



دانشگاه گوارز و منابع آب

نشریه پژوهش‌های حفاظت آب و خاک

جلد بیستم، شماره پنجم، ۱۳۹۲

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

ارزیابی مدل HYDRUD-1D در شبیه‌سازی رطوبت و نیتروژن در خاک مزرعه پیاز تحت آبیاری قطره‌ای

*حمید زارع‌ایبانه^۱، الهام فرخی^۲، خلیل اژدری^۳ و مجید وظیفه‌دوست^۴

^۱دانشیار گروه آبیاری و زهکشی، دانشگاه بوعلی سینا همدان، ^۲دانشجوی کارشناسی ارشد گروه آبیاری و زهکشی،

دانشگاه بوعلی سینا همدان، ^۳استادیار گروه آبیاری، دانشگاه صنعتی شاهرود، ^۴استادیار گروه آبیاری، دانشگاه گیلان

تاریخ دریافت: ۸۹/۷/۲۱؛ تاریخ پذیرش: ۹۱/۸/۱۰

چکیده

مدیریت آب و کود نیتروژن در محصولات کشاورزی به دلیل کمبود منابع، مشکلات زیست‌محیطی و سلامتی باید بهبود یابد. مدل‌سازی در سال‌های اخیر نقش مهمی را در ارتقاء عملیات کود آبیاری در سیستم‌های نوین آبیاری داشته است. هدف از انجام این مطالعه ارزیابی قابلیت مدل Hydrus-1D در شبیه‌سازی اثر هم‌زمان رژیم‌های مختلف آب و کود نیتروژن در یک سیستم کود آبیاری قطره‌ای بود. این پژوهش در یک مزرعه تحت کشت پیاز به مساحت ۸۱ مترمربع، مجهز به سامانه کود آبیاری قطره‌ای، در منطقه شاهرود با اقلیم خشک صورت گرفت. مقادیر رطوبت و غلظت نیتروژن از اندازه‌گیری‌های مزرعه‌ای با دور آبیاری ۴۸ ساعت و تزریق کود نیتروژن با غلظت ۰/۱۱۶ ساعت به‌دست آمد. با اعمال شرایط مرزی و اولیه در مدل Hydrus-1D رطوبت و نیتروژن در ۴ عمق ۰-۱۵، ۱۵-۳۰، ۳۰-۴۵ و ۴۵-۶۰ سانتی‌متر برآورد گردید. در این مطالعه تغییرات میزان رطوبت و غلظت نیتروژن طی ماه‌های مختلف رشد توسط مدل Hydrus-1D بررسی شد. نتایج اندازه‌گیری‌ها و برآوردهای مدل در خصوص رطوبت توزیعی بیانگر بیش‌تر بودن مقدار رطوبت در ۳ زمان ۳۰، ۶۰ و ۹۰ روز پس از نشاء پیاز در لایه ۰-۱۵ سانتی‌متری سطح زمین و در ۱۰ سانتی‌متری محل استقرار قطره‌چکان است. بیش‌تر بودن رطوبت در لایه اول خاک و در محل ۱۰ سانتی‌متری قطره‌چکان به دلیل استقرار قطره‌چکان در سطح خاک و برای پاشش آن به سمت گیاه یعنی ۱۰ سانتی‌متری قطره‌چکان قابل توجیه است. اندازه‌گیری‌ها و مدل‌سازی نیتروژن بیانگر فزونی مقدار نیتروژن در

*مسئول مکاتبه: zareabyaneh@gmail.com

زمان‌های ۳۰ و ۹۰ روز پس از نشاء در لایه ۱۵-۰ سانتی‌متری خاک در محل قطره‌چکان نسبت به ۲ ماه پس از نشاء بود. کاهش نیتروژن در محل ۱۰ سانتی‌متری قطره‌چکان و در ۶۰ روز پس از نشاء می‌تواند به دلیل استقرار گیاه پیاز در ۱۰ سانتی‌متری از محل قطره‌چکان، افزایش درصد پوشش گیاهی و نیاز گیاه به این ماده غذایی باشد. مقایسه متناظر رطوبت شبیه‌سازی با مشاهده شده تا عمق ۶۰ سانتی‌متری در محل قطره‌چکان و ۱۰ سانتی‌متری آن بیانگر جذر مربعات خطای ۰/۰۰۶۷ و ۰/۰۰۶۲، میانگین خطای مطلق ۰/۰۰۴۴ و ۰/۰۰۴۷ و ضریب تعیین ۰/۹۰ و ۰/۹۹ بود. به همین ترتیب مقایسه متناظر نیتروژن شبیه‌سازی با مشاهده شده در محل قطره‌چکان و ۱۰ سانتی‌متری آن بیانگر جذر مربعات خطای ۰/۰۱۵ و ۰/۰۱۱، میانگین خطای مطلق ۰/۰۱۴ و ۰/۰۰۹ و ضریب تعیین ۰/۹۲ و ۰/۹۹ بود. نتایج نهایی با توجه به محاسبه آماره‌های خطاستحی نشان‌دهنده کم بودن خطا و بالا بودن ضریب تعیین در کاربرد مدل Hydrus-1D و دقت مناسب این مدل در شبیه‌سازی رطوبت توزیعی و غلظت نیتروژن در منطقه ریشه است.

واژه‌های کلیدی: آبیاری قطره‌ای، پیاز، کود آبیاری، مدل‌سازی، Hydrus-1D

مقدمه

مصرف آب و مواد غذایی در کشاورزی در مقایسه با سایر بخش‌ها از اهمیت بالایی برخوردار است. برای بهینه نمودن مدیریت این دو نهاد انجام آزمایش‌های متعدد مزرعه‌ای لازم است. ولی هزینه‌ها و نیروی کارگری مورد نیاز و پیچیدگی‌های ذاتی ناشی از همگن نبودن خاک در شرایط مزرعه مانع انجام آزمایش‌های متعدد مزرعه‌ای هستند. کمبود آب از یک سو محدودکننده رشد گیاه و زیادی آن از سوی دیگر انتقال‌دهنده مهم مواد شیمیایی و آلاینده‌ها به آب‌های زیرزمینی و مانع از جذب نیتروژن به گیاه است (لیانو و بارتولومئو، ۱۹۷۴). این در حالی است که میزان جذب نیتروژن برای هر گیاه و در فصل‌های مختلف دوره رشد متفاوت می‌باشد (هالوران، ۱۹۸۱؛ هالوران و لی، ۱۹۷۹؛ رستمی و جیریایی، ۱۹۹۸؛ افشار اصل و همکاران، ۲۰۰۶؛ رادمهر و همکاران، ۱۹۹۷). بنابراین تجزیه و تحلیل توزیع آب و مواد غذایی به کمک مدل‌های مرتبط روشی مناسب برای بهینه‌سازی عملیات مدیریتی است که نشان‌دهنده توانمندی مدل‌ها برای تحلیل‌های زمانی و مکانی است. استفاده از مدل‌های شبیه‌ساز در دو دهه اخیر، توسعه یافته و مدل‌های مختلفی مانند مدل Hydrus یک‌بعدی، دو بعدی و سه‌بعدی برای شبیه‌سازی حرکت آب، املاح و انتقال گرما ایجاد شده است (سیمونک و

