پژوهش های آبخیزداری شماره ۹۲، پاییز ۱۳۹۰
(پژوهش و سازندگی)

بررسی میزان همبستگی شدت نفوذ نهایی خاک ها با برخی مشخصات فیزیکی و شیمیایی مربوطه مطالعه موردی: مزرعه قزلاق - دانشگاه تهران

• کیومرث ابراهیمی
استادیار گروه مهندسی آبیاری و آبادانی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران (نویسنده مسئول)
• فاطمه نایب لوئی
دانشجوی دکتری مهندسی آبیاری و زهکشی، دانشگاه تربیت مدرس
تاریخ دریافت: مرداد ماه ۱۳۸۷ تاریخ پذیرش: بهمن ماه ۱۳۸۹
تلفن تماس نویسنده مسئول: ۰۹۱۲۲۵۷۶۶۵۷
Email: ebrahimik@ut.ac.ir

چکیده

نفوذپذیری یکی از مهمترین پارامترهای فیزیکی خاک و تابع مشخصات فیزیکی و شیمیایی آن است. این پارامتر کاربردهای فراوانی در طرح های آبیاری و زهکشی دارد. با توجه به هزینه های بالای آزمایشات نفوذپذیری، تخمین این پارامتر بر اساس مشخصات زودیافت خاک به روش های مختلف مورد توجه محققان قرارگرفته است. از سوی دیگر عدم دقت در بررسی و تعیین بهترین معادلات انطباق ریاضی حاکم بین نفوذپذیری و مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک، موجب استفاده از معادلات و برآوردهای غیرصحیح خواهد شد. در تحقیق حاضر در یک مطالعه موردی ضمن انجام آزمایشات مزرعه ای و آزمایشگاهی لازم، مقادیر نفوذپذیری و مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک های مورد مطالعه تعیین و سپس روابط ریاضی حاکم و ضرایب همبستگی هم ارز و غیر هم ارز مربوطه محاسبه و مقایسه شده است. هدف این مقاله ارائه نتایج مربوط به ارتباط مقادیر شدت نفوذ نهایی خاک ها با پارامترهای فیزیکی و شیمیایی آنها و مقایسه نتایج همبستگی های هم ارز و غیرهم ارز به منظور ارائه اهمیت بهترین معادله انطباق ریاضی می باشد. براساس نتایج بدست آمده، بهترین معادلات انطباق ریاضی بر پایه ضرایب همبستگی هم ارز شده بین مقادیر نفوذپذیری نهایی به ترتیب با هدایت الکتریکی درحالت توانی و با ضریب ۵۴ درصد، با مقدار سدیم در حالت خطی با ضریب ۴۰ درصد و با مجموع کلسیم و منیزیم در حالت نمایی و با ضریب۴۲ درصد وجود دارد. وضعیت عمومی خاک های مطالعه شده نشان می دهد که نفوذپذیری آنها بیشتر از آنکه تابع مشخصات فیزیکی باشد، تابع مشخصات شیمیایی است. همچنین بین هر یک از پارامترهای تخلخل، چگالی ظاهری و اسیدیته خاک ها با سرعت نفوذ نهایی به ترتیب بهترین معادلات ریاضی حاکم در حالت های لگاریتمی، توانی و لگاریتمی و با ضرایب همبستگی هم ارز شده ۳۸درصد، ۳۵درصد و۳۵درصد مشاهده شد. این در حالی است که بر اساس روش متداول استفاده از ضرایب همبستگی غیرهم ارز نتایج کاملاً متفاوتی حاصل شده است.

کلمات کلیدی: بهترین معادله انطباق ریاضی، پارامترهای فیزیکی و شیمیایی، ضریب همبستگی هم ارز شده، سرعت نفوذ نهایی

www.SID.ir

Watershed Management Research (Pajouhesh & Sazandegi) No 92 pp:13-19

Relationship between soil final infiltration rate and the physical / chemical characteristics, case study: Ghezlagh Research farm- Tehran University

By: K. Ebrahimi, Irrigation & Reclamation Engineering Department, University of Tehran,(Corresponding Author; Tel: +989122576657) F. Nayebloei , PhD Student, Irrigation & Drainage Engineering

Water infiltration rate is one of the most important parameters of soils and it is a function of the physical and chemical soil characteristics. Also, the infiltration rate is a basic input data in irrigation and drainage projects. Wrong estimation of the infiltration values can lead to wasting the national investments. Although, the infiltration phenomenon has been focused by many researchers, recently, but it is necessary to investigate the importance of the best fitting equations between the infiltration rate and the physical or chemical soil characteristics. The current research, which is based on a case study, aims to determine the relationship between final infiltration rate and the physical or chemical soil characteristics and the emphasis has been to work out the accuracy criteria of the calculation by comparing different correlation coefficients. The main recorded physical parameters were; soil texture, porosity, color and the specific gravity of the soils. Also, some chemical factors such as; pH, EC, Na, Ca+Mg and the amount of organic materials were measured and recorded. Kostiakov- Lewis method was used to measure the infiltration rates in three repetitions. General basic statistical methods were used to analyze data and find the relationships between the final infiltration rate data and either physical or chemical characteristics of the soils. The regression functions, correlation coefficients and the best fitting equations were calculated. According to the results, the biggest rate of the correlation coefficient (r) belongs to the power regression, which shows the relationship between the final infiltration rate and the EC of the soils. However, there was not recorded very strong correlation coefficient in the results. The importance of the best fitting equations has been demonstrated.

