شانزدهمین کنگره علوم خاک ایران

دانشگاه زنجان، ۵ تا ۷ شهریور ۱۳۹۸

محور مقاله: فیزیک خاک و رشد گیاه

پیش‌بینی رطوبت اشباع و هدایت هیدرولیکی اشباع خاک با استفاده از مدل ساکستون –رالز

لیلا رضائی[۱*]، ناصر دواتگر[۲]

[۱] کارشناس ارشد، آزمایشگاه فیزیک خاک موسسه تحقیقات برنج کشور

[۲] دانشیار ، عضو هیات علمی موسسه تحقیقات خاک و آب کرج

چکیده

هدایت هیدرولیکی اشباع خاک یکی از مهمترین خصوصیات هیدرولیکی خاک است که روی جریان آب و انتقال املاح اثر می‌گذارد. اندازه‌گیری این خواص اغلب دشوار، وقت‌گیر و پر هزینه است، بنابراین تلاش‌های زیادی صورت گرفته تا بتوان به طور غیر مستقیم ویژگی‌های هیدرولیکی خاک را با استفاده از روش‌های سریع و کم هزینه و از خواص فیزیکی و شیمیایی سهل الوصول خاک مانند بافت خاک و ماده آلی، با استفاده از توابع انتقالی و با دقتی قابل قبول برآورد کنند. در ۱۲۰ نمونه خاک سطحی شالیزاری با توزیع جغرافیایی یکنواخت، بافت خاک، کربن آلی، جرم مخصوص ظاهری، رطوبت اشباع و هدایت هیدرولیکی اشباع خاک اندازه‌گیری شدند. هدف از این مطالعه، ارزیابی روش ساکستون- رالز (۲۰۰۶) در برآورد هدایت هیدرولیکی اشباع و رطوبت اشباع در خاک‌های شالیزاری استان گیلان است. نتایج تحقیق نشان داد که مدل مذکور کارایی بیشتری در پیش‌بینی مقدار رطوبت اشباع (R^2=0.52) نسبت به هدایت هیدرولیکی اشباع (R^2=0.32) خاک‌های شالیزاری دارد.

کلمات کلیدی: بافت خاک، توابع انتقالی، خاک‌های شالیزاری، رطوبت خاک، ماده آلی.

