

ارزیابی مدل کمپیل برای تعیین منحنی خصوصیات آب خاک

عباس رضایی^۱، محمدرضا نیشابوری^۲ و علی اصغر جعفرزاده^۳
۱، ۲ و ۳- به ترتیب مربی و دانشیاران گروه خاک‌شناسی دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز
تاریخ پذیرش مقاله ۷۹/۱۲/۱۷

خلاصه

یکی از ویژگیهای مهم خاک منحنی خصوصیات آب خاک است که در مسائل کشاورزی همچون فرسایش و حفاظت خاک، اصلاح خاک، مدیریت خاک، زهکشی خاک و غیره کاربرد دارد. روش آزمایشگاهی تعیین این منحنی بسیار وقت‌گیر، پرهزینه و مشکل و همراه با خطا است به همین دلیل محققان سعی در یافتن آن از طریق مدل‌های ریاضی و آماری نموده‌اند. یکی از اینها مدل کمپیل می‌باشد. این مقاله به ارزیابی آن در خاکهای دشت سراب ایران می‌پردازد. ۵ سری از خاکهای (بالستان، ارزق، شریان، سراب و گنبدان) دشت سراب انتخاب گردید. خصوصیات آب خاک، درصد ذرات خاک، مقدار آب اشباع، درصد سنگریزه، جرم مخصوص ظاهری و جرم مخصوص حقیقی خاک در ۷ مکان (۸ مکان برای سری گنبدان) برای هر ۵ سری اندازه‌گیری شد. سپس منحنی خصوصیات آب خاک رسم گردید. نتایج آزمایشگاهی منحنی خصوصیات آب خاک با مدل فیزیکی - تجربی کمپیل مقایسه گردید. در نهایت مشاهده گردید که نتایج آزمایشگاهی تفاوت معنی‌داری با نتایج بدست آمده از مدل کمپیل ندارد. ولی در نمودارهای انحرافاتی غیر معنی‌دار مشاهده می‌گردد که برای رفع این انحرافات کوچک ضرایب رابطه کمپیل تصحیح گردید. برای تعیین این نمودارها در دشت زراعی سراب می‌توان از این مدل استفاده نمود.

واژه‌های کلیدی: مشخصات آب خاک، مکش ورود هوا، پتانسیل آب خاک، ذرات خاک.

مقدمه

فیزیکی خاک دارند. مدل‌های تعیین خصوصیات آب خاک در منابع به سه دسته تقسیم می‌شوند الف) مدل‌های فیزیکی همانند مدل اسپومر (۳۱) ب) مدل‌های فیزیکی - تجربی همانند مدل‌های ایریا و پیریس (۴)، هورکمپ و پارلاینج (۱۹ و ۲۰) ج) مدل‌های رگرسیونی همانند مدل‌های پترسن و همکاران (۲۵)، کلپ و هورنبرگر (۱۳)، گوپتا و لارسون (۱۸)، بیج و همکاران (۶)، اووسترولد و چینج (۲۳)، راولز و همکاران (۲۶) و سکستون و همکاران (۲۸). کمپیل (۹) یک مدل فیزیکی - تجربی که در حقیقت ساده شده مدل بروکز و کوری بود به صورت زیر ارائه نمود:

$$\Psi = \Psi_e (\theta / \theta_s)^b \text{ for } \Psi \leq \Psi_e \text{ and } \Psi = 0 \text{ for } \Psi > \Psi_e \quad (1)$$

که b یک ضریب تجربی، θ_s مقدار آب در حالت اشباع، θ مقدار آب نمونه در شرایط آزمایش، Ψ پتانسیل ماتریکس آب و

اوایل سال ۱۹۴۰ چایلندز (۱۲) مشاهده کرد که خواص فیزیکی خاک بر روی خصوصیات آب خاک موثر است. کارهای دیگر همانند سوبا راثو و همکاران (۳۴). چمبر (۱۱). علی و بیسواز (۳) که از جنبه‌های مختلف روی این مسئله کار می‌کردند و کم و بیش به نتایج چایلندز دست یافتند. بروکز و کوری (۷ و ۸) و هیلل (۲۱) نیز معادلات تجربی ارائه نمودند که تعیین برخی ضرایب ثابت آنها موجب محدودیت آنها می‌باشد. تعیین منحنی خصوصیات آب خاک از طریق آزمایشگاه بسیار وقت‌گیر و پرهزینه است همچنین با خطاهای فراوانی در نمونه‌برداری. انتقال نمونه‌ها به آزمایشگاه اشباع کردن. قرائت و استفاده از صفحات فشار و غیره همراه است. تعدادی از مدل‌های ارائه شده در این رابطه ساده بوده و نیاز به داده‌های معمولی