Keywords: The best fitting equation, Physical and chemical soil characteristics, Equivalent correlation coefficient, Final Infiltration rate

Archive of SID

مقدمه

از نظر آبیاری مهمترین مشخصه فیزیکی خاک ها، نفوذ پذیری آنهاست. نفوذپذیری در واقع قابلیت نفوذ آب از سطح خاک به درون آن است (۴). این پارامتر تابع عوامل مختلفی از جمله: بافت، ساختمان، مقدار نمک های محلول، میزان موادآلی، فشردگی، درصد تخلخل و مقدار درز و ترک های خاک است. سرعت نفوذ آب به داخل خاک در یک لحظه معین از زمان سرعت لحظه ای نفوذ و میانگین سرعت وارد شدن آب به داخل خاک طی یک دوره زمانی سرعت متوسط نفوذ و مقدار تجمعی آب نفوذ یافته در خاک از زمان شروع آزمایش تا هر لحظه دلخواه را نفوذ تجمعی گویند(۱). تجربه ثابت کرده است که سرعت نفوذآب به خاک با گذشت زمان کاهش یافته و پس از مدتی به حد نسبتاً ثابتی می رسد که به آن سرعت نفوذ پایه یا نهایی اطلاق می شود(۴). یکی ازمتداول ترین معادلاتی که برای توصیف نفوذ آب به داخل خاک بکار می رود، معادله تجربی کوستیاکف می باشد (۱۷).

$$D=ct^b \qquad (1)$$

که درآن D عمق آب نفوذ یافته از شروع آزمایش t (cm) زمان نفوذ از شروع آزمایش b min و c به ترتیب ضریب و توان معادله نفوذ بوده و به نوع خاک بستگی دارند. معادله مذکور فقط تا زمانی اعتبار دارد که سرعت نفوذ آب در خاک در مراحل ابتدایی خود بوده و هنوز با ضریب آبگذری اشباع عمودی خاک معادل نشده باشد (۵). رابطه (۱) ساده بوده ولی دارای این عیب عمده است که سرعت نفوذ لحظه ای که از مشتق این رابطه بدست می آید از نظر تئوری در دراز مدت به صفر می رسد، حال آنکه در عمل چنین نبوده و سرعت نهایی نفوذ که معادل ضریب آبگذری اشباع عمودی خاک است، صفر نمی باشد (۴). در زیر رابطه اصلاح شده نفوذ ارائه شده است:

$$D=kt^a+f_0 t \qquad (2)$$

که به معادله Kostiakov-Lewis مشهور است و درآن k و a به ترتیب ضریب و توان معادله بوده و f_0 سرعت نفوذ پایه است. دراین رابطه پارامترهایk ، a و f_0 به خصوصیات خاک بستگی دارند.

محمدی و رفاهی (۸) با استفاده از داده هایی که از خاک های مناطق مختلف استرالیا بدست آمده بود سعی نمودند تا پارامترهای معادلات نفوذ Kostiakov(۱۷)، Philip(۱۹) و Horton(۱۶) را بر اساس خصوصیات فیزیکی خاک و توسط رگرسیون چندگانه خطی تخمین بزنند. مطالعات آنها نشان داد که پارامترهای معادلات نفوذ اگرچه به خصوصیات فیزیکی خاک بستگی داشته و امکان تخمین پارامترهای نفوذ توسط ویژگی های فیزیکی خاک با دقت نسبتاً خوبی وجود دارد ولی به طور کامل توسط این عوامل توجیه نمی شوند و توزیع اندازه ذرات و پارامترهای ترکیبی را در روابط به کار بردند.

برای یافتن رابطه ای بین مشخصات زودیافت خاک ها و میزان سرعت

www.SID.ir

نفوذ نهایی آن ها، اگرچه مطلوب است که بتوان کمیتی را بر حسب سایر پارامترها دقیقاً پیش بینی کرد ولی این کار به ندرت میسر است و در اغلب موارد به پیش بینی متوسط ها یا امیدهای ریاضی اکتفا می شود (۶). استفاده از شاخص همبستگی برای اندازه گیری و تعیین میزان ارتباط متقابل بین تغییرات دو متغیر تصادفی بسیار متداول است (۳). بر این اساس تحقیقاتی به منظور یافتن رابطه ای برای برآورد شدت نفوذپذیری نهایی خاک ها توسط پارامترهای زودیافت خاک انجام شده است.

در تحقیقی بر روی ۵۰۰ نمونه خاک از استان گیلان Rahimi Lake و همکاران (۲۰۰۹) نشان دادند که شدت نفوذپذیری و تخلخل خاک دارای همبستگی بالایی می باشند(۱۵). بر اساس تحقیقی بر روی ۸/۵ هکتار اراضی آبرفتی در آناتولی ترکیه Ersahin (۲۰۰۳) گزارش کرد که وزن مخصوص ظاهری ارتباط معنی داری با شدت نفوذپذیری دارد(۱۲).

