تغییرات زمانی پارامترهای هیدرولیکی خاک در کاربری های مختلف اراضی کشاورزی

کامران زینال زاده[۱]*، حیدرعلی کشکولی، عبدعلی ناصری، رضا دادمهر و علیرضا عیوضی

دانشجوی دکترای دانشکده مهندسی علوم آب دانشگاه شهید چمران اهواز؛ ***k.zeinalzadeh@urmia.ac.ir***

عضو هیأت علمی گروه آبیاری، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات خوزستان؛ ***kashkulihda@gmail.com***

عضو هیأت علمی دانشکده مهندسی علوم آب دانشگاه شهید چمران اهواز؛ ***abdalinaseri@yahoo.com***

عضو هیأت علمی گروه مهندسی آب دانشگاه ارومیه؛ ***rezadadmehr@yahoo.com***

عضو هیأت علمی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان غربی؛ ***alirezaeivazi@yahoo.com***

چکیده

هدایت هیدرولیکی اشباع و غیر اشباع خاک و پارامتر توزیع اندازه خلل (α گاردنر)، پارامترهای مهم هیدرولیکی برای درک برخی از جنبه‌های جریان رطوبت در خاک غیراشباع می‌باشند. این پارامترها با زمان و مکان تغییر می‌یابند. برای بررسی این تغییرات، اندازه گیری‌های صحرایی با نفوذسنج دیسک در پتانسیل‌های ماتریک ۱۵-، ۱۰-، ۶-، ۴-، ۳-، و صفر سانتیمتر در سه مجموعه زمانی از خرداد تا مرداد سال ۱۳۸۸ بر روی ۴ کاربری مختلف شامل جو پائیزه، ذرت علوفه‌ای، باغ سیب و زمین غیر زراعی در اراضی کشاورزی دانشگاه ارومیه انجام گردید. آزمایش‌های سرعت نفوذپذیری برای هر مجموعه اندازه‌گیری و کاربری، با ۵ تکرار متوالی اجرا شدند. در تمام کاربری‌ها، خاک به صورت رسی طبقه‌بندی گردید. در این مطالعه، آزمون کرت‌های خرد شده در زمان مورد استفاده قرار گرفت. نتایج آنالیز واریانس نشان داد که کاربری زمین، زمان و اثر متقابل آنها، تأثیر معنی‌داری در سطح ۱٪ روی مقادیر هدایت هیدرولیکی (بجز در پتانسیل ماتریک ۱۵- سانتیمتر) دارند. در پتانسیل ماتریک ۱۵- سانتیمتر، متوسط مقادیر هدایت هیدرولیکی در سطح ۵٪ تغییر معنی‌داری نشان دادند. به عبارت دیگر، کاربری زمین و زمان، کمترین تأثیر را روی هدایت هیدرولیکی در پتانسیل‌های ماتریک ۱۵- سانتیمتر نشان دادند. پارامتر α گاردنر نسبت به کاربری زمین و زمان در سطح ۱٪ اختلاف معنی‌داری نشان داد ولی نسبت به مشارکت نسبی آنها، اختلاف معنی‌داری در سطح ۵٪ وجود نداشت. نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که رطوبت اولیه خاک، نقش مهمی روی شدت تغییرات هدایت هیدرولیکی خاک (K) دارد.

واژه های کلیدی: پارامترهای هیدرولیکی خاک، نفوذسنج دیسک، تغییرپذیری زمانی، کاربری زمین

مقدمه

هدایت هیدرولیکی اشباع و غیر اشباع خاک، از مهمترین پارامترهای هیدرولیکی تأثیرگذار بر رفتار آب در خاک می‌باشند (موهانتی و همکاران، ۱۹۹۴). جرم مخصوص ظاهری و توزیع اندازه خلل (α گاردنر، معادله ۲)، دو پارامتر کلیدی دیگر می‌باشند (آنکنی و همکاران، ۱۹۹۱). پارامترهای هیدرولیکی برای درک جریان رطوبت در خاک غیراشباع بسیار مهم می‌باشند و در مدل نمودن جریان رطوبت، مواد مغذی و آلاینده‌ها در خاک، مورد

---

[۱] نویسنده مسئول، آدرس: ارومیه، دانشگاه ارومیه، دانشکده کشاورزی، گروه مهندسی آب، صندوق پستی ۱۶۵

* دریافت: اسفند، ۱۳۸۹ و پذیرش: اسفند ۱۳۸۹

Archive of SID

www.SID.ir

استفاده قرار می‌گیرند. پارامترهای مذکور به چگونگی ساختار ساختمانی خاک وابسته می‌باشند. فعالیت بیولوژیکی، عملیات کشاورزی، اقلیم و عوامل دیگری که بر ساختمان خاک تأثیر می‌گذارند، موجب تغییر در خصوصیات هیدرولیکی خاک می‌شوند (آنجلو- جارامیلو و همکاران، ۲۰۰۰).

محققین بسیاری تغییرپذیری مکانی خصوصیات هیدرولیکی خاک را بررسی کرده‌اند (نیلسن و همکاران، ۱۹۷۳؛ سیسون و ویرنگا، ۱۹۸۱؛ استراک و همکاران، ۲۰۰۱). در مقایسه با این بررسی‌ها، تغییرات زمانی پارامترهای هیدرولیکی خاک به خوبی مطالعه نشده است (هیو و همکاران، ۲۰۰۹). تغییرپذیری زمانی هدایت هیدرولیکی (K) به تغییرات دینامیکی هندسه خلل و ساختمان خاک بستگی دارد. تحقیقات بسیاری در گذشته، تغییرات زمانی معنی‌داری را گزارش کرده‌اند (آنجلو- جارامیلو و همکاران، ۱۹۹۷؛ داس گاپتا و همکاران، ۲۰۰۶؛ جنریوکس و همکاران، ۲۰۰۸؛ مپا و همکاران، ۱۹۸۶؛ سوماراتن و اسمتم، ۱۹۹۳؛ استار، ۱۹۹۰؛ وان اس و همکاران، ۱۹۹۹)، ولی نتایج بسیاری از آنها با یکدیگر مغایرت دارند. در برخی از مطالعات، مقدار K کاهش می‌یابد (مپا و همکاران، ۱۹۸۶)، در حالیکه در برخی دیگر مقدار آن افزایش یافته (سیولارو و لامادالنا، ۱۹۹۸؛ خاکیورال و همکاران، ۱۹۹۲) و یا تغییرات سیستماتیکی با زمان نشان نمی‌دهد (لوگسدون و جینیز، ۱۹۹۶؛ استار، ۱۹۹۰). در برخی از بررسی‌ها نیز، برای مقادیر K، تغییرات معنی‌دار زمانی گزارش نشده است (بورمن و کلاسن، ۲۰۰۸؛ ژانگ و همکاران، ۲۰۰۶).

