19th Iranian Soil Science Congress
16-18 September, 2025

نوزدهمین کنگره علوم خاک ایران
۲۵ تا ۲۷ شهریور ۱۴۰۴

مدیریت جامع‌نگر و هوشمند خاک و آب
Holistic and Smart Soil and Water Management
دانشکدگان کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران
College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran

۰۴۲۵۰-۳۲۰۳۱

بررسی اثر کاربری اراضی بر روی خصوصیات فیزیکی و هیدرولیکی خاک

مجید رئوف[1*]، زیبا صدایی آذر[2]، مجتبی سوختانلو[3]

۱- استاد/گروه مهندسی آب و پژوهشکده مدیریت آب، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی،
majidraoof2000@gmail.com

۲- دانش آموخته کارشناسی ارشد، گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی

۳- دانشیار/گروه مدیریت کشاورزی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی

چکیده

آزمایشات نفوذ در عرصه جنگلی فندقلو واقع در شرق استان اردبیل در سه کاربری شامل جنگل، مرتع و کشاورزی و در سه تکرار انجام شد. ویژگی‌های هیدرولیکی خاک از جمله منحنی رطوبتی خاک به روش مستقیم در ۱۳ نقطه مکشی و هدایت هیدرولیکی غیراشباع خاک توسط دستگاه شبیه‌ساز باران در ۴ ارتفاع سطح آب مخزن دستگاه نسبت به سطح قطره‌چکان‌ها بدست آمد. مقادیر رطوبت‌حجمی باقیمانده اندازه‌گیری شده، با مقادیر متوسط بدست آمده از منحنی نگهداشت آب خاک مستخرج از روش حل معکوس توسط کد هایدروس یک بعدی، با استفاده از محک‌های آماری خطای نسبی(RE) و خطای متوسط مربعات ریشه(RMSE) مورد ارزیابی قرار گرفت. بیشترین و کمترین میزان خطای نسبی به ترتیب برای کاربری‌های کشاورزی و جنگل و برابر با ۹/۲۲ و ۵/۰۸ درصد و نیز بیشترین و کمترینRMSE نیز برای همین دو کاربری و برابر با ۰/۱۲۱۶ و ۰/۰۷۷۵ بدست آمد. همچنین هدایت هیدرولیکی اشباع اندازه‌گیری شده توسط دستگاه استوانه‌های مضاعف، به ترتیب برای کاربری‌های جنگل، مرتع و کشاورزی برابر با ۰/۲۳، ۰/۲۳ و ۰/۲۱ و نیز هدایت هیدرولیکی اشباع شبیه‌سازی شده به روش معکوس به ترتیب برای همین سه کاربری و برابر با ۰/۱۴۱، ۰/۱۴۳ و ۰/۱۱۶ سانتی‌متر بر دقیقه بدست آمد.

