



دانشگاه گیلان، دانشکده مهندسی آب و خاک

نشریه پژوهش‌های حفاظت آب و خاک

جلد بیست و دوم، شماره ششم، ۱۳۹۴

<http://jwsc.gau.ac.ir>

اثر رطوبت خاک بر ضرایب تبدیل چرخه نیتروژن در آبیاری جویچه‌ای گیاه ذرت با استفاده از مدل HYDRUS-1D

*مریم نوابیان^۱ و نرگس جلیل‌نژاد ماسوله^۲

^۱ استادیار گروه مهندسی آب، دانشگاه گیلان، دانشجوی کارشناسی‌ارشد گروه مهندسی آب، دانشگاه گیلان

تاریخ دریافت: ۹۲/۹/۴؛ تاریخ پذیرش: ۹۳/۱۱/۲۸

چکیده

سابقه و هدف: پیچیدگی، تنوع و مدیریت نادرست آلاینده‌های کشاورزی و حجم زیاد تلفات آب به دلیل طراحی و مدیریت نادرست سیستم‌های آبیاری و زهکشی، منجر به افزایش سهم کشاورزی در آلودگی منابع آب، خاک و محیط زیست شده است. کنترل و کاهش آلودگی نیتروژن موجود در کود نیازمند شناخت چرخه بیولوژیکی آن‌ها در اکوسیستم می‌باشد. استفاده از مدل‌های شبیه‌ساز راهکار مؤثری در شناخت فرآیندهای پیچیده مانند چرخه نیتروژن در خاک است. هدف از این پژوهش شبیه‌سازی چرخه نیتروژن با استفاده از مدل HYDRUS-1D و ارزیابی تأثیر میزان رطوبت خاک بر ضریب نترات‌زدایی در یک سیستم کود آبیاری جویچه‌ای است.

مواد و روش‌ها: به‌منظور دستیابی به اهداف پژوهش، آزمایش‌های صحرائی کود آبیاری جویچه‌ای تحت رژیم جریان ثابت در جویچه‌هایی به طول ۸۳ متر در خاکی با بافت لوم رسی در کرج در سال ۱۳۸۶ انجام شد. از مدل HYDRUS-1D برای شبیه‌سازی چرخه نیتروژن در کودآبیاری جویچه‌ای استفاده شد. ضرایب تبدیل چرخه نیتروژن شامل ضرایب انتشارپذیری و تبدیل‌های مرتبه یک نترات‌زدایی بر اساس داده‌های مشاهده‌ای رطوبت و غلظت نترات خاک با استفاده از روش معکوس مدل HYDRUS-1D در مرحله واسنجی به‌دست آمدند. به‌منظور بررسی اثر حضور گیاه بر چرخه نیتروژن، مدل در حالت حضور و عدم حضور گیاه مورد بررسی قرار گرفت.

یافته‌ها: نتایج نشان داد روش ونگنختن معلم اصلاحی با متوسط ریشه میانگین مجذور خطای غلظت نترات (میلی‌گرم بر لیتر) و رطوبت (درصد) خاک ۰/۰۲۸۷۹ و ضریب تبیین ۰/۹۸۹۹ در شرایط حضور گیاه توانست برآورد بهتری از ضرایب چرخه نیتروژن در آبیاری جویچه‌ای گیاه ذرت ارائه نماید. همچنین حداکثر رطوبت خاک که در آن نترات‌زدایی روی داد، ۵۰ درصد مقدار رطوبت اشباع به‌دست آمد. ضمن آن‌که نتایج نشان داد استفاده از ضریب نترات‌زدایی در شبیه‌سازی چرخه نیتروژن در کود آبیاری جویچه‌ای ذرت منجر به بهبود نتایج می‌گردد.

نتیجه‌گیری: نتایج نشان داد که خصوصیات هیدرولیکی خاک و گیاه نسبت به درصد بی‌هوازی بودن محیط اثر بیش‌تری بر تبدیل نترات به شکل‌های نیتريت و گاز نیتروژن دارند.

واژه‌های کلیدی: آبیاری جویچه‌ای، شبیه‌سازی نیتروژن، ذرت، طراحی و مدیریت

* مسئول مکاتبه: navabian@guilan.ac.ir

مقدمه

با افزایش جمعیت در قرن اخیر و برنامه‌ریزی نادرست انسان روز به روز بر آلودگی محیط زیست افزوده می‌شود. در چند دهه اخیر، در بخش کشاورزی مصرف کودهای نیتروژن‌دار بدون توجه به تأثیر آن‌ها بر ویژگی خاک، محصولات کشاورزی و به‌ویژه آلودگی محیط زیست به طرز چشم‌گیری افزایش یافته است (8, 27, 14).

مدیریت صحیح مواد مغذی خاک مانند کود نیتروژن نیازمند شناخت چرخه بیولوژیکی آن‌ها در اکوسیستم می‌باشد. چرخه نیتروژن که ترکیبی از فرآیندهای جذب نیتروژن قابل دسترس توسط گیاهان، انتقال آن از بقایای گیاهی به مواد آلی خاک و تبدیل نیتروژن آلی به شکل معدنی آمونیوم می‌باشد، برای بقای سیستم‌های زنده ضروری است و تمامی این چرخه توسط ریزجانداران خاک انجام می‌شود (32). در چرخه نیتروژن دو فرآیند مهم نیترات‌زایی و نیترات‌زدایی روی می‌دهد که فرآیند تبدیل نیتروژن آلی به نیتريت و سپس تبدیل نیتريت به نیترات را نیترات‌زایی نامند. نیترات‌زدایی یک فرآیند باکتریایی برای تبدیل نیترات و نیتريت به گاز نیتروژن در شرایط بی‌هوازی تعریف می‌شود. این فرآیند از فاکتورهای بسیاری مانند دمای خاک، حضور و فعالیت باکتری‌ها، اسیدیته خاک، میزان اکسیژن، میزان ماده آلی، بافت و ساختمان خاک، ضریب پخشیدگی گاز، حجم بخش غیرهوازی و غلظت نیترات در خاک تأثیر می‌پذیرد (5). کاستالدی و همکاران (2002) بیان نمودند که در دمای ۴۰ درجه سانتی‌گراد بیش‌ترین مقدار نیترات‌زدایی اتفاق می‌افتد و در دمای زیر ۱۰ درجه سانتی‌گراد متوقف می‌شود. رطوبت کم همه فرآیند چرخه نیتروژن به‌جز نیترات‌زدایی و جذب را افزایش می‌دهد (17). اکسیژن موجود در