کاربری اراضی نیز، روی پارامترهای هیدرولیکی خاک تأثیرگذار است. در مقایسه با بررسی‌های جامع روی خصوصیات شیمیایی خاک (بوئر و بلک، ۱۹۸۱؛ برونسون و همکاران، ۲۰۰۴؛ فرانزلیوبرز، ۲۰۰۰)، مطالعات رفتار هیدرولوژیکی و هیدرولیکی خاک در کاربری‌های مختلف اراضی محدود است (هویزمن و همکاران، ۲۰۰۴). شوارتز و همکاران (۲۰۰۳) گزارش کردند که تأثیر عملیات کاربری زمین روی جریان رطوبت در خاک بیشتر از فرایندهای طبیعی می‌باشد. همچنین هیو و همکاران (۲۰۰۹) نشان دادند که تأثیر زمان روی تغییرات پارامترهای K و α گاردنر بیشتر از اثر کاربری اراضی می‌باشد. آنان بین خصوصیات هیدرولیکی کاربری‌های مختلف (بجز برای K در ارتفاع فشاری ۱۵- سانتیمتر)، تفاوت معنی‌داری مشاهده نکردند.

نفوذسنج مکشی دیسک، یک روش معمول برای ارزیابی پارامترهای هیدرولیکی خاک در مزرعه می‌باشد. مزیت عمده این نفوذسنج، حداقل بهم‌خوردگی سطح خاک، در هنگام اندازه‌گیری می‌باشد. با استفاده از نفوذسنج مکشی دیسک می‌توان خصوصیات مختلف پارامترهای هیدرولیکی ساختمان خاک را اندازه گیری نمود (رینولدز و همکاران، ۱۹۹۵؛ وایت و همکاران، ۱۹۹۳).

مواد و روش ها

محل اجرای تحقیق

این تحقیق در اراضی کشاورزی دانشگاه ارومیه (طول جغرافیایی '۵۸ °۴۴ تا '۵۹/۵ °۴۴ شرقی و عرض جغرافیایی '۳۸/۵ °۳۷ تا '۴۰ °۳۷ شمالی) اجرا گردید. در این منطقه، بارش متوسط سالیانه ۳۲۷ میلیمتر، تبخیر و تعرق پتانسیل سالیانه ۱۵۰۴ میلیمتر و درجه حرارت متوسط سالیانه ۱۱ درجه سانتیگراد می‌باشد. اقلیم منطقه نیز، بصورت نیمه خشک سرد طبقه‌بندی می‌شود. (شکل ۱)، بارندگی و درجه حرارت متوسط روزانه هوا را در مدت زمان تحقیق نشان می‌دهد.

تحقیق حاضر به صورت کرت‌های خرد شده در زمان در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۵ تکرار انجام گردید. کاربری‌های انتخاب شده به عنوان کرت اصلی در ۴ سطح شامل مزرعه جو پاییزه (رقم ماکوئی)، مزرعه ذرت هیبرید سینگل کراس علوفه ای ۷۰۴، باغ سیب (رقم فوجی روی پایه MM۱۰۶) و یک زمین غیر زراعی و مجموعه‌های زمانی اندازه‌گیری در ۳ سطح شامل ماه‌های خرداد، تیر و مرداد سال ۱۳۸۸ به عنوان کرت‌های فرعی بودند.

مزرعه جو، باغ سیب و زمین غیر زراعی در مجاورت یکدیگر و مزرعه ذرت در فاصله حدود ۳۰۰ متری این اراضی واقع بود. زمین غیر زراعی در طول ۱۰ سال گذشته، در معرض عملیات زراعی یا فعالیت انسانی قرار نداشت. در اواخر مهرماه سال ۱۳۸۷، مزرعه جو شخم و سپس با دستگاه ردیف کار کشت گردید. این مزرعه در اردیبهشت سال ۱۳۸۸ به روش سطحی، آبیاری و عملکرد دانه در مرداد همان سال با استفاده از کمباین برداشت گردید. در اواخر اردیبهشت سال ۱۳۸۸، مزرعه ذرت به صورت مکانیزه کشت گردید. پس از اولین آبیاری، آزمایش‌های نفوذپذیری در آن شروع و تا دو هفته قبل از برداشت محصول، ادامه یافت. در خرداد سال ۱۳۸۸، بوته‌های ذرت خاک‌دهی شدند. در تمام عملیات کشاورزی، از عبور چرخ ماشین آلات روی شیارهای مورد مطالعه جلوگیری گردید. این مزرعه در طول دوره اندازه-گیری، ۷ دفعه به روش سطحی، آبیاری و در اواخر شهریور سال ۱۳۸۸، محصول آن برداشت شد.

Archive of SID

www.SID.ir

باغ سیب بین مزرعه جو و زمین غیر زراعی قرار داشت. آزمایش‌های نفوذپذیری و نمونه‌برداری خاک در شعاع یک متری اطراف هر درخت صورت پذیرفت. در اوایل اردیبهشت سال ۱۳۸۸، اطراف هر درخت به شعاع ۱/۵ متر توسط کارگر محلی بیل‌کاری گردید. باغ سیب به سیستم آبیاری قطره‌ای مجهز و نقاط اندازه‌گیری از موقعیت قطره چکان‌ها فاصله داشتند.

توصیف خاک و نمونه برداری

اجزاء خاک اراضی مورد تحقیق، مشابه هم و به صورت رسی طبقه‌بندی شدند. درصد مواد آلی خاک برای باغ سیب ۱/۲۳، مزرعه جو ۱/۴۷، مزرعه ذرت ۱/۷۷ و زمین غیرزراعی ۱/۸۳ بود (جدول ۱).

در شعاع ۵۰ سانتیمتری نقاط آزمایش نفوذپذیری، نمونه‌های دست نخورده استوانه‌ای از لایه ۵ سانتیمتری سطح خاک تهیه و درصد رطوبت حجمی اولیه و جرم مخصوص ظاهری آنها تعیین شدند (شکل ۲). نمونه برداری‌ها همزمان با آزمایش‌های نفوذپذیری انجام گردید.

اندازه‌گیری‌های نفوذپذیری

برای هر کاربری، اندازه‌گیری‌های نفوذپذیری با ۵ تکرار در ۳ مجموعه زمانی خرداد، تیر و مرداد سال ۱۳۸۸ انجام پذیرفت. هر مجموعه زمانی در ۸ روز، ۲ روز برای هر کاربری، کامل گردید. تاریخ‌های اندازه‌گیری برای باغ سیب ۱۲ و ۱۳ خرداد، ۱۰ و ۱۱ تیر و ۲۱ و ۲۲ مرداد سال ۱۳۸۸ بودند. برای روزهای پس از تاریخ‌های مذکور، اندازه‌گیری‌های مزرعه جو، مزرعه ذرت و زمین غیرزراعی به ترتیب اجرا شدند.