واژگان کلیدی: نفوذ، ماده آلی، منحنی مشخصه، هدایت هیدرولیکی، حل معکوس، Hydrus

مقدمه

خصوصیات هیدرولیکی خاک در مدل‌های کاربردی سیستم‌های زراعی، دینامیک آب‌های زیرزمینی، حرکت آب و املاح در خاک و سایر فرایندها یا سیستم‌ها مورد نیاز می‌باشد که اندازه‌گیری مستقیم آن‌ها به دلیل تَغییرپذیری مکانی و زمانی پرهزینه، زمان بر و دشوار می‌باشد. از جمله خصوصیات هیدرولیکی خاک می‌توان به منحنی نگهداشت رطوبتی و هدایت هیدرولیکی اشاره کرد. خصوصیات هیدرولیکی خاک تابع مکش یا رطوبت وخصوصیات نگهداری آب خاک می‌باشد (Hillel, 1998; Rawls et al, 1982). هدایت هیدرولیکی و نیز خصوصیات نگهداری آب خاک می‌تواند مقدار آب مصرفی و نیز پتانسیل تولید کشاورزی را مخصوصا در مناطق خشک تحت تاثیر قرار دهد. از طرفی کشت و زرع، ساختار منافذ و خصوصیات هیدرولیکی خاک را تحت تاثیر قرار می‌دهد(Schwarts et al, 2000). خصوصیات فیزیکی و هیدرولیکی خاک تحت تاثیر کاربری‌های مختلف اراضی می‌باشند. کاربری‌های اراضی ساختمان خاک را دستخوش تغییرات می‌نماید. کاربری‌های مختلف از یک طرف خصوصیات فیزیکی و مقدار جریان عبوری در خاک و در نتیجه هدایت هیدرولیکی را تحت تاثیر قرار می‌دهد و از طرف دیگر مقدار رطوبت باقیمانده درخاک در مکش‌های مختلف در اراضی با کاربری‌های مختلف را دچار تغییرات می‌نماید. عواملی مثل بافت خاک، ساختمان خاک، میزان مواد آلی، مدیریت و نوع لایه‌های خاک بر میزان نفوذپذیری تاثیر دارند. عامل مدیریتی کاربری‌های مختلف اراضی نیز با ایجاد به هم خوردگی سطح خاک و اثر بر میزان پوشش گیاهی تاثیر زیادی بر میزان نفوذپذیری و خصوصیات فیزیکی و

هیدرولیکی خاک دارد (Rawls et al, 1982). تغییر در پیوستگی، اندازه و وسعت منافذ ایجاد شده در اثر زراعت، شدیداً خصوصیات هیدرولیکی خاک را تحت تاثیر قرار می‌دهد.

در اثر اعمال عملیات خاکورزی سرعت نفوذ در زمان‌های بعد از عملیات خاکورزی افزایش یافته و باعث ایجاد و از بین رفتن زود به زود خاکدانه‌ها می‌شود (Kemper, 1993; Angulo-jaramillo et al, 2000). تحقیقات نشان میدهد که کاربریهای اراضی مختلف خصوصیات فیزیکی، هیدرولیکی از جمله جرم مخصوص ظاهری و حقیقی، هدایت هیدرولیکی اشباع و غیر اشباع خاک را تحت تاثیر قرار می‌دهد (Schwarts et al, 2000; Goll et al, 2010). هدایت هیدرولیکی یکی از مهمترین خصوصیات خاک است که در انتقال آب و املاح نقش اساسی دارد. همچنین هدایت هیدرولیکی یکی از پارامترهای مهم در پدیده نفوذ می‌باشد، زیرا این پارامتر سهولت جریان آب در خاک و قابلیت خاک در عبور دادن آب از خود را نشان می‌دهد (Serrano, 1997). خصوصیات هیدرولیکی خاک ومقدار نفوذ آب در خاک در حالت اشباع خاک به تخلخل موثر، تخلخل کل، پیچ وخم تخلخل ریز، متوسط و درشت و پتانسیل فشاری موجود بستگی دارد. اولین نیرو که باعث حرکت قائم آب می‌گردد. نیروی ثقل می‌باشد که به جهت جاذبه زمین است. نیروی دوم نیروی جذب ذرات خاک یا نیروی مکش است که به آن پتانسیل ماتریک گفته می‌شود که به قدرت مکش ذرات خاک مربوط می‌شود. نیروی سوم نیروی ناشی از وجود یون‌ها وسایر مواد محلول در خاک می باشد که به آن نیروی اسمزی گفته میشود که حرکت آب خالص وعبور از یک غشاء نیمه تراوا به داخل محلول اشباع آب شور دلیل بر وجود این نیرو می‌باشد.