خاک پس از غرقاب شدن طی چندین ساعت توسط میکروارگانیسم‌های هوازی خاک مصرف می‌شود. غرقاب شدن خاک موجب کاهش شدید قدرت اکسیداسیون و احیاء آن می‌گردد. از این طریق نیتروژن زیادی می‌تواند از دست برود (16). ویلیامز (1995) با بررسی پارامترهای نیترات در دسترس، ماده آلی در دسترس، دما و رطوبت خاک به شبیه‌سازی نیترات‌زدایی پرداخت. وی بیان کرد شرایط بی‌هوازی و مناسب برای نیترات‌زدایی زمانی روی می‌دهد که رطوبت خاک ۹۵ درصد رطوبت ظرفیت زراعی خاک یا ۹۰ درصد رطوبت اشباع خاک باشد. هاتسون و واگنت (1991) نشان دادند که نرخ نیترات‌زدایی در خاک‌های مختلف بین ۰/۲-۰/۰۵ متغیر است. در خاک‌های کشاورزی میزان هدررفت نیتروژن به‌وسیله نیترات‌زدایی ۶۲-۳ درصد نیتروژن مصرفی متفاوت می‌باشد (31). نتایج پژوهش مایهول و همکاران (2001) بیانگر آن بود که در جویچه‌های کوتاه و انتها بسته عمق جریان آب در قسمت‌های انتهایی بیش‌تر از سایر قسمت‌های جویچه بود بنابراین در این نواحی املاح بیش‌تر به لایه‌های عمقی نفوذ کرد. آن‌ها همچنین نشان دادند در سطوح عمق آبیاری کم، نیترات باقی‌مانده در لایه‌های بالایی کم‌تر تحت تأثیر آبشویی قرار می‌گیرد. در مطالعه قیصری و همکاران (2009)، کاربرد زیاد نیتروژن و آب در آبیاری جویچه‌ای منجر به آبشویی نیترات در مناطق نیمه‌خشک شد.

مایهول و همکاران (2007) تأثیر عمق جریان و عمق آب کاربردی را در حرکت آب و املاح با استفاده از مدل HYDRUS-2D مورد بررسی قرار دادند. نتایج آن‌ها بیانگر آن بود که عمق آب کاربردی نقش مهمی در آبشویی نیترات و تجمع آن در بالایی پشته‌ها دارد و مقدار زیاد آبیاری به‌علت زمان کاربرد

بیش تر منجر به کاهش قابل ملاحظه‌ای اختلاف بین مقدار نیتروژن اندازه‌گیری شده در بالای پشته و کف جویچه می‌گردد. پنگ و لتی (1998) به این نتیجه رسیدند که علاوه بر مدیریت آب، مدیریت کود نیز عامل افزایش تلفات ناشی از آبشویی کود است. برای مثال تزریق کود در تمام مدت زمان آبیاری و یا زمان‌های انتهایی آبیاری نسبت به نیمه اول آبیاری یکنواختی توزیع کود بیش‌تری را ایجاد می‌کند (1, 22). اسدی و همکاران (2002) با بررسی عملکرد گیاه ذرت نشان دادند که کود آبیاری یک روش کارآمد برای پخش آب و مواد مغذی است.

مدل‌های عددی یکی از ابزارهای کارآمد برای شبیه‌سازی فرایندها به‌شمار می‌روند به‌طوری‌که با حساسیت‌سنجی پارامترهای مؤثر بر فرآیند، می‌توانند با وزن‌دهی به هر پارامتر و در نتیجه حذف عوامل غیرمؤثر بر فرآیند، نقش مؤثری در اعمال مدیریت کارآمد ایفا نماید. از آنجا که چرخه نیتروژن دارای فرایندهای پیچیده تبدیل و تخریب مرحله صفر و یک است، تنها مدل‌هایی که از معادلات حاکم بر این فرایندها تبعیت می‌نمایند، قابلیت شبیه‌سازی این فرآیند در اراضی کشاورزی را دارا هستند. مدل HYDRUS-1D یک مدل تحت ویندوز برای تجزیه و تحلیل انتقال آب و املاح در شرایط یک‌بعدی در محیط اشباع و همچنین دارای روش معکوس برای تخمین پارامترهای هیدرولیکی انتقال املاح و خاک است. مدل HYDRUS-1D شامل فرایندهای جذب سطحی، جذب توسط گیاه، تخریب، تصعید و تبدیل‌های بیولوژیکی مرتبه صفر و یک برای شبیه‌سازی املاح است. چوتپانترات و همکاران (2011) برای شبیه‌سازی انتقال عمودی نیترات در اراضی شالیزاری از مدل HYDRUS-1D در خاک‌های با بافت متوسط در تایلند استفاده نمودند.

نتایج این پژوهش نشان داد این مدل، مدل مناسبی جهت شبیه‌سازی جریان آب و انتقال آلودگی در شرایط مختلف اشباع خاک به روش مستقیم و معکوس است. نتایج حاصل از این پژوهش بیانگر آن بود که مشخصات غیراشباع خاک نقش مهمی در پتانسیل حرکت نیترات از لایه‌های سطحی به لایه‌های زیرسطحی خاک دارند. تافته و همکاران (2008) از مدل HYDRUS-1D برای شبیه‌سازی آب و آبشویی نیترات در نیم‌رخ خاک تحت مدیریت‌های مختلف آبیاری جویچه‌ای در سطوح مختلف کود نیتروژن استفاده کردند. نتایج نشان داد مدل توانایی قابل ملاحظه‌ای برای شبیه‌سازی نفوذ آب (میانگین خطای نسبی استاندارد 0/11 و 0/094) به‌ترتیب برای گیاه دانه‌دار روغنی و ذرت) و آبشویی نیترات (میانگین خطای نسبی استاندارد 0/14 و 0/18) به‌ترتیب برای گیاه دانه‌دار روغنی و ذرت) را دارد. کاترر و همکاران (2001) با استفاده از دو مدل یک ناحیه‌ای HYDRUS-1D و دو ناحیه‌ای MACRO، تأثیر رطوبت اولیه و نحوه کاربرد ردیاب‌های برماید و کلراید را در سطح خاک بر حرکت نمک‌ها در دو ستون مرطوب و خشک بررسی کردند و نتیجه گرفتند مدل دو ناحیه‌ای برآورد بهتری از حرکت ردیاب‌ها در ستون خاک خشک را دارد. وانگ و همکاران (2010) از نرم‌افزار HYDRUS-1D برای مطالعه حرکت برماید، سپس شبیه‌سازی آبشویی نیترات در ستون خاک استفاده کردند. نتایج نشان داد که آبشویی نیترات در سال‌های پربارش به‌طور قابل ملاحظه‌ای بیش‌تر از سال‌های خشک بود. نتایج شبیه‌سازی بیانگر آن بود که حرکت برماید سریع‌تر از حرکت نیترات در خاک بوده است. وقتی که از برماید استفاده شد مقدار آبشویی نیترات 10 درصد بیش‌تر تخمین زده شد. مقدار آبشویی نیترات و از دست رفتن آب از طریق

شبیه‌سازی شده و عوامل مؤثر بر آن مورد ارزیابی قرار گیرد.