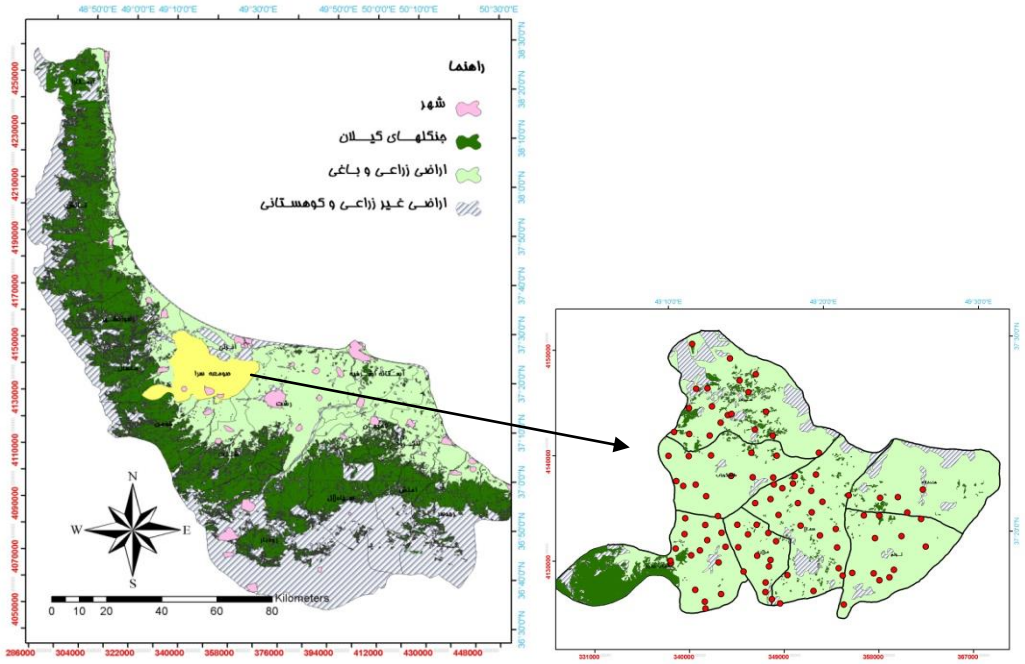
مقدمه

رطوبت و هدایت هیدرولیکی اشباع خاک یکی از مهمترین ویژگیهای فیزیکی خاک می‌باشد که آگاهی از آن در مطالعات مرتبط با آبیاری، زهکشی، هیدرولوژی و منابع آب، ضروری می‌باشد. مقدار K_s با روش‌های مختلف صحرایی یا آزمایشگاهی، به صورت مستقیم قابل تعیین است، اما این روش‌ها غالباً پر هزینه و وقت‌گیر می‌باشند و به علاوه، به علت تغییرات زیاد مکانی K_s تعیین این متغیرها به ویژه در در مقیاس وسیع، مانند یک حوضه آبریز، بسیار مشکل است (Mermoud and Xu, 2006). این مساله محققان را بر آن داشته است که استفاده از روشهای غیر مستقیم برای تعیین این متغیرها را گسترش دهند (Sobieraj و همکاران ۲۰۰۱؛ Janika و همکاران ۲۰۰۷). در روش‌های غیر مستقیم تخمین خواص هیدرولیکی خاک، استفاده از خواص زودیافت خاک مانند بافت خاک، جرم مخصوص ظاهری و کربن آلی ضروری است. یکی از روش‌های غیر مستقیم ایجاد توابع انتقالی است. تحقیقات زیادی نشان داده است که رابطه معنی‌داری بین خصوصیات آب خاک با پارامترهایی نظیر بافت خاک وجود دارد (Ahuja و همکاران ۱۹۸۵؛ Rawls و همکاران ۱۹۹۸، Pachepsky و همکاران ۲۰۰۶). Saxton و همکاران (۱۹۸۶) با استفاده از خواص زودیافت خاک روشی را برای برآورد خواص هیدرولیکی خاک ارائه نمودند. مهمترین مزیت مدل Saxton و همکاران (۱۹۸۶) در این است که فقط نیاز به داده‌های بافت خاک و ماده آلی است. سپس Saxton and Rawls (۲۰۰۶) مدل مذکور را با واسنجی آن بر ۱۷۰۰ نمونه خاک مختلف اصلاح و بهبود بخشیدند. Gigsman و همکاران (۲۰۰۲) هشت مدل تخمین منحنی مشخصه آب خاک را با داده‌های واقعی مورد مقایسه قرار دادند. نتایج این محققین نشان داد که مدل Saxton (۱۹۸۶) بر پایه بافت خاک دارای بیشترین صحت بود. Boon Sung and Iba (۲۰۱۰) با واسنجی مدل ساکستون و رالز در دامنه وسیعی از خاک‌های مالزی، خطای مدل را در برآورد رطوبت‌های اشباع، ظرفیت مزرعه‌ای و نقطه پژمردگی دائم کاهش دادند. Alaya و همکاران (۲۰۱۷) از مدل ساکستون و رالز برای تخمین ویژگی‌های هیدرولیکی خاک (رطوبت ظرفیت مزرعه، نقطه پژمردگی و ظرفیت نگهداری آب) استفاده کردند. نتایج این محققین حاکی از تخمین خوب مدل در برآورد رطوبت ظرفیت مزرعه و نقطه پژمردگی بود. این مطالعه به هدف ارزیابی کارایی مدل Saxton and Rawls (۲۰۰۶) برای پیش‌بینی رطوبت و هدایت هیدرولیکی اشباع در خاک‌های شالیزاری انجام شد.