مواد و روش‌ها

منطقهٔ مورد مطالعه

این تحقیق در یکی از عرصه‌های جنگلی شرق استان اردبیل، به نام منطقه جنگلی فندقلو انجام گرفت. در این بررسی به منظوراندازه‌گیری نفوذ آب در خاک در حالت اشباع از دستگاه استوانه های مضاعف استفاده گردید. آزمایش‌های میدانی نفوذ در حالت غیراشباع با استفاده از دستگاه شبیه‌ساز باران انجام گرفت. جهت اندازه‌گیری منحنی مشخصه و نیز جرم مخصوص ظاهری خاک، نمونه برداری دست نخورده از هر یک از کاربری‌های مطالعه شده با سه تکرار انجام گردید. جهت اندازه‌گیری برخی ویژگی‌های خاک از جمله جرم مخصوص حقیقی، درصد کربن آلی، بافت، pH، EC، منحنی دانه‌بندی و نیز اندازه‌گیری رطوبت باقیمانده در مکش‌های ۱، ۵ و ۱۵ بار برای منحنی رطوبتی، از خاک سه نمونه برداری دست خورده در سه تکرار انجام گردید. جهت ترسیم منحنی دانه‌بندی خاک با استفاده از دستگاه الک خشک، مقدار ۱۵۰ گرم از خاک هر یک از کاربری‌ها بر روی سری الک‌ها به ترتیب شامل قطرهای ۴/۷۵ ، ۲، ۱، ۰/۶، ۰/۳۵۵، 6/0 و ۱۰ میلی‌متر قرار داده شده و به مدت ۲۰ دقیقه الک شد.

جهت تعیین منحنی مشخصه برای سه کاربری از روش اندازه‌گیری مستقیم با تعیین مقدار رطوبت حجمی باقیمانده نمونه‌های دست خورده و دست نخورده به ازای مکش‌های معین و غیرمستقیم شامل روش حل معکوس توسط نرم افزار HYDRUS1D استفاده گردید.

۲-۳-مراحل اجرای کار با مدل DHYDRUS1

با توجه به شبیه‌سازی جریان آب در خاک توسط مدل DHYDRUS1، پس از اجرای مدل با فعال کردن گزینه مربوط به آن و انتخاب روش حل معکوس، پارامترهای بخش مربوطه به عنوان ورودی وارد گردید. جهت انجام محاسبات حداکثر ۱۰ تکرار انتخاب شد. تعداد نقاط اندازه‌گیری که در این تحقیق شامل نقاط اندازه‌گیری شده نفوذ تجمعی میباشد ۲۸ نقطه انتخاب شد. نهایتا با وارد نمودن رطوبت اولیه در حین انجام آزمایش نفوذ با دستگاه استوانه‌های مضاعف برای کلیه لایه‌های خاک از ۰ تا ۱۰۰ سانتی‌متر نرم افزار اجرا شده و شبیه‌سازی پایان یافته و خروجی‌های مدل شامل ویژگی‌های هیدرولیکی خاک، اطلاعات

مربوط به روش حل معکوس و حجم آب ورودی و خروجی به منطقه کنترل تعیین گردید. مدل شامل ویژگی‌های هیدرولیکی خاک، اطلاعات مربوط به روش حل معکوس و حجم آب ورودی و خروجی به منطقه کنترل تعیین گردید. به این ترتیب منحنی رطوبتی شبیه‌سازی شده در ۱۳ نقطه مکشی استخراج (شامل مکش‌های ۰، ۳، ۶، ۹، ۱۵، ۳۰، ۵۰، ۷۵، ۱۰۰، ۳۰۰، ۱۰۰۰، ۵۰۰۰ و ۱۵۰۰۰ سانتی‌متر آب) وترسیم گردید.