در سال ۱۳۸۲ امداد و همکاران در تحقیقی بر روی سه تیمار کیفیت آب آبیاری (شاهد و دو تیمار با شوری های آب مختلف به ترتیب هدایت الکتریکی ۲ و ۶ دسی زیمنس بر متر و SAR به ترتیب برابر با ۱۰ و ۳۰) و برای دو حالت کاشت و نکاشت مقدار سرعت نفوذ نهایی خاک را در پایان فصل زراعی مورد مطالعه قرار دادند و نتیجه گرفتند که اثرات شوری بر سرعت نفوذ نهایی خاک ها در سطح یک درصد معنی دار می باشد. در تحقیق مذکور در تیمار اول کاهش ۱۸ درصدی و در تیمار دوم کاهش ۴۳ درصدی نفوذپذیری نسبت به شاهد مشاهده گردید. بر این اساس نتیجه گرفته شد که علت کاهش نفوذپذیری در اثر آبیاری با آب شور و سدیمی در اثر وجود سدیم و تخریب ساختمان خاک است(۲). همچنین در تحقیق دیگری Rhoades و همکاران (۱۹۹۲) نشان دادند که کیفیت آب یا شوری و سدیمی بودن بر نفوذپذیری آن موثر است(۲۰). در تحقیق مشابه دیگری Hadas و Frenkel(۱۹۸۲) بیان کردند که آب با نسبت جذب سدیمی بالا به دلیل پراکندگی ذرات رس و تورم آنها موجب کاهش پایداری ساختمان خاک گردیده و نهایتا سبب کاهش نفوذپذیری می شود (۱۳).

در تحقیق دیگری توسط نوابیان و همکاران (۱۳۸۳) یک رابطه نمایی با ضریب تبیین ۰/۸۶ برای هدایت هیدرولیکی اشباع خاک ارائه شد که متغیرهای مستقل آن شامل وزن مخصوص ظاهری، انحراف از معیار هندسی ذرات خاک و رطوبت در حالت اشباع بود(۹).

نتایج تحقیق Bergiund و همکاران (۲۰۰۳) با مطالعه نفوذپذیری خاک های مغرب نشان داد که همبستگی مثبتی بین مقادیر ماده آلی و رس خاک با نفوذپذیری وجود دارد. همچنین در تحقیق آنها رابطه منفی بین چگالی ظاهری و نفوذپذیری بدست آمد(۱۰).

هدف از تحقیق حاضر تشخیص بهترین معادله انطباق ریاضی انجام و ضرایب همبستگی هم ارز شده در فرم های مختلف ریاضی بین پارامترهای فیزیکو شیمیایی خاک از جمله کلسیم و منیزیم، هدایت الکتریکی، تخلخل، سدیم، وزن مخصوص ظاهری و اسیدیته با سرعت نفوذ نهایی خاک می باشد.