مواد و روش‌ها

به‌منظور شبیه‌سازی چرخه نیتروژن و ارزیابی فرآیند نیترات‌زدایی در کود آبیاری جویچه‌ای، آزمایش‌های صحرایی در مزرعه گروه آب دانشکده مهندسی آب و خاک پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران واقع در کرج در سال ۱۳۸۶ صورت پذیرفت. در این مطالعه دو جویچه آزمایشی به طول ۸۳ متر، شیب ۰/۰۳۵، عرض کف ۲۵ سانتی‌متر و فواصل ۷۵ سانتی‌متر احداث شدند. همچنین دو جویچه جانبی در طرفین هر جویچه آزمایشی برای ایجاد شرایط واقعی حرکت آب و املاح در جویچه‌ها در نظر گرفته شدند. مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک در جدول ۱ آمده است.

زهکشی با افزایش عمق آبیاری افزایش یافت. فونتر و همکاران (۲۰۰۸) کاربرد نرم‌افزار HYDRUS-1D را بر حرکت نیترات در خاک آتشفشانی متأثر از پسماند فاضلاب و خاکستر آن، بررسی کردند. نتایج نشان داد که خاک‌های آتشفشانی می‌توانند نیترات را در خود نگه دارند یا به‌صورت تدریجی آزاد کنند. انتقال و تبدیل نیتروژن به طراحی و مدیریت آبیاری، میزان و یکنواختی کاربرد کود، نحوه کاربرد کود، مدت و غلظت تزریق کود بستگی دارد (۲۵) که از میان آن‌ها عملیات آبیاری به‌عنوان عامل انحلال و انتقال نیتروژن دارای نقش کلیدی است. در این روش آبیاری، لایه سطحی خاک به‌دلیل اشباع بودن و در نتیجه به‌دلیل بالا بودن پتانسیل نیترات‌زدایی و نقش آن در هدررفت کود نیتروژن اهمیت زیادی دارد. در این پژوهش سعی شده است تا در عملیات کود آبیاری جویچه‌ای نیترات در یک مزرعه ذرت، فرآیند نیترات‌زدایی با استفاده از مدل HYDRUS-1D

جدول ۱- مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه.

Table 1. Chemical and physical properties of field soil.

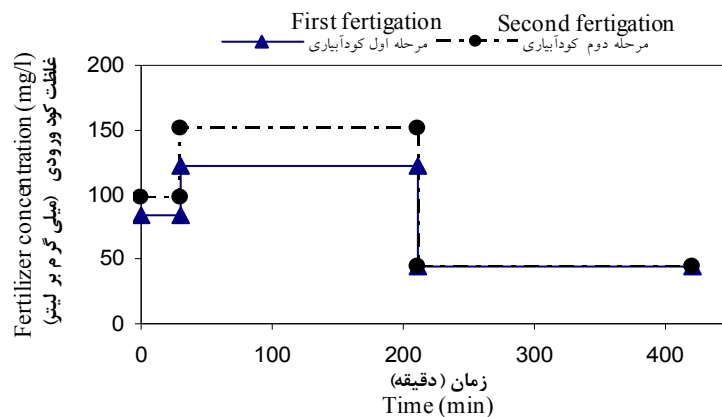
عمق	شن	سیلت	رس	بافت	جرم مخصوص	رطوبت	رطوبت	رطوبت	اسیدیته
Depth (cm)	Sand (%)	Silt (%)	Clay (%)	Soil Texture	Bulk Density (gr/cm ³)	Saturated moisture (%)	Field Capacity moisture (%)	Permanent wilting point moisture (%)	pH (-)
0-60	25.2	47.4	27.4	Silty loam	1.38	56	30.47	6.23	7.2

شد. کود به‌صورت کود نیترات پتاسیم و بر حسب نیاز گیاه ذرت در دو مرحله به‌صورت کود آبیاری با شدت و غلظت تزریق ارائه شده در شکل ۱ اعمال شد. برای شبیه‌سازی تغییرات نیترات در خاک مقادیر اولیه نیترات در خاک با برداشت نمونه خاک در اعماق ۲۰، ۴۰ و ۶۰ سانتی‌متر در ابتدا، وسط و انتهای جویچه

در مدیریت آبیاری تحت رژیم ثابت، بر اساس بافت خاک و طول جویچه، دبی ورودی ۰/۴۵ لیتر بر ثانیه و مدت زمان آبیاری برای دستیابی به نیاز آبیاری ۴۶ میلی‌متر ۲۷۰ دقیقه لحاظ شد. به‌منظور بررسی اثر گیاه بر فرآیند نیترات‌زدایی، یکی از جویچه‌ها به گیاه ذرت به‌عنوان متداول‌ترین گیاه منطقه اختصاص داده

کار گذاشته بودند، اندازه‌گیری شدند. هر ۱۸ بلوک گچی مورد استفاده برای دوره تناوب ۶ روزه واسنجی شده بودند. قبل از شروع آبیاری رطوبت خاک برای تعیین شرایط اولیه خاک اندازه‌گیری شد. پارامترهای خاک شامل فراوانی نسبی ذرات، جرم مخصوص ظاهری، رطوبت ظرفیت زراعی، رطوبت نقطه پژمردگی، هدایت آبی اشباع و رطوبت اشباع به ترتیب به روش‌های الک تر، کلوخه‌ای، صفحه فشاری در مکش ۳۰ کیلو پاسکال، صفحه فشاری در خروجی در ۱۵۰۰ کیلو پاسکال، روش ورودی و خروجی در جویچه و روش وزنی اندازه‌گیری شدند.

قبل از شروع آبیاری انجام شد. از ۲۴ ساعت پس از کود آبیاری تا اتمام دوره آبیاری (۶ روز) نمونه‌های خاک برای تعیین غلظت نترات به‌طور روزانه برداشت شد. نمونه‌های خاک به سرعت به آزمایشگاه منتقل شده و برای جلوگیری از فعالیت باکتری‌ها و تأثیر بر مقدار نترات در یخچال در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد نگهداری می‌شدند. سپس نترات نمونه‌ها به روش اسپکتروفتومتری اندازه‌گیری شد. همچنین به‌منظور واسنجی دقیق‌تر مدل HYDRUS رطوبت خاک هم‌زمان با برداشت نمونه خاک برای اندازه‌گیری نترات به‌وسیله بلوک گچی که در ابتدا، وسط و انتهای جویچه‌ها در اعماق ۲۰، ۴۰ و ۶۰ سانتی‌متری خاک



شکل ۱- غلظت نترات ورودی به جویچه در کود آبیاری اول و دوم.

Figure 1. Nitrate concentration in first and second fertigation.