همکاران، ۱۹۹۸). مدل‌های یک‌بعدی جریان آب و انتقال املاح از درجه پیچیدگی کم‌تر و انعطاف‌پذیری و تعمیم‌پذیری بالاتری برای شرایط مزرعه‌ای برخوردار بوده و به داده‌های ورودی، حافظه رایانه‌ای و زمان محاسباتی کم‌تری نیاز دارند (زارع‌ایبانه، ۲۰۰۶). مدل Hydrus-1D یک مدل تحت ویندوز برای تحلیل جریان آب و انتقال املاح در محیط متخلخل خاک است. بینگ و همکاران (۲۰۰۹) میزان نفوذ آب در یک ستون خاک ۵ لایه با ارتفاع ۳۰۰ سانتی‌متر را از طریق مدل گرین-آمپت اصلاح شده و مدل Hydrus یک‌بعدی بررسی کردند. نتایج آن‌ها نشان داد مدل Hydrus به‌خوبی قادر به شبیه‌سازی سرعت نفوذ و نفوذ تجمعی آب در خاک است. جریان آب و انتقال کلی فرم‌های مدفویی در ۶ لایسمتر با دو روش آبیاری سطحی و بارانی به کمک مدل Hydrus-1D توسط جیانگ و همکاران (۲۰۰۹) مدل‌سازی شد. نتایج نشان داد توافق خوبی بین مقادیر مشاهداتی و شبیه‌سازی رطوبت در رژیم آبیاری سطحی، با در نظر گرفتن جریان‌های ترجیحی برقرار است. در حالی‌که در لایسمترهای تحت آبیاری بارانی بدون در نظر گرفتن جریان ترجیحی برآورد رطوبت امکان‌پذیر است. مدل‌سازی انتقال نیتروژن در منطقه وسیعی از ناحیه جریان غیراشباع در مجاورت یک سیستم فاضلاب توسط هیت‌ول و مک‌کرای (۲۰۰۷) به‌وسیله مدل Hydrus صورت گرفت. نتایج به‌دست آمده بیانگر توانایی مدل نام‌برده در تخمین نترات آب‌شویی به آب زیرزمینی و سرعت دنیتریفیکاسیون با فاصله اطمینان بیش از ۹۵ درصد بود. گارگ و همکاران (۲۰۰۹) تخمین خصوصیات هیدرولیکی خاک را با استفاده از مدل Hydrus-1D و براساس الگوریتم لورنبرگ-مارگوات در خاک یک مزرعه تحت کشت برنج انجام دادند. نتایج این مطالعه بیانگر دقت قابل‌قبول مقادیر شبیه‌سازی جریان یک‌بعدی در زمین‌های پست برنج است. آنان نبود شبیه‌سازی یکسان مدل‌های یک و دو بعدی Hydrus را در پژوهش‌های دیگر، ناشی از تخمین خصوصیات هیدرولیکی به‌صورت میانگین در طول فصل رشد می‌دانند. چرا که در این حالت اثر جریان‌های ترجیحی و اثر جریان‌های ماتریکس خاک به‌صورت میانگین مورد استفاده قرار می‌گیرد. شبیه‌سازی انتقال آب و نیتروژن در یک مزرعه پیاز به روش آبیاری شیباری معمولی و متناوب توسط کرویزر و همکاران (۲۰۰۸) انجام گرفت. نتایج نشان داد که استفاده از مدل Hydrus دو بعدی برای بررسی و شبیه‌سازی انتقال نترات در سیستم کود آبیاری ضروری است و در صورت کالیبره شدن صحیح مدل بالا امکان بررسی اثرات نوع روش آبیاری، توزیع یکنواخت آب‌شویی و زه‌کشی نیتروژن در شرایط مزرعه وجود

دارد. اژدری و همکاران (۲۰۰۵) با مدل‌سازی آب در سیستم کود آبیاری به این نتیجه رسید که برای طراحی درست یک سیستم کود آبیاری، اطلاع از پارامترهای هیدرولیکی خاک بسیار ضروری است و برای دستیابی به این پارامترها مدل‌های پیشرفته مثل Hydrus-2D درجه اطمینان مطالعات را افزایش می‌دهند. توانایی مدل Hydrus در شبیه‌سازی حرکت آب در خاک و آب‌شویی نترات در مطالعه سیلوا و همکاران (۲۰۰۵) بیانگر آن بود که این مدل به‌خوبی قادر به تفسیر ارتباط آب‌شویی نترات با خصوصیات خاک‌ها، در کاربری‌های متفاوت اراضی است.

صیاد و همکاران (۲۰۰۸) در بررسی حرکت کادمیم، مس، سرب و روی در یک خاک آهکی تحت کشت گندم و گلرنگ با مدل Hydrus-1D نشان دادند این مدل میزان جذب فلزات سنگین را بیش‌تر از مقادیر اندازه‌گیری شده برآورد می‌نماید. در مطالعه‌ای مشابه توسط قادرمزی (۲۰۰۲)، قابلیت مدل Hydrus-1D در شبیه‌سازی حرکت روی، سرب و نترات در خاک تحت شرایط مزرعه مورد سنجش قرار گرفت. توانمندی مدل Hydrus در شبیه‌سازی جذب فعال آمونیوم و خطرات ناشی از آن در یک ستون خاک شنی توسط جلالی و همکاران (۲۰۱۰) بررسی و نشان داده شد نتایج مدل بالا در مقایسه با مقادیر مشاهداتی قابل اعتماد است. در پژوهشی دیگر انحلال و انتقال دو آلاینده محلول در یک خاک اشباع به کمک مدل Hydrus-1D مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج نشان داد مدل بالا، پخش و انتقال هر دو آلاینده را با دقت بالا و قابل قبول شبیه‌سازی کرده است (دنتسوا و همکاران، ۲۰۰۹).

بررسی منابع نشان داد استفاده از مدل Hydrus-1D برای مدیریت آب و مواد غذایی محصولات خاص مانند پیاز که به‌صورت خام و فراوری شده مصرف می‌شوند کم‌تر انجام شده است. کشت این محصول در قالب سیستم‌های نوین آبیاری به‌دلیل محدودیت منابع آب و مدیریت نمودن آب و مواد غذایی آن از طریق مدل‌سازی برای حفظ سلامتی مصرف‌کنندگان و جلوگیری از آلودگی محیط زیست ضرورت دارد. تحت چنین شرایطی، در صورتی که مدل Hydrus-1D بتواند اثر ترکیبی آب و نیتروژن را طی فصل رشد گیاه تحت شرایط کمبود آب در مناطق با اقلیم گرم و خشک با دقت مناسبی شبیه‌سازی نماید، امکان بهره‌گیری از آن در برنامه‌ریزی‌های مدیریتی و بهینه‌سازی مصرف این نهاده‌ها در اقلیم‌های متفاوت تحت مدیریت‌های مختلف و برای محصولات مشابه فراهم می‌آید. در این راستا هدف از انجام این مطالعه ارزیابی قابلیت مدل Hydrus-1D در شبیه‌سازی اثر هم‌زمان رژیم‌های مختلف آب و کود نیتروژن در یک سیستم کود آبیاری قطره‌ای برای محصول پیاز در یک منطقه با اقلیم خشک و مناطقی با اقلیم مشابه بود.

مواد و روش‌ها

مدل Hydrus-1D یک مدل شبیه‌ساز با گام زمانی روزانه و بالاتر از روزانه است که به‌عنوان ابزاری برای تحلیل اثر شرایط اشیاعی و غیراشباعی خاک در توزیع آب و املاح توسعه‌یافته است. این مدل حرکت یک‌بعدی آب و املاح در خاک را با استفاده از حل عددی رابطه ریچاردز به روش عناصر محدود^۱ خطی نوع گالرگین توصیف می‌نماید. ریچاردز با ترکیب قانون داری و اصل بقای جرم، شکل کلاسیک معادله جریان غیراشباعی آب در امتداد قائم خاک را به‌صورت ارایه داد (خالل و یه، ۱۹۸۵):

$$L(\psi) = \frac{\partial}{\partial z} \left[k(\psi) \frac{\partial}{\partial z} (\psi - z) \right] - c^*(\psi) \frac{\partial \psi}{\partial t} = 0 \quad (1)$$

به همان ترتیبی که ذکر شد، با اعمال دوباره معادله عمومی جریان (رابطه ۱) در حجم کنترلی از خاک براساس اصل بقای جرم، تغییرات جرم املاح جابه‌جا شده در امتداد قائم خاک از رابطه ۲ به‌دست می‌آید (خالل و یه، ۱۹۸۵):

$$L(c) = \frac{\partial}{\partial z} \left[\theta D \frac{\partial c}{\partial z} - qc \right] - \frac{\partial (\theta c)}{\partial t} = 0 \quad (2)$$

که در آن، $L(\psi)$ و $L(c)$: به‌ترتیب عملگر تقریب ψ (پتانسیل ماتریک آب خاک با علامت منفی $[L]$) و c : (غلظت ماده شیمیایی در حال انتقال $[ML^{-3}]$) در ناحیه جریان، $k(\psi)$: هدایت هیدرولیکی غیراشباع $[LT^{-1}]$ ، D : تانسور ضریب پخشیدگی ماده شیمیایی $[L^2T^{-1}]$ ، و $c^*(\psi)$: ظرفیت ویژه رطوبتی خاک $[L^{-1}]$ ، θ : رطوبت حجمی $[L^3L^{-3}]$ ، q : شدت جریان داری $[ML^{-1}]$ ، z : عمق خاک با علامت مثبت به طرف پایین $[L]$ و t زمان $[T]$ است.