مواد و روش ها

در تحقیق حاضر ابتدا نقشه مزرعه تحقیقاتی پردیس ابوریحان دانشگاه تهران واقع در دشت ورامین با حدود ۱۲۰ هکتار وسعت، تهیه گردید سپس بر اساس یک شبکه ۲۰۰×۲۰۰ متری ۴۰ نقطه به عنوان نقاط اولیه آزمایشی برای تعیین مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک ها درنظر گرفته شدند. علت انتخاب تعداد نسبتا زیاد نقاط آزمایشی (۴۰ نقطه) شکل خاص اراضی مورد مطالعه و احتمال حذف بخشی از نقاط به دلیل واقع شدن در محل تاسیسات، نهرها، جاده ها و سایر محل های نامناسب بود. پس از حذف و یا جابجایی برخی از نقاط، نهایتاً اطلاعات و نتایج آزمایشات فیزیکی و شیمیایی ۳۴ نقطه مورد تایید و ثبت قرارگرفت. مراحل انجام آزمایشات و پارامترهای اندازه گیری شده در هر نقطه آزمایشی شامل تهیه نمونه های دست خورده و دست نخورده از افق خاک زراعی (عمق صفر تا ۵۰ سانتیمتری از سطح خاک)، انجام آزمایشات دانه بندی، تعیین درصد مواد آلی، چگالی ظاهری، چگالی حقیقی، درصد تخلخل، تعیین رنگ، اندازه گیری اسیدیته، اندازه گیری هدایت الکتریکی، اندازه گیری مقدار سدیم، اندازه گیری مقدار کلسیم و منیزیم بود. برای اندازه گیری اسیدیته از روش استاندارد الکترومتری، Mital و Shukla (۱۸)، برای طبقه بندی بافت خاک و دانه بندی از روش USDA با استفاده از مثلث بافت خاک، Mital و Shokla (۱۸) و Das (۱۱)، برای تعیین درصد مواد آلی از روش واکلی و بلک (۱۴)، برای تعیین میزان کاتیون های خاک پس از تهیه عصاره اشباع خاک، میزان سدیم از روش فلیم فتومتر (۱۴) و مجموع کلسیم و منیزیم از روش کمپلکسمتری (۱۴)، برای اندازه گیری هدایت الکتریکی از دستگاه EC متر و برای اندازه گیری نفوذپذیری نهایی خاک از روش استوانه مضاعف (۱) استفاده شد. در مرحله بعد بر اساس نقشه محدوده مطالعات و انطباق نتایج آزمایشات فیزیکی و شیمیایی بر محدوده مذکور نقشه های هم مشخصه شامل نقشه هم بافت، هم پتانسیل اسیدیته و هم پتانسیل هدایت الکتریکی خاکها تهیه شد. سپس با کمک نقشه های مذکور ۲۰ نقطه در یک پراکندگی مناسب انتخاب و پیرامون هر نقطه انتخابی در فواصل ۱۰ متری سه نقطه در سه محل کاملاً تصادفی جهت انجام آزمایشات نفوذپذیری به روش استوانه های مضاعف مشخص و آزمایشات نفوذپذیری در سه تکرار برای هر نقطه انجام شد. از این میان تکرارهای مشکوک و یا مشاهداتی که درحین انجام آزمایش به هر دلیلی با مشکل مواجه بودند از نتایج نهایی حذف و یا آزمایش مجدد صورت گرفت و در نهایت سرعت نفوذ نهایی ۱۸ نقطه آزمایشی ثبت و مورد استفاده قرار گرفت. خلاصه نتایج آزمایشات فیزیکی، شیمیایی و نفوذپذیری نهایی نقاط آزمایشی در جدول ۱ ارائه شده است. به منظور تحلیل داده های میدانی برداشت شده نفوذپذیری، یک برنامه کامپیوتری تهیه و داده های مزرعه ای به کمک برنامه مذکور بر اساس روش Kostiakov-Lewis تحلیل و معادلات نفوذ و همچنین مقادیر نفوذ نهایی خاک ها محاسبه شد. پس از آن براساس نتایج پارامترهای فیزیکی و شیمیایی خاک های مزرعه از یک سو و نتایج نفوذپذیری نهایی خاک ها از سوی دیگر بر مبنای همبستگی های خطی، لگاریتمی، توانی و نمایی تحلیل آماری انجام و معادلات ریاضی مربوطه استخراج شد. به منظور تاکید بر اهمیت بررسی بهترین معادله انطباق ریاضی در این تحقیق بین تابع و متغیرها روابط مختلفی از جمله روابط خطی، لگاریتمی، توانی و نمایی مورد بررسی قرار گرفتند. در مطالعات مشابه نیز توصیه می شود در مقایسه ضرائب همبستگی در فرم های مختلف ریاضی دقت شود که این ضرائب هم ارز نیستند، به طور مثال در فرم خطی همبستگی بین x و y و در فرم لگاریتمی بین y و Ln(x) و در فرم نمائی همبستگی بین x و Ln(y) و در فرم توانی بین

Archive of SID

www.SID.ir

Ln(x) و Ln(y) می باشـد. بر این اساس لازم است ضرایب همبستگی هم ارز را بدست آورده و مبناء تصمیم گیری قرار داد. ضرایب همبستگی هم ارز شده را میتوان در فرم های معادلات مختلف ریاضی از رابطه زیر محاسبه و سپس مورد مقایسه قرار داد (۷).

$$R^2 = 1 - (\sum (Y_i - \hat{Y}_i)^2 / \sum (Y_i - \overline{Y}_i)^2) \quad (۳)$$

پارامترهـای مـورد نظردر رابطه فـوق در این رابطه عبارتنـد از R ضریب همبستگی هم ارز شده بین یک پارامتر فیزیکی و یا شیمیایی با نفوذ نهایی Yi، مقادیرمشـاهده شده نفوذ نهایی درهریک ازنقاط آزمایشی، Ŷi مقادیر برازش داده شـده نفوذ حاصل از معادلات همبستگی غیرهم ارز و میانگین مقادیرمشـاهده شده نفوذ نهایی می باشـد. در حالات مختلف همبستگی، معادلـه ای بهترین انطبـاق ریاضی را دارد که دارای بالاترین مقدار حاصل از رابطه فوق باشـد. بـرای نمونه درخصوص روابـط لگاریتمی می توان به جای مقادیر x وy از لگاریتم آنها در محاسـبات اسـتفاده نمود، عمیدی و وحیدی(۶) و رضایی(۳):

$$Logy = Loga + b.Logx \quad (۴)$$

ورابطه اصلی رابرحسب aو bنوشت:

$$y = a.x^b \quad (۵)$$

کـه درآن y نفوذپذیری نهایی خـاک ها و x یکی از پارامترهای فیزیکی و یا شـیمیایی خاک است. بررسی معادلات ریاضی بین هر سری از داده های مشـخصات خاک ها و داده های نفوذپذیری بر اسـاس آزمون همبستگی و تشـخیص بهترین معادله انطباق ریاضی انجام و ضرایب همبستگی هم ارز شده در فرم های مختلف ریاضی از رابطه ۳ محاسبه و سپس مورد مقایسه قرارگرفتنـد. در نهایـت فرم معادلـه ای که دارای بالاترین مقدار ضریب همبستگی بود، به عنوان بهترین انطباق ریاضی مشخص شد.