رطوبت و مقادیر اندازه‌گیری شده پارامترهای هدایت آبی اشباع، رطوبت اشباع و رطوبت باقی‌مانده، برای مدل تعریف شدند. پارامترهای جذب آب توسط گیاه با توجه به ضرایب مدل فلدس و همکاران (1974) برای گیاه ذرت و جذب نترات توسط ریشه با توجه به ارتباط میزان حداکثر جذب نترات با تعرق گیاه تعیین شدند. رابطه ۱، روش فلدس و همکاران (1974) برای محاسبه‌ی جذب آب توسط ریشه در

مدل شبیه‌ساز HYDRUS-1D: به‌منظور بررسی نقش نترات‌زدایی در هدررفت کود نیتروژن (به فرم نترات) در کود آبیاری جویچه‌ای از مدل شبیه‌ساز انتقال آب و املاح HYDRUS-1D استفاده شد. در این راستا چرخه نیتروژن (به فرم نترات) به مدل معرفی شدند. اطلاعات ورودی مدل شامل نوع معادله حاکم بر منحنی رطوبتی به‌صورت سعی و خطا براساس تطابق مقادیر تخمینی مدل و مشاهده‌ای

آب در شرایط اشباع صفر و با کاهش پتانسیل ماتریک نقطه ظرفیت زراعی مقدار جذب به صورت خطی افزایش یافته و به مقدار پتانسیل می‌رسد. در این پژوهش پارامترهای مدل فدس و همکاران (1974) با استفاده از داده‌های مطالعاتی (29) تعیین شدند. جدول ۲ مقادیر پارامترهای مدل فدس و همکاران را نشان می‌دهد.

$$S = \alpha(h) \times S_{\max} \quad (1)$$

مدل HYDRUS را نشان می‌دهد. در این معادله S جذب گیاه (گرم بر روز)، S_{\max} حداکثر میزان جذب گیاه (گرم بر روز) و $\alpha(h)$ تابع کاهش ریشه است. اگر خاک نتواند نیاز آبی گیاه را برای حداکثر تعرق فراهم آورد، به اندازه α مرسوم به تابع کاهش تعرق از میزان تعرق کاسته می‌شود. در معادله فدس و همکاران تابع کاهش جذب در تنش خشکی به صورت یک تابع خطی تکه‌ای است به طوری که مقدار جذب

جدول ۲- مقادیر پارامترهای مدل فدس مورد استفاده در این پژوهش.

Table 2. Fedes parameters in this study.

گیاه (Crop)	h_0 (cm)	h_{opt} (cm)	h_{2H} (cm)	h_{2L} (cm)	h_3 (cm)
ذرت (Corn)	-15	-30	-325	-600	-8000

مراحل استفاده از مدل شامل واسنجی، اعتبارسنجی و سپس اجرای مدل برای گزینه‌های مختلف جهت سنجش اهمیت نیتراژ زدایی بود. برای واسنجی مدل از داده‌های نقطه ابتدایی جویچه در سه عمق ۲۰، ۴۰ و ۶۰ سانتی متری در طول ۶ روز دوره تناوب آبیاری استفاده شد. همچنین داده‌های نقاط انتهایی و میانی برای اعتبارسنجی مدل در نظر گرفته شدند. در واسنجی مدل، انتخاب ضرایب واسنجی اهمیت زیادی دارد. از آنجا که ضریب انتشارپذیری طولی نیتراژ در خاک (DISP) از سرعت آب در خلل و فرج تأثیر می‌پذیرد و به دلیل پیچیدگی تعیین آن، این پارامتر به عنوان ضریب واسنجی به همراه پارامترهای حساس و مجهول ALPHA و N معادله ونگنوختن معلم (2) انتخاب شدند. همچنین برای کاهش تعداد مجهول‌ها، ضریب پخشیدگی در فاز مایع، 0.00000071 مترمربع بر ساعت (20) در نظر گرفته شد.

مدل برای تخمین میزان جذب نیتراژ توسط گیاه به پارامتر حداکثر نرخ جذب نیتراژ نیاز دارد. برادبنت (1984) میزان جذب نیتراژ را در دامنه تغییرات ۲-۵/۰ کیلوگرم بر هکتار بر روز برآورد نمود. در تعریف این پارامتر برای مدل به دلیل شبیه‌سازی در زمانی که ارتفاع گیاه ۴۵ سانتی متری است و هنوز به رشد کامل و نیاز بالا برای جذب نیتراژ نرسیده بود، عدد 0.75 میلی‌گرم بر لیتر در نظر گرفته شد.

شرایط مرزی بالادست پروفیل خاک به صورت اتمسفری و شرط مرزی پایین دست پروفیل خاک با توجه به شرایط منطقه به صورت زهکش آزاد در نظر گرفته شد. مقادیر شرط اولیه رطوبت و نیتراژ در اعماق ۲۰، ۴۰، ۶۰ سانتی متر به ترتیب برای رطوبت $1.8/9.5$ ، $17/32$ و $9/9.6$ درصد حجمی و برای غلظت نیتراژ $7/42.8$ ، $17/32$ و $36/23$ میلی‌گرم بر لیتر بودند.

نتایج و بحث

ارزیابی مدل HYDRUS در شبیه‌سازی چرخه نیتروژن در شرایط کود آبیاری جویچه‌ای ذرت، پس از واسنجی و اعتبارسنجی مدل انجام شد. جدول ۳، نتایج بخش واسنجی مدل را که حاصل حل معکوس مدل HYDRUS بر روی پارامترهای ALPHA، N، DISP و SNKL1 می‌باشد، نشان می‌دهد.

به‌منظور تعیین پارامترهای مؤثر بر چرخه نیتروژن، حساسیت‌سنجی بر شاخص‌های مدیریتی کود آبیاری شامل مدت زمان تزریق کود، دبی جریان، مدت زمان آبیاری و حضور گیاه و عدم حضور گیاه انجام شد. جدول ۴ ضرایب حساسیت پارامترهای مدل HYDRUS در شبیه‌سازی کود آبیاری جویچه‌ای گیاه ذرت را نشان می‌دهد. نتایج نشان داد مدت زمان آبیاری و مدت زمان تزریق کود بیش‌ترین تأثیرگذاری بر میزان ضریب نیترات‌زدایی و انتشارپذیری نیترات در خاک را دارند. این در حالی است که حضور یا عدم حضور گیاه بر پارامتر N و دبی جریان بر ALPHA بیش‌ترین اثرگذاری را داشت.

به‌منظور بررسی نوع معادلات حاکم بر هیدرولیک جریان در خاک، حضور و عدم حضور گیاه و لحاظ کردن یا عدم لحاظ کردن فرض ویلیامز در شبیه‌سازی چرخه نیتروژن در خاک، بر ضرایب واسنجی مدل (با تاکید بر ضرایب نیترات‌زدایی) پس از اطمینان از اعتبار نتایج شبیه‌سازی، گزینه‌های معرفی شده در جدول ۵ در مدل اعمال و نتایج آن‌ها نیز در این جدول ارائه شده است.