در این پژوهش نرخ جذب آب توسط ریشه براساس فدس و همکاران (۱۹۷۸) انجام و دو مدل اعمال گردید (زارع‌ایبانه، ۲۰۰۶).

پارامترهای ورودی و خروجی مدل: در مدل Hydrus-1D، ۳ دسته داده به‌عنوان اطلاعات ورودی در قالب پوشه‌های هواشناسی، آبیاری و خاک طبق جدول ۱ به مدل وارد شد. اطلاعات مربوط به پوشه هواشناسی شامل مقادیر روزانه عوامل هواشناسی برای برآورد تبخیر تعرق پتانسیل و واقعی به روش پنمن مانیتث فائو ۵۶ و مقادیر روزانه بارش برای برآورد آب مورد نیاز گیاه بود. در فایل آبیاری

رویدادهای برنامه‌ریزی شده برای مدیریت آبیاری شامل عمق آب آبیاری، غلظت املاح آب آبیاری، مقدار کود نیتروژن محلول در آب، تاریخ و مدت آبیاری و کود آبیاری جای دارند. پوشه خاک در برگیرنده بافت خاک، عمق خاک، پتانسیل ماتریک خاک، هدایت هیدرولیکی اشباع و پارامترهای شرایط اولیه و مرزی خاک برای اعمال در معادله ریچاردز بود. زمان شروع و پایان شبیه‌سازی به مدت ۹۰ روز از اول اردیبهشت ۱۳۸۵ تا ابتدای مردادماه مطابق برنامه کشت محصول و اطلاعات مربوط به محصول پیاز قرمز برای بخش‌های مختلف فایل‌های اطلاعاتی به مدل وارد شد.

جدول ۱- اطلاعات مورد نیاز برای مدل Hydrus-1D

نحوه تامین	متغیرهای ورودی	اطلاعات	نحوه تامین	متغیرهای ورودی	اطلاعات
م.ا	بافت خاک و تعداد لایه‌های خاک		ه.ا.ا	حداقل دمای روزانه	
م.ا	شرایط اولیه و شرایط مرزی		ه.ا.ا	حداکثر دمای روزانه	هواشناسی
م.ا	بار فشاری آب خاک	خاک	ه.ا.ا	بارندگی	
م	مقدار رطوبت خاک		RefET	تبخیر-تعرق	
م.ا	هدایت هیدرولیکی		م.ا	عمق آب آبیاری	آبیاری
RETc	پارامترهای هیدرولیکی		م.ا	میزان غلظت املاح در آب آبیاری	

ه.ا: اطلاعات اندازه‌گیری هواشناسی، م.ا: اطلاعات میدانی (مزرعه‌ای).

برای بررسی جریان آب در خاک (رابطه ۱) با اجرای نرم‌افزار RETc اطلاعات منحنی رطوبتی خاک از معادله ون‌گنوختن (۱۹۸۰) و هدایت هیدرولیکی غیراشباعی از مدل کاپیلاری معلم (۱۹۷۶) به دست آمد. این نرم‌افزار پس از اخذ داده‌های مربوط به بافت خاک، درصد دانه‌بندی ذرات خاک، درصد رطوبت در محدوده ظرفیت مزرعه و نقطه پژمردگی قادر به تخمین پارامترهای هیدرولیکی خاک از رابطه‌های زیر است (ون‌گنوختن و همکاران، ۱۹۹۱).

$$\theta(\psi) = \theta_r + \frac{\theta_s - \theta_r}{[1 + (\alpha\psi)^n]^m} \quad m = 1 - \frac{1}{n}, \quad n > 1 \quad (3)$$

$$K(\psi) = K_s Se^l \left[1 - \left(1 - Se^{\frac{1}{m}} \right)^m \right]^2 \quad (4)$$

$$S_e = \frac{\theta - \theta_r}{\theta_s - \theta_r} \quad (5)$$

که در آن‌ها، S_e : درجه اشباع نسبی خاک، θ_s : رطوبت اشباع، θ_r : رطوبت باقی‌مانده و α ، n ، m و l پارامترهای تجربی است. K_s هدایت هیدرولیکی اشباع خاک است که از اندازه‌گیری نمونه‌های مزرعه‌ای به روش آزمایشگاهی بار ثابت به‌دست آمد.

آزمایش‌های مزرعه‌ای: آزمون مدل براساس نتایج آزمایش یک‌ساله کشت پیاز قرمز آزادشهر در مزرعه پژوهشی بسطام از دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی شاهرود واقع در ۵ کیلومتری شهر شاهرود صورت گرفت. ارتفاع محل آزمایش ۱۳۴۵ متر از سطح دریا و عرض و طول جغرافیایی آن به‌ترتیب ۳۶ درجه و ۲۷ دقیقه شمالی و ۵۴ درجه و ۵۸ دقیقه شرقی بود. منطقه مورد آزمایش از نظر اقلیمی جزو مناطق گرم و خشک است.

نتایج تجزیه فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش قبل از کاشت در ۴ عمق ۰-۱۵، ۱۵-۳۰، ۳۰-۶۰ و ۶۰-۱۰۰ سانتی‌متر اندازه‌گیری و به‌صورت میانگین دو عمق ۰-۳۰ و ۳۰-۶۰، در جدول ۲ آورده شده است.

جدول ۲- مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک محل اجرای طرح.

لايه (سانتی‌متر)		واحد	ویژگی شیمیایی	لايه (سانتی‌متر)		واحد	ویژگی فیزیکی
۳۰-۶۰	۰-۳۰			۳۰-۶۰	۰-۳۰		
۷/۴	۷/۳	--	اسیدینه	لوم رسی	لوم رسی	--	بافت خاک
۰/۶۰	۱/۳۰	دسی‌زیمنس بر متر	هدایت الکتریکی عصاره اشباع	۶۸	۷۲/۵	درصد	درصد شن
۰/۶۲	۰/۵۳	درصد	درصد کربن آلی	۱۸	۱۰/۵	درصد	درصد رس
۲۶/۵۷	۳۱/۲۸	میلی‌گرم بر لیتر	نیترات	۱۴/۵	۱۷	درصد	درصد سیلت
۲۰/۶۳	۲۴/۳۴	میلی‌گرم بر لیتر	نیترات آمونیاکی	۱/۵۵	۱/۵۶	گرم بر سانتی‌متر مکعب	چگالی ظاهری
۵۳/۷۵	۶۳/۴۰	میلی‌گرم بر لیتر	نیتروژن	۳۶/۹۶	۳۳/۱۲	سانتی‌متر بر d	هدایت هیدرولیکی
۹	۲۰	میلی‌گرم بر لیتر	فسفر	۲۴/۳۴	۲۱/۳۲	درصد	درصد رطوبت وزنی در ظرفیت مزرعه
۵۴	۸۴/۵	میلی‌گرم بر لیتر	پتاسیم	۹/۶۱	۶/۶۴	درصد	درصد رطوبت وزنی در نقطه پژمردگی