جدول ۱- پارامترهای فیزیکی و شیمیایی و سرعت نفوذ نهایی خاک نقاط آزمایشی

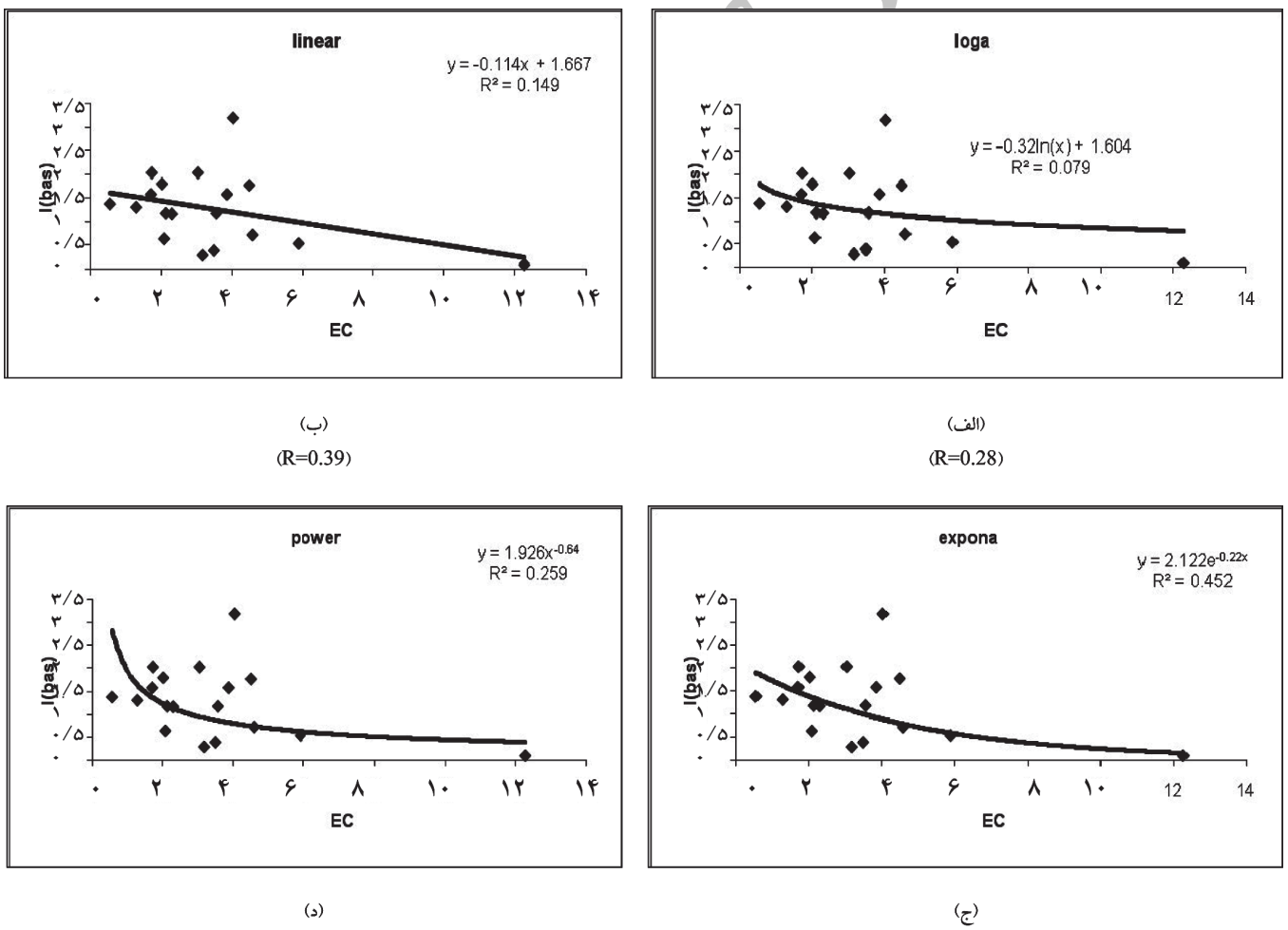
نقاط آزمایشی	کلسیم ومنیزیم (میلی اکی والان بر لیتر)	هدایت الکتریکی (دسیزیمنس بر متر)	تخلخل (درصد)	سدیم (میلی اکی والان بر لیتر)	وزن مخصوص ظاهری (گرم بر سانتیمتر مکعب)	اسیدیته	نفوذپذیری نهایی (سانتیمتر بر ساعت)
۱	۳/۵	۲/۰۲	۴۴	۱۶	۱/۴۱	۸/۹	۱/۸
۲	۱۸	۱/۲۹	۴۲	۲۶	۱/۴۱	۸/۲	۱/۳۱
۳	۸/۵	۴/۵۸	۴۳	۳۵	۱/۴	۸/۷	۰/۷۲
۴	۱۲	۰/۵۵	۴۰	۱۵	۱/۴۶	۸/۷	۱/۳۸
۵	۵/۴	۲/۳	۴۰	۱۳	۱/۵	۸/۱	۱/۱۷
۶	۳/۸	۱/۷۳	۴۰	۱۰	۱/۵۳	۸/۴	۲/۰۳
۷	۸	۳/۸۶	۴۵	۳۲	۱/۳۷	۸/۴	۱/۵۸
۸	۴/۴	۲/۰۸	۴۱	۱۳	۱/۴۶	۸/۴	۰/۶۴
۹	۱۷	۵/۸۹	۴۷	۳۷	۱/۲۹	۸/۲	۰/۵۴
۱۰	۱۹/۸	۴/۰۳	۴۷	۲۱	۱/۳۳	۸	۳/۱۹
۱۱	۶/۱	۳/۱۷	۴۱	۲۱	۱/۴۸	۸/۳	۰/۲۹
۱۲	۱۰/۳	۳/۵۶	۴۴	۲۸	۱/۳۵	۸/۵	۱/۱۸
۱۳	۸/۶	۳/۴۹	۴۰	۲۴	۱/۵۵	۸/۴	۰/۳۹
۱۴	۱۸	۴/۴۹	۴۱	۳۵	۱/۴۹	۸/۲	۱/۷۷
۱۵	۴۷	۳/۰۴	۳۸	۲۵	۱/۵۲	۸	۲/۰۳
۱۶	۱۰/۶	۲/۱۳	۳۳	۱۳/۲۵	۱/۶۳	۸/۵	۱/۱۸
۱۷	۳۴/۴	۱۲/۲۷	۴۴	۷۰	۱/۳۷	۸/۸	۰/۱
۱۸	۱۱/۲	۱/۷۱	۳۶	۱۷	۱/۶۸	۸/۷	۱/۵۸