مواد و روش‌ها

* ایمیل نویسنده مسئول: l.rezaee77@gmail.com

این مطالعه با استفاده از ۱۲۰ نمونه خاک سطحی اراضی شالیزاری با توزیع جغرافیایی یکنواخت در شهرستان صومعه‌سرا در طول جغرافیایی ۱۵' ۴۹° تا ۳۳' ۴۹° و عرض جغرافیایی ۱۵' ۳۷° تا ۲۵' ۳۷° واقع در استان گیلان انجام شد. موقعیت جغرافیایی ناحیه مورد مطالعه در شکل ۱ نشان داده شده است. نمونه‌های خاک دست‌خورده پس از خشک شدن در هوا و عبور از الک دو میلی‌متری برای تجزیه‌های فیزیکی و شیمیایی آماده شدند. بافت خاک به روش هیدرومتر (Gee and Bauder، ۱۹۸۶)، جرم مخصوص ظاهری در نمونه‌های دست نخورده به روش سیلندر (Klute، ۱۹۸۶)، کربن آلی به روش والکلی بلاک (Page و همکاران ۱۹۸۲)، رطوبت اشباع به روش وزنی (Page و همکاران ۱۹۸۲) و هدایت هیدرولیکی اشباع به روش بار افتان (Klute، ۱۹۸۶) اندازه‌گیری شدند. از داده‌های مربوط به بافت و کربن آلی برای تعیین ویژگی‌های هیدرولیکی خاک توسط معادلات ساکستون و رالز استفاده شد.

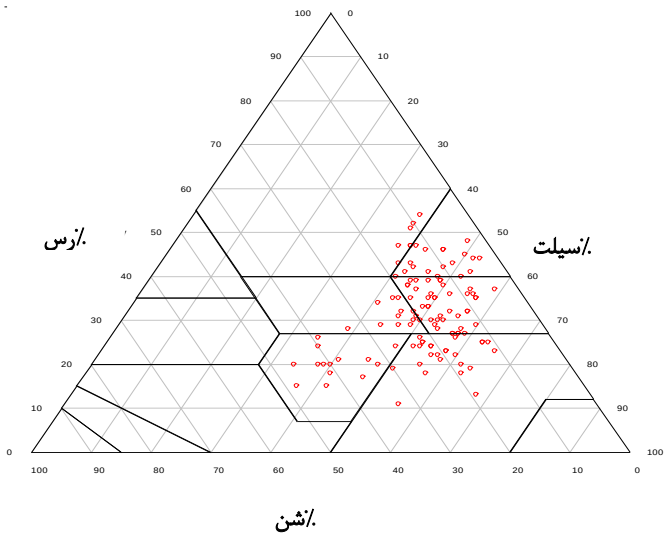


شکل ۱. توزیع ۱۲۰ نمونه خاک سطحی در شهرستان صومعه سرا

از آماره‌های توصیفی حداقل، حداکثر، میانگین، میانه، واریانس، چولگی، کشیدگی و ضریب تغییرات برای تعیین موقعیت مرکزی و پراکندگی متغیرها استفاده شد. برای محاسبات آمار توصیفی و رگرسیونی از نرم افزار SPSS (نسخه ۱۷) استفاده گردید. نرمال بودن توزیع فراوانی ویژگی‌ها با استفاده از آزمون معنی‌دار چولگی و کشیدگی ارزیابی گردید. صحت برآورد مدل با استفاده از آماره‌های میانگین خطا (ME) و ریشه میانگین مربعات خطا (RMSE) انجام گردید. صحت پیش‌بینی‌ها با برازش مقادیر پیش‌بینی متغیرهای رطوبت اشباع و هدایت هیدرولیکی اشباع در مقابل مقدار اندازه-گیری شده در نمودار ۱:۱ ارزیابی گردید. رسم نمودارها با نرم افزار Excel نسخه ۲۰۰۷ انجام شد.

نتایج و بحث

توزیع نمونه خاک‌های مطالعه شده در مثلث بافت خاک در شکل ۲ نشان داده شده است. کلاس‌های بافتی غالب در این خاک‌ها به ترتیب عبارت بودند از: لوم رسی سیلتی (۴۵ نمونه)، لوم سیلتی (۲۸ نمونه)، رسی سیلتی (۱۸ نمونه)، لوم (۱۴ نمونه)، لوم رسی (۱۰ نمونه)، رس (۵ نمونه). بیشتر نمونه‌ها در خاک‌های با کلاس بافتی متوسط تا سنگین قرار داشتند.