مزارع (۲۴) مشخص گردید. از هر مکان ۴ نمونه بهم نخورده به روش استوانه (ارتفاع ۴۰ و قطر ۵۶ میلی‌متر) از عمق زراعی (۳۰-۰ سانتی‌متر) به وسیله چکش نقطه‌ای^۳ برای تعیین خصوصیات آب خاک (در مکش‌های کم و متوسط) به روش آزمایشگاهی و تعیین جرم مخصوص ظاهری گرفته شد و نیز از هر مکان یک نمونه مرکب برای تعیین درصد ذرات خاک، جرم مخصوص حقیقی و خصوصیات آب خاک در مکش‌های بالا برداشته شد (نمونه‌های بهم نخورده با استفاده از جعبه نمونه و اتومبیل با کمک‌های قوی طوری که نمونه‌ها به هم نخورد به آزمایشگاه منتقل شد). در آزمایشگاه برای تعیین خصوصیات آب خاک ته نمونه‌ها بهم نخورده با یک پارچه کرباس (چیت ریز) و یک کش لاستیکی مسدود گردید (۲۲) و سپس نمونه‌ها در دسیکاتور حاوی محلول ۰/۰۱ مولار کلرور کلسیم برای سه روز یا بیشتر (بسته به نوع خاک) قرار داده شد پس از اشباع نمونه‌ها بلافاصله وزن گردید و فوراً برای تعیین رطوبت نمونه‌ها در مکش‌های ۲۰، ۵۰، ۸۰ و ۱۰۰ سانتی‌متر آب در دستگاه ستون آب آویزان^۴ قرار داده شد (شکل ۱) برای تعادل هر مکش از ۲ تا ۲۴ ساعت زمان نیاز است که بستگی به نوع خاک دارد (معیار تغییر مکش در دستگاه فوق قطع ریزش قطره از نوک لوله دستگاه می‌باشد) پس از هر مرحله نمونه‌ها وزن گردید پس از مرحله آخر کار با دستگاه ستونهای آویزان نمونه‌ها به دستگاه صفحات فشار با صفحه ۱/۵ بار انتقال داده شد (۳۳) و با این دستگاه رطوبت نمونه‌ها در مکش‌های ۰/۲، ۰/۳۳، ۰/۶ و ۱ بار اندازه‌گیری شد (در این مرحله برای قطع آب از لوله خروجی دستگاه ۱ تا ۵ روز زمان نیاز داشت) در انتها نمونه‌ها با آون به ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد انتقال داده شد و جرم خاک خشک به دست آمد و با استفاده از جرم مرطوب در هر مرحله و جرم خشک رطوبت حجمی در هر مکش محاسبه گردید (۳۳). چند نمونه که در هنگام اشباع کردن انبساط و یا در موقع خشک شدن انقباض شدید نشان می‌دادند حذف گردیدند. حجم کل واقعی خاک مربوط به ذرات کمتر از ۲ میلیمتر می‌باشد در صورتی که در نمونه بهم نخورده ذرات بزرگتر هم وجود دارد برای انجام تصحیح در این مورد با تعیین درصد سنگریزه و جرم

Ψ_e مکش خاک در هنگام ورود هوا به خاک^۱ می‌باشد. قوش (۱۶ و ۱۷) ارتباطی بین درصد شن، سیلت و رس خاک و ضریب b مدل کمپیل بدست آورد. کمپیل (۱۰) با استفاده اطلاعات مزرعه‌ای و آزمایشگاهی زیاد و با توجه به پارامترهای σ_g (انحراف استاندارد هندسی) و d_g (میانگین هندسی قطر ذرات بر حسب میلی‌متر) نمودار بافت خاک ارائه شده توسط شیرازی و بورسما (۲۹) روابط زیر را بدست آورد.

$$\Psi_{es} = -0.5d_g^{-1.2} \quad (2)$$

$$b = -2\Psi_{es} + 0.2\sigma_g \quad (3)$$

$$\Psi_e = \Psi_{es} \left(\frac{\rho_b}{1.3}\right)^{0.67} \quad (4)$$

و با ادغام فرمولهای بالا داریم:

$$b = d_g^{-1/2} + 0.2\sigma_g \quad (5)$$

که ρ_b جرم مخصوص ظاهری خاک بر حسب گرم بر سانتی‌متر مکعب و Ψ_{es} مکش ورود هوا به خاک در جرم مخصوص ظاهری ۱/۳ گرم بر سانتی‌متر خاک می‌باشد در فرمولهای فوق واحد Ψ_{es} و Ψ ژول بر کیلوگرم، θ و θ_s بر حسب سانتی‌متر مکعب می‌باشد. چون مدل کمپیل در تعیین منحنی خصوصیات آب خاک علاوه بر توجه به درصد ذرات خاک به جرم مخصوص ظاهری توجه نموده و آنها را به صورت روابط ساده‌ای ارائه کرده است در این مقاله سعی می‌شود این مدل در خاکهای منطقه مورد بررسی قرار گیرد. البته قابل ذکر است که تحقیقات گسترده‌ای تاکنون روی این مدل در خارج و داخل غیر از کارهای تکمیلی خود کمپیل انجام نگرفته است.

