ارائه مدل تجربی رطوبت حجمی تحت تاثیر ماده آلی برای بافت خاک رسی سیلتی با آزمایش گلدانی

هدیه احمدپری[۱]، سید ابراهیم هاشمی گرم دره[۲]، محسن اسکافی نوغانی[۳]، فاطمه رضایی مهارلویی[۴]
۱-دانشجوی کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی، پردیس ابوریحان، دانشگاه تهران
۲-استادیار گروه مهندسی آبیاری و زهکشی، پردیس ابوریحان، دانشگاه تهران
۳-کارشناس گروه آبیاری و زهکشی، پردیس ابوریحان، دانشگاه تهران
۴-دانش آموخته کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فسا

چکیده

هدف از این تحقیق ارائه معادله کالیبراسیون برای بافت خاک رسی سیلتی حاوی ماده آلی می‌باشد. این تحقیق در شرایط آزمایشگاهی با سه تیمار شامل درصدهای مختلف ماده آلی در دو تکرار انجام شد. در این آزمایش ابتدا بلوک‌های گچی در آب مقطر واسنجی شدند. سپس خاک مورد مطالعه را در شش گلدان ریخته و بلوک‌ها در وسط گلدان قرار داده شد. گلدان‌ها اشباع شد و پس از اشباع کردن خاک گلدان، تغییرات رطوبت و هدایت متناظر آن در زمان‌های مختلف اندازه‌گیری شد. برای هر تیمار میانگین قرائت‌ها در مقابل مقادیر میانگین رطوبت‌های حجمی با استفاده از نرم‌افزار CurveExpert1.3 رسم شد. سپس برای هر تیمار یک نمودار و همچنین معادله کالیبراسیون با خطای استاندارد کم و ضریب رگرسیون بالا به دست آمد. معادله کالیبراسیون بلوک گچی مربوط به هر تیمار که با آنالیز مقادیر رطوبت خاک و هدایت بلوک در زمان‌های مختلف بدست آمد، یک معادله چند جمله‌ای می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: معادله کالیبراسیون، بافت خاک رسی سیلتی، ماده آلی، CurveExpert1.3، معادله چند جمله‌ای

مقدمه

اثربخشی کشاورزی دقیق به تحلیل دقیق و به موقع شرایط رطوبتی خاک وابسته است. تعیین دقیق مقدار رطوبت خاک در علوم نظیر کشاورزی، علوم زیست محیطی و هیدرولوژی اهمیت فراوانی دارد(Huang et al, 2004). رطوبت خاک به دو صورت مستقیم و غیر مستقیم اندازه گیری می‌شود. برخی از روش‌ها در مزرعه انجام می‌شوند، اما در بعضی دیگر باید از خاک نمونه برداری کرده و مقدار رطوبت را در آزمایشگاه اندازه‌گیری نمود. در روش مستقیم، نمونه خاک از مزرعه برداشته می‌شود و از روی کاهش وزن نمونه پس از خشک شدن در آون درصد رطوبت آن محاسبه می‌شود(Gardner et al, 1986). اما به دلیل بهم ریختن ساختمان نمونه‌ها در این روش و نیز برای امکان اندازه‌گیری در فواصل زمانی کوتاه، روش‌های غیرمستقیم اندازه‌گیری رطوبت خاک مورد توجه بیشتری قرار گرفته‌اند(Hillel, 1998). در روش‌های غیر مستقیم باید ابتدا یک عامل دیگر که درصد رطوبت بر آن مؤثر است اندازه‌گیری شده و سپس از روی آن مقدار رطوبت تخمین زده شود. چندین روش غیرمستقیم برای اندازه‌گیری درصد رطوبت خاک مانند روش نوترون‌متری، TDR و بلوک‌های گچی توسعه یافته‌اند. از این میان بلوک‌های گچی به دلیل ارزانی، قابلیت کارگذاری در اعماق مختلف خاک، راحتی اندازه‌گیری و دقت عمل نسبتا مناسب بیشتر از ۶۸ سال است که در کشاورزی مورد استفاده قرار می‌گیرد(Bouyoucos and Mick, 1948). اساس اندازه‌گیری رطوبت خاک با بلوک گچی این است که وقتی یک بلوک خشک در خاک قرار می‌گیرد به دلیل خشک بودن بلوک هدایت الکتریکی بین دو سر الکترودها صفر و یا بسیار اندک است. اما چون بلوک از گچ با دانه‌های ریز درست شده است، بلافاصله به لحاظ پتانسیلی با خاک تبادل رطوبت کرده و از این نظر با آن متعادل می‌شود. جذب آب توسط بلوک باعث افزایش هدایت الکتریکی می‌شود. برای این منظور بلوک‌ها قبل از آبیاری در خاک قرار داده می‌شوند و معمولا در تمام فصل رشد در خاک باقی مانده و فقط سیم‌های متصل شده به الکترودها از خاک خارج می‌باشد که در مواقع اندازه‌گیری به دو سر مقاومت سنج وصل می‌شوند.