عملیات آبیاری و کود آبیاری مطابق نیاز گیاه به کمک سیستم آبیاری قطره‌ای با دور آبیاری ۴۸ ساعت مجهز به سامانه توزیع کود نیتروژن انجام شد. در محل طرح، ۹ کرت به ابعاد ۳×۳ متر با سطح خالص ۸۱ مترمربع، فاصله ردیف کاشت ۳۰ سانتی‌متر و فاصله بوته روی هر ردیف ۱۵ سانتی‌متر ایجاد شد. برای سهولت در تردد و جلوگیری از اثرات حاشیه‌ای، بین هر کرت ۵۰ سانتی‌متر فاصله و ۵ خط فرعی^۱ ۳ متری با ۷ قطره‌چکان با آب‌دهی ۴ لیتر در ساعت در هر کرت برقرار شد. به این ترتیب در هر کرت ۳۵ قطره‌چکان در خط با دبی ۱۴۰ لیتر در ساعت قرار گرفت. قطر لوله‌های لترال ۱ سانتی‌متر و فواصل قطره‌چکان‌ها مطابق تعداد بوته‌های هر ردیف بود. در ابتدای هر لترال یک دستگاه کنتور حجمی و یک شیر کنترل جریان تعبیه شد تا بتوان مقدار آب توزیع شده را اندازه‌گیری و کنترل نمود. عمق آب آبیاری با استفاده از مقادیر تبخیرتعرق روزانه و کسر بارش مؤثر محاسبه و میزان ناخالص آن با فرض راندمان ۸۵ درصد برای آبیاری قطره‌ای محاسبه گردید.

پس از نشاء بوته‌های پیاز، هر ماه ۴ نمونه خاک از اعماق ۰-۱۵، ۱۵-۳۰، ۳۰-۴۵ و ۴۵-۶۰ سانتی‌متری خاک در امتداد خط مرکزی هر کرت برداشت شد. عمق توسعه ریشه گیاه پیاز حداکثر ۳۰ سانتی‌متر است، اما به‌منظور ارزیابی توزیع رطوبت و نیتروژن در لایه‌های زیرین، نمونه‌برداری تا عمق ۶۰ سانتی‌متری انجام شد. نمونه‌گیری توسط سیلندرهای فلزی انجام و بلافاصله به آزمایشگاه منتقل گردید تا اطلاعاتی مانند مقدار رطوبت و غلظت نیتروژن هر نمونه به روش‌های استاندارد تعیین گردد. رطوبت خاک به روش توزینی و مقدار نیتروژن با عصاره‌گیری از نمونه‌های هوا خشک عبوری از الک ۲ میلی‌متری به روش کج‌لدال اندازه‌گیری شد. هم‌چنین برای تعیین منحنی رطوبتی خاک نیز، نمونه‌های دست‌نخورده خاک به‌طور تصادفی از ۴ عمق در مکان‌های مختلف جمع‌آوری و در آزمایشگاه مورد استفاده قرار گرفت.

واسنجی مدل Hydrus-1D: برای اجرای مدل Hydrus-1D لازم بود تا شرایط اولیه و مرزی در مدل تعریف شوند. بنابراین غلظت نیتروژن و رطوبت اندازه‌گیری شده خاک قبل از آزمایش به‌عنوان شرایط اولیه در نظر گرفته شد. عمق جریان در هنگام آبیاری و شرط مرزی آتمسفری بعد از آبیاری برای جریان و شرط مرزی کوشی^۲ برای املاح به‌عنوان شرط مرزی بالادست در نظر گرفته شد. در مرز تحتانی زه‌کشی آزاد برای حرکت آب و املاح و شرط مرزی بدون جریان در طرفین در نظر گرفته شد.

1- Lateral
2- Cauchy

عملیات واسنجی با استفاده از داده‌های آزمایشات صحرایی و آزمایشگاهی و در اندکی موارد از منابع معتبر انجام و نتایج با مقادیر واقعی اندازه‌گیری شده تا عمق ۶۰ سانتی‌متر به صورت دستی و با قضاوت مهندسی مقایسه گردید.

مقایسات کمی به کمک معیارهای آماری اختلاف مجذور میانگین مربعات خطا^۱ و میانگین خطای مطلق^۲ بر حسب سانتی‌متر مکعب بر سانتی‌متر مکعب با هدف کمینه شدن خطا و معیار ضریب همبستگی^۳ مطابق رابطه‌های زیر صورت گرفت:

$$RMSE = \left(\frac{\sum_{i=1}^N (P_i - O_i)^2}{N} \right)^{1/2} \quad (5)$$

$$MAE = \frac{\sum_{i=1}^n |P_i - O_i|}{N} \quad (6)$$

که در آن‌ها، P_i : مقادیر پیش‌بینی (شبيه‌سازی)، O_i : مقادیر اندازه‌گیری، \bar{O} : متوسط مقادیر پیش‌بینی و N : تعداد داده‌هاست.

پس از مرحله واسنجی، نتایج مدل با مقادیر اندازه‌گیری شده رطوبت و نیتروژن در زمان‌های مختلف آبیاری، طی فصل رشد تا عمق ۶۰ سانتی‌متری در قالب نمودارهای ترسیمی مقایسه شدند. مقایسه‌ها به تفکیک هر دو متغیر رطوبت و نیتروژن برای ۳ زمان ۳۰، ۶۰ و ۹۰ روز پس از نشاء ارایه گردید.

نتایج و بحث

مدل Hydrus-1D برای تحلیل توزیع عوامل رطوبت و نیتروژن در خاک ناحیه ریشه گیاه پیاز اجرا و اعتبارسنجی گردید. نتایج به‌دست آمده از اجرای مدل با مقادیر رطوبت و نیتروژن موجود در خاک که از طریق اندازه‌گیری‌های عملی به‌دست آمده بود، مورد مقایسه قرار گرفت. نتایج کلی به‌دست

-
- 1- Root Mean Square Error (RMSE)
 - 2- Mean Absolute Error (MAE)
 - 3- Correlation Coefficient (R^2)

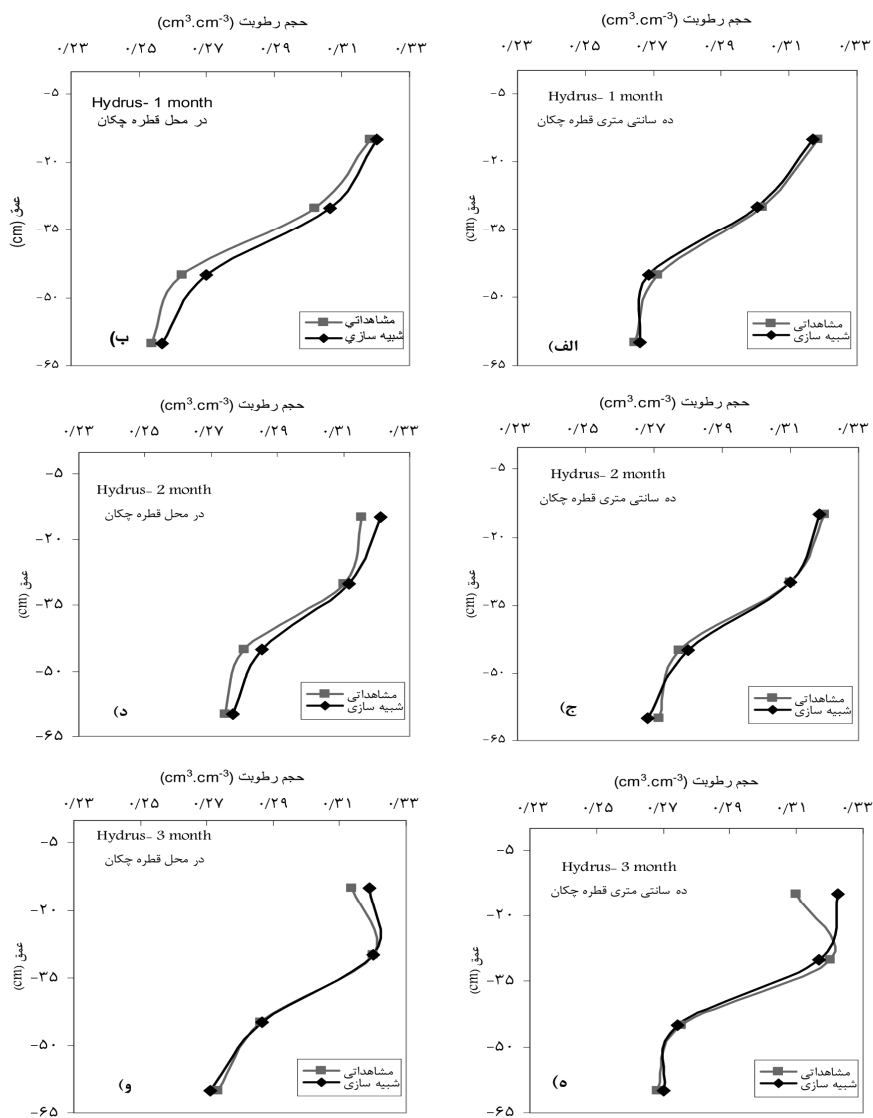
آمده از واسنجی مدل Hydrus-1D برای رطوبت و نیتروژن در جدول ۳ آورده شده است. برای اطمینان بیش‌تر از نتایج، مقادیر ضریب همبستگی، مجذور میانگین مربعات خطا و میانگین خطای مطلق محاسبه گردید. نتایج بالا برای دو محل قطره‌چکان و ۱۰ سانتی‌متری آن در جدول ۳ آمده است.

