

تأثیر کاربری اراضی بر خصوصیات نفوذ آب در برخی خاک‌های استان اردبیل و زنجان

* یاسر طالبی کلان^۱، محمدحسین محمدی^۲ و سمیه کریمی^۱

^۱ دانش‌آموخته کارشناسی ارشد گروه علوم خاک، دانشگاه زنجان، آستادیار گروه علوم خاک، دانشگاه زنجان

تاریخ دریافت: ۹۳/۱۰/۱۹؛ تاریخ پذیرش: ۹۴/۶/۴

چکیده

سابقه و هدف: مطالعه شاخص‌های کیفیت خاک، ابزاری مناسب در مدیریت نوع کاربری اراضی به‌شمار می‌رود. تغییر کاربری اراضی بر روی فرآیندهای هیدرولوژیکی خاک تأثیر می‌گذارد که فرآیند نفوذ آب به خاک یکی از آن‌ها است. تغییرات مکانی نفوذپذیری خاک نقشی بسیار مهم در فرآیندهای هیدرولوژیکی ایفا می‌کند. تغییرپذیری این فرآیند متأثر از ویژگی‌های ذاتی و غیرذاتی اراضی می‌باشد. به‌منظور جلوگیری از تخریب اراضی و آلودگی خاک و آب، شناخت فرآیندهای مربوطه و کمی نمودن روابط بین آن‌ها امری اجتناب‌ناپذیر می‌باشد. فرآیند نفوذ آب به خاک یکی از مهم‌ترین اجزای چرخه هیدرولوژی است. از سوی دیگر، اندازه‌گیری آن دشوار، زمان‌بر و پرهزینه می‌باشد. با توجه به تغییرات زیاد رطوبت خاک، ارائه مدلی مناسب جهت تخمین صحیح نفوذ دارای اهمیت می‌باشد. هدف از این پژوهش بررسی خصوصیات نفوذ آب به خاک در اثر تغییر کاربری اراضی و تعیین بهترین معادله نفوذ است.

مواد و روش‌ها: بنابراین نفوذ آب به خاک در هفت منطقه از استان زنجان و یک نقطه از استان اردبیل در سه کاربری بایر، زراعی و باغی اندازه‌گیری شد. اندازه‌گیری نفوذ در هر کاربری به روش استوانه مضاعف با سه تکرار و در زمان‌های ۱۶، ۳۳، ۵، ۶۶، ۸۳، ۱، ۲، ۳، ۴، ۵، ۷، ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵، ۳۰، ۳۵، ۴۰، ۴۵، ۵۰، ۵۵، ۶۰، ۷۰، ۸۰، ۹۰، ۱۰۰، ۱۱۰، ۱۲۰، ۱۳۵، ۱۵۰، ۱۶۵، ۱۸۰، ۱۹۵ و ۲۱۰ دقیقه انجام شد. هم‌چنین مدل‌های کوستیاکوف، کوستیاکوف-لویس، هورتون، سازمان حفاظت خاک آمریکا برای تخمین نفوذ آب در خاک به‌کار گرفته شد. جهت انتخاب مدل مناسب معیارهای سنجش خطا شامل RMSE (ریشه میانگین مربعات خطا) و R^2 (ضریب تبیین) برای هر مدل تعیین شد. نفوذ تجمعی و سرعت نفوذ نهایی در هر کاربری تعیین شد.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که در هر سه کاربری، همه مدل‌های مورد استفاده در این پژوهش توانستند نفوذ تجمعی آب در خاک را با دقت قابل‌قبولی برآورد نمایند و دارای RMSE پایین و R^2 بالایی بودند. پس توصیه تخمین نفوذ با استفاده از مدل‌ها و تفسیر آن‌ها برای همه مناطق مطالعاتی منطقی می‌باشد. هم‌چنین نتایج نشان داد که در برآورد نفوذ تجمعی در کاربری بایر مدل هورتون دارای بیش‌ترین R^2 بود (۰/۹۹۹). ولی در کاربری زراعی و باغی مدل کوستیاکوف-لویس R^2 بیش‌تری داشت (۰/۹۹۷). بر اساس نتایج نفوذ تجمعی و سرعت نفوذ نهایی در کاربری زراعی و باغی بیش‌تر از کاربری بایر بود. دلیل این امر ناشی از انجام عملیات کاشت بوده که موجب به‌هم‌خوردگی بیش‌تر لایه سطحی خاک شده، در نتیجه نفوذپذیری خاک در کاربری زراعی و باغی بیش‌تر از کاربری بایر (که در آن‌ها تأثیر عوامل انسانی کم‌تر بوده) است.

* مسئول مکاتبه: yaser.taleby@gmail.com

نتیجه گیری: به طور کلی نتایج این پژوهش نشان داد که میانگین نفوذ تجمعی در کاربری زراعی و باغی بیش تر از کاربری بایر بود. هم چنین توصیه تخمین نفوذ با استفاده از مدل‌ها و تفسیر آن‌ها برای همه مناطق مطالعاتی منطقی می‌باشد و مدل هورتون نسبت به بقیه مدل‌ها دارای دقت بالایی بود.

واژه‌های کلیدی: استوانه مضاعف، کوستیاکوف، نفوذ تجمعی، سرعت نفوذ نهایی، کاربری اراضی

مقدمه

کاربری اراضی به مفهوم انواع بهره‌برداری از زمین به منظور رفع نیازهای گوناگون انسان تعبیر می‌گردد (۱۷). تغییر کاربری اراضی و پوشش زمین تحت تأثیر فعالیت‌های نامناسب انسانی، عوامل اجتماعی و اقتصادی، توسعه جنگل‌ها، چرا، سیاست دولت در فعالیت‌های کشاورزی و فاکتورهای محیطی از قبیل خشکی می‌باشد (۱۴). تغییر کاربری اراضی بر روی فرآیندهای هیدرولوژیکی تأثیر می‌گذارد. کاهش پوشش گیاهی اثر معنی‌داری روی نفوذپذیری خاک در مناطق جنگلی نسبت به مراتع دارد، در نتیجه باعث تغییرات چشم‌گیر دربیان آبی اکوسیستم و ایجاد رواناب و فرسایش می‌شود (۲۵). ورود آب از سطح مشترک خاک و اتمسفر به داخل خاک بخش غالب و آغازین تعامل پدوسفر و هیدروسفر است (۵) و یکی از مهم‌ترین ویژگی‌های فیزیکی خاک از نظر کشاورزی می‌باشد، که نقش بسیار مؤثری در چرخه هیدرولوژی، نوع پوشش گیاهی، اکولوژی منطقه، میزان رواناب، فرسایش و تخریب خاک، انتقال املاح و آلودگی آب‌های زیرزمینی دارد (۱۱).