ضریب تبدیل مرتبه یک (SINKL1)، به‌عنوان ضریب تبدیل نیترات به نیتريت و گاز نیتروژن در مدل HYDRUS-ID عمل می‌نماید. ویلیامز (1995) نشان داد در شرایطی که رطوبت خاک کم‌تر از ۹۰ درصد رطوبت اشباع یا کم‌تر از ۹۵ درصد رطوبت ظرفیت زراعی باشد می‌توان از نیترات‌زدایی صرفه‌نظر نمود. در این پژوهش فرض ویلیامز (صفر در نظر گرفتن ضریب نیترات‌زدایی) در کنار گزینه عدم حذف نیترات‌زدایی (صفر در نظر نگرفتن مقدار ضریب و انتخاب آن به‌عنوان یکی از ضرایب واسنجی) مورد بررسی قرار گرفت. ضرایب واسنجی انتخاب شده با گزینه حل معکوس موجود در مدل HYDRUS که از الگوریتم بهینه‌سازی لورنبرگ-مارکوارت تبعیت می‌نماید، از تطبیق مقادیر تخمینی و مشاهده‌ای رطوبت و غلظت نیترات در اعماق ۲۰، ۴۰ و ۶۰ سانتی‌متری پروفیل خاک به‌دست آمدند. پس از تعیین و تثبیت ضرایب واسنجی، مدل با استفاده از دو سری داده میانی و انتهایی جویچه اعتبارسنجی شد. از ضریب تبیین (R^2) و ریشه میانگین مجذور خطا (RMSE) برای ارزیابی دقت شبیه‌سازی مدل استفاده شد. رابطه‌های ۲ و ۳ فرم معادلاتی آماره‌های مورد استفاده را نشان می‌دهد.

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (p_{(xi)} - o_{(xi)})^2} \quad (2)$$

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^N (o_{(xi)} - p_{(xi)})^2}{\sum_{i=1}^N (o_{(xi)} - \bar{o}_{(xi)})^2} \quad (3)$$

که در آن، مقدار تخمین زده شده، $\bar{o}_{(xi)}$ میانگین مقادیر مشاهده شده و O_{xi} مقدار مشاهده شده برای نقطه X_i می‌باشند.

جدول ۳- مقادیر ضریب واسنجی حاصل از روش معکوس: ضریب انتشار (DISP)، پارامترهای فاکتور شکل (N و ALPHA) و ضریب نیترات زدایی (SNKL1).

Table 3. The Value of calibration value using inverse solution: Dispersivity (DISP), Figure factor parameters (N and ALPHA) and nitrification coefficient (SNKL1).

ضریب اصلاح Modified coefficient	مقدار بیشینه Maximum value	مقدار کمینه Minimum Value	مقدار بهینه Optimum value	پارامتر Parameter
0.0013663	0.010952	0.005455	0.0082037	ALPHA
0.0309930	1.647700	1.522900	1.5853000	N
0.3339450	2.027300	0.661460	1.3440000	DISP
0.0063770	0.013231	-0.012428	0.0004013	SNKL1

جدول ۴- حساسیت‌سنجی مدل HYDRUS به شاخص‌های مدیریتی کود آبیاری و حضور گیاه و عدم حضور گیاه (درصد).

Table 4. Sensitivity analysis of HYDRUS to fertigation management indexes and pant and absence of plant (%).

حضور گیاه و عدم حضور گیاه pant and absence of plant	مدت زمان آبیاری Duration of irrigation	دبی جریان Discharge	مدت زمان تزریق کود Duration of fertigation	پارامترهای موثر بر شاخص Effective parameter on index
0.850	4.63000	4.8700	3.65000	ALPHA
2.010	0.63290	0.0189	0.25310	N
0.810	7.46000	4.4800	15.2200	DISP
0.435	99.0000	1.1700	96.0000	SINKL1

اصلاحی و بروکس و کوری نیز مشاهده شد. با توجه به نتایج به‌دست آمده، حساسیت در انتخاب و تعیین پارامترهای Θ_r ، N و ALPHA با توجه به نوع مدل هیدرولیکی در شرایط حضور و عدم حضور گیاه متفاوت بوده و برای دستیابی به دقت بیشتر باید براساس مدل هیدرولیکی، در نحوه تعیین پارامترهای مدل اعمال نظر نمود.

مقایسه ضرایب واسنجی در دو حالت حضور و عدم حضور گیاه نشان داد که حضور گیاه در مدل هیدرولیکی و نگونختن بیش‌ترین تأثیر را بر پارامتر N و در مدل هیدرولیکی بروکس و کوری بیش‌ترین تأثیر را بر پارامتر Θ_r داشت. هر چند در سایر مدل‌ها هیچ تفاوتی در خصوص شاخص Θ_r در شرایط حضور یا عدم حضور گیاه دیده نشد. این مسأله در خصوص پارامتر ALPHA در دو مدل هیدرولیکی و نگونختن

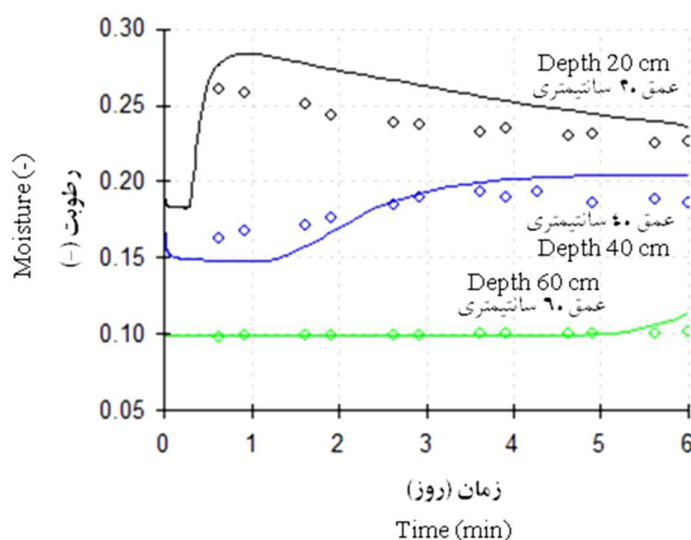
جدول ۵- مقادیر ضریب واسنجی برای دو گزینه مختلف تعریف شده در شبیه‌سازی نیترات‌زدایی در مدل HYDRUS