برای آزمایش‌های نفوذپذیری از یک دستگاه نفوذسنج مکشی دیسک با قطر دیسک ۲۰ سانتیمتر (Soil Moisture Measurement Systems, Tuscon, AZ) استفاده گردید. قبل از شروع اندازه‌گیری، علف یا پوشش گیاهی نقاط مورد آزمایش به دقت توسط قیچی چیده شد. سپس سطح این نقاط با یک پارچه نایلونی (با مش ۲۰ میکرومتر) پوشانده شد و روی آن یک لایه نازک ماسه (به ضخامت ۵ میلیمتر یا کمتر) با اندازه ذرات حدود ۱۰۰ میکرومتر، برای اطمینان از تماس مناسب هیدرولیکی بین دیسک نفوذسنج و سطح تماس خاک ریخته شد.

پس از تکمیل اولین مجموعه آزمایش‌های نفوذپذیری، لایه ماسه و پارچه نایلونی به آرامی از روی نقاط اندازه‌گیری برداشته شدند و تا زمان شروع اندازه‌گیری‌های بعدی، نقاط مورد نظر از هر بهم-خوردگی ناشی از حرکت ماشین آلات کشاورزی یا انسان، حفاظت شدند. برای جلوگیری از تغییرپذیری مکانی، اندازه‌گیری‌های تمام مجموعه‌های زمانی در نقاط یکسان و به روش مشابه انجام گردیدند. آزمایش‌های نفوذپذیری دیسک، به ترتیب در پتانسیل‌های ماتریک ۱۵-، ۱۰-، ۶-، ۴-، ۳- و صفر سانتیمتر، با شروع از کمترین فشار (۱۵- سانتیمتر) اجرا گردید. برای هر آزمایش، نفوذ تجمعی تا حصول شرایط پایدار در فواصل زمانی یک دقیقه ثبت گردید. در کل، حالت نفوذ پایدار برای کمترین فشار (۱۵- سانتیمتر)، حدود ۵۰ دقیقه پس از شروع آزمایش حاصل شد و برای فشارهای بالاتر به سمت حالت اشباع (ارتفاع فشاری صفر سانتیمتر)، زمان رسیدن به سرعت نفوذ ثابت، کاهش یافت.

با استفاده از روش لوگسدون و جینیز (۱۹۹۳)، مقادیر هدایت هیدرولیکی غیراشباع اراضی مورد نظر، از مقادیر سرعت های نفوذپذیری پایدار سه بعدی در پتانسیل های ماتریک مختلف محاسبه گردید. روش فوق براساس حل تقریبی معادله وودینگ (۱۹۶۸) برای سرعت نفوذپذیری پایدار نامحدود Q(h)، از یک منبع آب مدور کم عمق و تابع نمایی هدایت هیدرولیکی گاردنر (۱۹۵۸)، به صورت زیر می‌باشد:

(۱)

$$\frac{Q(h)}{\pi R^2} = Ks\exp(\alpha h) + \frac{[4Ks\exp(\alpha h)]}{\pi R\alpha}$$

که در آن Q(h) سرعت نفوذپذیری پایدار (L^3T^{-1}) تحت پتانسیل ماتریک h، R شعاع نفوذسنج دیسک (L)، α شاخص توزیع اندازه خلل خاک گاردنر (L^{-1}) و Ks هدایت هیدرولیکی اشباع (LT^{-1}) می باشند. طبق روش لوگسدون و جینیز (۱۹۹۳)، با رگرسیون غیرخطی از سرعت های نفوذپذیری در مقابل پتانسیل های ماتریک، پارامترهای برازش α و Ks بدست آمدند. سپس، مقادیر K برای سایر پتانسیل‌های ماتریک با استفاده از تابع نمایی گاردنر (۱۹۵۸) تعیین گردیدند. این تابع را می‌توان به صورت زیر ارائه نمود:

$$K = Ks\exp(\alpha h) \qquad (۲)$$

که در آن K هدایت هیدرولیکی در پتانسیل ماتریک h می‌باشد. در این مقاله، K در پتانسیل‌های ماتریک ۱۵- ، ۱۰- ، ۶- ، ۴- ، ۳- و صفر سانتیمتر به ترتیب بصورت K15، K10، K6، K4، K3 و Ks و تاریخ‌های اندازه‌گیری ۳ مجموعه زمانی به صورت خرداد، تیر و مرداد بیان می‌گردند. داده‌های حاصل از اندازه‌گیری‌ها با نرم‌افزار آماری MSTATC تجزیه و میانگین ها با آزمون چند دامنه‌ای دانکن مقایسه شدند.

Archive of SID

www.SID.ir

نتایج

در طول دوره اندازه گیری‌های نفوذپذیری دیسک، درصد رطوبت خاک در مزرعه ذرت و باغ سیب بیشتر از زمین غیر زراعی و مزرعه جو بود (شکل ۲). علاوه بر آبیاری، تفاوت روزهای اندازه‌گیری و تغییرپذیری مکانی از عوامل مؤثر در اختلاف میزان رطوبت اولیه خاک در هنگام آزمایش‌های نفوذپذیری بودند.

برای تمام کاربری‌ها و زمان‌های اندازه‌گیری، مقادیر K با کاهش پتانسیل ماتریک، کاهش یافتند. تجزیه واریانس صفات K (بجز در پتانسیل ماتریک ۱۵- سانتیمتر) و α گاردنر به صورت کرت‌های خرد شده در زمان در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی، اختلاف آماری معنی‌داری بین کاربری‌ها و زمان‌های مختلف در سطح احتمال ۱٪ نشان دادند. مقادیر متوسط K15 نیز، نسبت به این دو عامل و اثر متقابل آنها تفاوت معنی‌داری در سطح ۵٪ نشان دادند (جدول ۲).

اثر متقابل کاربری‌ها در زمان‌های مختلف اندازه-گیری، برای سایر مقادیر K در سطح ۱٪ معنی‌دار بود ولی برای صفت α تفاوتی نشان نداد. همچنین آزمون‌های آماری در سطح ۵٪، تغییرات معنی‌داری بین جرم مخصوص ظاهری (ρ_b) در کاربری‌ها و زمان‌های مختلف نشان ندادند. تفاوت موجود در مقادیر جرم مخصوص ظاهری، می‌تواند به تغییر پذیری مکانی نقاط مختلف نمونه‌برداری مربوط باشد (هیو و همکاران، ۲۰۰۹).

ضریب تغییرات (C.V.) بیانگر تغییرپذیری مکانی خصوصیات هیدرولیکی می‌باشد. ضریب تغییرات مقادیر K از ۳۰/۱۸٪ تا ۴۸/۹۹٪ تغییر یافت. همچنین ضریب تغییرات α گاردنر در حدود ۱۵/۲۲٪ و جرم مخصوص ظاهری در حدود ۶/۹٪ بدست آمدند. با توجه به اینکه مقادیر هدایت هیدرولیکی اندازه‌گیری شده مربوط به ناحیه اشباع و نزدیک اشباع (پتانسیل‌های ماتریک صفر الی ۱۵- سانتیمتر) می‌باشند، ضریب تغییرات پارامترهای مذکور نزدیک بهم حاصل شده است.