وست و همکاران (۲۰۰۶)، طی بررسی اثرات شخم چندساله بر نفوذپذیری خاک‌های لسی به این نتیجه رسیدند که وجود ماده آلی بالا در مراتع نسبت به اراضی آیش و گندم‌زار موجب تکوین بهتر ساختمان خاک در مراتع می‌گردد، بنابراین نفوذپذیری خاک که بیش تر تحت تأثیر منافذ درشت و پایداری خاکدانه است، در مراتع بیش تر از اراضی آیش و گندم‌زار می‌باشد (۲۷). فکوری و همکاران (۲۰۱۱)، با

بررسی تأثیر کاربری‌های مختلف اراضی روی نفوذ آب در خاک در سه کاربری زراعی، مرتع و باغ نشان دادند که مقدار سرعت نفوذ نهایی آب در خاک در کاربری مرتع به طور معنی‌داری بیش تر از دو کاربری دیگر است (۶). برگلاند و همکاران (۲۰۰۳)، با مقایسه خصوصیات خاک و نفوذپذیری در دو کاربری مرتع و مناطق جنگل‌زدایی شده نشان دادند که نفوذپذیری همبستگی مثبتی با ماده آلی و رس خاک و رابطه منفی با جرم مخصوص ظاهری خاک دارد (۳). مطالعات محمدی و رفاهی (۲۰۰۵)، نشان داد که پارامترهای معادلات نفوذ اگرچه به خصوصیات فیزیکی خاک بستگی دارند و امکان تخمین پارامترهای نفوذ توسط ویژگی‌های فیزیکی خاک با دقت نسبتاً خوبی وجود دارد ولی به طور کامل توسط این عوامل توجیه نمی‌شود (۱۹). نتایج مطالعات واهرن و همکاران (۲۰۰۹)، در ارتباط با خصوصیات هیدرولیکی خاک از جمله نفوذ در چهار کاربری اراضی شامل زمین‌های زراعی، تازه جنگل‌کاری شده، از قبل جنگل‌کاری شده و جنگل قدیمی نشان داد که در نقاط قابل کشت، منافذ درشت تخریب و این موضوع منجر به کاهش نفوذ شده و بنابراین بعد از نفوذ اولیه از میزان نفوذ کاسته می‌شود و نهایتاً در مرزهای پایینی افق خاک ظرفیت نفوذ در نقاط کشت شده پایین تر از نقاط جنگلی است. هم چنین نتایج آن‌ها نشان داد که نه تنها منافذ درشت و رطوبت اولیه خاک تحت تأثیر کاربری زمین قرار می‌گیرد، بلکه خصوصیات نگهداری آب خاک نیز منجر به تغییر توزیع منافذ شده و تغییر در کاربری زمین اثر مجزایی

اردبیل بر روی پدیده نفوذ انجام گردید. در این مطالعه تأثیر تغییر کاربری روی برخی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک و تأثیر آن‌ها بر نفوذ آب در خاک مطالعه می‌گردد و نیز مدل‌های مختلف نفوذ آب در خاک در هر کابری مورد ارزیابی قرار می‌گیرد.

مواد و روش‌ها

برای انجام این پژوهش ابتدا هفت منطقه در استان زنجان و یک منطقه در استان اردبیل که هر کدام شامل دو نوع کاربری مختلف اعم از زراعی، باغی و بایر داشتند مشخص گردید. مناطق طوری انتخاب گردید که شامل یک زمین بایر و دست‌نخورده باشد که کاربری قسمتی از آن در طی حداقل ۱۵ سال گذشته به کاربری زراعی و یا باغی تغییر یافته و تنها ویژگی متمایز دو ناحیه مجاور در نوع کاربری آن‌ها باشد. مختصات جغرافیایی مناطق مورد مطالعه در جدول ۱ نشان داده شده است.

روی پدیده نفوذ و نگهداری آب خواهد داشت (۲۶). بای‌تارت و همکاران (۲۰۰۷)، با مطالعه تأثیر جنگل‌زدایی و زراعت بر عملکرد آب در خاک بیان کردند که با تغییر کاربری اراضی از منطقه کشت شده به مرتع طبیعی میزان هدایت هیدرولیکی افزایش می‌یابد. هم‌چنین پی بردند که اراضی جنگلی عموماً دارای ظرفیت نفوذ و هدایت هیدرولیکی بالایی می‌باشند (۴).

تغییر کاربری اراضی از بایر به کشت شده در بسیاری از موارد منجر به کاهش رطوبت خاک می‌شود و نیز در برخی موارد شخم در اراضی بایر می‌تواند باعث کاهش جرم مخصوص ظاهری خاک و افزایش موقتی فراوانی منافذ درشت شود (۷). این دو پدیده می‌تواند باعث افزایش سرعت اولیه نفوذ آب به خاک گردند، در حالی که اغلب مطالعات بیانگر کاهش سرعت نفوذ بر اثر تغییر کاربری اراضی از بایر به کشت شده می‌باشند (۱۲). بنابراین مطالعه حاضر با هدف بررسی تأثیر تغییر کاربری اراضی از بایر به زمین زراعی و باغی در برخی از خاک‌های استان زنجان و

جدول ۱- مختصات جغرافیایی مناطق مورد مطالعه.

Table 1. Geographical coordinates of the studied areas.

ارتفاع (متر) Height (m)	عرض جغرافیایی Latitude	طول جغرافیایی Longitude	منطقه Area	استان Province
616	48° 48' 7.38" E	36° 28' 2.26" N	گرمی Germi	اردبیل Ardabil
1538	48° 23' 7.27" E	36° 41' 0.15" N	مزرعه دانشگاه زنجان Zanjan University farms	زنجان Zanjan
1494	48° 22' 8.56" E	36° 41' 7.13" N	باغ دانشگاه زنجان Zanjan University gardens	زنجان Zanjan
1931	48° 33' 4.9" E	36° 47' 0.38" N	تهم Taham	زنجان Zanjan
1311	48° 5' 0.29" E	36° 57' 2.55" N	ایده‌لو Ideloo	زنجان Zanjan
1757	48° 47' 9.52" E	36° 27' 7.31" N	سلطانیه Soltaniyeh	زنجان Zanjan
1322	41° 45' 1.44" E	36° 40' 3.52" N	خلج Khalaj	زنجان Zanjan
1603	41° 58' 5.19" E	36° 47' 9.38" N	اندآباد Endabad	زنجان Zanjan

(۴) مدل سازمان حفاظت خاک آمریکا (SCS) (۲۴)

$$I=at^b + 0.6985 \quad (۴)$$

(۵) مدل فیلیپ (۲۱)

$$I(t)=St^{0.5} + At \quad (۵)$$

که در آن ها، I : نفوذ تجمعی، i : سرعت نفوذ، t : زمان، S : ضریب جذب آب (تابع مکش خاک) و A : ضریبی است که بیانگر هدایت هیدرولیکی منطقه انتقال بوده و مقدار آن کوچکتر یا مساوی هدایت هیدرولیکی اشباع خاک است؛ i_0 : سرعت نفوذ اولیه، i_c : سرعت نفوذ نهایی و a ، b ، c و k ضرایب تجربی هستند که از روی آزمایش نفوذ به دست می آیند.

برای بررسی مقایسات میانگین از آزمون t و نرم افزار SPSS (۱۶) و برازش مدلها از نرم افزار MATLAB (۷/۱۱) و رسم نمودارها از نرم افزار Excel استفاده شد. برای ارزیابی دقت مدلها از دو پارامتر ضریب تبیین (R^2) و ریشه میانگین مربعات خطا (RMSE) استفاده و بهترین مدل تعیین گردید. RMSE از رابطه زیر محاسبه گردید (۲۸):

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (P_i - O_i)^2}{n}} \quad (۶)$$

که در آن، P_i : مقدار پیش بینی شده، O_i : مقدار مشاهده شده و n : تعداد داده ها می باشد.