Table 5. The value of calibration coefficient for two different simulation scenario in HYDRUS model										
غلظت نیترات RMSE of nitrate concentration (mg/l)	رطوبت (درصد) RMSE of moisture (%)	نیترات و رطوبت خاک Mean RMSE of nitrate concentration and soil moisture	R ²	ALPHA	θ _r	N	DISP	نیترات‌زدایی Denitrification rate	ضریب ضریب	مدل هیدرولیکی
										Hydraulic model
0.047851158	0.015124	0.028895	0.98973	0.0118	0.0623	1.60	1.35	0.0000000	وگنوختن	Van Genuchten
0.047782842	0.014808	0.028746	0.98986	0.0084	0.0623	1.57	1.37	0.0000000	وگنوختن اصلاحی	Modified Van Genuchten
0.04623707	0.015599	0.028294	0.98952	0.0382	0.0623	0.26	1.33	0.0000000	بروکس و کوری	Brooks and Corey
0.047761212	0.015080	0.028835	0.98984	0.0116	0.0623	1.61	1.34	0.0002756	وگنوختن	Van Genuchten
0.047833043	0.014878	0.028796	0.98990	0.0082	0.0623	1.58	1.34	0.0004013	وگنوختن اصلاحی	Modified Van Genuchten
0.04610929	0.016880	0.028748	0.98920	0.0653	0.0623	0.37	1.37	0.0000010	بروکس و کوری	Brooks and Corey
0.04611941	0.016935	0.028776	0.98919	0.0118	0.0623	1.37	1.34	0.0000000	وگنوختن	Van Genuchten
0.04511984	0.013535	0.026983	0.98876	0.0117	0.0623	1.65	1.34	0.0000000	وگنوختن اصلاحی	Modified Van Genuchten
0.0256312465	0.017857	0.100397	0.98952	0.0512	0.0623	0.26	1.23	0.0000000	بروکس و کوری	Brooks and Corey
0.046396839	0.017158	0.028999	0.98912	0.0132	0.0623	1.44	1.35	0.0000405	وگنوختن	Van Genuchten
0.046816664	0.017163	0.029199	0.98900	0.0117	0.0623	1.58	1.35	0.0004013	وگنوختن اصلاحی	Modified Van Genuchten
0.045387907	0.017857	0.028827	0.98962	0.0512	0.0085	0.26	1.33	0.0001560	بروکس و کوری	Brooks and Corey

و نگونختن کم‌ترین مقدار این پارامتر را در حضور گیاه به خود اختصاص داد، هر چند این مقدار در مقایسه با مقدار حاصل از مدل بروکس و کوری در شرایط حضور گیاه بسیار متفاوت می‌باشد و با فرض ویلیامز تفاوت محسوسی دارد. نکته قابل توجه یکسانی مقدار ضریب نیترات‌زدایی در مدل و نگونختن اصلاحی در دو شرایط حضور و عدم حضور گیاه است که یک نقطه قوت در انتخاب این مدل در شبیه‌سازی چرخه نیتروژن در خاک محسوب می‌شود هر چند مقایسه RMSE غلظت نیترات، دقت بیش‌تر شبیه‌سازی غلظت نیترات در خاک در مدل بروکس و کوری را نشان می‌دهد.

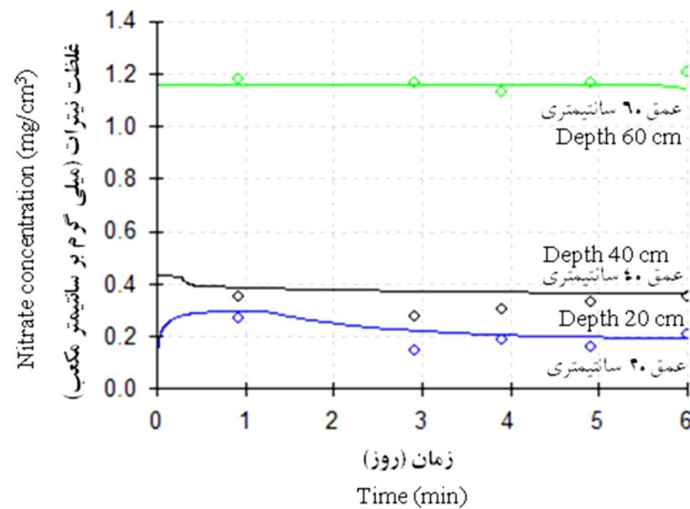
شکل‌های ۲ و ۳ با مقایسه مقادیر مشاهده‌ای و تخمینی مدل HYDRUS، اعتبار مدل در شبیه‌سازی رطوبت و غلظت نیترات خاک را در سه عمق ۲۰، ۴۰ و ۶۰ سانتی‌متری نشان می‌دهد. همان‌طور که در شکل‌ها مشخص است مدل با دقت مناسبی قابلیت شبیه‌سازی تغییرات رطوبت و نیترات خاک را دارد.

مطابق با نتایج جدول ۵، مدل هیدرولیکی و نگونختن اصلاحی نسبت به دو مدل دیگر دقت بیش‌تری در شبیه‌سازی رطوبت داشت. مقایسه مقادیر ضریب انتشارپذیری حرکت نیترات در خاک در دو شرایط حضور و عدم حضور به‌ازای تمامی مدل‌های هیدرولیکی، تفاوت محسوسی نداشت. بررسی ضریب نیترات‌زدایی در شرایط حضور گیاه به‌ازای مدل‌های مختلف هیدرولیکی نشان داد که مقادیر این پارامتر در مدل‌های و نگونختن و اصلاحی نسبت به هم ۶۱ درصد متفاوت هستند. این در حالی است که مدل بروکس و کوری مقدار این پارامتر را بسیار کم برآورد نمود و به نظر می‌رسد که به فرض ویلیامز مبنی بر عدم نمودن نیترات‌زدایی در شرایط حاکم بر جریان در آبیاری جویچه‌ای مورد نظر تحقیق نزدیک‌تر است. این نکته در خصوص شرایط در حضور گیاه متفاوت بود و مقادیر دو مدل و نگونختن اصلاحی و بروکس و کوری با درصد تفاوت ۳۱ درصدی شباهت بیش‌تری نسبت به هم داشته و مدل



شکل ۲- روند تغییرات مقادیر مشاهده‌ای و تخمینی رطوبت در عمق‌های ۲۰، ۴۰ و ۶۰ سانتی‌متری خاک (نقاط مقادیر مشاهده‌ای و خطوط پیوسته مقادیر تخمینی مدل هستند).

Figure 2. Trend of observed and estimated of moisture in soil depths 20, 40 and 60 cm (points are observed and lines are estimated value of model).



شکل ۳- روند تغییرات مقادیر مشاهداتی و تخمینی غلظت نیترات در عمق ۲۰، ۴۰ و ۶۰ سانتی‌متری خاک (نقاط مقادیر مشاهداتی و خطوط پیوسته مقادیر تخمینی مدل هستند).

Figure 3. Trend of observed and estimated of nitrate concentration in soil depths 20, 40 and 60 cm (points are observed and lines are estimated value of model).

بررسی نموده و نشان دادند که با افزایش رطوبت خاک از ۴۰ به ۹۰ درصد، ضریب نیترات‌زدایی از ۰/۰۰۰۳۲ به ۰/۲ بر روز افزایش یافت. نتایج ضریب نیترات‌زدایی دویی و اسمیت (2006) تطابق خوبی با نتایج این پژوهش (۰/۰۰۰۴۰۱۳) نشان داد. همچنین دویی و اسمیت (2006) حداکثر رطوبت خاک که در آن نیترات‌زدایی روی می‌دهد را ۴۰ درصد بیان نمودند که در مقایسه با ۵۰ درصد رطوبت اشباع که حاصل این پژوهش است، تطابق خوبی دارد و نشان می‌دهد در شرایط هوازای نیز وقوع فرآیند نیترات‌زدایی محتمل می‌باشد. شکل ۳ دقت شبیه‌سازی غلظت نیترات خاک در اعماق ۲۰، ۴۰ و ۶۰ سانتی‌متری را نشان می‌دهد و همان‌طور که در شکل مشخص است، مدل در عمق ۴۰ سانتی‌متری دقت بیشتری در برآورد غلظت نیترات داشت. این مسأله را می‌توان به تأثیرپذیری اعماق ۲۰ و ۶۰ سانتی‌متری از شرایط مرزی بالا و پایین‌دست و دقت در انتخاب و تعریف آن‌ها نسبت داد.