مواد و روشها

۵ سری از خاکهای منطقه سراب (بالستان ۱.۱، ارزنق ۵.۱، شریبان ۹.۲، سراب ۱۲.۵ و گنبدان ۱۴.۵) در شمال غربی ایران انتخاب گردید (جدول ۱). خاکهای این منطقه توسط حاجوی (۱) طبقه‌بندی گردیده است و سری‌های فوق بر اساس تنوع بافتی که نیاز ارزیابی مدل مورد بحث است انتخاب گردیده است (۲) از هر سری ۷ مکان بهم نخورده (۸ مکان از سری ۱۴.۵) به روش تعیین مکان نمونه انتخابی^۲ به دلیل وجود

3 . Drop - Hammer

4 . Hanging water columns

1 . Air entry value

2 . Judgment

برای محاسبه معنی‌دار بودن اختلافات از روش F و کای اسکور^۱ (χ^2) استفاده گردید و همچنین برای تشخیص ظاهری اختلافات نقاط بر روی خط ۱:۱ آورده شد. (۳۰ و ۱۵)

نتایج و بحث

پس از تعیین درصد ذرات خاک در سه تکرار میانگین آنها گرفته شد و برای هر ذره گزارش گردید آنگاه با استفاده از فرمولهای ۲، ۳، ۴ و ۵ مقادیر d_g ، σ_g ، Ψ_{es} ، Ψ برای هر مکان از هر سری تعیین گردید (جدول ۱) برای هر مکان از هر سری با استفاده از فرمولهای بخش مواد و روشها طبق مدل کمپبل در مکشهای استفاده شده در آزمایشگاه (۰، ۰/۰۱، ۰/۰۲، ۰/۰۵، ۰/۰۸، ۰/۱، ۰/۲، ۰/۳۳، ۰/۱۶، ۰/۳، ۱، ۸ و ۱۵ بار) مقدار آب پیش‌بینی شده (θ_p) محاسبه گردید. مقدار رطوبت‌های حجمی اندازه‌گیری شده در آزمایشگاه (θ_E) در مقابل مقدار رطوبت‌های حجمی پیش‌بینی شده از مدل در شکل‌های ۲ و ۳ نشان داده شده است. در جدول ۳ اختلافات بین مقادیر پیش‌بینی شده و بدست آمده در آزمایشگاه به روش کای اسکور و F آورده شده است.

همانطور که از جدول ۳ بر می‌آید اختلافی بین مقادیر آب پیش‌بینی شده و محاسبه شده مشاهده نمی‌شود و این نشان می‌دهد که مدل از کارایی خوبی برخوردار است. در اشکال ۲ و ۳ مقادیر رطوبت بدست آمده از آزمایشگاه (θ_E) در مقابل مقادیر پیش‌بینی شده توسط مدل کمپبل (θ_p) برای برخی نمونه‌ها آمده است این نمودارها نشان می‌دهد که اکثر قریب به اتفاق داده‌ها روی خط ۴۵ درجه (۱:۱) قرار دارد که خود نشان دهنده هماهنگی بین نتایج مدل و آزمایشگاه می‌باشد (شماره روی هر منحنی به ترتیب سری و مکان را نشان می‌دهد مثلاً 1.1-1 نشان دهنده سری 1.1 و مکان 1 است).

در برخی نمونه‌ها (همانند 1-5 و 2-1.1) مقداری انحراف دیده می‌شود که در اثر مقدار کمی انبساط نمونه، وجود گچ فراوان (همانند 1-1.1)، EC بالا و یا خطای آزمایش می‌باشد. روی این مدل تاکنون در ایران بطور اساسی کار نشده البته غیر از کارهای تکمیلی کمپبل کار اساسی دیگری روی این مدل نیافتیم و در مکاتباتی که با خود کمپبل به عمل آمد کار دیگری را سراغ نداشتند.

مخصوص حقیقی نمونه‌ها حجم آب برای هر مکش با فرمول زیر اصلاح گردید (۵):

