات با زمان در ضخامت ٤٠ سانتی متر پس از ٤، ٨ و ١٢ ساعت از زمان آزمایش

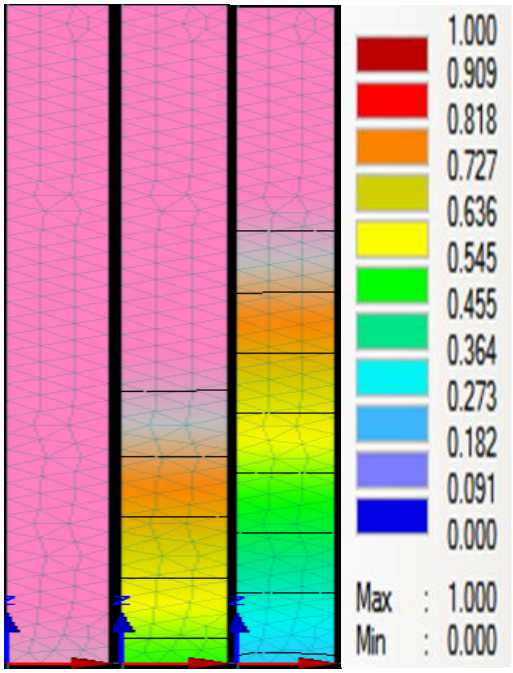
پس از ٤ ساعت غلظت خروجی برابر ٧میلی گرم بر لیتر ، پس از ٨ساعت ٢٥ میلی گرم بر لیتـر و پـس از ١٢/٥ سـاعت غلظت خروجی ٥٠ میلی گرم برلیتر شده است (شـکل ١). در حالیکه با توجه به نتیجه شـبیه‌سـازی HYDRUS-٢D، غلظـت نیترات خروجی پس از ٤ ساعت برابر ١٥ میلی گـرم بـر لیتـر شده است. پس از ٨ساعت، غلظت نیترات خروجی ٢٩ میلـی گرم بر لیتر و پس از ١٢ ساعت ٥٠ میلی گرم برلیتر شده است (شکل ٣).

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-10-30]

[DOI: 10.18869/acadpub.jehe.3.4.313]

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 ٦ 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. معمولا 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 ضخامت ها، 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[8] 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 ۰/۱٦ و ۰/۸٤ در تمامی آزمایش‌ها ملاحظه گردید که خاک رسی با ضخامت ۸۰ سانتی متر از مدت زمان بیشتری برای رسیدن به غلظت نسبی ۰/۱٦ و ۰/۸٤ برخوردار بوده و بیشترین حجم آب تخلخل بکار رفته را به خود اختصاص داده است. مشاهده گردید که در ضخامت‌های ۲۰ و ٤۰ 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 ٦). در همه ضخامت ها، قبل از غلظت نسبی ۰/۵، حجم آب تخلخل برابر یک گردیده است. با مقایسه زمان‌های رسیدن به غلظت‌های نسبی ۰/۱٦ و ۰/۸٤ در تمامی



شکل۵: تغییرات غلظت نیترات با زمان در ضخامت ۸۰سانتی متر پس از ٦، ۱۲ و ۲۲ ساعت از زمان آزمایش

پس از ٦ ساعت غلظت خروجی برابر۵ میلی گرم بر لیتر، پس از۱۲ساعت ۸ میلی گرم بر لیتر و پس از ۲۵ ساعت غلظت خروجی ۵۰ میلی گرم برلیتر شده است (شکل ۱). در حالیکه با توجه به نتیجه شبیه‌سازی HYDRUS-2D، غلظت نیترات خروجی پس از ٦ ساعت برابر ۲۰ میلی گرم بر لیتر شده است. پس از۱۲ساعت، غلظت نیترات خروجی ٤٤ میلی گرم بر لیتر و پس از ۲۲ ساعت ۵۰ میلی گرم برلیتر شده است (شکل ۵).