هر مدلی که دارای کمترین RMSE و بیشترین R^2 بود به عنوان بهترین مدل محسوب منظور گردید.

نتایج و بحث

در شکل ۱ نمودار نفوذ تجمعی در مقابل زمان برای هشت خاک مورد مطالعه آمده است.

روش نمونه برداری و تجزیه آزمایشگاهی خاک: جهت اندازه گیری برخی از ویژگی های فیزیکی و شیمیایی خاک، از هر کاربری سه نمونه دست نخورده و مقداری نمونه دست خورده از افق های مختلف خاک (تا عمق ۱۰۰ سانتی متری) تهیه شد. برای اندازه گیری بافت توزیع اندازه ذرات اولیه خاک از روش هیدرومتری (۱۰)، پایداری خاکدانه از روش الک تر (۱۵)، هدایت الکتریکی (EC) خاک از روش عصاره گیری از گل اشباع (۲)، ماده آلی از روش والکی و بلک (۲۱) و مقدار کربنات کلسیم خاک از روش خشتی سازی و تیتراسیون (۸) استفاده شد. جدول ۲ میانگین ویژگی های فیزیکی و شیمیایی خاک های مورد مطالعه را نشان می دهد.

تعیین نفوذپذیری خاک به روش استوانه مضاعف: برای انجام آزمایش نفوذپذیری از استوانه های دوگانه فلزی با ارتفاع ۳۰ سانتی متر و قطرهای ۵۰-۶۰ سانتی متر (استوانه بزرگ تر) و ۳۵-۴۰ سانتی متر (استوانه کوچک تر) استفاده گردید (۱). آزمایش های نفوذپذیری به مدت ۲۱۰ دقیقه در سه تکرار انجام گرفت و سپس از نتایج میانگین گیری به عمل آمد.

تجزیه و تحلیل داده ها: در این پژوهش معادلات تجربی کوستیاکوف، کوستیاکوف-لوئیس، هورتون و سازمان حفاظت خاک آمریکا (SCS) و معادله فیزیکی فیلیپ ارزیابی و مقایسه شده اند. معادلات نفوذ مورد بررسی در زیر آمده است:

(۱) مدل کوستیاکوف (۱۶)

$$I=at^b \quad (۱)$$

(۲) مدل کوستیاکوف-لوئیس (۱۱)

$$I=at^b + ct \quad (۲)$$

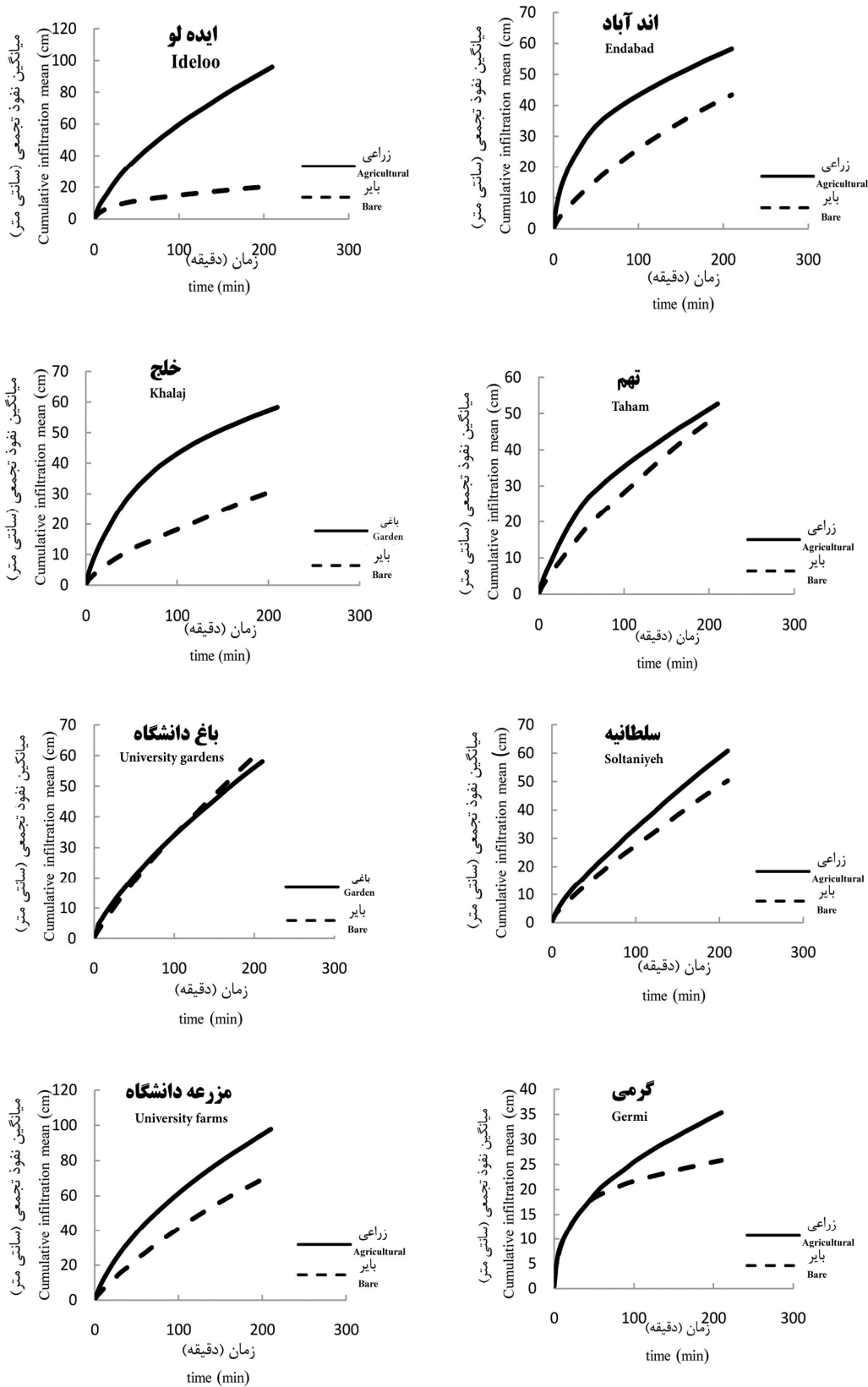
(۳) مدل هورتون (۱۳)

$$I=i_c t \frac{i_0 - i_c}{k} (1 - e^{-kt}) \quad (۳)$$

جدول ۲- برخی از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک‌های مورد مطالعه.

Table 2. Selected physical and chemical characteristics of the studied soils.