نتایج

مقادیر متوسط کل داده های ثبت شده (۳۴ نقطه آزمایشی) برای پارامترهای چگالی ظاهری، تخلخل، اسیدیته، هدایت الکتریکی، سدیم، کلسیم و منیزیم و درصد ماده آلی خاک های مورد بحث به ترتیب مساوی ۱/۴۸ گرم بر سانتیمتر مکعب، ۴۰/۹۴ درصد، ۸/۴۵، ۳/۳۳ دسی زیمنس بر متر، ۲۴/۰۱ میلی اکی والان گرم در لیتر، ۱۳/۶۵ میلی اکی والان کرم در لیتر و ۰/۷۳درصد می باشد. نمونه ای از روابط به دست آمده بین سرعت نفوذ نهایی با هدایت الکتریکی در حالات مختلف غیرهم ارز در شکل ۱ نشان داده شده است.

همچنین نتایج محاسبات بر اساس روش های خطی، لگاریتمی، توانی و نمایی و نتایج بررسی های بهترین معادلات انطباق ریاضی بین مقادیر نفوذپذیری و پارامترهای یاد شده درجدول ۲ خلاصه شده است. اگرچه ضرایب همبستگی بدست آمده نشان می دهد که همبستگی بالایی بین پارامترهای فیزیکی و شیمیایی خاک ها با نفوذپذیری مشاهده نشده است، ولی نتایج زیر قابل توجه می باشد. اعداد جدول ۲ نشان می دهد که بهترین انطباق ریاضی در مورد نفوذپذیری و مشاهدات تخلخل خاک های مطالعه شده، در حالت لگاریتمی و با ضریب همبستگی ۳۸ درصد می باشد. این در شرایطی است که بر اساس ضرایب همبستگی غیرهم ارز (روش متداول محاسبات) بالاترین ضریب همبستگی در حالت توانی (۵۱ درصد) و پس از آن در حالت نمایی (۴۸ درصد) مشاهده شده است، در صورتی که مقادیر واقعی ضرایب همبستگی در هر دو حالت توانی و نمایی مساوی ۱۴درصد می باشد. این موضوع ضرورت محاسبه معادلات همبستگی در حالت های مختلف و بررسی بهترین انطباق ریاضی را نشان می دهد. همچنین در مورد نفوذپذیری و چگالی ظاهری نیز بهترین انطباق ریاضی در شکل توانی و با ضریب همبستگی ۳۵ درصد می باشد که در مقابل همبستگی نمایی با ضریب غیرهم ارز ۴۵ درصد بدست آمده است. پر واضح است کاربرد معیار ضرایب همبستگی غیرهم ارز در این موارد استفاده از معادلات و تخمین های کاملاً نامناسب را نتیجه خواهد داد.

از طرف دیگر نتایج جدول ۲ نشان می دهد که سرعت نفوذ نهایی خاک های مورد مطالعه بیشترین همبستگی را با مقادیر هدایت الکتریکی (۵۴ درصد و در حالت یک تابع توانی) و کمترین مقدار همبستگی را با دو پارامتر چگالی ظاهری و اسیدیته خاک ها (مقادیر مساوی ۳۵ درصد در



(الف) (R=0.28)

(ب) (R=0.39)

(ج) (R=0.67)

(د) (R=0.51)

شکل ۱- نمونه نمودارهای رابطه پارامتر فیزیکی و شیمیایی(EC)- نفوذ نهایی و ضریب همبستگی مربوطه در حالت الف) لگاریتمی ب) خطی ج) نمایی د) توانی

www.SID.ir

جدول ۲ - نتایج حاصل از تعیین معادلات همبستگی و ضرایب همبستگی غیر هم ارز و هم ارز شده