شکل ۲. توزیع نمونه خاک‌های مطالعه شده در مثلث بافت خاک

آماره‌های توصیفی توزیع اندازه ذرات، کربن آلی، جرم مخصوص ظاهری، رطوبت اشباع و هدایت هیدرولیکی اشباع در جدول ۱ نشان داده شده است. هدایت هیدرولیکی اشباع دارای بیشترین چولگی، کشیدگی و ضریب تغییرات بود. این ویژگی دامنه وسیعی از داده‌های با درجه متفاوت از بزرگی مقدار را نشان می‌دهد که در نتیجه توزیع غیر یکنواخت منافذ در خاک است. این پدیده منجر به توزیع فراوانی غیر نرمال یا چولگی مثبت می-گردد. Schaap and Leij (۲۰۰۰) نیز بیان کردند که به طور کلی هدایت هیدرولیکی اشباع دارای توزیع فراوانی لاگ نرمال است.

جدول ۱. آمار توصیفی برخی از خواص فیزیکی خاک در اراضی شالیزاری مطالعه شده

آماره	شن (٪)	سیلت (٪)	رس (٪)	کربن آلی (٪)	جرم مخصوص ظاهری (g/cm^3)	رطوبت اشباع (٪)	K_s cm/day
حداقل	۳	۳۴	۱۱	۰/۷	۰/۷۲	۰/۴۳	۰/۰۱
حداکثر	۴۸	۶۸	۵۴	۶/۴۶	۱/۳۵	۰/۶۵	۰/۹۲
میانگین	۱۸/۵	۴۹/۹	۳۱/۵	۲/۶۹	۱	۰/۵۷	۰/۱۶
میانه	۱۷	۵۰	۳۱	۲/۵۲	۰/۹۸	۰/۵۷	۰/۱
واریانس	۹۱/۰۸	۵۵/۶۵	۸۸/۰۴	۱/۳۳	۰/۰۱۴	۰/۰۰۲	۰/۰۲۷
چولگی	۱/۱۳*	۰/۰۳ns	۰/۱۶ ns	۰/۸۳*	۰/۶۳*	-۰/۷۲*	۲/۴۴*
کشیدگی	۱/۱۴	-۰/۶۱	-۰/۶۶	۰/۷	۰/۴۷	۰/۸۴	۶/۳۸
ضریب تغییرات (٪)	۵۲	۱۵	۳۰	۴۳	۱۲	۷	۱۰۶

*: معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد

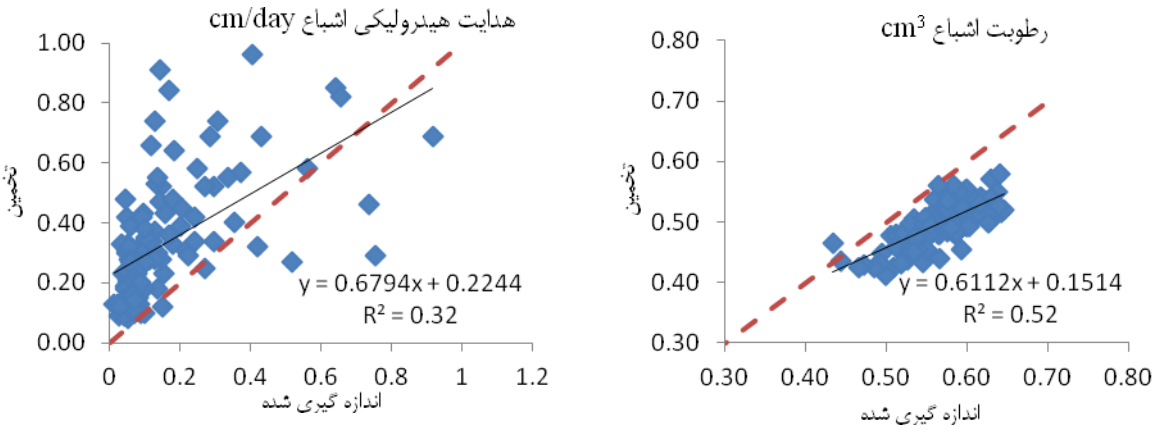
ns: غیر معنی‌دار

ماتریس ضرایب همبستگی بین ویژگی‌های هیدرولیکی و خواص پایه خاک نشان داد که هدایت هیدرولیکی اشباع خاک همبستگی مثبت معنی‌دار با شن (r=0.40) و همبستگی منفی معنی‌دار با رس (r=0.60) دارد. رطوبت اشباع خاک دارای همبستگی منفی معنی دار با شن (r=0.56) و همبستگی مثبت معنی دار با رس (r=0.50) بود (نتایج نشان داده نشده است). خاک‌های مورد مطالعه در این تحقیق، در محدوده خاکهای با بافت متوسط تا سنگین قرار داشتند. این خاک‌ها دارای رس زیاد و شن کم بودند. با افزایش رس خاک مقدار منافذ ریز خاک افزایش و در نتیجه رطوبت