$$V_c = V_t - (G\% \times \frac{P_b}{100} \times \rho_p) \times V_t \quad (6)$$

در فرمول فوق V_c حجم تصحیح شده نمود در هر مکش، V_t حجم استوانه نمونه‌برداری بر حسب سانتی‌متر مکعب، $G\%$ درصد سنگریزه و ρ_p جرم مخصوص حقیقی خاک بر حسب گرم بر سانتی‌متر مکعب هستند. خاک‌های بهم خورده خشک و از الک ۲ میلیمتر گذرانده شد و سپس درصد سنگریزه تعیین گردید (درصد ذرات بزرگتر از ۲ میلی‌متر). سپس از هر نمونه سه تکرار حلقه‌های برنزی (ارتفاع ۱۵ و قطر ۵۲ میلی‌متر) با جرم مخصوص ظاهری ۱/۳ گرم بر سانتی‌متر خاک برای تعیین ادامه منحنی خصوصیات آب خاک تهیه گردید سپس ته نمونه‌ها با پارچه و کش لاستیکی مسدود گردید آنگاه بر روی صفحه فشار ۱۵ بار چیده شد و در همان دستگاه اشباع گردید (نمونه‌ها پس از چند لحظه اشباع می‌شوند) پس از اشباع آب دستگاه خارج و درب آن محکم شد و رطوبت خاک در مکش‌های ۳، ۸ و ۱۵ بار تعیین گردید (برای قطع ریزش آب در این نمونه‌ها بین ۳ تا ۱۰ روز زمان در هر مرحله نیاز بود). در این مرحله به علت سبکی نمونه‌ها و امکان جدا شدن سطح نمونه از صفحه یک وزنه ۰/۵ کیلویی روی هر نمونه قرار داده شد و روی وزنه‌ها یک تکه پارچه جهت جذب بخارها قرار داده شد (۲۲). پس از اتمام دوره نمونه‌ها در آن ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد و پس از تعیین جرم خشک مقدار آب در هر نمونه برای هر مکش بدست آمد (۲۲، ۲۷ و ۳۲) دقت توزینهای فوق ۰/۰۱ بود. جرم مخصوص ظاهری از طریق نمونه‌های بهم نخورده و جرم مخصوص حقیقی از روش پیکنومتر (با سه تکرار) بدست آمد. منحنی توزیع اندازه ذرات خاک به روش هیدرومتر با ۸ قرائت (۱۴) در سه تکرار بر روی خاک رد شده از الک ۲ میلی‌متر بدست آمد و سپس درصد ذرات خاک بر اساس سیستم آمریکایی محاسبه گردید. با استفاده از فرمولهای منحنی بافت خاک (۲۹) d_g و σ_g برای هر نمونه محاسبه گردید. محاسبات مذکور در جدول ۱ آمده است.

سریها	مکان	ψ_{cs}	b	ψ_e	سریها	مکان	ψ_{cs}	b	ψ_e	
		J/Kg^{-1}		J/Kg^{-1}			J/Kg^{-1}		J/Kg^{-1}	
(1.1)	۱	-۱/۷۰۶	۶/۰۶۱	-۱/۹۳۷	(12.5)	۱	-۲/۴۶۰	۷/۱۲۴	-۱/۹۶۶	
	۲	-۰/۸۶۹	۳/۶۳۸	-۱/۷۳۹		۲	-۲/۶۴۲	۷/۳۶۲	-۲/۶۴۲	
	۳	-۱/۳۷۱	۶/۳۱۸	-۲/۷۴۶		۳	-۳/۲۴۶	۹/۱۳۲	-۰/۶۶۲	
	۴	-۱/۶۸۲	۶/۱۹۴	-۴/۱۴۹		۴	-۳/۳۴۱	۱۰/۰۲۹	-۰/۶۳۶	
	۶	-۱/۴۰۹	۶/۷۱۶	-۳/۱۲۲		۶	-۳/۲۰۹	۹/۷۹۴	-۸/۹۶۳	
	۶	-۱/۱۶۲	۶/۰۲۷	-۲/۳۶۷		۶	-۲/۹۲۳	۹/۳۳۶	-۶/۰۷۷	
	۷	-۱/۲۷۶	۶/۶۰۸	-۳/۶۷۱		۷	-۶/۶۹۰	۱۴/۶۸۸	-۲۰/۶۶۲	
(6.1)	۱	-۳/۱۲۷	۸/۷۳۳	-۳/۴۱۹	(14.6)	۱	-۱/۲۱۷	۶/۰۱۲	-۲/۲۴۴	
	۲	-۱/۸۲۱	۶/۴۹۸	-۴/۰۲۶		۲	-۶/۶۷۶	۱۶/۱۷۳	-۱۰/۴۰۲	
	۳	-۱/۳۸۳	۶/۷۱۴	-۲/۸۴۸		۳	-۴/۳۱۲	۱۱/۲۱۱	-۶/۰۶۱	
	۴	-۱/۲۰۳	۶/۰۷۶	-۲/۲۳۶		۴	-۲/۰۳۰	۶/۹۷۳	-۳/۲۲۰	
	۶	-۱/۷۲۷	۶/۰۱۴	-۳/۴۱۱		۶	-۱/۴۹۳	۶/۰۶۱	-۴/۸۶۸	
	۶	-۲/۲۹۷	۷/۳۱۶	-۴/۹۴۳		۶	-۳/۶۱۶	۹/۷۴۹	-۶/۱۹۴	
	۷	-۱/۳۸۹	۶/۸۲۹	-۳/۴۴۱		۷	-۴/۳۱۶	۱۱/۲۶۲	-۱۴/۳۲۷	
(9.2)	۱	-۱/۳۲۰	۶/۳۶۶	-۳/۱۷۴	(14.6)	۸	-۱/۲۷۴	۶/۲۳۶	-۲/۲۰۰	
	۲	-۲/۶۸۰	۹/۰۶۱	-۹/۸۱۸						
	۳	-۴/۰۲۴	۱۰/۴۰۹	-۹/۴۸۶						
	۴	-۱/۶۴۸	۶/۱۷۰	-۳/۱۱۸						
	۶	-۲/۲۶۹	۷/۳۶۲	-۳/۳۷۳						
	۶	-۶/۱۱۰	۱۳/۸۱۱	-۱۳/۸۳۲						
	۷	-۴/۲۶۴	۱۰/۹۰۱	-۲/۸۳۹						

با مقایسه نتایج مدل تصحیح شده با مدل اصلی اختلافات نر مدل تصحیح شده در اکثر موارد کمتر است. البته همانطور که ذکر شد به دلیل عدم وجود اختلاف معنی دار استفاده از خود مدل مناسب می باشد. ارزیابی این مدل در دو کتنا (۷ پروفیل و ۳۴ نمونه) خاکهای کارولینای شمالی ($36^{\circ}N$, $79^{\circ}W$) در مکشهای ۰-۱ بار انجام گرفته که نتایج اختلاف معنی داری نشان نداده است (کار چاپ نشده مولف).