گرچه در خاک‌های معمولی بلوک می‌تواند تا ۵ سال مورد استفاده واقع شود، ولی در خاک‌های شور یا آلی و خاک‌های مرطوب بیش از یک سال عمر نخواهند کرد(میرزایی، ۱۳۸۹). علی‌رغم مطلوب بودن این بلوک‌ها از نظر ارزانی و سادگی کاربرد، مشکلاتی در این بلوک‌ها وجود دارد که عمده‌ترین آن‌ها مساله واسنجی بلوک است. واسنجی بلوک به این معناست که باید نخست یک منحنی برای هر خاکی که بلوک در آن استفاده می‌شود، تولید شود به نحوی که در هر درصد رطوبت از آن خاک، شاخصی را که نشان دهنده مقاومت الکتریکی بلوک در آن درصد رطوبت است، نشان دهد. این مساله می‌تواند بسیار محدود کننده باشد، چرا که این منحنی واسنجی از بلوکی به بلوک دیگر و از خاکی به خاک دیگر متغیر است(Cannell and Asbell, 1964). مجیدی خلیل آباد و همکاران(۱۳۸۶) اصلاح تاثیر شوری بر منحنی واسنجی بلوک گچی را بررسی کردند و معادله اصلاحی شوری را برای اندازه‌گیری رطوبت توسط بلوک گچی ارائه نمودند. حسینی(۱۳۹۳) بلوک گچی را برای اندازه-گیری رطوبت در خاک‌های شور واسنجی کرد و توابع اصلاحی را با استفاده از رگرسیون چند متغیره برای هر یک از بافت‌ها در شوری‌های مختلف بدست آورد. میرزایی (۱۳۸۹) از بلوک گچی برای تعیین زمان آبیاری در اراضی دانشکده کشاورزی دانشگاه رازی کرمانشاه استفاده کرد. نتایج نشان داد که معادله کالیبراسیون بلوک گچی که با آنالیز مقادیر رطوبت خاک و مقاومت بلوک در زمان‌های مختلف بدست می‌آید، یک معادله نمائی می‌باشد. هدف از این پژوهش ارائه معادله کالیبراسیون برای بافت خاک رسی سیلتی حاوی ماده آلی می‌باشد.