مناطق مطالعاتی Studied areas	نام کاربری Land use	بافت خاک Soil texture	رطوبت حجمی اولیه $\Theta_{v0}(\text{cm}^3/\text{cm}^3)$	هدایت هیدرولیکی اشباع $K_s(\text{cm/hr})$	میانگین وزنی قطر خاکدانه MWD(mm)	کربن آلی (%) Organic carbon (%)	آهک (%) Calsium carbonate equivalent (%)	هدایت الکتریکی Ec (dS/m)
گرمی Germi	زراعی Agricultural	رسی Clay	0.268	7.42	0.92	0.09	9.75	0.56
مزرعه دانشگاه	زراعی Agricultural	لوم رسی Clay loam	0.149	0.02	1.97	1.97	4.25	0.89
دانشگاه	زراعی Agricultural	رسی Clay	0.095	1.57	0.4	1.56	18.12	0.96
University farms	بایر Bare	رسی Clay	0.136	1.06	0.33	0.78	23.12	0.8
باغ دانشگاه University gardens	باغی Garden	لومی Loamy	0.174	1.07	0.63	0.94	18.43	0.98
University gardens	بایر Bare	لوم شنی Sandy loam	0.138	0.89	0.26	0.53	19.86	0.62
تهام Taham	زراعی Agricultural	رسی Clay	0.101	1.4	0.256	0.84	10.5	0.54
تهام Taham	بایر Bare	رسی Clay	0.122	0.02	0.682	2.65	9.75	0.55
ایده‌لو Ideloo	زراعی Agricultural	لوم رس شنی Sandy Clay loam	0.086	3.28	0.83	1.81	7.12	4.35
سلطانیه Soltaniyeh	بایر Bare	رسی Clay	0.078	1.62	0.27	0.47	17.75	2.7
سلطانیه Soltaniyeh	زراعی Agricultural	لوم رسی Clay loam	0.11	0.78	0.59	1.17	7.25	1.59
سلطانیه Soltaniyeh	بایر Bare	لوم رسی Clay loam	0.144	0.2	0.68	3.05	19.5	1.48
خلج Khalaj	باغی Garden	لوم شنی Sandy loam	0.148	6.78	1.22	1.25	9.37	3.62
خلج Khalaj	بایر Bare	لوم شنی Sandy loam	0.116	0.48	0.15	0.25	10	0.23
اندآباد Endabad	زراعی Agricultural	لوم رسی Clay loam	0.177	3.2	1.66	2.06	25.62	1.37
اندآباد Endabad	بایر Bare	لوم سیلتی Silty loam	0.098	1.75	0.28	0.47	26.87	0.74



شکل ۱- نمودار نفوذ تجمعی آب در دو کاربری مختلف در خاک‌های مورد مطالعه.

Figure 1. Water cumulative infiltration graph in the two different land uses the soils studied.

با توجه به شکل ۱ کاربری زراعی و باغی به علت نفوذپذیری بالا و وجود حفرات بزرگ حاصل از نفوذ ریشه‌های قطور و فراوان، به هم خوردن خاک سطحی و از بین رفتن سله سطحی در اثر عملیات کشت و کار دارای بیشترین میزان سرعت نفوذ اولیه و نفوذ تجمعی بوده است. در کاربری بایر به علت رها شدن زمین و عبور دام‌ها، تراکم خاک سطحی عارض شده و در نتیجه سرعت نفوذ اولیه و نفوذ تجمعی کاهش یافته است. مطابق نتایج به دست آمده در این پژوهش میانگین نفوذ تجمعی در کاربری زراعی و باغی در همه مناطق مورد مطالعه به جز باغ دانشگاه بیش‌تر از کاربری بایر بود. با توجه به ویژگی‌های خاک‌های مورد مطالعه که در جدول ۲ نشان داده شده است مشخص می‌شود که رطوبت حجمی اولیه در کاربری بایر کم‌تر از کاربری باغی است که دلیل احتمالی آن آبیاری متوالی باغ می‌باشد. اگر رطوبت اولیه خاک بیش‌تر شود مطابق رابطه فیلیپ (۱۹۵۷) ضریب جذب آب در خاک کم‌تر شده و شدت نفوذپذیری اولیه آن کم‌تر خواهد بود و نیز نفوذ آب در خاک سریع‌تر به سرعت نفوذ نهایی (ثابت) می‌رسد که خود آن عموماً از مقدار رطوبت اولیه مستقل می‌باشد (۱۲). فکوری و همکاران (۲۰۱۱)، با بررسی تأثیر کاربری‌های مختلف اراضی بر نفوذ آب در خاک در سه کاربری زراعی، مرتع و باغی نشان دادند که مقدار سرعت نفوذ نهایی آب در خاک در کاربری مرتع به‌طور معنی‌داری بیش‌تر از کاربری‌های کشاورزی و باغی بود. آن‌ها این امر را به بافت درشت خاک و نیز جرم مخصوص ظاهری کم‌تر در کاربری مرتع نسبت داده و نتیجه گرفتند که جرم مخصوص ظاهری کم‌تر و نهایتاً بافت لوم شنی خاک منجر به حرکت سریع آب در این خاک‌ها گشته و بر روی سرعت نفوذ نهایی آب در آن اثر گذاشته است (۶).

نتایج به دست آمده از شکل ۱ با نتایج قربانی‌دشتکی و همکاران (۲۰۱۰) مطابقت دارد. آن‌ها نشان دادند که انجام عملیات کاشت موجب به هم خوردگی بیش‌تر لایه سطحی خاک شده و در نتیجه نفوذپذیری خاک در گندم‌زارها بیش از اراضی بایر (که در آن‌ها تأثیر عوامل انسانی کم‌تر بوده) است (۹). شکل ۱ نشان می‌دهد که در همه خاک‌ها (به جز باغ دانشگاه) تغییر کاربری اراضی از بایر به زراعی و باغی موجب افزایش مقدار نفوذ آب در خاک شده است به طوری که در همه مناطق، نمودار نفوذ تجمعی خاک‌های تحت کشت و یا باغی بالاتر از نمودار نفوذ تجمعی در خاک بایر مجاور آن می‌باشد. جهت مطالعه و ارزیابی کمی دلیل این پدیده ابتدا به مقایسه آماری پارامترهای نفوذ اشاره می‌گردد. همان‌طور که در جدول ۳ مشاهده می‌شود ضریب جذب آب در خاک (S) در کاربری کشت شده بیش‌تر از بایر است (به جز منطقه گرمی). ضریب جذب آب در خاک شاخصی از حاصل ضرب اختلاف رطوبت، مکش و هدایت هیدرولیک خاک در دو حالت قبل و بعد از نفوذ آب می‌باشد. افزایش ضریب جذب پذیری به علت تغییر کاربری می‌تواند ناشی از افزایش حداقل یکی از عوامل سه‌گانه فوق باشد. به عبارت دیگر دلیل افزایش مقدار نفوذ می‌تواند ناشی از رطوبت اولیه پایین در کاربری کشت شده نسبت به بایر، شکسته شدن سله‌های سطحی و یا حتی برخی سخت کفه‌های موقتی واقع در اعماق کم و افزایش فراوانی برخی از منافذ درشت در اثر شخم باشد. فتاح و اوپادهیا (۱۹۹۶)، با بررسی تأثیر تراکم و سله سطحی خاک بر نفوذپذیری خاک لومی نشان دادند که بالا رفتن رطوبت اولیه عموماً باعث کاهش ضریب S و افزایش ضریب A گردیده است (۷). روند مشابهی برای ضریب a در مدل کوستیاکوف (مشابه با S مدل فیلیپ می‌باشد) وجود دارد (جدول ۴).