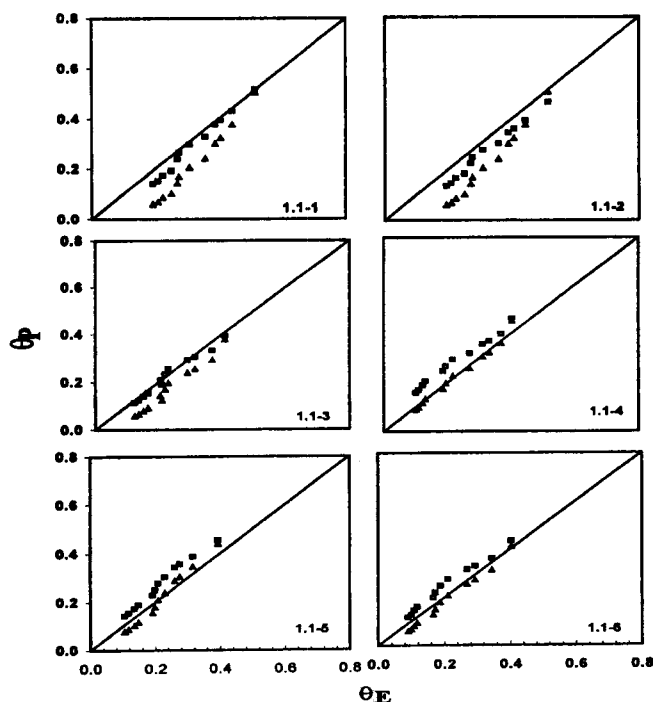
سپاسگزاری

از پروفیسور جی.اس. کمپیل عضو دانشگاه پولمان آمریکا، از پروفیسور آر.ک.قوش از بخش مهندسی کشاورزی نادیا - هند که از کمک دریغ نکردند، از مهندس حاجوی رئیس سابق بخش خاک و آب مرکز تحقیقات کشاورزی تبریز به علت کمک ایشان در انتخاب دشت سراب به عنوان محل پروژه، از کمک فراوان اداره کشاورزی سراب به دلیل فراهم نمودن امکانات نمونه برداری و از همسرم به علت کمک فراوان تشکر و قدردانی می نمایم.

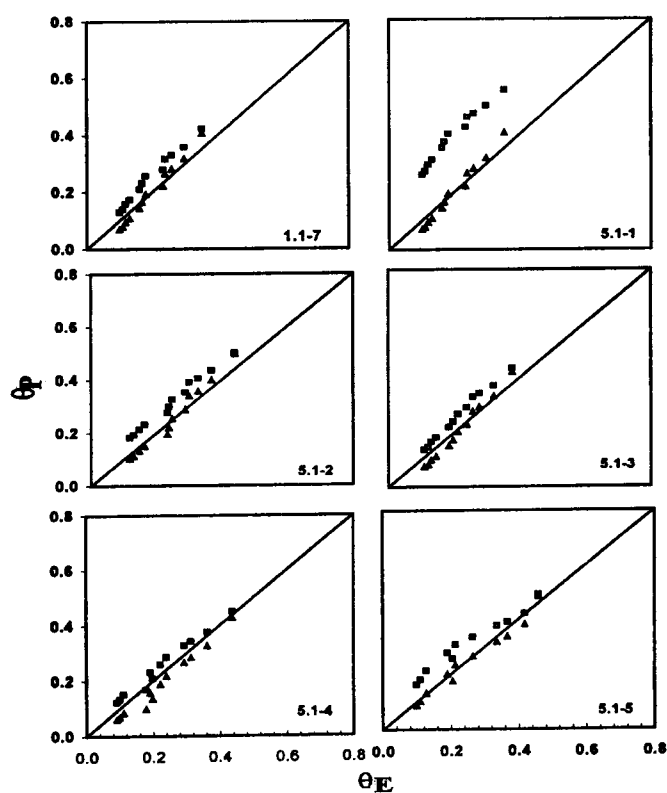
در نهایت به این نتیجه می رسیم که مدل کمپیل ۱۹۸۵ در صورتی که پارامترهای آن با دقت زیاد و تکرار همانند مواد و روشها بدست آید قابل استفاده می باشد. از نتایج بر می آید که وجود سنگریزه زیاد در خاک همانند سری شریبان و بافت رسی همانند سری گنبدان اختلافات بیشتری را موجب می شود ولی از نظر آماری معنی دار نیستند. با وجود عدم اختلاف آماری همبستگی در مکشهای ۰-۱ بار بیشتر از ۱۵-۱ بار می باشد و این نکته مهمی است چون محدوده ۰-۱ بار منحنی خصوصیات آب خاک بیشتر مورد نیاز ماست. در منحنیها مشاهده می شود که برخی مواقع نقاط بالا و برخی موارد در زیر خط ۱:۱ قرار دارند که این امر نشان دهنده برآورد بالا یا کم مدل نسبت به نتایج آزمایشگاه می باشد که تا زمانی که از نظر آماری معنی دار نشده قابل قبول است. همانطور که از نمودارها بر می آید برخی موارد اختلاف ظاهری بالایی به چشم می خورد ولی از نظر آماری معنی دار نیست بر همین مبنا برای برطرف شدن اختلافات ظاهری مدل بصورت زیر تصحیح شد.