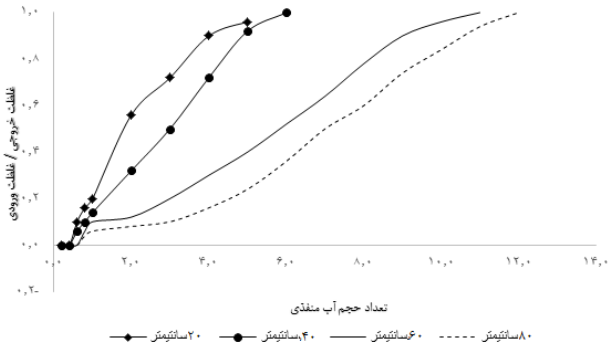
با توجه به نتایج شکل‌های ۲تا ۵، در ضخامت‌های ۲۰، ٤۰، ٦۰ و ۸۰ سانتیمتر به ترتیب غلظت خروجی نیترات پس از مدت زمان ٦، ۱۲، ۱۸ و ۲۲ ساعت برابر غلظت ورودی (۵۰ میلی گرم برلیتر) شده است. با توجه به شکل ۱، در ضخامت‌های ۲۰، ٤۰، ٦۰ و ۸۰ سانتیمتر به ترتیب پس از مدت زمان ٦/۵، ۱۲/۵، ۲۱ و ۲۵ ساعت غلظت خروجی برابر ۵۰ میلی گرم برلیتر شده است.

در یک زمان مشخص با افزایش ضخامت خاک، اختلاف

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-10-30]

[DOI: 10.18869/acadpub.jehe.3.4.313]

آزمایش‌ها ملاحظه شد که ستون خاک با ضخامت ۸۰ سانتی متر از مدت زمان بیشتری برای رسیدن به غلظت نسبی ۰/۱٦ و ۰/۸٤ برخوردار بوده است. همچنین سرعت انتقال نیترات در ضخامت ۸۰ سانتی متر کمتر از سایر ضخامت‌ها بود (شکل ٦). 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 می‌باشد. 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 می‌کند سیمونک و همکاران[9] برای این که آلاینده در داخل خاک به صورت پیستونی حرکت نماید بایستی شدت جریان انتقال و یا به عبارتی سرعت دارسی 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 می‌باشد.



شکل ۶: منحنی رخنه مربوط به ضخامت‌های مختلف خاک

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-10-30]

[DOI: 10.18869/acadpub.jehe.3.4.313]

نتیجه‌گیری

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 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.

تقدیر و تشکر

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

منابع

۱. 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 (٦٠): ۱۹۹-۲۱٦.

۲. Hallberg, G.R. Overview of agricultural chemicals in groundwater. In: Proceedings of the Agricultural Impacts on Ground Water. National Well Water Association, Dublin, ۱-٦٦, ۱۹۸٦.

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, ٥۲(۳): ۱۹۷-۲۱۳.

٤.Neuman E., and P. Schmidt. Agricultural nitrogen in groundwater pollution primer. Civil Engineering Dept, Virginia Tech, ۱۹۹۷.

٥. 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 ۰۷ ۰۲٤. Vol. X. Feb, ۲۰۰۸.

٦. Besharat S, Nazemi AH, Sadroldini AA and Shahmorad S. Applications of HYDRUS and the Proposed SWMRUM Software in SimulatingWater Flow with RootWater Uptake through Soils. Water and Science Journal, ۲۰۱۲, ۲۱(٤):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: ۱-۱٥

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-10-30]

[DOI: 10.18869/acadpub.jehe.3.4.313]

Evaluation of Nitrate Transport in Clay Soil

Morteza Seyedian[۱], Masumeh Farasati[۲]*, Ali Heshmatpoor[۳], Akbar Rasouli[٤]

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

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

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

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

E-mail: Farasati۲۷٦۰@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, ٤۰, ٦۰, ۸۰ and ۱۰۰ cm selected. In thicknesses of ۲۰, ٤۰, ٦۰ and ۸۰ cm respectively output levels after a period of ٦, ۱۲, ۱۸ and ۲۲ hours to input the concentration of nitrate (۵۰ mg/lit) is. In thicknesses of ۲۰, ٤۰, ٦۰ and ۸۰ cm, respectively, after the time of ۵/٦, ۵/۱۲, ۲۱, and ۲۵-hour concentration of ۵۰ mg/lit is output. In thickness ۲۰, ٤۰, ٦۰ and ۸۰cm, outlet concentration after ٦, 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

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-10-30]

[DOI: 10.18869/acadpub.jehe.3.4.313]