منحنی هدایت هیدرولیکی شبیه‌سازی شده

جهت ترسیم این منحنی کلیه مقادیر لگاریتمی هدایت هیدرولیکی به ازای لگاریتم مکش در محدوده مکشی ۰/۱ تا ۱۵۰۰۰ سانتیمتر آب از بخش نتایج حاصل از اجرای مدل استخراج و در برنامه Excell ترسیم گردید

مقایسه مقادیر اندازه‌گیری شده و شبیه‌سازی شده با استفاده ازمحک‌های آماری

جهت مقایسه مقادیر اندازه‌گیری شده و شبیهسازی شده نفوذ تجمعی و منحنی رطوبتی از محک های آماری خطای نسبی(RE) وخطای مربعات متوسط ریشه (RMSE) و ضریب همبستگی (R^2) استفاده گردید. همچنین پس از انطباق مقادیر نفوذ تجمعی اندازه‌گیری شده و شبیه سازی شده نفوذ تجمعی در یک محور مختصات و تعیین بهترین معادله خطی برای آن، میزان ضریب همبستگی (R^2) بین مقادیر اندازه‌گیری شده و شبیه‌سازی شده نفوذ تجمعی برای هر سه کاربری جنگل، مرتع و کشاورزی بدست آمد.

نتیجه‌گیری

تعیین ویژگی‌های فیزیکی خاک

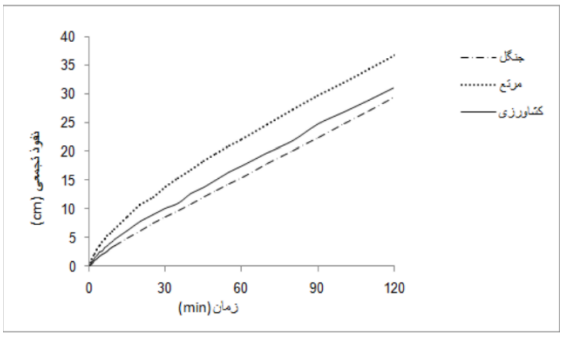
جهت تعیین ویژگی‌های فیزیکی خاک از هر کاربری (شامل کاربری های جنگل، مرتع و اراضی کشاورزی) سه نمونه خاک دست نخورده و سه نمونه خاک دست‌خورده تهیه شده و به آزمایشگاه منتقل شد. مشخصات فیزیکی خاک سه کاربری در جدول۱ آورده شده است. با توجه به جدول۱ ،کلیه پارامترهای فیزیکی اندازه‌گیری شده از جمله درصد مواد آلی خاک در سه کاربری دارای مقادیر متفاوتی می‌باشد. با توجه به جدول ۱ میزان اسیدیته خاک جنگل در مقایسه با دو کاربری دیگر بالاتر می‌باشد.

جدول ۱- مقادیر برخی از پارامترهای فیزیکی اندازه‌گیری شده در کاربر های مختلف اراضی

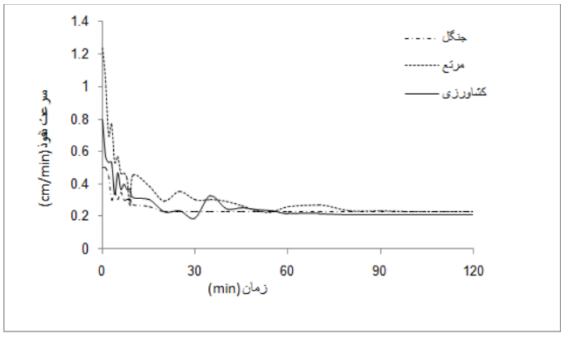
پارامتر ها	کاربری جنگل	کاربری مرتع	کاربری کشاورزی
جرم مخصوص ظاهری(g/cm^3)	۰/۹۳	۱/۱۶	۱/۲
جرم مخصوص حقیقی(g/cm^3)	۲/۳۴	۲/۳۶	۲/۴
تخلخل کل٪	۶۰/۲۵	۵۰/۸۴	۴۸/۳
درصد مواد آلی	۴/۹۱	۲/۳۳	۱/۳۹
درصد شن	۳۱/۶	۴۲/۰۸	۳۷/۵
درصد سیلت	۴۲/۵	۳۵	۳۵/۸۳
درصد رس	۲۵/۸	۲۲/۹۱	۲۶/۶
اسیدیته خاک	۶/۷۳	۷/.۰	۷/۱۴
هدایت الکتریکی	۴۱۶/۳	۳۸۶/۳	۳۸۹/۶