$$b = 0.52d_g^{-\frac{1}{2}} + 0.16\sigma_g \quad (7)$$

$$\psi_e = -0.38d_g^{-\frac{1}{2}} \quad (8)$$



شکل ۲- مقایسه مقادیر حجمی آب بدست آمده از مدل اصلی و تصحیح شده کمپیل شده (θ_p) در مقابل مقادیر آزمایشگاه (θ_E) برای سری ۱:۱ مکان ۱ تا ۶. [مدل اصلی در مقابل آزمایشگاه (\square)، مدل تصحیح شده در مقابل آزمایشگاه (\blacktriangle) و خط ۱:۱ (-)]



شکل ۳- مقایسه مقادیر حجمی آب بدست آمده از مدل اصلی و تصحیح شده کمپیل شده (θ_p) در مقابل مقادیر آزمایشگاه (θ_E) برای سری ۱:۱ مکان ۵ و ۷ مکان ۱ تا ۵. [مدل اصلی در مقابل آزمایشگاه (\square)، مدل تصحیح شده در مقابل آزمایشگاه (\blacktriangle) و خط ۱:۱ (-)]

جدول ۳- بررسی آماری مقادیر رطوبت پیش‌بینی شده با مدل اصلی و تصحیح شده کمپیل در مقابل مقادیر رطوبت بدست آمده در آزمایشگاه در مکشهای یکسان

مکان	سریها	χ^2	df	p	χ^2	df	p	F	df	F	df
		(آز/کمپیل)			(آز/تصحیح شده)			(آز/کمپیل)		(آز/تصحیح شده)	
	۱	۰/۰۸	۱۱	۰/۹۹	۱/۴۰	۱۱	۰/۹۹	۱/۴۰	۱۱	۱/۹۰	۱۱
	۲	۰/۴۷	"	"	۰/۱۴	"	"	۲/۲۰	"	۲/۸*	"
	۳	۰/۰۲	"	"	۰/۴۵	"	"	۱/۱۰	"	۱/۱۹	"
(1.1)	۴	۰/۱۸	"	"	۰/۰۱	"	"	۱/۱۹	"	۱/۱۷	"
	۵	۰/۱۴	"	"	۰/۰۷	"	"	۱/۳۵	"	۱/۷۸	"
	۶	۰/۰۹	"	"	۰/۰۷	"	"	۱/۰۱	"	۱/۱۸	"
	۷	۰/۱۵	"	"	۰/۰۵	"	"	۱/۳۵	"	۱/۷۳	"
	۱	۰/۱۱	"	"	۰/۰۵	"	"	۱/۳۲	"	۱/۴۴	"
	۲	۰/۱۹	"	"	۰/۰۳	"	"	۱/۰۶	"	۱/۵۶	"
	۳	۰/۱۰	"	"	۰/۰۷	"	"	۱/۳۰	"	۱/۷۲	"
(5.1)	۴	۰/۰۵	"	"	۰/۱۶	"	"	۱/۰۵	"	۱/۱۵	"
	۵	۰/۱۸	۱۰	۱۰	۰/۰۲	۱۰	۱۰	۱/۴۶	۱۰	۱/۰۱	۱۰
	۶	۰/۲۹	"	"	۰/۰۵	"	"	۱/۲۱	"	۱/۴۰	"
	۷	۰/۲۲	"	"	۰/۰۴	"	"	۱/۰۷	"	۱/۴۳	"
	۱	۰/۱۳	"	"	۰/۰۳	"	"	۱/۱۵	"	۱/۱۱	"
	۲	۰/۴۲	"	"	۰/۱۴	"	"	۱/۲۴	"	۱/۴۳	"
	۳	۰/۱۵	"	"	۰/۰۵	"	"	۱/۰۴	"	۲/۰۷	"
(9.2)	۴	۰/۲۴	"	"	۰/۰۳	"	"	۱/۰۳	"	۱/۴۴	"
	۵	۰/۰۶	"	"	۰/۰۴	"	"	۱/۳۴	"	۱/۲۰	"
	۶	۰/۲۴	"	"	۰/۰۸	"	"	۱/۷۱	"	۱/۵۳	"
	۷	۰/۴۳	"	"	۰/۱۶	"	"	۱/۲۰	"	۱/۸۳	"
	۱	۰/۰۴	"	"	۰/۱۲	"	"	۱/۵۲	"	۱/۱۲	"
	۲	۰/۰۵	"	"	۰/۱۰	"	"	۱/۴۲	"	۱/۲۴	"
	۳	۰/۰۸	"	"	۰/۱۲	"	"	۲/۷۱	"	۱/۳۹	"
(12.5)	۴	۰/۱۰	"	"	۰/۱۰	"	"	۲/۴۳	"	۱/۲۴	"
	۵	۰/۱۹	"	"	۰/۰۵	"	"	۱/۱۳	"	۱/۷۰	"
	۶	۰/۱۶	"	"	۰/۰۲	"	"	۱/۳۸	"	۱/۳۳	"
	۷	۰/۱۴	"	"	۰/۱۱	"	"	۲/۰۴	"	۵/۵۲**	"
	۱	۰/۱۷	"	"	۰/۹۷	"	"	۱/۲۸	"	۱/۰۴	"
	۲	۰/۱۸	"	"	۰/۰۴	"	"	۲/۹۱*	"	۱/۱۰	"
	۳	۰/۱۱	"	"	۰/۰۳	"	"	۱/۸۴	"	۱/۱۹	"
(14.5)	۴	۰/۰۴	"	"	۰/۳۱	"	"	۱/۱۵	"	۱/۳۷	"
	۵	۰/۲۵	"	"	۰/۰۴	"	"	۱/۲۴	"	۱/۷۱	"
	۶	۰/۰۳	"	"	۰/۲۶	"	"	۲/۳۳	"	۴/۷۱	"
	۷	۰/۰۸	"	"	۰/۰۸	"	"	۱/۰۰	"	۲/۲۱	"
	۸	۰/۳۸	"	"	۱/۳۸	"	"	۱/۶۷	"	۱/۳۳	"