جدول ۳- مقادیر شاخص‌های آماری برای رطوبت و نیتروژن خاک مشاهداتی و شبیه‌سازی.

متغیر	نقاط مشاهداتی	RMSE	MAE	R ^۲
رطوبت (سانتی‌مترمکعب بر سانتی‌مترمکعب)	محل قطره‌چکان	67×10^{-4}	44×10^{-4}	۰/۹۰
	۱۰ سانتی‌متری قطره‌چکان	62×10^{-4}	47×10^{-4}	۰/۹۹
نیتروژن (کیلوگرم بر هکتار)	محل قطره‌چکان	15×10^{-3}	14×10^{-3}	۰/۹۲
	۱۰ سانتی‌متری قطره‌چکان	11×10^{-3}	9×10^{-3}	۰/۹۹

نتایج جدول ۳ نشان می‌دهد که مدل به نرخ آب آبیاری و نیتروژن توزیع شده از سیستم کود آبیاری پاسخ خوبی نشان داده است. این به آن معنی است که رطوبت و نیتروژن برآورد شده از مدل Hydrus-1D تطابق خوبی با مقادیر مشاهده شده دارد. به عبارت دیگر مدل برای شبیه‌سازی توزیع آب و نیتروژن در خاک از طریق سیستم کود آبیاری مناسب است (سیمونک و همکاران، ۱۹۹۸). طبق جدول ۳ مقدار RMSE در پیش‌بینی رطوبت در دو محل قطره‌چکان و ۱۰ سانتی‌متری آن به ترتیب ۰/۰۰۶۷ و ۰/۰۰۶۲ سانتی‌مترمکعب در سانتی‌مترمکعب حجم خاک و برای پیش‌بینی نیتروژن در محل‌های بالا ۰/۰۱۵ و ۰/۰۱۱ کیلوگرم بر هکتار تعیین گردید. ضرایب تعیین مربوط به مقادیر رطوبت و نیتروژن به دست آمده از مدل و آزمایش بین ۰/۹۹-۰/۹۰ بود. نتایج نشان داد دقت تخمین رطوبت و غلظت نیتروژن از مدل، براساس آماره‌های خطا (جدول ۳) رضایت‌بخش است. پژوهش‌های گارگ و همکاران (۲۰۰۹) و سیلوا و همکاران (۲۰۰۵) نیز بیانگر خطای بسیار پایین مدل و توانمندی بالای آن برای انجام شبیه‌سازی می‌باشد. بنابراین می‌توان نتایج به دست آمده از اجرای مدل را در منطقه موردنظر به کار بست. مقایسه نتایج نشان می‌دهد، دقت مدل در محل ۱۰ سانتی‌متری نسبت به محل قطره‌چکان بیش‌تر است. دلیل این امر می‌تواند، نشاء بوته‌های پیاز در محل ۱۰ سانتی‌متری قطره‌چکان باشد که توسعه ریشه‌ها به سوی محل توزیع آب و مواد مغذی در هدایت آب و نیتروژن از طریق جریان‌های ترجیحی نقش دارد (شعبان‌پور شهرستانی و همکاران، ۲۰۰۲). از دلایل دیگر برآوردهای مناسب مدل حل عددی ناحیه جریان به روش المان‌های محدود است که به واسطه المان‌بندی ناحیه حل نسبت به دیگر روش‌های عددی جواب‌های بهتری را ارائه می‌دهد (زارع‌ایبانه، ۲۰۰۶).

پس از انجام واسنجی، مدل برای دوره‌های مختلف رشد ۳۰، ۶۰ و ۹۰ روز در دو مکان محل قطره‌چکان و ۱۰ سانتی‌متری آن در مقایسه با مقادیر اندازه‌گیری صحت‌سنجی گردید. شکل ۱ نتایج این بخش از کار را برای رطوبت نشان می‌دهد.



شکل ۱- مقایسه الگوی رطوبت شبیه‌سازی و مشاهده طی ۳ مرحله زمانی پس از نشاء در دو محل.

شکل ۱ نشان می‌دهد بیش‌ترین مقدار رطوبت در هر ۳ زمان پس از رشد به لایه سطحی و کم‌ترین مقدار به عمق ۶۰ سانتی‌متری تعلق دارد که به دلیل توزیع رطوبت از سطح خاک توسط قطره‌چکان قابل توجیه است. همان‌گونه که قبلاً نیز اشاره شد مدل در محل ۱۰ سانتی‌متری برآوردهای مناسب‌تری را نسبت به محل قطره‌چکان دارد که مقایسه مقادیر برآوردی و مشاهداتی گویای عملکرد مناسب مدل در عمق ۱۰ سانتی‌متری می‌باشد. گیاه پیاز در فاصله ۱۰ سانتی‌متری قطره‌چکان قرار دارد که مناسب‌تر بودن نتایج مدل در محل ۱۰ سانتی‌متری مربوط به محل فعالیت ریشه گیاه بوده که از ۴ لایه ۱۵ سانتی‌متر تشکیل شده است. بخش ۴۵ سانتی‌متر اول منطقه فعالیت ریشه بوده و ۱۵ سانتی‌متر انتها، ناحیه زه‌کشی می‌باشد.

همان‌طور که در شکل ۱ مشاهده می‌شود مقدار رطوبت برآورد شده ۱ ماه پس از نشاء در محل قطره‌چکان و ۱۰ سانتی‌متری آن معادل ۰/۳۲ درصد حجمی است. این مقدار رطوبت معادل رطوبت خاک در ظرفیت زراعی (جدول ۲) است و نشان‌دهنده افزایش ندادن رطوبت از حد ظرفیت زراعی خاک از دیدگاه مدیریتی است. هم‌چنین از شکل ۱ می‌توان نتیجه گرفت به‌ازای افزایش عمق، رطوبت لایه‌های زیرین در ماه اول افزایش نیافته است. افزایش ندادن رطوبت در اعماق به دلیل غالبیت نیروی مکش خاک بر نیروی ثقل، در بقاء رطوبت خاک است. هر چند ریزدانه بودن خاک نیز در انتقال کم‌تر رطوبت به اعماق بی‌تأثیر نیست.