نتایج RMSE و کاربری اراضی وجود داشت. بنابراین طبیعی است که در مناطق مختلف مورد مطالعه مدل‌های نفوذ دارای عملکرد متفاوتی باشند. دلیل این تفاوت‌ها را می‌توان به تغییرات در شرایط حاکم بر مناطق مختلف مورد مطالعه نسبت داد. از جمله این شرایط می‌توان به تفاوت در کاربری‌ها، خصوصیات خاک مانند بافت، درصد ماده آلی، ساختمان و هم‌چنین میزان تخریب در این مناطق اشاره نمود.

جدول‌های ۳ تا ۷ مقادیر ضرایب و آماره‌های برازش (RMSE و R^2) و مدل‌های فیلپ، کوستیاکوف، کوستیاکوف-لوئیس، هورتون و حفاظت خاک آمریکا را بر نفوذ تجمعی آب در خاک به تفکیک هر کاربری نشان می‌دهند. فرآیند نفوذ آب به خاک دارای ویژگی تغییرپذیری است که از یک نقطه به نقطه دیگر و هم‌چنین از یک منطقه به منطقه دیگر می‌تواند اختلاف‌هایی داشته باشد. این امر در مناطق مورد مطالعه نیز دیده شد، به طوری که تناقضاتی از نظر

جدول ۳- مقادیر ضرایب و آماره‌های برازش (RMSE و R^2) مدل فیلپ بر مقادیر نفوذ تجمعی خاک‌های مورد مطالعه.

Table 3. Coefficients and statistical fit (R^2 and RMSE) Philip model on cumulative infiltration studied soils.

RMSE	R^2	ضرایب (Factors)		نوع کاربری Land use	مناطق مطالعاتی Studied areas
		A	S		
0.9604	0.9924	0	2.915	زراعی Agricultural	گرمی Germi
2.677	0.9031	0	3.244	بایر Bare	
2.065	0.9957	0.2178	3.791	زراعی Agricultural	مزرعه دانشگاه University farms
1.017	0.9981	0.2507	1.5	بایر Bare	
0.395	0.9994	0.1732	1.215	باغی Garden	باغ دانشگاه University gardens
0.7125	0.9987	0.2338	0.9743	بایر Bare	
1.258	0.9935	0.0696	2.343	زراعی Agricultural	تهام Taham
0.6774	0.9982	0.1644	1.125	بایر Bare	
1.763	0.9968	0.2043	3.796	زراعی Agricultural	ایده‌لو Ideloo
0.7165	0.9882	0	1.731	بایر Bare	
0.325	0.9997	0.1964	1.379	زراعی Agricultural	سلطانیه Soltaniyeh
0.2374	0.9998	0.1716	1.009	بایر Bare	
2.255	0.9875	0.022	3.897	باغی Garden	خلج Khalaj
0.3483	0.9988	0.0802	1.023	بایر Bare	
2.3	0.9853	0	5.041	زراعی Agricultural	اندآباد Endabad
0.6517	0.9978	0.1245	1.285	بایر Bare	

جدول ۴- مقادیر ضرایب و آماره‌های برازش (RMSE و R²) مدل کوستیاکوف بر مقادیر نفوذ تجمعی خاک‌های مورد مطالعه.

Table 4. Coefficients and statistical fit (R² and RMSE) Kostiakov model on cumulative infiltration studied soils.

RMSE	R ²	ضرایب (Factors)		نوع کاربری Land use	مناطق مطالعاتی Studied areas
		B	A		
0.1998	0.9997	0.4376	3.395	زراعی Agricultural	گرمی Germi
1.475	0.9715	0.3576	4.088	بایر Bare	
1.096	0.9988	0.668	2.792	زراعی Agricultural	مزرعه دانشگاه University farms
0.2069	0.9999	0.8208	0.9403	بایر Bare	
0.1371	0.9999	0.7752	0.8421	باغی Garden	باغ دانشگاه University gardens
0.284	0.9998	0.835	0.7177	بایر Bare	
0.9213	0.9964	0.6091	1.857	زراعی Agricultural	تهام Taham
0.2539	0.9997	0.7833	0.7627	بایر Bare	
0.8305	0.9993	0.6606	2.825	زراعی Agricultural	ایده‌لو Ideloo
0.5596	0.993	0.4545	1.836	بایر Bare	
0.3634	0.9996	0.7786	0.9399	زراعی Agricultural	سلطانیه Soltaniyeh
0.2697	0.9997	0.8036	0.6814	بایر Bare	
2.031	0.9899	0.5437	3.373	باغی Garden	خلج Khalaj
0.228	0.9995	0.7014	0.7342	بایر Bare	
1.768	0.9916	0.454	5.291	زراعی Agricultural	اندآباد Endabad
0.1922	0.9998	0.7337	0.878	بایر Bare	

جدول ۵- مقادیر ضرایب و آماره‌های برازش (RMSE و R²) مدل کوستیاکوف- لوئیس بر مقادیر نفوذ تجمعی خاک‌های مورد مطالعه.

Table 5. Coefficients and statistical fit (RMSE and R²) Kostiakov-lewis model on cumulative infiltration studied soils.

RMSE	R ²	ضرایب (Factors)			نوع کاربری Land use	مناطق مطالعاتی Studied areas
		C	B	A		
0.1205	0.9999	0	0.4404	3.37	زراعی Agricultural	گرمی Germi
1.431	0.9716	0	0.5521	2.918	بایر Bare	
1.023	0.999	0	0.9056	3.535	زراعی Agricultural	مزرعه دانشگاه University farms
0.2051	0.9999	0	0.9513	2.266	بایر Bare	
0.1073	1	0.0665	0.7146	0.8622	باغی Garden	باغ دانشگاه University gardens
0.1933	0.9999	0	0.9574	1.621	بایر Bare	
1.08	0.9962	0	0.8909	2.054	زراعی Agricultural	تهام Taham
0.2545	0.9997	0	0.9297	1.271	بایر Bare	
0.8302	0.9993	0	0.816	2.675	زراعی Agricultural	ایده‌لو Ideloo
0.5595	0.993	0	0.5867	1.452	بایر Bare	
0.1815	0.9999	0.1482	0.6183	1.091	زراعی Agricultural	سلطانیه Soltaniyeh
0.1401	0.9999	0.1374	0.6118	0.8155	بایر Bare	
2.03	0.9899	0	0.9142	3.832	باغی Garden	خلج Khalaj
0.2231	0.9995	0.0231	0.6632	0.7632	بایر Bare	
1.76	0.9916	0	0.6299	3.943	زراعی Agricultural	اندآباد Endabad
0.1997	0.9998	0	0.8707	1.02	بایر Bare	

جدول ۶- مقادیر ضرایب و آماره‌های برازش (RMSE و R²) مدل هورتون بر مقادیر نفوذ تجمعی خاک‌های مورد مطالعه.

Table 6. Coefficients and statistical fit (RMSE and R²) horton model on cumulative infiltration studied soils.