نفوذ تجمعی بدست آمده از آزمایش‌های میدانی

جهت اندازه‌گیری نفوذ آب در خاک از دستگاه استوانه‌های مضاعف استفاده گردید. مقادیر نفوذ تجمعی و سرعت نفوذ بدست آمده از آزمایش های میدانی به شکل منحنی در شکل‌های ۱ و ۲ آورده شده است. با توجه به منحنی‌های نفوذ در شکل های ۱ و ۲ در سه کاربری مطالعه شده، مشاهده می‌گردد که سرعت نفوذ متوسط اولیه در کاربری مرتع بیشتر از جنگل و کشاورزی است.



شکل۱– منحنی‌های سرعت نفوذ متوسط بدست آمده از آزمایش‌های میدانی برای کاربری‌های اراضی مختلف

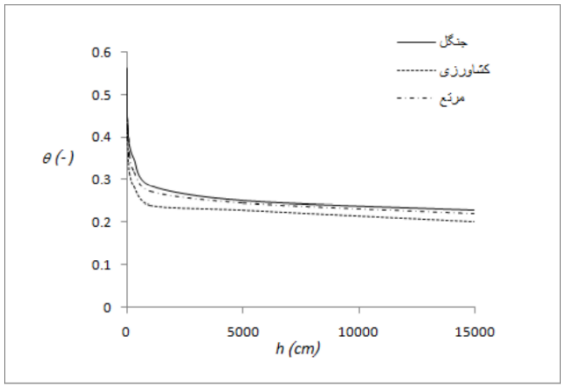


شکل۲- منحنی های نفوذ تجمعی بدست آمده از آزمایش های میدانی برای کاربری های اراضی مختلف

در حقیقت در کاربری جنگل مهم‌ترین عامل در کاهش سرعت نفوذ اولیه را می‌توان رطوبت اولیه خاک دانست که یکی از پارامترهای مهم و تعیین کننده در پدیده نفوذ آب در خاک می‌باشد. در این زمینه مطابق با مطالعات صورت گرفته توسط (Zolfagari et al, 2008) و با توجه به بالا بودن رطوبت خاک جنگل، سرعت نفوذ اولیه کمتر در این کاربری را نمی‌توان به خاصیت آب گریزی مواد آلی نسبت داد چون اصولا این خاصیت در خاک‌هایی مشاهده می‌گردد که علاوه بر داشتن سطح کربن آلی بالا دارای رطوبت خاک پایین‌تر از ۲۲ درصد باشد و از طرفی نوع پوشش گیاهی نیز عامل مهمی در ایجاد آبگریزی و کاهش سرعت نفوذ اولیه خاک است و لذا آب‌گریزی را نمی‌توان در هر پوشش گیاهی یافت.

تعیین ویژگی‌های هیدرولیکی خاک

خصوصیات هیدرولیکی خاک شامل منحنی مشخصه آب خاک وهدایت هیدرولیکی خاک می‌باشد. در روش شبیه‌سازی از نرم افزار HYDRUS D1 جهت استخراج خصوصیات هیدرولیکی خاک استفاده گردید. با توجه به شکل ۳ مشاهده میگردد که به ازای کلیه مکش‌ها و به ویژه مکش‌های بالا میزان رطوبت حجمی خاک جنگل بیشتر از دو کاربری دیگر است.



شکل ۳ – منحنی‌های رطوبتی اندازه‌گیری شده برای سه کاربری مختلف

جهت تعیین دقت مدل ونگنوختن نسبت به مقادیر اندازه‌گیری شده از محک‌های آماری خطای نسبی(RE) و خطای مربعات متوسط ریشه (RMSE) استفاده گردید که مقادیر آن در جدول۲ آمده است.