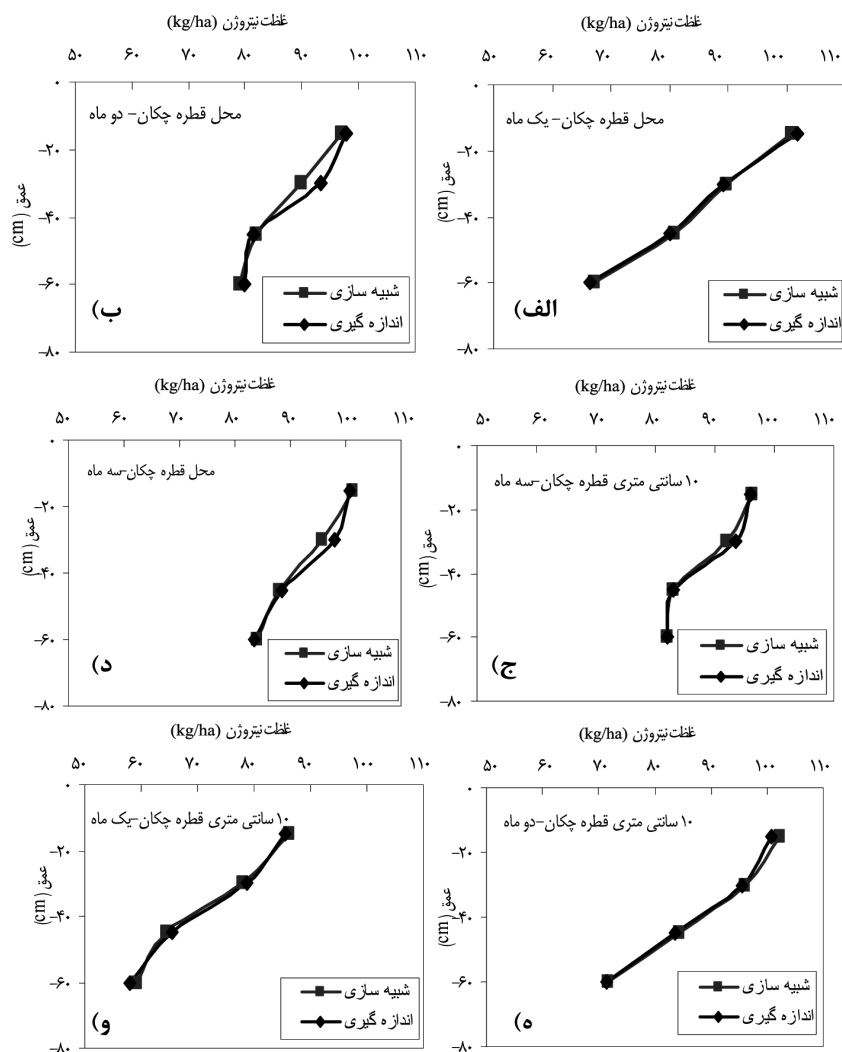
مقایسه الگوی توزیع رطوبت ۲ ماه پس از نشاء نسبت به ماه اول بیان‌کننده آن است که میزان رطوبت در سطح زمین هم‌چنان در حد ظرفیت زراعی است. حفظ رطوبت در حد ظرفیت زراعی در لایه سطحی را می‌توان به کوتاه بودن دور آبیاری نسبت داد. زیرا در آبیاری قطره‌ای تامین آب مورد نیاز گیاه، روزانه انجام می‌گیرد. از طرفی افزایش سطح سایه‌انداز گیاه نیز در کاهش تبخیر از سطح خاک و حفظ رطوبت نقش دارد. به اعتقاد باک و مایرز (۱۹۸۷) پایین بودن دور آبیاری در روش قطره‌ای، ظرفیت آب خاک را افزایش می‌دهد که با توجه به انجام آبیاری روزانه با حجم کم، ثابت ماندن رطوبت در سطح، قابل توجیه است. هم‌چنین در گراف ماه دوم افزایش رطوبت در اعماق با گذشت زمان قابل مشاهده است و این افزایش در لایه دوم (۳۰-۱۵ سانتی‌متر) از محل قطره‌چکان آشکارتر است. علت این امر را می‌توان تداوم عملیات آبیاری و نقش پخشندگی و انتشار آب به‌واسطه ریزدانه بودن خاک دانست. البته افزایش درصد پوشش گیاهی هم مانع تبخیر آب از سطح خاک می‌شود و به هدایت رطوبت به اعماق کمک می‌کند. افزایش رطوبت در اعماق مختلف خاک تحت

سیستم آبیاری قطره‌ای به واسطه آبیاری‌های مکرر توسط اژدری و همکاران (۲۰۰۹) و نقش پخشیدگی و انتشار در نتایج عباسی و تاجیک (۲۰۰۷) گزارش شده است که با نتایج این پژوهش هم‌خوانی دارد. همان‌گونه که از گراف مربوط به ماه سوم پس از نشاء استنباط می‌شود، ادامه عملیات آبیاری منجر به ارتقاء رطوبت عمق ۶۰ سانتی‌متری در پایان ۳ ماه، از ۲۷ درصد حجمی به ۲۹ درصد شده است. این افزایش با توجه به استمرار عملیات آبیاری و گسترش عمقی سیستم ریشه می‌باشد. در لایه سطحی میزان رطوبت در این زمان (ماه سوم) نسبت به زمان‌های قبلی قدری کاهش داشته است. دلیل این کاهش، تبخیر ناشی از افزایش دمای هوا و تبخیر تعرق بیشتر گیاه است. در چنین شرایطی برآوردهای مدل در لایه سطحی همراه با خطا است. به‌ویژه در فواصل دورتر از محل توزیع رطوبت به‌علت تأثیرگذاری بیش‌تر عوامل اقلیمی و گیاهی خطا مشهودتر است. شاید علت این اختلاف در تعریف پارامترهای مدل‌سازی در گام زمانی ماهانه باشد و مدل باید در گام‌های زمانی کوچک‌تر اجرا شود. به‌عبارت دیگر به‌جای استفاده از متوسط شدت تبخیر و تعرق به‌عنوان شرط مرزی اتمسفری در مرز فوقانی باید از تبخیر و تعرق روزانه استفاده نمود. کارگ و همکاران (۲۰۰۹) نیز تخمین میانگینی از خصوصیات هیدرولیکی خاک طی فصل رشد را عامل اختلاف نتایج در مدل Hydrus-1D یک‌بعدی و دو بعدی گزارش کرده‌اند.

افزایش ندادن رطوبت در عمق بیش از ۴۵ سانتی‌متری بیانگر توزیع رطوبت در ناحیه فعالیت ریشه دارد. بدیهی است حصول چنین شرایطی مناسب بودن توزیع آب آبیاری و انتخاب شیوه صحیح آبیاری را نشان می‌دهد.

در مجموع با توجه به مقادیر میانگین خطای مطلق در جدول ۳ و وضعیت ظاهری منحنی‌های توزیع رطوبت مشاهداتی و شبیه‌سازی در شکل ۱ این‌گونه به‌نظر می‌رسد که مدل Hydrus-1D به مقدار بسیار جزئی بیش‌برآورد دارد. صیاد و همکاران (۲۰۰۸) نیز بیش برآورد مدل بالا را گزارش نموده است و عباسی و تاجیک (۲۰۰۷) بیش برآورد مدل را ناشی از تعیین بیش از حد واقعی رطوبت اشباع در آزمایشگاه دانسته‌اند که در لایه سطحی با توجه به شرایط بالا و اعمال میانگینی از مقدار تبخیر و تعرق محاسباتی طی فصل رشد به‌عنوان شرط مرزی اتمسفری اختلاف بین مقادیر مشاهداتی و برآوردی مشهودتر است.

الگوی توزیع غلظت نیتروژن خاک نیز مشابه رطوبت توزیع شده در دو محل قطره‌چکان و ۱۰ سانتی‌متری آن در لایه‌های مختلف خاک تا عمق ۶۰ سانتی‌متری اندازه‌گیری و در مقایسه با مقادیر برآورد شده در شکل ۲ آورده شد. شکل ۲ روند تغییرات نیتروژن را در ۲ محل و ۳ زمان رشد (۱، ۲ و ۳ ماه پس از نشاء) نشان می‌دهد.