اشباع خاک افزایش و هدایت هیدرولیکی اشباع کاهش می‌یابد (Ahuja و همکاران ۱۹۸۴). در خاک‌های شالیزاری به دلیل عملیات شخم و گلخرابی ساختمان خاک تخریب و در نتیجه از مقدار منافذ بزرگ کاسته شده و بر منافذ ریز افزوده می‌گردد. هر اندازه منافذ کوچکتر و مقدار منافذ بیشتر باشد، مقدار آب نگهداری شده در خاک افزایش و هدایت هیدرولیکی خاک کاهش می‌یابد. منافذ درشت نقش مهمتری را در افزایش هدایت هیدرولیکی اشباع خاک ایفا می‌کنند، اما این منافذ در خاک‌های شالیزاری وجود ندارد، به نظر می‌رسد بیش برآوردی هدایت هیدرولیکی اشباع خاک با استفاده از مدل Saxton and Rawls (۲۰۰۶) نسبت به شرایط واقعی ناشی از عدم وجود این منافذ در خاک‌های شالیزار مورد مطالعه باشد. همبستگی بین رطوبت اشباع و هدایت هیدرولیکی اشباع خاک با جرم مخصوص ظاهری منفی بود. خاکهای شنی با وجود جرم مخصوص ظاهری بالاتر و تخلخل کل کمتر از خاکهای رسی، دارای توزیع اندازه منافذ درشت‌تری هستند و در نتیجه رطوبت حجمی خاک کاهش می‌یابد. به عبارت دیگر هر اندازه ρ_b خاک بیشتر باشد، یعنی جرم بیشتری در واحد حجم خاک و فضای کمتری برای عبور آب وجود دارد. به این ترتیب انتظار براین است با افزایشρ_b هدایت هیدرولیکی اشباع خاک کاهش یابد. همبستگی بین رطوبت اشباع و کربن آلی خاک مثبت معنی‌دار ($r=0.51$) بود. به نظر می‌رسد ماده آلی با افزایش ظرفیت نگهداری اب خاک باعث افزایش رطوبت حجمی اشباع خاک می‌شود. در این مطالعه رابطه معنی‌داری بین هدایت هیدرولیکی اشباع و کربن آلی مشاهده نشد.

Gulser and Candemir (۲۰۰۸) و Schaap and Leij (۱۹۹۸) بیان داشتند که علاوه بر خصوصیات فیزیکی خاک، استفاده از ضرایب رطوبتی (رطوبت ظرفیت مزرعه ای و نقطه پژمردگی دائم) در مدل‌ها سبب می‌شود که هدایت هیدرولیکی اشباع در خاک‌ها به گونه‌ای صحیح‌تر پیش-بینی شود. مسکینی و همکاران (۱۳۸۹) نشان دادند که بیشترین اثر مستقیم خصوصیات خاک بر هدایت هیدرولیکی اشباع در خاک‌های شالیزاری شالیزاری از طریق رطوبت حجمی خاک در ظرفیت مزرعه به دست می‌آید که نشاندهنده اهمیت این پارامتر در پیش‌بینی هدایت هیدرولیکی اشباع است. برازش مقادیررطوبت اشباع و هدایت هیدرولیکی اشباع پیش‌بینی شده در برابر مقادیر اندازه‌گیری شده در شکل ۳ نشان داده شده است. هرچه نقاط به خط ۱:۱ نزدیکتر باشند، نشان دهنده انحراف کمتر مقادیر برآورد شده از مقادیر واقعی و برآورد دقیق‌تر مدل است.