جدول ۲- محک های آماری منحنی رطوبتی شبیه سازی شده به روش معکوس و منحنی رطوبتی اندازه گیری شده

محک های آماری	کاربری جنگل	کاربری مرتع	کاربری کشاورزی
RE(%)	۵/۰۸	۷/۰۴	۹/۲۲
RMSE(-)	۰/۰۷۷۵	۰/۱۰۴۵	۰/۱۲۱۶

با توجه به مقادیر هدایت هیدرولیکی غیراشباع برای سه کاربری، مشاهده می‌گردد که با افزایش رطوبت و یا کاهش مکش، مقدار جریان عبوری از خاک یا همان هدایت هیدرولیکی افزایش می‌یابد. نتایج بدست آمده از روش معکوس برای مقادیر هدایت هیدرولیکی در سه کاربری نشان داد که بر خلاف ترتیب افزایش مقدار هدایت هیدرولیکی غیراشباع اندازه‌گیری شده، به ازای افزایش رطوبت یا کاهش مکش، در روش معکوس مقدار هدایت هیدرولیکی غیر اشباع به ازای مکش‌های کم و نزدیک به اشباع در کاربری مرتع بیشتر از جنگل و آن هم بیشتر از کاربری کشاورزی تخمین زده شده است.

نتایج بدست آمده از روش حل معکوس

جهت مقایسه مقادیر نفوذ تجمعی اندازهگیری شده و شبیه‌سازی شده از محک‌های آماری RE، RMSE و ضریب همبستگی R^2استفاده شد. مقادیر محک‌های آماری برای سه کاربری جنگل، مرتع و کشاورزی در جدول ۳ آورده شده است. با توجه به این جدول همبستگی میان مقادیر اندازه گیری و شبیه‌سازی شده نفوذ تجمعی در هر سه کاربری بالا و نزدیک به عدد یک است ولی میزان همبستگی در کاربری جنگل بیشتراست. همچنین با توجه به محک های آماری، میزان خطا بین مقادیر اندازه‌گیری شده و شبیه‌سازی شده نیز در کاربری جنگل به مراتب کمتر از دو کاربری دیگر است. در واقع بالا بودن ضریب همبستگی بین مقادیر اندازه‌گیری شده و شبیه‌سازی شده نفوذ تجمعی در کاربری جنگل بیانگر نزدیک بودن مقادیر تخمین زده شده به مقادیر واقعی در این کاربری است. در روش حل معکوس هر چه تابع هدف که در این تحقیق مقادیر نفوذ تجمعی آب در خاک می‌باشد با خطای کمتری تخمین زده شود پارامترهای بهینه شده شامل منحنی نگهداشت آب خاک، منحنی هدایت هیدرولیکی و پارامترهای هیدرولیکی مدل ونگنوختن با خطای کمتر و دقیق‌تر تخمین زده می‌شوند.

جدول ۳- مقادیر محک‌های آماری و ضریب همبستگی میان مقادیر اندازه گیری و شبیه سازی شده نفوذ تجمعی

کاربری‌های مطالعه شده	RE(%)	RMSE	R^2
جنگل	۰/۷۵۳	۰/۳۹۳	۰/۹۹۹
مرتع	۲/۲۵	۰/۷۰۶	۰/۹۹۲
کشاورزی	۴/۸۶۶	۱/۸۲۳	۰/۹۹۶

تشکر و قدردانی

بدینوسیله از مجموعه دانشگاه محقق اردبیلی به خاطر تامین مالی و تجهیزاتی پایان نامه حاضر تقدیر و تشکر می گردد.

فهرست منابع

ذولفقاری، ع.، حاج‌عباسی، م.ع.، ۱۳۸۶ .تاثیر تغییر کاربری اراضی بر خصوصیات فیزیکی و آبگریزی خاک در مراتع فریدون شهر و جنگل‌های لردگان. مجله آب وخاک (علوم و صنایع کشاورزی)، جلد ۲۲ ،شماره ۲.