بدون لحاظ زمان اندازه‌گیری، مقادیر میانگین K در تمام پتانسیل‌های ماتریک، به ترتیب نزولی برای مزرعه جو، مزرعه ذرت، باغ سیب و زمین غیر زراعی از مقدار بیشتر به مقدار کمتر تغییر یافت (شکل ۳). همچنین کمترین مقدار α گاردنر در زمین غیر زراعی بدست آمد و برای ۳ کاربری دیگر، تغییر معنی‌داری در سطح ۵٪ حاصل نشد.

مقادیر K در مزرعه جو، باغ سیب و زمین غیر زراعی، روند افزایشی با زمان داشتند (شکل ۴). در این کاربری‌ها، شدت افزایش K با کاهش پتانسیل ماتریک تنزل یافت. حداقل تغییر زمانی در مقادیر K15 مشاهده گردید. در نقطه مقابل، در مزرعه ذرت مقادیر K با گذشت زمان کاهش جزئی نشان دادند. در این مزرعه، تغییر زمانی K خیلی کم بود.

در تمام کاربری‌ها، شدت تغییرات مقادیر K بین زمان‌های خرداد و تیر بیشتر از زمان‌های تیر و مرداد بودند. در مزرعه ذرت برای مقادیر K در تمام پتانسیل‌های ماتریک و در۳ کاربری دیگر در پتانسیل های صفر، ۳- و ۴- سانتیمتر، تفاوتی بین زمان‌های تیر و مرداد مشاهده نگردید.

در مزرعه ذرت، مقادیر α گاردنر روند افزایشی جزئی از خرداد تا مرداد نشان دادند. این در حالی است که بین تیر و مرداد تغییر معنی‌داری در سطح ۵٪ وجود نداشت. در کاربری‌های دیگر نیز، بیشترین مقادیر α گاردنر در تیر بدست آمدند (شکل ۵). (شکل ۶) تغییرات زمانی K خاک و α گاردنر را برای تمام داده‌ها، بدون لحاظ کاربری ارائه می‌نماید. این شکل، روند افزایشی جزئی در مقادیر متوسط K را از خرداد تا مرداد نشان می‌دهد.

بحث

اثر کاربری زمین روی پارامترهای هیدرولیکی خاک

محققین بسیاری، نقش کاربری‌های مختلف را روی هدایت هیدرولیکی (K) بررسی کرده‌اند (بورمن و کلاسن، ۲۰۰۸؛ ژو و همکاران، ۲۰۰۸). با توجه به تأثیر نوع کاربری روی خصوصیات خاک، مانند خصوصیات شیمیایی و جرم مخصوص ظاهری (فرانزلیوبرز و همکاران، ۲۰۰۰؛ برونسون و همکاران، ۲۰۰۴) و حجم خلل خاک (نویس و همکاران، ۲۰۰۳)، تفاوت مقادیر K در کاربری‌های مختلف قابل انتظار است. برای مطالعه حاضر، تغییرات معنی‌داری برای مقادیر K و α گاردنر بین کاربری‌های انتخاب شده مشاهده گردید. کمترین تفاوت حاصل از کاربری زمین در K15 یافت شد. برای تمام کاربری‌های اراضی، مقادیر K با افزایش پتانسیل ماتریک افزایش یافتند. این افزایش بین دو پتانسیل ماتریک متوالی، بیش از دو برابر بود. این مورد مشابه گزارش‌های برخی از محققین می‌باشد (کامریا و همکاران، ۲۰۰۳). این افزایش زیاد، بیانگر حضور تعداد زیاد ماکروپورهای متصل بهم در خاک منطقه مورد مطالعه می‌باشد. در بین کاربری‌های مورد مطالعه، کمترین مقادیر K در زمین غیر زراعی اندازه‌گیری شدند که مرتبط با عدم انجام عملیات خاکورزی در آن می‌باشند. بیشترین مقادیر K نیز، در مزرعه جو مشاهده گردید که می‌تواند بواسطه تأثیر توأم انجام عملیات خاکورزی و پایین بودن درصد رطوبت خاک در آن مزرعه

Archive of SID

www.SID.ir

باشد. بررسی‌های قبلی (بودنر و همکاران، ۲۰۰۸؛ ژو و همکاران، ۲۰۰۸) نشان می‌دهند که مقدار K خاک یک رابطه معکوس با درصد رطوبت اولیه خاک دارد. با وجود انجام عملیات خاکورزی در مزرعه ذرت، بدلیل بالا بودن درصد رطوبت خاک، مقادیر K در این مزرعه نسبت به مزرعه جو کمتر بودند. در باغ سیب نیز، نامناسب بودن عملیات خاکورزی و بالا بودن درصد رطوبت خاک در اطراف درختان، موجب پایین بودن مقادیر K در پتانسیل‌های مختلف نسبت به دو مزرعه جو و سیب شد.

اثر زمان روی پارامترهای هیدرولیکی خاک

در ادبیات گذشته، از فاکتورهای متعددی به عنوان عوامل مؤثر در تغییرات زمانی K نام برده شده است. از مهمترین این فاکتورها می‌توان به عملیات مدیریتی (آنجلو- جارامیلو و همکاران، ۱۹۹۷؛ سوماراتن و اسمتم، ۱۹۹۳؛ لوگسدون و جینیز، ۱۹۹۶، سیولارو و لامادالنا، ۱۹۹۸)، فعالیت بیولوژیکی (خاکیورال و همکاران، ۱۹۹۲؛ سوماراتن و اسمتم ، ۱۹۹۳؛ داس گاپتاو همکاران، ۲۰۰۶)، بارش (سوماراتن و اسمتم، ۱۹۹۳؛ داس گاپتا و همکاران، ۲۰۰۶)، تحکیم خاک (سوماراتن و اسمتم ، ۱۹۹۳؛ آنجلو- جارامیلو و همکاران، ۱۹۹۷)، فرایندهای خشک شدگی و خیس شدگی (مپا و همکاران، ۱۹۸۶)، درصد رطوبت اولیه خاک (ژو و همکاران، ۲۰۰۸) و فرایند تخریب و فرسایش (جنریوکس و همکاران، ۲۰۰۸) اشاره نمود.