شکل ۲- شبیه‌سازی الگوی توزیع نیتروژن تا عمق ۶۰ سانتی‌متر ۱، ۲ و ۳ ماه پس از نشاء.

همان‌گونه که شکل ۲ نشان می‌دهد روند کلی غلظت نیتروژن از سطح به عمق کاهش می‌یابد. این روند با توجه به توزیع نیتروژن به همراه آب آبیاری در سطح و انتقال آن به اعماق خاک می‌تواند قابل قبول باشد. مقایسه‌های جزئی‌تر نشان می‌دهد میزان نیتروژن در فاصله زمانی ۱ و ۳ ماه پس از نشاء در لایه سطحی خاک در محل قطره‌چکان نسبت به ۲ ماه پس از نشاء بیشتر بوده است. دلیل

کاهش نیتروژن در ماه دوم پس از نشاء نسبت به ماه قبل و بعد را می‌توان ناشی از افزایش درصد پوشش گیاهی و نیاز رشدی گیاه پیاز به این ماده غذایی دانست. افشار اصل و همکاران (۲۰۰۶) نیز در پژوهش خود در مزرعه ذرت، کاهش مقدار غلظت نیترات را در خروجی زه‌کش گزارش کردند. آنان دلیل این امر را مصرف نیتروژن توسط گیاه دانستند. علاوه بر آن بیان داشتند که گیاه در مراحل اولیه رشد از پراکنش نداشتن ریشه در منطقه توسعه برخوردار بوده، از این رو قادر به جذب کامل مواد غذایی نیست. همچنین افزایش نیتروژن در ۳ ماه پس از نشاء را می‌توان به تجمع نیتروژن و نیاز کم‌تر گیاه به این عنصر غذایی در این زمان نسبت به ماه دوم پس از نشاء نسبت داد. هالوران (۱۹۸۱) و هالوران و لی (۱۹۷۹) نیز معتقدند که میزان جذب نیتروژن توسط گیاه تحت تأثیر عوامل ژنتیکی و محیطی قرار دارد. به عبارت دیگر می‌توان گفت جذب نیتروژن در طول دوره رشد از روند یکنواختی برخوردار نیست و در برخی مراحل با سرعت بیش‌تری انجام می‌گیرد که در راستای پژوهش‌های رستمی و جیریایی (۱۹۹۸) و رادمهر و همکاران (۱۹۹۷) است.

شکل ۲ نشان می‌دهد مقدار غلظت نیتروژن برآورد شده در محل قطره‌چکان بیش‌تر از ۱۰ سانتی‌متری آن است. این امر می‌تواند به دلیل کاشت گیاه پیاز در ۱۰ سانتی‌متری قطره‌چکان و مصرف نیتروژن توسط گیاه باشد. همچنین افزایش غلظت نیتروژن بیش‌تر متوجه عمق ۳۰ سانتی‌متری خاک بوده و پس از آن روندی کاهشی را دنبال می‌نماید تا این‌که در اعماق پایین تقریباً به یک مقدار ثابت می‌رسد. این به آن معنی است که نیتروژن به واسطه نفوذ رطوبت در امتداد قائم خاک تا لایه ۳۰-۰ سانتی‌متر که منطقه توسعه و فعالیت ریشه است نفوذ نموده است، جذب می‌شود. علت دیگر می‌تواند توزیع نیتروژن در محل قطره‌چکان باشد و طبیعی است که غلظت نیتروژن در محل توزیع بیش از سایر قسمت‌ها باشد. پاتل و راجپوت (۲۰۰۸) نیز در پژوهشی که در مزرعه پیاز تحت سیستم کود آبیاری قطره‌ای زیرسطحی انجام دادند نتیجه گرفتند که محل توزیع غنی از آب و مواد غذایی است و سهم به‌سزایی در میزان رطوبت و مواد غذایی موجود در اعماق مختلف خاک دارد. در مجموع نداشتن هم‌خوانی کامل بین مقادیر مشاهداتی و برآوردی نیتروژن را قادرمزی (۲۰۰۲) ناشی از در نظر نگرفتن جریان در منافذ درشت خاک دانسته که می‌تواند باعث حرکت آب و املاح با سرعتی بیش از سرعت میانگین در پروفیل خاک شود. البته جریان‌های ترجیحی ناشی از توسعه ریشه و اعمال فرض‌های ساده‌کننده مانند میانگین تبخیر و تعرق در شرط مرزی آتمسفری نیز رفتاری مشابه جریان در منافذ درشت‌دانه را سبب می‌شوند.

نتیجه‌گیری

عوامل مؤثر زیادی در توزیع رطوبت و نیتروژن در پروفیل خاک ناحیه ریشه وجود دارند که توجه نکردن به آنها سبب برهم زدن توازن محتوی آب و املاح می‌شوند. مدیریت آبی و کودی در ارتباط با رشد گیاه بیش‌ترین تأثیر را در آب‌شویی نیتروژن به اعماق خاک و آب‌های زیرزمینی دارد. این پژوهش نشان داد با استفاده از مدل کامپیوتری می‌توان مقادیر بهینه کود آبیاری را بدون تحمل هزینه‌های انجام آزمایش‌های متعدد مزرعه‌ای برای شرایط مختلف آب و هوایی خاک تخمین زد. نتایج نشان می‌دهد که میزان رطوبت لایه‌های خاک و همچنین نیتروژن به‌طور قوی به روش آبیاری، میزان آب آبیاری، پتانسیل اقلیم و عوامل خاک و گیاه وابسته است. تلفات آب و پدیده شستشوی نیتروژن به‌نسبت پیچیده است اما راه‌کارهای مدیریتی در قالب استفاده از مدل‌های جریان و جابه‌جایی املاح از جمله روش‌های غیرمستقیم تعیین‌کننده فاکتورهای مؤثر به‌وسیله وضعیت‌های محیطی و مدیریتی هستند. کشاورزی همواره نیازمند ارزیابی توزیع رطوبت و مواد مغذی در خاک‌های تحت آبیاری در اقلیم‌های مختلف است و باید شیوه‌های جدید آبیاری با به‌کارگیری مدل‌ها مدنظر قرار گیرند.

منابع

1. Abbasi, F., and Tajik, F. 2007. Estimation of Soil Hydraulic and Solute Transport Parameters from transient field experiments using inverse modeling. JWSS-Isfahan University of Technology, 11: 1. 111-123.
2. Afshar Asl, M., Mohamadi, K., Liaghat, A., and Rahbari, P. 2006. Modeling nitrate transport out of the root zone using GLEAMS model and the GS + 4th Technical Workshop drainage. Iranian National Committee on Irrigation & Drainage (IRNCID). Pp: 145-154.
3. Azhdari, K., Farokhi, E., and Zareabyaneh, H. 2009. Study of nitrogen, and moisture change in a field with drip fertigation. International Conference on Water Resources, University of Technology, Shahrood, Pp: 214-221.
4. Azhdary, Kh., Singh, D.K., Singh, A.K., and Khanna, M. 2005. Simulation of water distribution under drip irrigation using Hydrus-2D. P 221-223, In: Mathur, G.N. and A.S. Chawla (eds), Proceedings of the XII World water congress, New Delhi, India.
5. Bucks, D.A., and Myers, L.E. 1987. Trickle irrigation-application uniformity from simple emitter plugging. Trans. 16: 6. 1108-1111.
6. Crevoisier, D., Popova, Z., Mailhol, J.C., and Ruelle, P. 2008. Assessment and simulation of water and nitrogen transfer under furrow irrigation. J. Agric. Water Manage. 95: 4. 354-366.