نقاط آزمایشی	کلسیم ومنیزیم (میلی اکی والان بر لیتر)	ضرایب همبستگی خطی		همبستگی لگاریتمی	ضرایب همبستگی خطی		همبستگی لگاریتمی	ضرایب همبستگی خطی		بهترین انطباق ریاضی
		هم ارز	غیر هم ارز		هم ارز	غیر هم ارز		هم ارز	غیر هم ارز	
I(bas)-Po	Y =۲/۳۲ x= −۸/۶۵	۳۷	۳۷	Y=۵/۳۱lnx +۴/۳۸	۳۸ *	۳۸	Y=۹/۹۹x^۰٫۲۳	۱۴	۴۸	Y=۰۰۰۶/۰e^۱٫۲۳۱x
I(bas)-Bd	Y=-۲ ۵۴/ x= ۴/۹۸	۳۰	۳۰	Y= ۳/۵۸+ lnx ۲/۶۱	۲۸	۲۹	Y=۰۴۸/۹x^۰٫۵۹۱	۳۵*	۴۵	Y=۱/۴۹۱e^۴٫۲۶۱۱x
I(bas)-pH	Y=-۹۴/۰ x =۹/۱۹	۳۳	۳۳	Y=-۱/۸lnx +۱۸/۵	۳۵*	۳۴	Y=۳E+۰۷x^۸٫۰۷	۲۸	۳۰	Y=۲/۳۸۶۵e^-۰٫۹۴۷۴x
I(bas)-EC	Y=-۱۱/۰ x +۱/۶۷	۳۹	۳۹	Y=-۳۲/۰lnx +۱/۶	۲۸	۲۸	Y=۹۳/۱x^-۱٫۶۴	۵۴*	۶۷	Y=۱۲۲۱/۲e^-۱٫۳۲۰۱x
I(bas)-Na	Y=-۰۲۱/۰x +۱/۸۱	۴۰	۴۰	Y= -۵۳/۰lnx +۲/۹	۳۳	۳۷	Y=۶۴/۱۴x^-۰٫۸۷	۲۶	۶۲	Y=۵۱۱۴/۲e^-۰٫۳۷۱x
I(bas)-(Ca+Mg)	Y=۰۰۸۹/۰x + ۱/۱۵	۱۳	۱۳	Y=۱۱/۰lnx +۱/۰۲	۱۰	۱۰	Y=۲۹/۱x^-۰٫۱۱	۴۱	۹	Y=۰۹۱۷/۱e^-۰٫۰۰۷x

*بالا ترین ضریب همبستگی هم ارز شده در ۴ حالت همبستگی خطی، لگاریتمی، توانی و نمایی

Po: تخلخل Bd: چگالی ظاهری pH: اسیدینه EC: هدایت الکتریکی Ca ,Mg , Na: میزان سدیم، منیزیم وکلسیم برحسب میلی اکی والان در لیتر

حالت های توانی و لگاریتمی) از خود نشان داده اند. اگرچه بطور کلی سدیم به دلیل متلاشی کردن خاک سبب کاهش نفوذپذیری و کلسیم و منیزیم به دلیل بهبود ساختمان خاکدانه ای آن سبب افزایش نفوذپذیری خاک ها می شود، این نکته نیز قابل توجه است که مقادیر همبستگی ۴۲ و ۴۰ درصد محاسبه شده بین پارامتر سرعت نفوذ نهایی و به ترتیب مجموع مقدار کلسیم و منیزیم و مقدار سدیم خاک ها که بالاترین مقادیر همبستگی بعد از هدایت الکتریکی را دارا می باشند، تاییدی بر صحت نتایج همبستگی بالاتر نفوذپذیری با هدایت الکتریکی می باشد. به عبارت دیگر وضعیت عمومی خاک های مطالعه شده اثبات می نماید که نفوذپذیری آنها بیشتر از آنکه تابع مشخصات فیزیکی باشد، تابع مشخصات شیمیایی است. این موضوع از منظر دیگری نیز با مراجعه به مقادیر کمتر ضرایب همبستگی محاسبه شده بین نفوذپذیری با چگالی ظاهری و تخلخل(۳۸درصد و ۳۵درصد) خاک ها قابل مشاهده است.

بحث

در محدوده داده های این تحقیق، همبستگی مثبتی بین میزان تخلخل با سرعت نفوذ نهایی و همبستگی منفی بین وزن مخصوص ظاهری، اسیدیته، هدایت الکتریکی، و میزان کاتیون های خاک با سرعت نفوذ نهایی خاک مشاهده شد. نتایج این تحقیق با نتایج تحقیقات Berglund و همکاران (۱۰) برای رابطه بین چگالی ظاهری و نفوذپذیری و تحقیقات امداد و همکاران (۲) و Hadas و Frenkel (۱۳) برای رابطه بین میزان سدیم و سرعت نفوذ نهایی خاک مطابقت دارد. باتوجه به نتایج بدست آمده به راحتی می توان اظهار نمود که در خاک های مطالعه شده سرعت نفوذ نهایی نسبت به پارامترهای فیزیکی، بیشترتابع پارامترهای شیمیایی می باشند و بیشترین همبستگی ریاضی مربوطه به هدایت الکتریکی خاک هاست که این نتیجه در خاک های شور و سدیمی قابل انتظار می باشد. ضعف شرایط فیزیکی خاک ها نیز می تواند موجب کاهش سرعت نفوذ نهایی آن شود (۱۰).

از آنجایی که اطلاع از مشخصات فیزیکی و شیمیایی و نفوذپذیری خاک ها و همبستگی آنها می تواند امکان انجام عملیات اصولی آبیاری و زهکشی را فراهم کند، درتحقیق حاضر این همبستگی بر اساس اندازه گیری های مستقیم مورد بررسی قرار گرفت.