RMSE	R ²	ضرایب (Factors)			نوع کاربری Land use	مناطق مطالعاتی Studied areas
		K	i ₀	i _c		
0.9692	0.9927	0.1112	1.578	0.1124	زراعی Agricultural	گرمی Germi
0.7449	0.993	0.0781	1.305	0.0497	بایر Bare	
0.6157	0.9996	0.0275	1.175	0.3221	زراعی Agricultural	مزرعه دانشگاه University farms
0.4734	0.9996	0.015	0.5691	0.2459	بایر Bare	
0.4453	0.9993	0.0368	0.5166	0.2174	باغی Garden	باغ دانشگاه University gardens
0.1527	0.9999	0.0178	0.4502	0.2412	بایر Bare	
0.2802	0.9997	0.0325	0.7622	0.1476	زراعی Agricultural	تهام Taham
0.2751	0.9997	0.0239	0.435	0.1896	بایر Bare	
0.6582	0.9995	0.0333	1.236	0.3317	زراعی Agricultural	ایده‌لو Ideloo
0.2996	0.9979	0.0722	0.6916	0.0584	بایر Bare	
0.3586	0.9996	0.0674	0.7349	0.2611	زراعی Agricultural	سلطانیه Soltaniyeh
0.3714	0.9994	0.06	0.5403	0.2168	بایر Bare	
0.4543	0.9995	0.0251	0.9723	0.1179	باغی Garden	خلج Khalaj
0.1917	0.9996	0.0521	0.4277	0.1237	بایر Bare	
1.037	0.997	0.0573	1.732	0.1511	زراعی Agricultural	اندآباد Endabad
0.3517	0.9994	0.0273	0.4473	0.1599	بایر Bare	

جدول ۷- مقادیر ضرایب و آماره‌های برازش (RMSE و R²) مدل SCS بر مقادیر نفوذ تجمعی خاک‌های مورد مطالعه.

Table 7. Coefficients and statistical fit (R² and RMSE) SCS model on cumulative infiltration studied soils.

RMSE	R ²	ضرایب (Factors)		نوع کاربری Land use	مناطق مطالعاتی Studied areas
		B	A		
0.2411	0.9995	0.4537	3.06	زراعی Agricultural	گرمی Germi
1.618	0.9657	0.3753	3.636	بایر Bare	
1.372	0.9982	0.6799	2.608	زراعی Agricultural	مزرعه دانشگاه University farms
0.7132	0.9991	0.8122	0.9449	بایر Bare	
0.2695	0.9997	0.8033	0.7188	باغی Garden	باغ دانشگاه University gardens
0.578	0.9991	0.86	0.6234	بایر Bare	
1.127	0.9948	0.631	1.635	زراعی Agricultural	تهام Taham
0.5441	0.9988	0.8062	0.6653	بایر Bare	
0.7697	0.9987	0.6729	2.633	زراعی Agricultural	ایده‌لو Ideloo
1.118	0.9868	0.4882	1.492	بایر Bare	
0.3447	0.9997	0.8037	0.816	زراعی Agricultural	سلطانیه Soltaniyeh
0.2545	0.9997	0.8291	0.5879	بایر Bare	
2.22	0.9879	0.5577	3.102	باغی Garden	خلج Khalaj
0.4175	0.9982	0.7448	0.5733	بایر Bare	
1.953	0.9897	0.4658	4.923	زراعی Agricultural	اندآباد Endabad
0.5709	0.9983	0.7577	0.759	بایر Bare	

دارای بیشترین دقت برای برآورد نفوذ تجمعی بودند (۰/۹۹۷). نتایج به دست آمده در این پژوهش با نتایج مطالعات شوکلا و همکاران (۲۰۰۳) مطابقت دارد. آن‌ها با اندازه‌گیری نفوذ به روش استوانه مضاعف در منطقه اوهایو، واقع در آمریکا، دقت ۱۰ مدل نفوذ آب به خاک شامل مدل تخمینی، تجربی و فیزیکی را در کاربری‌های مختلف اراضی مورد بررسی قرار دادند. آن‌ها مشاهده نمودند که مدل هورتون دارای بهترین عملکرد در بیان کمی فرآیند نفوذ می‌باشد. هم‌چنین نوع کاربری اراضی اثر معنی‌داری بر مقادیر پارامترهای مدل‌های مورد بررسی دارد (۲۳). فکوری و همکاران (۲۰۱۱) در پژوهشی به تأثیر کاربری‌های مختلف بر نفوذ آب در خاک پرداختند. نتایج نشان داد که در کاربری کشاورزی دقت مدل هورتون، کوستیاکوف و کوستیاکوف-لوئیس در برآورد سرعت نفوذ و نفوذ تجمعی بالا بود. در کاربری‌های مرتع و باغ، مدل‌های کوستیاکوف و فیلیپ به ترتیب، دارای بیش‌ترین و کم‌ترین دقت برای برآورد نفوذ آب در خاک بودند (۶).

در جدول ۸ مقادیر میانگین ارتفاع آب نفوذ یافته، سرعت نفوذ اولیه و شدت نفوذ نهایی به تفکیک هر کاربری آمده است. میانگین ارتفاع آب نفوذیافته در همه مناطق مطالعاتی (به جز باغ دانشگاه) در کاربری زراعی و باغی بیش‌تر از کاربری باغ بود. سرعت نفوذ اولیه و شدت نفوذ نهایی در همه مناطق مطالعاتی در کاربری زراعی و باغی بیش‌تر از کاربری باغ بود.

جدول‌های ۳ تا ۷ نشان می‌دهد که در کاربری زراعی، باغی و باغی در تمامی مناطق مطالعاتی با آن‌که تمامی مدل‌های مورد استفاده توانستند میانگین نفوذ تجمعی آب در خاک را با دقت قابل‌قبولی برآورد نمایند ($RMSE < 0/957$) اما با توجه به ضریب تبیین به نظر می‌رسد مدل SCS ($R^2 = 0/995$) و فیلیپ ($R^2 = 0/989$) نسبت به بقیه مدل‌ها دارای دقت پایین‌تری می‌باشند. با توجه به نتایج ارائه شده در تمام مناطق مطالعاتی مدل هورتون دارای R^2 بالا (۰/۹۹۸) و RMSE پایین (۰/۴۷۹) بود. بنابراین مدل هورتون برای تخمین نفوذ تجمعی در این مناطق توصیه می‌گردد. نتایج به دست آمده در این پژوهش با نتایج مطالعات ذوالفقاری و همکاران (۲۰۱۲) در مدل‌های دو پارامتری مطابقت و در مدل‌های سه پارامتری مغایرت دارد. آن‌ها با بررسی هفت مدل نفوذپذیری بیان نمودند که از میان مدل‌های سه پارامتری مدل کوستیاکوف-لوئیس دارای ضریب تبیین بالاتری (۰/۹۹۸) نسبت به مدل هورتون (۰/۹۹۶) می‌باشد. در میان مدل‌های دو پارامتری نیز مدل کوستیاکوف ضریب تبیین بالاتری (۰/۹۹۷) نسبت به مدل فیلیپ (۰/۹۹۲) داشت (۲۹). با توجه به نتایج به دست آمده و بالا بودن میزان R^2 مدل‌ها توصیه تخمین نفوذ با استفاده از مدل‌ها و تفسیر آن‌ها برای همه مناطق مطالعاتی منطقی می‌باشد.

با توجه به نتایج به دست آمده در جداول ۳ تا ۷ در اثر تغییر کاربری اراضی از باغی به زراعی و باغی ضریب تبیین همه مدل‌ها در اکثر مناطق مطالعاتی افزایش پیدا کرده است. در کاربری باغی دقت مدل هورتون در برآورد نفوذ تجمعی بالا بود (۰/۹۹۹) و در کاربری‌های زراعی و باغی مدل کوستیاکوف-لوئیس

جدول ۸- میانگین ارتفاع آب نفوذ یافته (در مدت ۳/۵ ساعت) و شدت نفوذ اولیه و نهایی خاک‌های مورد مطالعه.