در این تحقیق، نتایج آنالیز واریانس بیانگر تغییرات معنی‌دار مقادیر K و α گاردنر تحت تأثیر زمان می‌باشند. در مزرعه ذرت، مقادیر متوسط K، روند کاهشی از خرداد تا مرداد نشان دادند. با توجه به عدم تغییر معنی-دار جرم مخصوص ظاهری، این کاهش می‌تواند بواسطه افزایش رطوبت خاک آن مزرعه برای دوره زمانی مذکور باشد. در مزرعه ذرت، مقادیر K تفاوت معنی‌داری بین تیر و مرداد نداشتند. نظر بر این است که آن می‌تواند بواسطه شرایط یکسان در رطوبت خاک و جرم مخصوص ظاهری مزرعه ذرت در این دوره باشد.

در ۳ کاربری دیگر، مقادیر K با زمان افزایش یافتند. زمین غیر زراعی در معرض فعالیت‌های زراعی و انسانی قرار نداشت. همچنین مزرعه جو و باغ سیب نسبت به مزرعه ذرت، به میزان کمتری در معرض فعالیت‌های کشاورزی بودند. در مزرعه جو، باغ سیب و زمین غیر زراعی در طول دوره تحقیق، رطوبت اولیه خاک کاهش و دمای خاک افزایش یافت. لزوجت آب با افزایش درجه حرارت کاهش می‌یابد (سووارج و ابرباچ، ۱۹۹۸). در طول تحقیق حاضر، درجه حرارت متوسط روزانه هوا به ترتیب ۱۹/۵ ^{o}C، ۲۳/۲۱ ^{o}C و ۲۱/۹ ^{o}C برای خرداد، تیر و مرداد بودند (شکل ۱). می‌توان نتیجه گرفت که افزایش معنی‌دار مقادیر K با زمان در این ۳ کاربری، بواسطه افزایش درجه حرارت و کاهش درصد رطوبت خاک می‌باشد.

بررسی‌ها نشان داد که با گذشت زمان و در طول فصل زراعی، شدت تغییرات زمانی K کاهش یافت. بین زمان‌های اندازه‌گیری دوم و سوم، تغییرات درجه حرارت هوا و درصد رطوبت اولیه خاک کمتر از این تغییرات بین زمان های اول و دوم بودند. با توجه به این عوامل و عواملی مانند اثر تحکیم طبیعی ذرات خاک و اثر آبیاری، می‌توان انتظار داشت که تغییرات زمانی خصوصیات هیدرولیکی خاک ناشی از عملیات خاکورزی و کاربری در اوایل فصل رشد زیاد بوده و با گذشت زمان از شدت این تغییرات کاسته شود. بارش طبیعی تنها در آغاز دوره اندازه-گیری‌های نفوذپذیری، در خرداد ماه روی داد. بنابراین در تحقیق حاضر، بارش نمی‌تواند عامل موثری برای تغییرات زمانی پارامترهای هیدرولیکی خاک باشد.

در این تحقیق، شدت تغییرات زمانی K با تنزل پتانسیل ماتریک کاهش یافت. در پتانسیل‌های پایین، مقادیر K به مشخصات بافت خاک بیشتر از مشخصات ساختمان خاک بستگی دارند که این می‌تواند عامل کاهش شدت تغییرات زمانی K در پتانسیل های پایین باشد. نتایج واریانس بیانگر کمترین تأثیر کاربری و زمان روی مقادیر K در پتانسیل ماتریک ۱۵- سانتیمتر می باشد.

نتیجه گیری

پارامترهای هیدرولیکی خاک از جنبه های بسیاری در مطالعه جریان رطوبت در خاک های غیراشباع اهمیت دارند. آنها با زمان و مکان تغییر می کنند و انتظار می‌رود که این تغییر بین کاربری‌های مختلف اراضی نیز، بواسطه ایجاد تفاوت در ساختار ساختمانی خاک وجود داشته باشد.

در تحقیق حاضر، تغییرات زمانی پارامترهای هیدرولیکی خاک در ۴ نوع کاربری (مزرعه جو پاییزه (رقم ماکوئی)، مزرعه ذرت هیبرید سینگل کراس علوفه ای ۷۰۴، باغ سیب (رقم فوجی روی پایه MM۱۰۶) و یک زمین غیر زراعی) مطالعه شدند. به منظور سنجش تغییرات زمانی K و α گاردنر، ۳ مجموعه اندازه‌گیری نفوذپذیری دیسک انجام پذیرفت.

نتایج آنالیز واریانس نشان داد که کاربری زمین، زمان و اثر متقابل این دو عامل تأثیر معنی‌داری در سطح ۱٪ روی K (بجز در پتانسیل ماتریک ۱۵- سانتیمتر) داشتند. در پتانسیل ماتریک ۱۵- سانتیمتر، مقادیر متوسط K تغییر معنی‌داری در سطح ۵٪ نشان دادند. به عبارتی دیگر، کاربری زمین و زمان کمترین تأثیر را روی K15

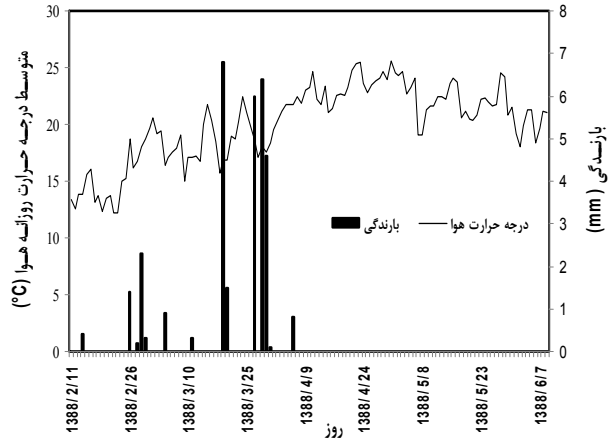
Archive of SID

www.SID.ir

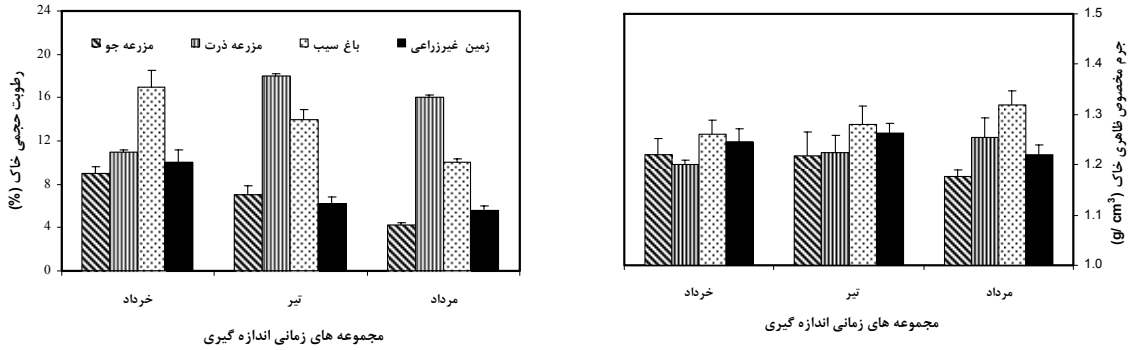
داشتند. در پتانسیل های ماتریک پایین، انتظار می‌رود که اثر زمان روی مقادیر K حداقل باشد. زیرا در محدوده پتانسیل‌های کم، حرکت رطوبت خاک در مقایسه با ساختمان خاک، بیشتر به بافت خاک بستگی دارد. پارامتر α گاردنر نسبت به کاربری زمین و زمان تفاوت معنی‌داری در سطح ۱٪ نشان داد. ولی نسبت به اثر توأم عوامل مذکور، اختلاف معنی داری در سطح ۵٪ نداشت. در پتانسیل های پایین، شدت تغییرات زمانی مقادیر K کاهش یافتند. همچنین، این تغییرات در طول فصل رشد و با گذشت زمان کمتر شدند. رطوبت خاک نیز، به عنوان عامل موثر در شدت تغییرات مقادیر K خاک شناسایی گردید.