اختلاف معنی دار ندارد: بدون علامت * : $p < 0/05$ ** : $P < 0/01$ df: درجه آزادی

REFERENCES

مراجع مورد استفاده

- حاجوی، ع. ۱۳۶۷. مطالعات اجمالی منطقه سراب - مهربان. استان آذربایجان شرقی. موسسه خاک و آب. سازمان تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی. وزارت کشاورزی.
- رضایی، ع. ۱۳۷۵. ارزیابی بکارگیری پارامترهای توزیع اندازه ذرات خاک (میانگین قطر هندسی و انحراف معیار هندسی) در تعیین منحنی مشخصه آب خاک و هدایت هیدرولیکی. دانشکده کشاورزی. دانشگاه تبریز.
- Ali, M. H. & T. D. Biswas. 1968. Soil water retention and release as related to mineralogy of soil clays. Proc. 55th Indian Sci. Congr., 3: 633.
- Arya, L. M. & J. F. Paris. 1981. A Physical model to predict the soil moisture characteristic from particle size distribution and bulk density data. Soil Sci. Soc. Am. J., 45: 1023-1030.

5. Avery, B. W. & C. L. Bascomb. 1982. Soil Survey laboratory methods. Soil Survey Technical Monograph No. 6. Rothamste Experimental Station, Harpenden England.
6. Bache B. W., C. A. Frost & R. H. E. Inkson. 1981. Moisture release characteristics and porosity of twelve Scottish soil series and their variability. *J. Soil Sci.*, 32: 505-520.
7. Brooks, R. H. & a. T. Corey. 1964. Hydraulic properties of porous media. Hydrology paper No.3. Colorado State University, Fort Collins.
8. Brooks, R. H. & A. T. Corey. 1966. Properties of porous media affecting fluid flow. *J. Irrig. Drainage Div. ASCE Proc.*, 92: 61-88.
9. Campbell, G. S. 1974. A Simple method for determining unsaturated conductivity from moisture retention data. *Soil Sci.*, 117: 311-314.
10. Campbell, G. S. 1985. Soil physics with basic transport models for soil – plant system. *Development in soil science 14*. Elsevier.
11. Chibber, R. K. 1964. Aggregate size distribution and water relationships amongst some typical Indian Soils. *Bull. Batn. Inst. Sci. India*, 26: 148-156.
12. Childs, E. C. 1940. The use of soil moisture characteristics in soil studies. *Soil Sci.*, 50: 239-252.
13. Clapp, R. B. & G. M. Hornberger. 1978. Empirical equation for some soil hydraulic properties. *Water Resour. Res.*, 14: 601-604.
14. Gee, G. W. & J. W. Bauder. 1986. Particle – size analysis. In: A. Klute (editor), *Methods of Soil Analysis, Part 1. Physical and mineralogical methods (2nd edition)*. ASA. Monog. No. 9. Madison, Wis., PP,383-411.
15. Genstat 5 Committee. 1994. *Genestat 5, Release 3.1: Reference manual supplement*. NAG Ltd, Oxford.
16. Ghosh, R. K. 1976. Model of soil – moisture characteristic. *J. Indian Soc. Soil Sci.*, 24: 353-355.
17. Ghosh, R. K. 1980. Estimating of soil moisture characteristics curve from mechanical properties of soil. *Soil Sci.*, 130: 60-64.
18. Gupta, S. C. & W. E. Larson. 1979. Estimating soil water retention characteristics from particle size distribution, organic matter percent, and bulk density. *Water Resour. Res.*, 15: 1633-1635.
19. Haverkamp, R. & J. Y. Parlange. 1982. Comment on physico-empirical model to predict the soil moisture characteristic from paricle size distribution and bulk density data. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 46: 1348-1349.
20. Haverkamp, R. & J. Y. Parlange. 1986. Predicting the water – retention curve from Particle size. Distribution: 1. Sandy without organic matter. *Soil Sci.*, 142:325-339.
21. Hilell, D. 1971. *Soil and water: Physical principles and processes*. Academic Press, New York.
22. Klute, A. 1986. Water retention: laboratory medhods. In: A. Klute, (editor). *Methods of Soil Analysis, Part 1. Physical and mineralogical methods (2nd edition)*. ASA. Monog. No.9. Madison, Wis., PP, 635-662.