Table 8. Mean height of infiltrated water (During the 3.5 hour) and initial and final infiltration intensity soils studied.

شدت نفوذ نهایی (cm/hr)	سرعت نفوذ اولیه (cm/hr)	میانگین ارتفاع آب نفوذ یافته (cm)	نوع کاربری Land use	مناطق مطالعاتی Studied areas
5.256	79.2	35.36	زراعی Agricultural	گرمی Germi
2.16	73.44	25.8	بایر Bare	
19.656	78.12	97.83	زراعی Agricultural	مزرعه دانشگاه University farms
16.56	41.4	71.85	بایر Bare	
16.2	45.72	58.07	باغی Garden	باغ دانشگاه University gardens
15.336	29.16	61.91	بایر Bare	
10.44	48.24	52.72	زراعی Agricultural	تهم Taham
9	29.88	49.43	بایر Bare	
23.4	81.36	95.6	زراعی Agricultural	ایده‌لو Ideloo
3.1	39.24	20.51	بایر Bare	
14.76	40.32	60.8	زراعی Agricultural	سلطانیه Soltaniyeh
12.6	36	50.23	بایر Bare	
8.28	66.96	58.3	باغی Garden	خلج Khalaj
7.56	26.64	31.46	بایر Bare	
10.1	103.68	58.25	زراعی Agricultural	اندآباد Endabad
9.72	32.76	43.4	بایر Bare	

اراضی خشک شخم نخورده نشان داد که ساختمان متراکم خاک در اراضی بایر موجب کاهش نفوذپذیری خاک در این اراضی نسبت به کاربری زراعی و باغی می باشد (۲۲). هم چنین امباگو (۱۹۹۷)، با بررسی سرعت نفوذ نهایی در خاک‌های مرطوب ساوانا در ارتباط با کاربری اراضی و توزیع اندازه خخل و فرج خاک نشان داد که مکان‌های شخم خورده نسبت به مراتع بدون شخم و بایر دارای سرعت نفوذ بالایی هستند (۱۸).

نتیجه‌گیری کلی

به‌طور کلی نتایج این پژوهش نشان داد که میانگین نفوذ تجمعی در کاربری زراعی و باغی بیش‌تر از کاربری بایر بود. دلیل این امر ناشی از انجام عملیات کاشت بوده که موجب به هم خوردگی بیش‌تر لایه سطحی خاک شده، در نتیجه نفوذپذیری خاک در اراضی زراعی و باغی بیش‌تر از اراضی بایر (که در آن‌ها تأثیر عوامل انسانی کم‌تر بوده) است. هم چنین نتایج نشان داد که در هر سه کاربری، همه مدل‌های مورد استفاده در این پژوهش توانستند نفوذ تجمعی آب در خاک را با دقت قابل قبولی برآورد نمایند و دارای RMSE پایین و R^2 بالایی بودند. پس توصیه تخمین نفوذ با استفاده از مدل‌ها و تفسیر آن‌ها برای همه مناطق مطالعاتی منطقی می‌باشد. در این بین مدل هورتون نسبت به بقیه مدل‌ها دارای دقت بالایی بود. هم چنین میانگین ارتفاع آب نفوذ یافته و سرعت نفوذ نهایی آب در خاک در کاربری زراعی و باغی بیش‌تر از کاربری بایر بود.

نتایج مطالعات سرعت نفوذ اولیه آب در خاک در مناطق مطالعه شده، نشان داد که شاخص یاد شده در همه مناطق با گذشت زمان به تدریج کم شده و به مقدار ثابتی می‌رسد (شکل ۱). سرعت نفوذ وابستگی زیادی به خاک سطحی دارد. با برخورد قطرات باران به سطح خاک، خاکدانه‌ها خرد شده و سله که یک لایه غیرقابل نفوذ است را به وجود می‌آورند. هم چنین شخم سبب خرد و ریز شدن خاکدانه‌های سطحی شده و پتانسیل متراکم شدن خاک، ایجاد سله‌های فیزیکی و از هم گسیختگی منافذ متصل به هم را افزایش می‌دهد. همه این عوامل در نهایت باعث کاهش سرعت نفوذ می‌شود. بیش‌ترین میزان افزایش شدت نفوذ نهایی و میانگین ارتفاع آب نفوذ یافته در اثر تغییر کاربری اراضی از بایر به زراعی و باغی در منطقه ایده‌لو مشاهده شد. دلیل عمده این افزایش را می‌توان به بافت متفاوت این دو کاربری و عملیات شخم در این مناطق نسبت داد. از آنجائی که در منطقه ایده‌لو بافت کاربری زراعی درشت‌تر (لوم رس شنی) از کاربری بایر (رسی) بوده و عملیات شخم نیز باعث به هم خوردگی بیش‌تر لایه سطحی شده در نتیجه شدت نفوذ نهایی و میانگین ارتفاع آب نفوذ یافته در کاربری زراعی خیلی بیش‌تر از کاربری بایر بود. اندازه و توزیع خخل و فرج درشت خاک سطحی بیش‌ترین تأثیر را در میزان ارتفاع نفوذ آب به خاک دارد. مشخصات و ویژگی‌های شبکه خخل و فرج درشت لایه سطحی خاک متأثر از نوع عملیات انجام شده بر روی زمین است (۲۳). مطالعات شاور و همکاران (۲۰۰۲)، روی خصوصیات فیزیکی خاک سطحی در