7. Dontsova, K.M., Pennington, J.C., Hayes, C., Šimunek, J., and Williford, C.W. 2009. Dissolution and transport of 2, 4-DNT and 2, 6-DNT from M1 propellant in soil. *J. Chem.* 77: 4. 597-603.
8. Feddes, R.A., Kowalik, P.J., and Zaradny, H. 1978. Simulation of field water use and crop yield. Prudoc, Wageningen, 189p.
9. Garg, K.K., Das, B.S., Safeeq, M., and Bhadoria, P.B.S. 2009. Measurement and modeling of soil water regime in a lowland paddy field showing preferential transport. *J. Agric. Water Manage.* 96: 12. 1705-1714.
10. Ghadermarzi, J. 2002. Simulate the movement of zinc, lead and nitrate in soil under field conditions using HYDRUS-1D model. Master's thesis. Isfahan University of Technology, 140p.
11. Halloran, G.M. 1981. Cultivar differences in nitrogen translocation in wheat. *Aust. J. Agric. Res.* 32: 535-544.
12. Halloran, G.M., and Lee, J.W. 1979. Plant nitrogen distribution in wheat cultivars. *Aust. J. Agric. Res.* 30: 779-784.
13. Heatwole, K.K., and McCray, J.E. 2007. Modeling potential vadose-zone transport of nitrogen from onsite wastewater systems at the development scale. *J. Con. Hydrol.* 91: 1-2. 184-201.
14. Jellali, S., Diamantopoulos, E., Kallali, H., Bennaceur, S., Anane, M., and Jedidi, N. 2010. Dynamic sorption of ammonium by sandy soil in fixed bed columns: Evaluation of equilibrium and non-equilibrium transport processes. *J. Environ. Manage.* 91: 4. 897-905.
15. Jiang, Sh., Pang, L., Buchan, G.D., Šimunek, J., Noonan, M.J., and Close, M.E. 2009. Modeling water flow and bacterial transport in undisturbed lysimeters under irrigations of dairy shed effluent and water using HYDRUS-1D. *J. Water Res.* 44: 1050-1061.
16. Khaleel, R., and Yeh, T.C. 1985. A galerkin finite element program for simulating unsaturated flow in porous media. *Ground water.* 23: 1. 90-96.
17. Liao, C.F.H., and Bartholomew, M.V. 1974. Relation between nitrate absorption and water transpiration by corn. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 38: 472-479.
18. Mualem, Y. 1976. A new model for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated porous media. *Water Resource Research*, 12: 513-522.
19. Patel, N., and Rajput., T.B.S. 2008. Dynamics and modeling of soil water under subsurface drip irrigated onion. *Agricultural Water Management*, 95: 12. 1335-1349.
20. Radmehr, M., Ayeneh, Gh.A., and Kajbaf, A.R. 1997. Study of on the effect of heat stress on agronomic traits, grain yield and yield components in twenty five cultivars of bread wheat. *J. Plant and Seed.* 12: 13-23.
21. Rostami, M.A., and Giriaei, H. 1998. Nitrogen concentration profiles in wheat and its relationship to grain protein. *Iran. J. Agric. Sci.* 29: 447-454.

22. Sayyad, G., Afyuni, M., and Mousavi, S.F. 2008. Effect of Safflower and Cu, Cd, Zn and Pb Application on the Mobility of These Four Metals in a Calcareous Soil. *J. Sci. Tech. Agric. Natur. Res.* 11: 1. 55-67.
23. Shabanpour-Shahrestani, M., Afyuni, M., and Mousavi, S.F. 2002. Bromide transport in Soils under different cultivated crops. *J. Sci. Tech. Agric. Natur. Res.* 6: 4. 79-89.
24. Silva, R.G., Holub, S.M., Jorgensen, E.E., and Ashanuzzaman, A.N.M. 2005. Indicators of nitrate leaching loss under different land use of clayey and sandy soils in southeastern Oklahoma. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 109: 1. 346-359.
25. Simunek, J., Huang, K., Senjna, M., and Van Genuchten, M. 1998. The Hydrus-1D software package for simulating the one-dimensional movement of water, heat and multiple solutes in variability-saturated media. Version 1.01GWMC-TPS-70. International Ground Water Modeling Center, Colorado School of Mines, Golden, Colorado, 162p.
26. Van Genuchten, M.T., Simunek, J., Leij, F.J., and Sejna, M. 1991. Code for quantifying the hydraulic function of unsaturated soils. RETC, Version 6.0: US Salinity Laboratory.
27. Van Genuchten, M.T. 1980. A closed-form solution for predicting the conductivity of unsaturated soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 44: 892-898.
28. Ying, M., Feng, S., Su, D., Gao, G., and Huo, Z. 2009. Modeling water infiltration in a large layered soil column with a modified Green-Ampt model and HYDRUS-1D. *J. Com. Elec. Agric.* 71: 1. 40-47.
29. Zareabyaneh, H. 2006. Dynamics of mass transfer in laminated and non-laminated soils. PhD Thesis. Irrigation department. Agriculture faculty. Tabriz University, 184p.



Gorgan University of Agricultural
Sciences and Natural Resources

J. of Water and Soil Conservation, Vol. 20(5), 2013
<http://jwsc.gau.ac.ir>

Assessment of HYDRUD-1D model in simulation of soil moisture and nitrogen in onion farm under drip irrigation

***H. Zare Abyaneh¹, E. Farrokhi², Kh. Azhdari³ and M. Vazifeh Doust⁴**

¹Associate Prof., Dept. of Irrigation and Drainage, Bu-Ali Sina University of Hamedan,

²M.Sc. Student, Dept. of Irrigation and Drainage, Bu-Ali Sina University of Hamedan,

³Assistant Prof., Dept. of Irrigation, University of Technology, Shahrood,

⁴Assistant Prof., Dept. of Irrigation, Guilan University

Received: 10/13/2010; Accepted: 10/31/2012

Abstract

Water management and fertilizer nitrogen in agricultural products should be improved due to lack of resources, environmental problems and health. Modeling in recent years has had an important role in improving irrigation, fertilizer operations in new irrigation systems. The aim of this study was to evaluate the capability of Hydrus-1D model to simulate the effect of different combinations of water and nitrogen regimes in a drip irrigation system for the onion. This study was done in a drip irrigation fertilizer system and under field conditions for onion cultivation. Moisture levels and nitrogen concentration were obtained in field with 48 hr irrigation and fertilizer nitrogen injection with the concentration of 0.116 hr. Applying boundary conditions and initial in Hydrus-1D model, moisture and nitrogen were estimated at four depths 0-15, 15-30, 30-45 and 45-60 cm. In this study, changes of moisture content and nitrogen concentration during different growth months by Hydrus-1D model were evaluated. Results indicate higher moisture content of the three at 30, 60 and 90 days after transplanting bulbs in the ground layer 15-0 cm and 10 cm at the location of emitters. The humidity was higher in the first layer of soil at 10 cm eye drops due to the settlement of the soil. Measurement and modeling of nitrogen showed increasing nitrogen content at 30 and 90 days after transplanting in 15-0 cm layer of soil at the site of emitters than two months after transplanting. Reducing nitrogen at 10 cm droppers and 60 days after transplanting could be due to plant bulbs at 10 cm from droppers, increasing vegetation cover and food for the plant. Compared to moisture simulations at depth of 60 cm and 10 cm at place droppers showed that root mean square error were 0.0067 and 0.0062, mean absolute error were 0.0044 and 0.0047 and the coefficient of determination were 0.9 and 0.99, respectively. Similarly, compared to nitrogen simulated with observed in place dropper and 10 cm showed the root mean square error were 0.015 and 0.011, the mean absolute error were 0.014 and 0.009 and the coefficient of determination were 0.92 and 0.99, respectively. Calculating error statistics indicate low error and high coefficient of determination in application of Hydrus-1D model and accuracy of this model in the simulation of moisture and nitrogen distributed in the root zone.

Keywords: Modeling, Drip irrigation, Irrigation fertilizer, Hydrus-1D, Onion

* Corresponding Author; Email: zareabyaneh@gmail.com