Abbasi, F., D. Jacques, J. Simunek, J. Feyen and M. Th. van Genuchten. (2003). Inverse estimation of the soil hydraulic and solute transport parameters from transient field experiments: heterogeneous soil. Trans. ASAE 46(4): 1097–1111.

Angulo-Jaramillo, R. Vandervaere, J. P., Rolier, S., Thony, J. L., Gaudet, J. P. and Vauclin, M. (2000). Field measurement of soil surface hydraulic properties by disc and ring infiltrometers: A review and recent developments. Soil Tillage Res., 55: 1-29.

Göl1, C., Çakir, M., Edis, S. and Yilmaz, H.(2010). The effects of land use/land cover and demographic processes (1950 - 2008) on soil properties in the Gökçay catchment, Turkey. African Journal of Agricultural Research Vol. 4(13), pp. 1670-1677.

Hillel, D. (1998). Environmental soil physics. Academic Press. New York. Iowa State University Press. USA.

Kemper, W.D. (1993). Effects of soil properties on precipitation use efficiency. Irrig. Sci. 14:65-73.

Marquardt, D. W. (1963). An algorithm for least squares estimation of nonlinear parameters, J. Soc. Ind. Appl. Math., 11: 431-441.

Rawls, W.J. and Brakensiek, D. L., and Saxton, K. E. (1982). Estimation of soil water properties. Trans. ASAE, 108: 1316-1320.

Schwartz, R. C.,P. W. Unger and S. R. Evett, (2007). Conservation and production Research Laboratory,USD-ARS. P.O. Drawer 10, TX.USA, 79012.

Schwartz, R. C.,P. W. Unger and S. R. Evett, (2007). Conservation and production Research Laboratory,USD-ARS. P.O. Drawer 10, TX.USA, 79012.

Serrano, S. E. (1997). Hydrology for Engineers, Geologists and Environmental professionals. Hydro science, Inc.

Simunek, J., Jarvis, N. J. and Van Genuchten, M. T. 2003. Review and comparison of models for describing non- equilibrium and preferential flow and transport in the vadose zone. Journal of Hydrology, 272: 14-35.

Effect of superabsorbent polymers on soil properties under greenhouse tomato cultivation

Majid Raoof[1*], Ziba Sedaei Azar[2], Mojtaba Sookhtanlou[3],

1- Proffessor, Department of Water Engineering and and Member of Water Management Research Center, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran, *Corresponding Author, E-mail: majidraoof2000@gmail.com

2- M. Sc. graduated, Department of Soil Science, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran

3- Assoc. Prof., Department of Agriculture Management, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran,

Abstract

Infiltration experiments were conducted in the Fandoglou forest area located in the east of Ardabil province in three land uses including forest, pasture and agriculture and in three replications. Soil hydraulic properties including soil moisture curve were obtained directly at 13 suction points and unsaturated hydraulic conductivity of the soil by a rain simulator at 4 heights of the water level of the device's reservoir relative to the level of the drippers. The measured residual volumetric moisture values were evaluated with the average values obtained from the soil water retention curve extracted from the inverse solution method by the one-dimensional Hydros code using the statistical tests of relative error (RE) and root mean square error (RMSE). The highest and lowest relative error rates were obtained for agricultural and forest land uses, equal to 22.9 and 08.5 percent, respectively, and the highest and lowest RMSE were obtained for the same two land uses, equal to 0.1216 and 0.0775. Also, the saturated hydraulic conductivity measured by the double cylinder device was 0.23, 0.23, and 0.21 for forest, pasture, and agricultural land uses, respectively, and the saturated hydraulic conductivity simulated by the inverse method was 0.141, 0.143, and 0.116 cm/min for the same three land uses, respectively.

Keywords: Infiltration, organic matter, characteristic curve, hydraulic conductivity, inverse solution, Hydrus