منابع

1. ASTM Committee on Soil and Rock. 2002. Standard test method for field measurement of infiltration rate using a double-ring infiltrometer with a sealed-inner ring. This standard is issued under the fixed designation D 5093.
2. Benton Jones, Jr. J. 2001. Laboratory guide for conducting soil tests and plant analysis. CRC Press, 363p.
3. Berglund, E.R., Ahyoud, A., and Tayaa, M. 2003. Comparison of soil and infiltration properties of range and afforested sites innorthern Morocco. *Forest Ecology and Management*. 3: 295-306.
4. Buytaert, W., Iniquez, V., and Bievre, B. 2007. The effects of afforestation and cultivation on water yield in the Andean Paramo, For. Ecol. Manage. 251: 1-2: 22-30.
5. Dingman, S.L. 2002. Physical hydrology. 2nd, edition Prentice-Hall Inc, USA, Pp: 220-271.
6. Fakouri, T., Emami, H., and Gahraman, B. 2011. Effects of different land uses on soil water infiltration. *J. Water Res. Agric*. 25: 2: 195-206.
7. Fattah, H.A., and Upadhyaya, S.K. 1996. Effect of soil crust and compaction on infiltration in a Yolo loam soil. *Am. Soc. Agric. Engin*. 39: 79-84.
8. Fenton, G., Helyar, K.R., and Orchard, P. 1993. Soil acidity and liming. NSW Agriculture Agfact AC 19.
9. Ghorbani Dashtaki, Sh., Homaei, M., and Mahdian, M.H. 2010. Effect of Land Use Change on Spatial Variability of Infiltration Parameters. *Iran. J. Irrig. Drain*. 4: 2. 206-221. (In Persian)
10. Hazelton, P., and Murphy, B. 2007. Interpreting soil test results. CSIRO publishing, 169p.
11. Hillel, D. 1998. Environmental soil physics. Academic press. Sand Diego, CA.
12. Hillel, D. 2004. Introduction to environmental soil physics. Elsevier Academic Press, Pp: 93-126.
13. Horton, R.E. 1940. An Approach Towards a Physical Interpretation of Infiltration Capacity. *Soil Science Society of America Proceedings*. 5: 399-417.
14. Kamusoko, C., and Aniya, M. 2007. Land use/cover change and landscape fragmentation analysis in The Bindura District, Zimbabwe. *Land Degradation Dev*. 18: 221-233.
15. Kemper, W.D., and Rosenau, R.C. 1986. Methods of Soil Analysis. Part 1. Physical and Mineralogical Methods. *Agronomy Monograph No. 9* (2nd Edition).
16. Kostikov, A.N. 1932. On the Dynamics of the Coefficient of Water Percolation in Soils and on the Necessity of Studying it from a Dynamic Point of View for the Purposes of Amelioration. *Trans. Com. Int. Soc. Soil Sci*. 6th Moscow A. Pp: 17-21.
17. Lynn, I.H., Manderson, A.K., Page, M.J., Harmsworth, G.R., Eyles, G.E., Douglas, G.B., Mackay, A.D., and Newsome, P.J.F. 2009. Land Use Capability Survey Handbook—a New Zealand handbook for the classification of land, 3rd ed. Hamilton, AgResearch; Lincoln, Landcare Research; Lower Hutt, GNS Science, Pp: 8-12.
18. Mbagwu, J.S.C. 1997. Quasi-steady infiltration rates of highly permeable tropical moist Savannah soils in relation to landuse and pore size distribution. *Soil Technology*. 11: 185-195.
19. Mohammadi, M.H., and Refahi, H.G. 2005. Estimated infiltration equation parameters by Soil physical properties. *J. Sci. Agric*. 36: 6: 1391-1398. (In Persian)
20. Nelson, D.W., and Sommers, L.E. 1996. Total carbon, organic carbon and organic matter. P 961-1010. In: D.L. Sparks (Ed.). 'Methods of soil analysis; Part 3, Chemical Methods'. American Society of Soil Science and American Society of Agronomy, Inc: Madison, USA.
21. Philip, J.R. 1957. The theory of infiltration: 2. The profile at infinity. *Soil Sci*. 83: 435-448.
22. Shaver, T.M., Peterson, G.A., Ahuja, L.R., Westfall, D.G., Sherrod, L.A., and Dun, G. 2002. Surface soil physical properties after twelve years of dry land no-till management. *Soil Sci. Soc. of Am. J*. 66: 1296-1303.
23. Shukla, M.K., Lal, R., Owens, L.B., and Unkefer, P. 2003. Land Use and Management Impacts on Structure and Infiltration Characteristics of Soils in the North Appalachian Region of Ohio. *Soil Science*. 168: 3. 167-177.

24. Soil Conservation Service-USDA. 1972. Estimation of direct run off from storm rainfall, National Engineering Handbook. Section 4-Hydrology 1972. Pp: 10: 1-10: 24.
25. Taylor, M., Mulholland, M., and Thornburrow, D. 2009. Infiltration Characteristics of Soils under Forestry and Agriculture in the Upper Waikato Catchment. Technical Report, 18p.
26. Wahren, A., Feger, K.H., Schwarzel, K., and Munch, A. 2009. Land-use effects on flood generation-considering soil hydraulic measurements in modeling. *Adv. Geosci.* 21: 99-107.
27. Wuest, S.B., Williams, J.D., and Gollany, H.T. 2006. Tillage and perennial effects on ponded infiltration for seven semi-arid loess soils. *J. Soil Water Cons.* 61: 218-223.
28. Ying, M., Shaoyuan, F., Dongyuan, S., Guangyao, G., and Zailin, H. 2010. Modeling water infiltration in a large layered soil column with a modified Green-Ampt model and HYDRUS-1D. *Com. Elec. Agric. J.* 71: 40-47.
29. Zolfaghari, A.A., Mirzaee, S., and Gorji, M. 2012. Comparison of different models for estimating cumulative infiltration. *Inter. J. Soil Sci.* 7: 3. 108-115.



The effect of land use on water infiltration characteristics in some soils of Ardabil and Zanjan province

*Y. Taleby Kalan¹, M.H. Mohammadi² and S. Karimi¹

¹M.Sc. Graduate, Dept. of Soil Science, University of Zanjan,

²Assistant Prof., Dept. of Soil Science, University of Zanjan

Received: 01/09/2015; Accepted: 08/26/2015

Abstract

Background and Objectives: Study of soil quality indicators are considered as a useful method in the land use management. Changing the land use affect soil hydrological processes such as water infiltration process. Spatial variation of water infiltration in soil plays a very important role in hydrologic processes. Variability of this process is affected by the inherent and non-inherent characters of the lands. In order to prevent land degradation and soil and water pollution, realizing the respective processes and quantifying their relationships is unavoidable. Infiltration process is one of the most important components of the hydrological cycle. Due to high changes in soil moisture, providing a suitable model for the accurate estimation of infiltration is important. The aim of this study is to evaluate the infiltration characteristics due to land use changes and to determine the best water infiltration model.

Materials and Methods: Therefore, water infiltration into soil was measured in seven areas of Zanjan province and one area of Ardabil province at three agricultural, horticultural and bare land uses. Measurement of the water infiltration rate in each land use was conducted by double ring method with three replications and at times 0.16, 0.33, 0.5, 0.66, 0.83, 1, 2, 3, 4, 5, 7, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 55, 60, 70, 80, 90, 100, 110, 120, 135, 150, 165, 180, 195 and 210 minute. Also Kostiakov, Kostiakov-Lewis, Horton and Soil Conservation Service of America models were used to estimate soil water infiltration rate. In order to choose a suitable model, RMSE (root mean square error) and R^2 (determination coefficient) criteria were determined for each model. Cumulative infiltration and final infiltration rate were determined for each land use.

Results: The results showed that in all three users, all models used in this study could estimate cumulative infiltration water in the soil with acceptable accuracy and low RMSE and high R^2 . This study suggests estimation of infiltration using models and interpretation of them as logical for all areas study. Also the results showed that the estimated cumulative infiltration of the bare land use by Horton model had maximum R^2 (0.999). But in cultivated and horticultural land use by Kostiakov-Lewis model maximum R^2 (0.997) was achieved. According to results the cumulative infiltration and final infiltration rate in cultivated and horticultural land use were higher than those of bare lands. This was mainly due to role of plant, causing more disturbance of the soil surface layer, thus infiltration in the cultivated and horticultural land use is higher than bare lands (in which human factors were less effective).

Conclusion: Generally the results of this study showed that cumulative infiltration means in cultivated and horticultural land use were higher than those of bare lands. Also estimation of infiltration using models and interpretation of them is suggested to be logical for all study areas and Horton model to the rest of the models with high accuracy.

Keywords: Double ring, Kostiakov, Accumulative infiltration, Final infiltration rate, Land use

* Corresponding Authors; Email: yaser.taleby@gmail.com