ضریب تعیین برآوردهای هدایت هیدرولیکی اشباع و رطوبت اشباع با استفاده از روش Saxton and Rawls در مقابل مقادیر اندازه‌گیری شده این متغیرها به ترتیب ۰/۳۲ و ۰/۵۲ بود. میانگین خطا (ME) و ریشه میانگین مربعات خطا (RMSE) برای هدایت هیدرولیکی اشباع خاک به ترتیب ۰/۱۷- و ۰/۲۴ و برای رطوبت اشباع خاک ۰/۰۷ و ۰/۰۸ بدست آمد. این آماره نشان داد که این مدل در پیش‌بینی رطوبت اشباع نسبت به هدایت هیدرولیکی اشباع موفق‌تر بود. روش مذکور، هدایت هیدرولیکی اشباع خاک را بیشتر از مقدار واقعی (overestimate) و رطوبت اشباع را کمتر از مقدار واقعی (underestimate) برآورد کرد (شکل ۳). Boon Sung and Iba (۲۰۱۰) نیز گزارش نمودند که استفاده از مدل Saxton and Rawls (۲۰۰۶) رطوبت اشباع را کمتر از مقادیر واقعی برآورد می‌کند.



شکل ۳. صحت تخمین با استفاده از مدل ساکستون-رالز برای هدایت هیدرولیکی اشباع و رطوبت اشباع خاک.

Rawls و همکاران (۱۹۹۸) بیان کردند که مهمترین فاکتور در تعیین مقدار هدایت هیدرولیکی اشباع، توزیع اندازه منافذ به ویژه مقدار کل منافذ درشت و متوسط می‌باشد. نتایج تحقیقات Aimrun و همکاران (۲۰۰۴) نشان داد که تخلخل مؤثر (تفاوت بین تخلخل کل و رطوبت ظرفیت

مزرعه‌ای) می‌تواند به عنوان متغیر مهمی در تخمین هدایت هیدرولیکی اشباع خاک‌های شالیزار به کار برده شود، زیرا مقدار رطوبت خاک در ظرفیت مزرعه‌ای اطلاعات بیشتری در مورد ساختار منافذ خاک نسبت به بافت و جرم مخصوص ظاهری فراهم می‌کند (Gulser and Candemir, 2008).

نتیجه‌گیری

در این تحقیق از مدل Saxton and Rawls (۲۰۰۶) برای پیش‌بینی رطوبت اشباع و هدایت هیدرولیکی خاکهای شالیزاری با استفاده از برخی ویژگی‌های سهل الوصول خاک استفاده شد. نتایج نشان داد که مدل Saxton and Rawls (۲۰۰۶) کارایی بیشتری در پیش‌بینی مقدار رطوبت اشباع نسبت به هدایت هیدرولیکی اشباع خاک‌های شالیزاری دارد. برای استفاده از مدل Saxton and Rawls در پیش‌بینی هدایت هیدرولیکی اشباع، لازم است این مدل با شناسایی متغیرهای سهل‌الوصول که شاخص مناسبی از ویژگی‌های منافذ در ارتباط با جریان آب در خاک هستند، اصلاح گردد.

منابع

مسکینی ویشکایی، ف.، شعبانپور شهرستانی، م. و دوات‌گر، ن. ۱۳۸۹. تجزیه علیت خصوصیات خاک مؤثر بر هدایت هیدرولیکی اشباع خاکهای شالیزاری. نشریه آب و خاک، ۲۴ (۶)، ۱۲۵۳-۱۲۴۶.

Ahuja, L.R., Naney, J.W. and Williams, R.D. 1985. Estimating soil water characteristics from simpler properties or limited data. Soil Science Society of America Journal, 49: 1100-1105.

Ahuja, L.R., Naney, J.W., Green, R.E. and Nielsen, D.R. 1984. Macroporosity to characterize spatial variability of hydraulic conductivity and effects of land management. Soil Science Society of America Journal, 48: 699- 702.

Aimrun, W., Amin, M.S.M. and Eltaib, S.M. 2004. Effective porosity of paddy soils as estimation of its saturated hydraulic conductivity. Geoderma, 121: 197-203.

Alaya, I., Mohamed Moncef Masmoudi, Lagacherie, Ph., Coulouma, G., Jacob, F. and Ben Mechlia, B. 2017. Performance of Saxton and Rawls Pedotransfer Functions for Estimating Soil Water Properties in the Cap Bon Region-Northern Tunisia. Springer, 77-85.

Boon Sung, C.h. and Iba, J. 2010. Accuracy of the Saxton – Rawls method for estimating the soil water characteristics for mineral soils of Malaysia. Pertanika J. Trop. Agric. Sci. 33: 297-302.