همان‌طور که در شکل ۲ مشخص است تمامی مقادیر رطوبت در طول دوره آبیاری کم‌تر از ۹۰ درصد رطوبت اشباع (۰/۵۶×۰/۹) و ۹۵ درصد رطوبت زراعی (۰/۳۰۴×۰/۹۵) بود. بنابراین طبق فرض ویلیامز می‌توان از ضریب نیترات‌زدایی صرف‌نظر نمود در حالی‌که مدل HYDRUS، این پارامتر را برابر با ۰/۰۰۰۴۰۱۳ برآورد نمود. اگرچه ضریب نیترات‌زدایی به‌دست آمده دارای مقدار قابل توجهی نیست اما در مقایسه با فرض ویلیامز (مقدار صفر ضریب نیترات‌زدایی در رطوبت کم‌تر از ۹۰ درصد رطوبت اشباع و ۹۵ درصد رطوبت ظرفیت زراعی) به‌خصوص در مدل هیدرولیکی ونگنوختن اصلاحی قابل توجه می‌باشد. همچنین مقایسه ضریب نیترات‌زدایی با مقادیر ارائه شده توسط هاتسون و واگنت (1991) نشان داد که اگرچه ضریب نیترات‌زدایی به‌دست آمده بسیار کم‌تر است اما در نظر گرفتن این ضریب، منجر به بهبود نتایج شبیه‌سازی چرخه نیتروژن در خاک شد. دویی و اسمیت (2006) تغییرات ضریب نیترات‌زدایی نسبت به رطوبت را

نتیجه‌گیری کلی

بررسی پارامترهای آماری نشان داد اگرچه در سطح پنج درصد تفاوت معنی‌داری میان شبیه‌سازی مدل‌های مختلف هیدرولیکی خاک و اعمال ضریب نیترات‌زدایی وجود ندارد اما مدل ونگنوختن اصلاح شده با میانگین خطای نسبی استاندارد ۰/۰۲۸۷۹ و ضریب تبیین ۰/۹۸۹۹ با در نظر گرفتن ضریب نیترات‌زدایی در شرایط بدون حضور گیاه به علت تفاوت در مقادیر پارامترهای مدل هیدرولیکی ونگنوختن اصلاح شده توانست برآورد بهتری از غلظت نیترات و رطوبت خاک ارائه نماید. مقدار ضریب نیترات‌زدایی به دست آمده در این پژوهش تطابق خوبی با نتایج دویی و اسمیت (۲۰۰۶) داشت.

نتایج نشان داد که در رطوبت حدود ۹۳ درصد حد زراعی و ۵۰ درصد حد اشباع نیز نیترات‌زدایی رخ داد و با اعمال ضریب نیترات‌زدایی می‌توان به دقت بالاتری از شبیه‌سازی مدل دست یافت. این در حالی است که ویلیامز (۱۹۹۵) این اعداد را به ترتیب ۹۵ و ۹۰ درصد اعلام نموده بود. بنابر نتایج این پژوهش، عوامل دیگر مؤثر بر نیترات‌زدایی نسبت به عامل غیرهوازی بودن محیط (حالت اشباع خاک) برتری داشته و اثر بیش‌تری بر تبدیل نیترات به شکل‌های نیتريت و گاز نیتروژن دارند. این نتیجه اهمیت پژوهش بیش‌تر بر عوامل مؤثر بر فرآیند نیترات‌زدایی در مزارع را نشان می‌دهد.

منابع

1. Abbasi, F., Liaghat, A.M., and Ganjeh, A. 2009b. Evaluation of fertigation uniformity in furrow irrigation. Iran. J. Agric. Sci. 39: 1. 117-129. (In Persian)
2. Abbasi, F., Shoostari, M.M., and Feyen, J. 2003. Evaluation of the various surface irrigation numerical simulation models. J. Irrig. Drain. Eng. 129: 4. 208-213.
3. Asadi, M.E., Clemente, R.S., Gupta, A.D., Loof, R., and Hansen, G.K. 2002. Impacts of fertigation via sprinkler irrigation on nitrate leaching and corn yield in an acid-sulphate soil in Thailand. Agricultural Water Management. 52: 3. 197-213.
4. Broadbent, F.E. 1984. Plant use of soil nitrogen. In Nitrogen in Crop Production. Eds. R.D. Hauck and D.A. Russell American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin. Pp: 171-182.
5. Cai, Z. 2002. Ammonium transformation in paddy soils affected by the presence of Nitrate. Nutrient Cycling in Agroecosystems. 63: 267-274.
6. Castaldi, S., and Aragosa, D. 2002. Factors influencing nitrification and denitrification variability in a natural. Biol Fertl Soils. 36: 418-425.
7. Chotpantarat, S., Limpakanwech, Ch., Siriwong, W., Siripattanakul, S., and Sutthirat, Ch. 2011. Effect of soil water characteristic on simulation of nitrate vertical transport in a THAI agricultural soil. Sustainable Environment Research. 21: 187-193.
8. Crutzen, P.J., Mosier, A.R., Smith, K.A., and Winiwarer, W. 2008. N₂O release from agro-biofuel production negates global warming reduction by replacing fossil fuels. Atmos. Chem. Phys. 8: 389-395.
9. Dobbie, K.E., and Smith, K.A. 2006. The effect of water table depth on emissions of N₂O from a grassland soil. Soil Use and Management. 22: 1. 22-28.
10. Fedes, R.A., Bresler, E., and Feinerman, E. 1974. Field test of a modified numerical model for water uptake by root systems. Water Resour. Res. 10: 6. 1199-1206.
11. Fuentes, R., Caceres, L., Molina, M., Iravena, S., Cazanga, S., Calder R., and Escudey, M. 2008. Use of HYDRUS-1D to describe the transport of nitrate in a volcanic soil affected by sewage sludge, sewage sludge ash and pinus radiata ash amendments. 5th International Symposium ISMOM. November 24-48, Chile.
12. Gheysari, M., Mirlatifi, S.M., Homaei, M., Asadi, M.S., and Hoogenboom, G. 2009. Nitrate leaching in a silage maize field under different irrigation and nitrogen fertilizer rates. Agric. Water Manage. 96: 946-954.