تشکر و قدردانی

از مساعدت دانشکده مهندسی علوم آب دانشگاه شهید چمران اهواز به خاطر تأمین بخشی از هزینه های این تحقیق تشکر و تقدیر می گردد.



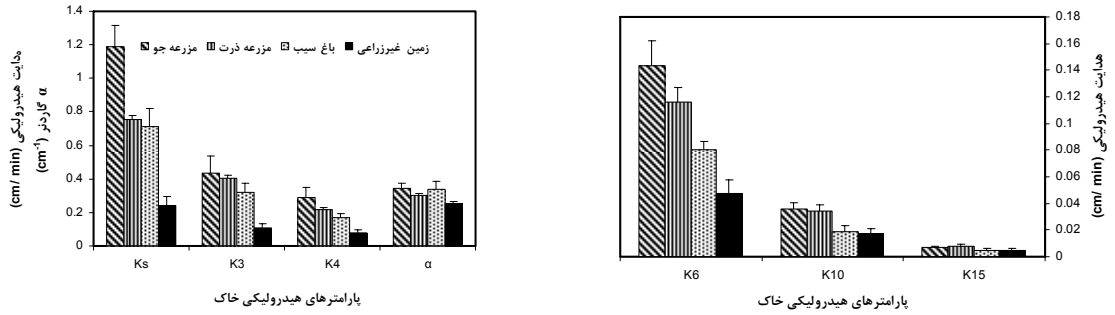
شکل ۱- تغییرات بارندگی و درجه حرارت متوسط روزانه هوا



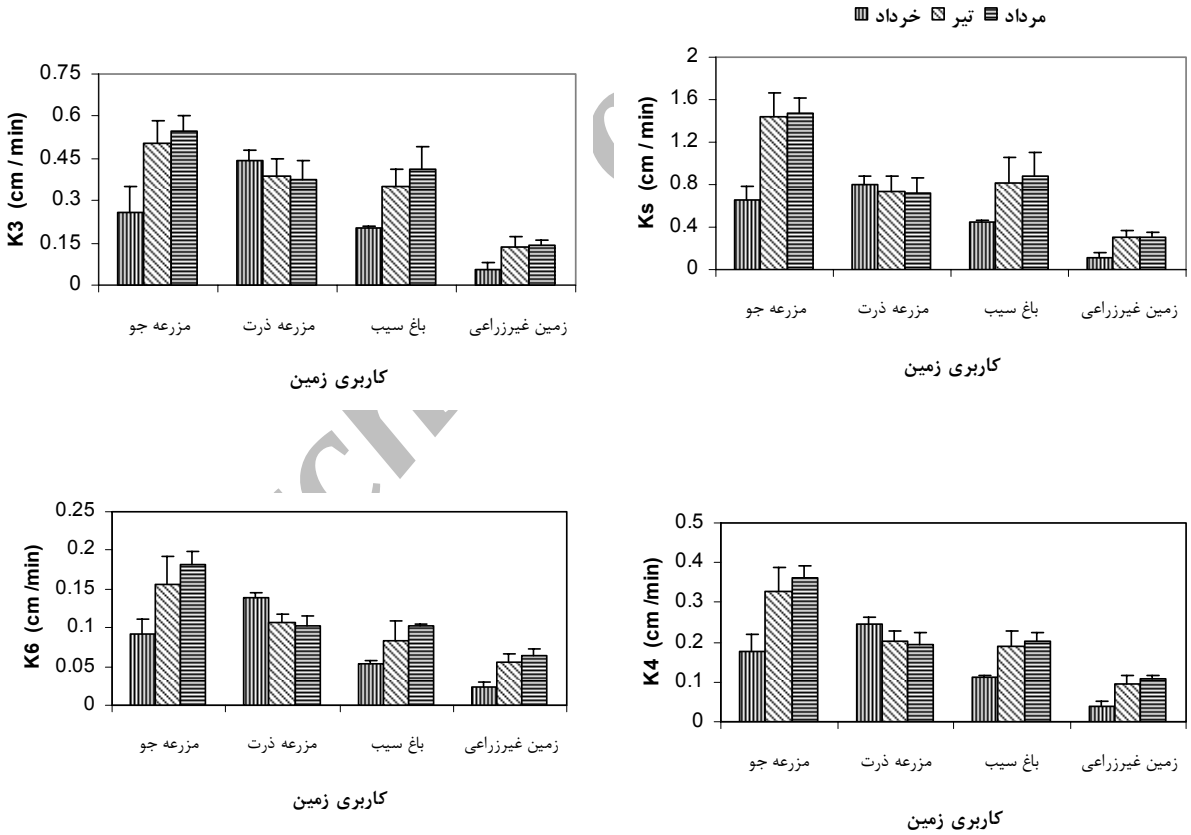
شکل ۲- تغییرات درصد رطوبت اولیه و جرم مخصوص ظاهری لایه ۵ سانتیمتری سطح خاک