Gee G.W. and Bauder J.W. 1986. Particle size analysis. In: A. Klute (Editor), Methods of Soil Analysis, Part 1, 2nd ed. Agron. Monogr. 9, ASA, Madison, WI, pp.383-409.

Gigsman, A.J., Jagtap, S.S. and Jone J.W. 2002. Wading through a swamp of complete confusion: How to choose a method for estimating soil water retention parameters for crop models. European Journal of Agronomy, 18: 75-105.

Gulser, C. and Candemir F. 2008. Prediction of saturated hydraulic conductivity using some moisture constants and soil physical properties. Journal of Applied Science, 4: 418-424.

Janik, L.J., Merry, R.H., Forrester, S.T., Lanyon, D.M. and Rawson, A. 2007. Rapid prediction of soil water retention using mid infrared spectroscopy. Soil Science Society of America Journal, 71, 507-514.

Klute, A. 1986. Methods of Soil Analysis, Part 1, Physical and Mineralogical Methods. Madison, Wisconsin, USA.

Mermoud A. and Xu D. 2006. Comparative analysis of three methods to generate soil hydraulic functions. Soil & Tillage Research, 87: 89-100.

Page, A.L., Miller, R.H. and Keeney, D.R. 1982. Methods of Soil Analysis. Part2. Chemical and microbiological properties, American Society of Agronomy, Inc. Soil Science American. Madison, Wisconsin. USA.

Pachepsky, Y.A., Rawls, W.J. and Lin, H.S. 2006. Hydropedology and pedotransfer functions. Geoderma, 131:308–316.

Rawls, W.J., Gimenez, D. and Grossman, R. 1998. Use of texture, bulk density, and slope of the water retention curve to predict saturated hydraulic conductivity. Trans. ASAE, 41(4): 983-988.

Saxton, K.E., Rawls, W.J., Romberger, J.S. and Papendick, R.I. 1986. Estimating generalized soil-water characteristics from texture. Soil Science Society of America Journal, 50:1031-1036.

Saxton, K.E. and Rawls, W.J. 2006. Soil water characteristic estimates by texture and organic matter for hydrologic solution. Soil Science Society of America Journal, 70: 1569-1578.

Schaap, M.G. and Leij, F.J. 1998. Using neural networks to predict soil water retention and hydraulic conductivity. Soil and Tillage Research, 47: 37-42.

Schaap M.G., and Leij F.L. 2000. Improved prediction of unsaturated hydraulic conductivity with the Mualem-van Genuchten model. Soil Science Society of America Journal, 64: 843–851.

Sobieraj, J.A., Elsenbeer, H. and Vertessy, R.A. 2001. Pedotransfer functions for estimating saturated hydraulic conductivity. Journal of Hydrology, 251: 202-220.

16th Iranian Soil Science Congress

University of Zanjan, Iran, August 27-29, 2019

Topic for submission: Soil Physics and Plant Growth

The predicting soil saturated moisture and saturated hydraulic conductivity using Saxton-Rawls model

Rezaee[*1], L., Davatgar, N[2]

[1] Expert (MSc.) of soil physics laboratory, Rice Research Institute of Iran

[2] Associate Prof., Soil and Water Research Institute, Karaj, Iran

Abstract

The soil saturation hydraulic conductivity is one of the most important hydraulic properties of soil that affects the flow of water and the transfer of soluble material. Measuring these properties is often difficult, time-consuming and costly, so many effort has been made to predict the soil hydraulic properties indirectly using quick and low cost methods and easy soil physical and chemical properties such as soil texture and organic matter, using pedotransfer functions. In 120 samples of rice paddy soil with a uniform geographical distribution, soil texture, organic carbon, bulk density, saturation moisture and hydraulic conductivity of soil were measured. The purpose of this study was to evaluate the Sakeston-Rawls (2006) method for estimating the saturation hydraulic conductivity and saturated moisture in paddy soils of Guilan. The results showed that the model has more efficiency in predicting the saturation moisture content (R^2 = 0.52) compared to saturated hydraulic conductivity (R^2 = 0.32) of paddy soils.

Keywords: organic matter, paddy soil, pedotransfer functions, soil moisture, soil texture.

[*] Corresponding author, Email: l.rezaee77@gmail.com