13. Hutson, J.L., and Wagenet, R.J. 1991. Simulation nitrogen dynamics in soil using a deterministic model. *Soli Use Management*. 7: 2. 74-78.
14. Isermann, K. 1990. Share of agriculture in nitrogen and phosphorus emissions into the surface Western Europe against the background of their eutrophication. *Fertilizer Research*. 26: 253-269.
15. Katterer, T., Schmied, B., Abbaspour, K.C., and Schulin, R. 2001. Single-and dual-porosity modeling of multiple tracer transport through soil columns: effect of initial moisture and mode of application. *Europ. J. Soil Sci*. 52: 25-36.
16. Kroeckel, L., and Stolp, H. 1986. Influence of the water regime on denitrification and aerobic respiration in soil. *Biology and fertility of soils*. 2: 15-21.
17. Navabian, M. 2008. Design and management optimization of furrow fertigation to reduce nitrate pollution. Ph.D. Thesis. Soil and water Dep. University of Tehran. (In Persian)
18. Mailhol, J.C., Crevoisier, D., and Triki, K. 2007. Impact of water application conditions on nitrogen leaching under furrow irrigation: experimental and modeling approaches. *Agric. Water Manage*. 87: 275-284.
19. Mailhol, J.C., Ruelle, P., and Nemeth, I. 2001. Impact of fertilization practices on nitrogen leaching under irrigation. *Irrig. Sci*. 20: 139-147.
20. Mohanty, B.P., Bowman, R.S., Hendrickx, J.M.H., Simunek, J., and Van Genuchten, M.T. 1998. Preferential transport of nitrate to tile drain in an intermittent-flood-irrigated field: model development and experimental evaluation. *Water Resour. Res*. 34: 5. 1061-1076.
21. Pang, X.P., and Letey, J. 1998. Development and evaluation of ENVIRO-GRO, an integrated water, salinity and nitrogen model. *Soil Sci. Soc. Am. J*. 62: 1418-1427.
22. Playan, E., and Faci, J.M. 1997. Border irrigation: field experiment and a simple model. *Irrig. Sci*. 17: 163-171.
23. Ramos, T.B., Simunek, J., Goncalves, M.C., Martins, J.C., Prazeres, A., Castanheira, N.L., and Pereira, L.S. 2011. Field evaluation of a multicomponent solute transport model in soils irrigated with saline waters. *J. Hydrol*. 407: 129-144.
24. Simunek, J., Senja, M., and Van Genuchten, M.T. 1998. The HYDRUS-1D software package for simulation the one-dimensional movement of water, heat and multiple solutions variable-saturated media, Version 2.0. International Ground Water Modeling Center-TPS-70. Colorado School of Mines, Golden, Colorado, 162p.
25. Smith, D.R., Owens, P.R., Leytem, A.B., and Warnemuende, E.A. 2007. Nutrient losses from manure and fertilizer applications as impacted by time to first to first runoff event. *Environmental Pollution*. 147: 1. 131-137.
26. Tafthe, A., and Sepaskhah, A. 2012. Application of HYDRUS-1D model for simulating water and nitrate leaching from continuous and alternate furrow rapeseed and maize fields. *Agricultural Water Management*. 113: 19-29.
27. Van der Ploeg, R.R., Ringe, H., Machulla, G., and Hermsmeyer, D. 1997. Postwar nitrogen use efficiency in West German agriculture and groundwater quality. *J. Environ. Qual*. 26: 1203-1212.
28. Wang, H., Xi, Ju., Wei, Y., Li, Ba., Zhao, L., and Hu, K. 2010. Simulation of bromide and nitrate leaching under heavy rainfall and high-intensity irrigation rates in North China Plain. *Agricultural Water Management*. 97: 1646-1654.
29. Wesseling, J.G., Elbers, J.A., Kabat, P., and Van den Broek, B.J. 1991. SWATRE: instructions for input, Internal Note, Winand Staring Centre, Wageningen, the Netherlands.
30. Williams, J.R. 1995. The EPIC model: Computer models of watershed hydrology, P 910-1000. In: Singh, V.P. (Ed.), *Water Resources Publications*, Highlands Ranch, Colorado, USA.
31. Xing, G.X., Cao, Y.C., Shi, S.L., Sun, G.Q., and Zhu, J.G. 2002. Denitrification in underground saturated soil in a rice paddy region. *Soil Biology and Biochemistry*. 34: 1593-1598.
- Yazdanpanah, M., and Mahmodabadi, M. 2009. Nitrification mechanism in polluted carbonate and non carbonate soil with Zinc and cadmium. *J. Water Soil Res*. 18: 1. 123-142. (In Persian)



Gorgan University of Agricultural
Sciences and Natural Resources

J. of Water and Soil Conservation, Vol. 22(6), 2016
<http://jwsc.gau.ac.ir>

Impact of moisture analysis on coefficients of nitrogen cycle conversion under maize furrow irrigation using HYDRUS-1D model

***M. Navabian¹ and N. Jalilnejad Masoleh²**

¹Assistant Prof., Dept. of Water Engineering, University of Guilan,

²M.Sc. Student, Dept. of Water Engineering, University of Guilan

Received: 11/25/2013; Accepted: 02/17/2015

Abstract

Background and Objectives: Complexity, variety and improper management of agricultural contaminants and high volume of water losses due to improve design and management of irrigation and drainage systems increase share of agriculture in water resources, soil and environment contamination. Control and reducing of nitrogen pollution caused by fertilizer is needed to understand the biological cycle in the ecosystem. Simulation models are effective tools for understanding complex processes such as the nitrogen cycle in soil. The aim of this study was to simulate nitrogen cycle and evaluate the impact of soil moisture content on denitrification rate under furrow fertigation systems using HYDRUS-1D model.

Materials and Methods: To achieve the aim of this study, field experiments were conducted under constant furrow fertigation in the furrow with 83 meters length and clay loam soil texture in Karaj in 2007. HYDRUS-1D was used to simulate nitrogen cycle in fertigation. The conversion coefficients of nitrogen cycle included dispersion coefficient and order conversions from the parameters of nitrogen cycle based on observational data, soil moisture and nitrate concentrations using inverse modeling techniques that were obtained. To study plant effect on the nitrogen cycle, the model is studied in presence and absence of plant.

Results: The results showed that modified Van Genuchten method performance with mean of soil nitrate concentration (mg/l) and moisture (%) RMSE=0.02879 and $R^2=0.9899$, considering presence of plants better estimate of parameter values of nitrogen cycle concentrations in corn furrow irrigation. Also, maximum soil moisture that denitrification occurred, was obtained in 50% of the saturation moisture. Using denitrification coefficient in the simulation of the nitrogen cycle in corn fertigation led to improve in results.

Conclusion: The results showed that soil hydraulic properties and plant had more effect on nitrate changes to nitrite and nitrogen gas forms than anaerobic percentage of soil profile.

Keywords: Furrow irrigation, Nitrogen simulation, Corn, Denitrification rate

* Corresponding Author; Email: navabian@guilan.ac.ir