Archive

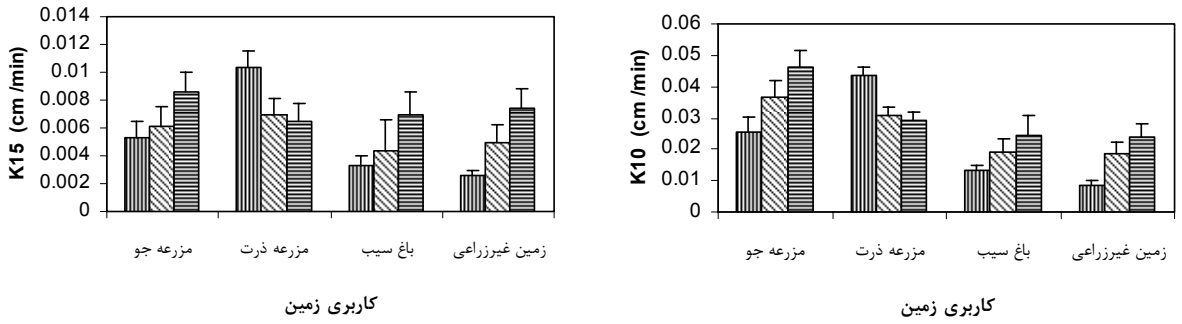
www.SID.ir



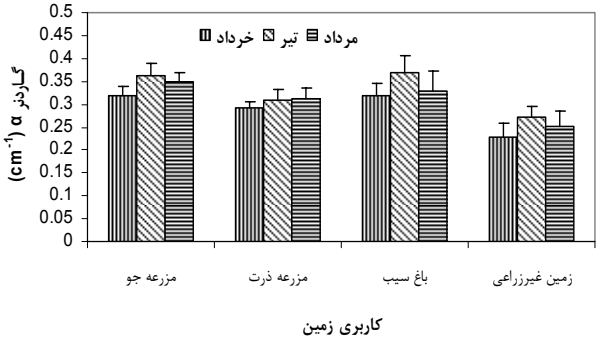
شکل ۳- مقادیر Ks، K3، K4 و α گاردنر (سمت چپ) وK6، K10 و K15 (سمت راست) برای کاربری های مختلف



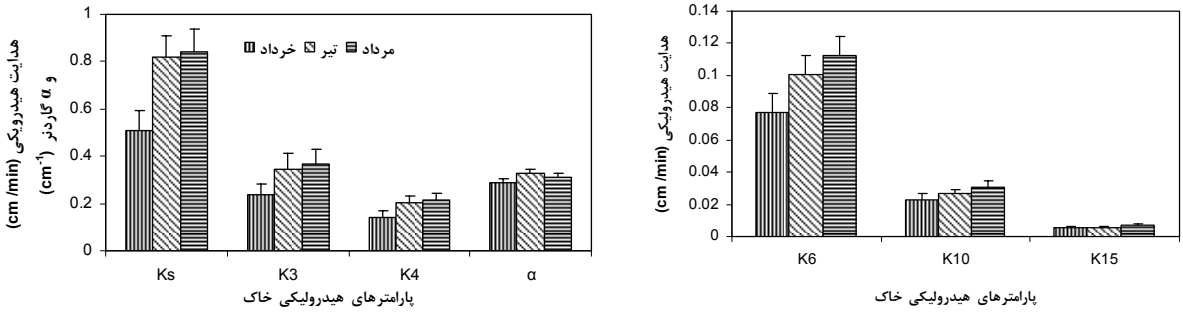
www.SID.ir



شکل ۴- تغییرات زمانی هدایت هیدرولیکی کاربری های مختلف



شکل ۵- تغییرات زمانی پارامتر α گاردنر برای کاربری های مختلف



شکل ۶- تغییرات زمانی Ks، K3، K4 و α گاردنر (سمت چپ) و K6، K10 و K15 (سمت راست)

جدول ۱- خلاصه مشخصات فیزیکی لایه ۵ سانتیمتری فوقانی خاک

نوع کاربری زمین	اندازه ذرات خاک (٪)			مواد آلی خاک (٪)
	< ۰/۰۰۲ mm	۰/۰۰۲ – ۰/۰۲ mm	۰/۰۲ – ۱ mm	
مزرعه جو	۵۰/۵۲	۳۵/۲۸	۱۴/۲۰	۱/۴۷
مزرعه ذرت	۴۳/۵۱	۳۱/۷۶	۲۴/۷۳	۱/۷۷
باغ سیب	۴۴/۶۸	۳۵/۰۴	۲۰/۲۸	۱/۲۳
زمین غیر زراعی	۵۷/۴۰	۳۱/۶۶	۱۰/۹۴	۱/۸۳

www.SID.ir

جدول ۲- تجزیه واریانس پارامترهای هیدرولیکی در کاربری‌ها و زمان‌های مختلف

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات							
		Ks	K3	K4	K6	K10	K15	α	ρ_b
تکرار	۴	۲۴۶۲/۴۵	۳۳۵/۲۴	۴۳/۲۱	۵/۳۵	۰/۴	۰/۰۹۳	۴۴/۱۹۶	۰/۰۰۹
کاربری	۳	۲۷۹۸۰/۸۴**	۵۸۰۷/۸۲**	۱۲۴۶/۸**	۲۷۵/۲۷**	۱۴/۲۴**	۰/۳۹*	۲۶۳/۴**	۰/۰۱۸^{ns}
خطای اول (a)	۱۲	۱۵۸۲/۶۳	۲۹۵/۶۲	۵۹/۱۵	۱۳/۰	۱/۰۵	۰/۱۲	۴۳/۹۵۴	۰/۰۰۷
زمان	۲	۱۵۵۱۸/۵**	۲۷۰۴/۶۲**	۵۰۲/۰۸**	۱۰۴/۲۲**	۷/۲۴**	۰/۴۹*	۲۵۹/۸۴۹**	۰/۰۰۱^{ns}
تکرار× زمان	۸	۱۲۹۹/۶۱	۱۵۹/۴۹	۲۲/۹	۴/۹۶	۰/۵۷	۰/۰۴۷	۱۶/۹۹۷	۰/۰۰۵
کاربری × زمان	۶	۴۴۷۴/۲۷**	۸۲۶/۲۶**	۱۸۰/۷۵**	۴۶/۸۷**	۴/۳۴**	۰/۲۸*	۵۱/۱۳۹	۰/۰۰۴^{ns}
خطای دوم (b)	۲۴	۱۲۵۳/۷۸	۱۷۸/۶۱	۳۲/۱	۸/۳۴	۱/۰۴	۰/۰۹	۲۱/۸۰۶	۰/۰۰۸
ضریب تغییرات (%)		۴۸/۲۸	۳۶/۶۶	۳۰/۶۲	۳۰/۱۸	۳۷/۷۸	۴۸/۹۹	۱۵/۲۲	۶/۹

ns ، * و ** به ترتیب غیرمعنی دار، معنی دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪ می باشند.