23. Oosterveld, M. & C. Change. 1980. Empirical relation between laboratory determining of soil texture and moisture characteristic. *Can Agric. Eng.*, 22: 149-151.
24. Peterson, R. G. & L. D. Calvin. 1986. Sampling, In: A. Klute (editor), *Methods of Soil Analysis, Part 1. Physical and mineralogical methods (2nd edition)*. ASA. Monog. No. 9. Madison, Wis., PP, 33-50.
25. Peterson, G. W., R. L. Cunningham. And R. P. Matelski. 1968. Moisture characterstics Pennsylvania soils: I. Moisture retention as related to texture. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 32: 271-275.
26. Rawls, W. J., D. L. Brakensiek & K. E. Saxton. 1982. Estimation of soil water properties. *Trans. ASAE.*, 25: 1316-1320.

27. Richards, L. A. 1969. (editor). Diagnostic and improvement of saline and alkali soils. United States Salinity Laboratory Staff. Agriculture Handbook No. 60. USDA.
28. Saxton, K. E., W. J. Rawls, J. S. Romberger & R. I. Papendick. 1986. Estimating generalized soil water characteristic from texture. Soil Sci. Soc. Am. J., 50: 1031-1036.
29. Shirazi, M. a. & L. Boersma. 1984. A unifying quantitative analysis of soil texture. Soil Sci. Soc. Am. J., 48: 142-147.
30. Snedecor, G. W. & W. G. Cochran. 1989. Statistical methods: 8th. The Iowa state University Press, U. S. A.
31. Spomer, L. A. 1980. Prediction and control of porosity and water retention in sand- soil mixtures for drained truff sites. Agron. J., 72: 361-362.
32. Soil Conservation Service (SCS). 1992. Soil survey laboratory methods manual. USDA-SCS Soil survey. Invest Rep. No. 42.
33. Skakman, W. P., & G. G. Van Der Harst. 1969. Determination of Soil moisture retention curves. Part I and II. Institute for Land and Water Management Research Wageningen.
34. Subba Rao, K., P. T. Ramcharlu, & P. S. Talwar. 1955. PF water relation and pore size distribution in Delhi soil and Jumman sand. J. Indian Soc. Soil Sci., 3: 1-6.

Evaluation of Campbell Model to Determine Soil Water Characteristics Curve

**A. REZAEI¹, M. R. NEISHABOURI² AND
A. A. JAFARZADEH³**

**1, 2&3- Instructor and Associate Professors, Faculty of Agriculture
University of Tabriz, Iran.**

Accepted. March 7, 2001

SUMMARY

One of the most important traits of soil is “soil water characteristics curve”, which plays an important role in many agricultural practices such as: soil erosion and conservation, soil management, irrigation, drainage and reclamation, etc. The laboratory method to determine the curve is time consuming, costly difficult, and prone to error. These are some of the reasons why researchers try to estimate the curve with the help of mathematical and statistical models. One model is the Campbell. In this study Campbell model was evaluated in Sarab/Iran area soils. Five soil series (Balestan, Arzanagh, Sharabian, Sarab and Gonbadan) were selected in Sarab. Soil Water characteristics, percent of soil particles, saturated soil water content, gravel percent, soil bulk and particle density were measured at seven sites (8 sites for series Gonbadan). For all the series soil water characteristics curves were drawn. The laboratory results of soil moisture characteristics were compared with the curves predicted by physico – empirical model of Campbell. The results showed no statistically significant difference between experimental and model soil water characteristic curves. In curves there were small insignificant differences and the eliminate these differences, the coefficients for Campbell model were corrected for Sarab area. Campbell model be used to determine curves in Sarab area.

Key words: Soil water characteristic, Soil air entry value, Water potential, Water content and Soil Particle.