همچنین نوع رابطه ریاضی و میزان همبستگی هر یک از پارامترهای فیزیکی و شیمیایی مطالعه شده با سرعت نفوذ نهایی خاک ها، در حالت های هم ارز و غیرهم ارز محاسبه و مقایسه شد. نتایج نشان داد که نه تنها بررسی همبستگی نفوذپذیری با مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک ها در حالات مختلف ریاضی لازم است، بلکه بررسی بهترین معادله انطباق ریاضی ضروری است. در غیر اینصورت تخمین های غیرصحیح از مقادیر نفوذپذیری سبب هدر رفت منابع آب و خاک و سرمایه های ملی خواهد شد.

تشکر و قدردانی

تمام بودجه این تحقیق از محل اعتبارات معاونت پژوهشی دانشگاه تهران، تامین شده است. بدینوسیله از معاونت پژوهشی دانشگاه تهران کمال تشکر و قدردانی را ابراز میدارد.

Archive of SID

منابع مورد استفاده

۱- اکرم، م. ، بهنام، ب. ، پذیرا، ا. ، حقیقت طلب، ع.، روحی، ا.، لطفی، ا.، (۱۳۷۳) دستورالعمل اندازه گیری سرعت نفوذ آب به خاک به روش یک استوانه، وزارت نیرو.

۲- امداد، م.ر. ، فرداد، ح.، سیادت، ح.، (۱۳۸۲) تاثیر کیفیت های مختلف آب آبیاری(شور و سدیمی) بر نفوذپذیری نهایی خاک در آبیاری جویچه ای، یازدهمین همایش کمیته ملی آبیاری و زهکشی، ۵۴۱-۵۵۱.

۳- رضایی، ع.م.، (۱۳۷۴) مفاهیم آمار و احتمالات، نشر مشهد، ۴۳۱ صفحه.

۴- علیزاده، ا. ، (۱۳۸۱) رابطه آب و خاک وگیاه ، آستان قدس رضوی ، ۴۷۰ صفحه.

۵- علیزاده، ا.، (۱۳۸۱) طراحی سیستم های آبیاری، آستان قدس رضوی، ۶۵۵ صفحه.

۶- عمیدی، ع. ، وحیدی اصل، م.ق.، (۱۳۷۸) آمارریاضی، مرکزنشردانشگاهی، ۶۵۰ صفحه.

۷- فرشادفر، ع.ا. ،(۱۳۸۰) اصول وروش های پیشرفته آماری (تجزیه رگرسیون)، طاق بستان، ۹۰۶ صفحه.

۸- محمدی، م. ، رفاهی ح. ع.، (۱۳۸۴) تخمین پارامترهای معادلات نفوذ توسط خصوصیات فیزیکی خاک، مجله علوم کشاورزی، جلد ۳۶، شماره ۶.

۹- نوابیان، م.، لیاقت، ع. م.، همایی، م.، (۱۳۸۳) برآورد سریع هدایت آبی اشباع خاک با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی، سومین کارگاه فنی زهکشی، ۱۴۷-۱۵۷.

10- Berglund, E. R., Ahyoud A. and Tayaa, M. (2003) Comparison of soil and infiltration properties of range and afforested sites in northern Morocco. *Forest Ecology and Management,* Vol. 3, 295-306.

11- Das, B. M. (1990) Principles of Geothechnical Engineering. pws-Kent Publishing Company: 73-74pp.

12- Ersahin, S. (2003) Comparing Ordinary Kriging and Cokriging to Estimate Infiltration Rate, *Soil Science Society of America Journal (sssaj).*Vol. 67 No. 6, 1848-1855.

13- Hadas, A. H. and Frenkel, H. (1982) Infiltration as affected by long-term use of sodic-saline water for irrigation. *Soil science society of American Journal*. Vol. 46.

14- Horton, R. E. (1940) An approach toward to physical interpretation of infiltration capacity. *Soil. Sci. Soc. Am.* J. 5: 399-417.

15- Kostiakov, A. N. (1932) On the dynamic of coefficient of water percolation in soils and on the necessity for studying it from a dynamic point of view for purposes of amelioration. Trans sixth comm. *Intern. Soil. Sci. Soc. Russia.* Part A. pp 17-21.

16- Mittal, S. and Shukla, Er. J. P. (2000) *Soil Testing for Engineeres. Khanna Publishers*: 145-146 pp.

17- Page A.L. et al. (1982) Methods of soil analysis: Chemical and Microbiological Properties (2th ed.), *American Society of Agronomy* Inc., pp. 238-539.

18- Philip, J. R. (1957) The theory of infiltration. I. Infiltration equation and its solution. *Soil. Sci*. 83: 345-357.

19- Rahimi Lake, H., Akbarzadeh, A. and Taghizadeh M. R. (2009) Development of pedo transfer functions (PTFs) to predict soil physico-chemical and hydrological characteristics in southern coastal zones of the Caspian Sea, *Journal of Ecology and the Natural Environment* Vol. 1(7), pp 160-172.

20- Rhoades, J. D., Kandiah, A. and Mashali, A.M. (1992) *The use of saline waters for crop production*. FAO Irrigation and Drainage paper No. 48.

Archive of SID