فهرست منابع:

1. Angulo-Jaramillo, R., F. Moreno, B.E. Clothier, J.L. Thony, G. Vachaud, E. Fernandez-Boy and J.A. Cayuela. 1997. Seasonal variation of hydraulic properties of soils measured using a tension disk infiltrometer. Soil Science Society of America Journal. 61: 27–32.
2. Angulo-Jaramillo, R., J.P. Vandervaere, S. Roulier, J.L. Thony, J.P. Gaudet and M. Vauclin. 2000. Field measurement of soil surface hydraulic properties by disc and ring infiltrometers: a review and recent developments. Soil & Tillage Research. 55: 1–29.
3. Ankeny, M.D., M. Ahmed, T.C. Kaspar, and R. Horton. 1991. Simple field method for determining unsaturated hydraulic conductivity. Soil Science Society of America Journal. 55: 467–470.
4. Bauer, A. and A.L. Black. 1981. Soil Carbon, Nitrogen, and Bulk Density Comparisons in Two Cropland Tillage Systems after 25 years in Virgin Grassland. Soil Sci. Soc. Am. J. 45: 1166–1170.
5. Bodner, G., W. Loiskandl, G. Buchan and H. –P. Kaul. 2008. Natural and management-induced dynamics of hydraulic conductivity along a cover-cropped field slope. Geoderma. 146: 317–325.
6. Bormann, H. and K. Klaassen. 2008. Seasonal and land use dependent variability of soil hydraulic and soil hydrological properties of two northern German soils. Geoderma. 145: 295–302.
7. Bronson, K.F., T.M. Zobeck, T.T. Chua, V. Acosta-Martinez, R.S. van Pelt and J.D. Booker. 2004. Carbon and nitrogen pools of southern high plains cropland and grassland soils. Soil Science Society of America Journal. 68 (5): 1695–1704.
8. Cameria, M.R., R.M. Fernando and L.S. Pereira. 2003. Soil macropore dynamics affected by tillage and irrigation for a silty loam alluvial soil in southern Portugal. Soil & Tillage Research. 70: 131–140.
9. Ciollaro, G. and N. Lamaddalena. 1998. Effect of tillage on the hydraulic properties of a vertic soil. Journal of Agricultural Engineering Research. 71: 147–155.
10. Das Gupta, S., B.P. Mohanty and J.M. Köhne. 2006. Soil hydraulic conductivities and their spatial and temporal variations in a vertisol. Soil Science Society of America Journal. 70: 1872–1881.
11. Franzluebbers, A.J., J.A. Stuedemann, H.H. Schomberg and S.R. Wilkinson. 2000. Soil organic C and N pools under long-term pasture management in the Southern Piedmont USA. Soil Biology and Biochemistry. 32 (4): 469–478.
12. Gardner, W.R. 1958. Some steady-state solutions of unsaturated moisture flow equations with application to evaporation from a water table. Soil Sci. 85:228–232.

Archive of SID

www.SID.ir

13. Genereux, D.P., S. Leahy, H. Mitasova, C.D. Kennedy and D.R. Corbett. 2008. Spatial and temporal variability of streambed hydraulic conductivity in West Bear Creek, North Carolina, USA. Journal of Hydrology. 358 (3–4): 332–353.
14. Hu, W., M. Shao, Q. Wang, J. Fan and R. Horton. 2009. Temporal changes of soil hydraulic properties under different land uses. Geoderma. doi:10.1016/j.geoderma.2008.12.016.
15. Huisman, J.A., L. Breuer and H. -G. Frede. 2004. Sensitivity of simulated hydrological fluxes towards changes in soil properties in response to land use change. Phys. Chem. Earth. 29: 749–758.
16. Khakural, B.R., G.D. Lemme, T.E. Schumacher and M.J. Lindstrom. 1992. Effects of tillage systems and landscape on soil. Soil & Tillage Research. 25: 43–52.
17. Logsdon, S.D. and D.B. Jaynes. 1993. Methodology for determining hydraulic conductivity with tension infiltrometers. Soil Science Society of America Journal. 57: 1426–1431.
18. Logsdon, S.D. and D.B. Jaynes. 1996. Spatial variability of hydraulic conductivity in a cultivated field at different times. Soil Science Society of America Journal. 60: 703–709.
19. Mapa, R.B., R.E. Green and L. Santo. 1986. Temporal variability of soil hydraulic properties with wetting and drying subsequent to tillage. Soil Science Society of America Journal. 50: 1133–1138.
20. Mohanty, B.P., M.D. Ankeny, R. Horton and R.S. Kanwar. 1994. Spatial analysis of hydraulic conductivity measured using disc infiltrometers. Water Resour. Res. 30: 2489–2498.
21. Neves, C.S.V.J., C. Feller, M.F. Guimaraes, C.C. Medina, J. Tavares Filho and M. Fortier. 2003. Soil bulk density of homogeneous morphological units identified by the cropping profile method in clayey oxisols in Brazil. Soil & Tillage Research. 71 (2): 109–119.
22. Nielsen, D.R., J.W. Biggar and K.T. Erh. 1973. Spatial variability of field-measured soil-water properties. Hilgardia. 42 (7): 215–259.
23. Reynolds, W.D., E.G. Gregorich and W.E. Curnoe. 1995. Characterisation of water transmission properties in tilled and untilled soils using tension infiltrometers. Soil tillage res. 33: 117–131.
24. Schwartz, R.C., S.R. Evett and P.W. Unger. 2003. Soil hydraulic properties of cropland compared with reestablished and native grassland. Geoderma. 116 (1–2): 47–60.
25. Sisson, J.B. and P.J. Wierenga. 1981. Spatial variability of steady-state infiltration rates as a stochastic process. Soil Science Society of America Journal. 45: 699–704.
26. Somaratne, N.M. and K.R.J. Smettem. 1993. Effect of cultivation and raindrop impact on the surface hydraulic properties of an Alfsol under wheat. Soil & Tillage Research. 26: 115–125.
27. Starr, J.L. 1990. Spatial and temporal variation of ponded infiltration. Soil Science Society of America Journal. 54: 629–636.
28. Strock, J.S., D.K. Cassel and M.L. Gumpertz. 2001. Spatial variability of water and bromide transport through variably saturated soil blocks. Soil Science Society of America Journal. 65: 1607–1617.
29. Suwardji, P. and P.L. Eberbach. 1998. Seasonal changes of physical properties of an Oxic Paleustalf (Red Kandosol) after 16 years of direct drilling or conventional cultivation. Soil & Tillage Research. 49: 65–77.
30. Van Es, H.M., C.B. Ogden, R.L. Hill, R.R. Schindelbeck and T. Tsegaye. 1999. Integrated assessment of space, time and management related variability of soil hydraulic properties. Soil Sci. Soc. Am. J. 63: 1599–1608.
31. White, I., M.J. Sully and K.M. Perroux. 1993. Measurement of surface-soil hydraulic properties: disk permeameters, tension infiltrometers and other techniques. In: Topp,

Archive of SID

www.SID.ir

G.C., Reynolds, W.D., Green, R.E. (Eds.), Advances in Measurement of Soil Physical Properties: Bringing Theory into Practice. Soil Sci. Soc. Am. Special Publication. 30: 69–104.

32. Wooding, R.A. 1968. Steady infiltration from a circular shallow circular pond. Water Resources Research. 4: 1259–1273.
33. Zhang, S.L., X.Y. Yang, M. Wiss, H. Grip and L. Lövdahl. 2006. Changes in physical properties of a loess soil in China following two long-term fertilization regimes. Geoderma. 136: 579–587.
34. Zhou, X., H.S. Lin and E.A. White. 2008. Surface soil hydraulic properties in four soil series under different land uses and their temporal changes. Catena. 73: 180–188.

Archive of SID

www.SID.ir