مواد و روش‌ها

با توجه به اینکه شرایط محیطی محل انجام آزمایش در قرائت بلوک‌ها تاثیرگذار خواهد بود به طوری که تفاوت بین دمای واسنجی بلوک‌های گچی و دما در شرایط آزمایش موجب ایجاد خطا در اندازه‌گیری می‌شود(Aggelides and Londra, 1998)، تمامی آزمایشات در آزمایشگاه آبیاری پردیس ابوریحان انجام شد؛ تا بدین منظور شرایط دمایی یکسان و ثابت بر بلوک‌های گچی و آزمایشات آن‌ها حاکم باشد. به منظور بررسی تاثیر میزان ماده آلی بر اندازه‌گیری بلوک‌های گچی در بافت خاک رسی سیلتی (silty clay) ، ۳ تیمار با درصدهای ۲، ۳/۵ و ۵ از ماده آلی شامل کود گاوی در دو تکرار در قالب طرح کاملاً تصادفی انجام شد. به منظور ایجاد تیمارهای مختلف خاک با درصدهای مختلف ماده آلی، بعد از تعیین درصد ماده آلی به روش آزمایشگاهی، به نسبت‌های وزنی در بافت خاک رسی سیلتی (silty clay) ، کود گاوی به دپوی خاک با تیمار مشخص از ماده آلی اضافه شد. در این آزمایش از دستگاه رطوبت‌سنج ELE مدل 5910A برای قرائت بلوک گچی استفاده شد. مقادیر قرائت دستگاه رطوبت‌سنج ELE از صفر تا صد تغییر می‌کند و در آن قرائت‌های کم مربوط به رطوبت‌های کم و اعداد بالا مربوط به رطوبت‌های بالاتر می‌باشد. قرائت بلوک گچی در این دستگاه با تبدیل جریان مستقیم به جریان متناوب صورت می‌گیرد که از پولاریزه شدن الکترودها جلوگیری کرده و خطا در قرائت را کاهش می‌دهد. در واقع عدد قرائت دستگاه ELE با رطوبت، رابطه مستقیم دارد و بین صفر برای رطوبت‌های خشک و صد برای رطوبت‌های اشباع تغییر می‌کند. به منظور بررسی تاثیر میزان ماده آلی بر اندازه‌گیری بلوک‌های گچی در بافت خاک رسی سیلتی (silty clay) ۶ بلوک گچی در این تحقیق مورد آزمایش قرار گرفت. برای واسنجی اولیه بلوک‌های گچی، آن‌ها را به مدت ۴۸ ساعت در آب مقطر قرار داده تا به حد اشباع برسند و پس از آن از آب خارج کرده و در محیط هوا قرار داده شدند. سپس خاک مورد مطالعه را در شش گلدان ریخته و بلوک‌ها در وسط گلدان قرار داده شد. گلدان‌ها اشباع شد و پس از اشباع کردن خاک گلدان، تغییرات رطوبت و هدایت متناظر آن در زمان‌های مختلف اندازه‌گیری شد. اندازه‌گیری‌ها از اشباع شدن تا خشک شدن خاک به مدت چهار ماه انجام شد. برای این کار مقدار مشخصی خاک را از گلدان به درون ظروفی که حجم آن مشخص است ریخته و جهت قرار گرفتن در آون آماده کرده و به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۱۱۰ درجه سانتیگراد خشک می‌نماییم. پس از آن با استفاده از ترازوی دیجیتالی مدل px3000 وزن خاک خشک و ظرف را اندازه‌گیری می‌نماییم. با گذشت زمان و خشک شدن خاک‌ها قرائت انجام گرفته و میزان رطوبت حاصل از دستگاه ELE ثبت می‌گردد، همزمان با قرائت دستگاه وزن ظرف که حاوی خاک مرطوب می‌باشند نیز اندازه‌گیری گردید و برای به دست آوردن رطوبت وزنی مورد استفاده قرار گرفت. مقادیر رطوبت وزنی به دست آمده با توجه به حجم ظرف‌ها به رطوبت حجمی تبدیل گردید. در این تحقیق پس از جمع‌آوری داده‌ها با استفاده از مدل‌های رگرسیونی و نرم-

افزار CurveExpert1.3 به مدل‌سازی ریاضی تغییرات هدایت بلوک و رطوبت حجمی برای تیمارهای ۲، ۳/۵ و ۵ درصد ماده آلی اقدام گردید. بنابراین داده‌های میانگین هدایت بلوک و رطوبت حجمی مربوط به هر تیمار به ترتیب با مدل‌های رگرسیونی Harris Model، Logistic Model، Polynomial Fit، Linear Fit، Quadratic Fit، Sinusoidal Fit، MMF Model، Exponential Association و Association Exponential برازش داده شدند تا مدل بهینه مشخص شود. به منظور ارزیابی و مقایسه‌ی مدل‌های رگرسیونی مورد بررسی از شاخص‌های آماری خطای استاندارد(SE) و ضریب همبستگی(r) استفاده گردید.

خطای استاندارد به صورت رابطه‌ی ۱ تعریف می‌شود.

$$SE = \frac{S}{\sqrt{n}} \quad (1)$$

که در آن SE خطای استاندارد میانگین، S انحراف معیار نمونه و n تعداد کل نمونه می‌باشد. همبستگی بین دو متغیر تصادفی Xو Y به صورت رابطه ۲ تعریف می‌شود:

$$\mathrm{Corr}(X,Y) = \frac{Cov(X,Y)}{6_X 6_Y} \quad (2)$$

که در آن cov به معنای کوواریانس، corr نماد معمول برای همبستگی (کورولیشن) پیرسون و سیگما نماد انحراف معیار است.

نتایج و بحث

به منظور تعیین بهترین مدل رگرسیونی توصیف کننده‌ی منحنی رطوبتی خاک رسی سیلتی برای درصدهای مختلف ماده آلی، مقادیر میانگین دو تکرار رطوبت حجمی خاک و هدایت بلوک در زمان‌های مختلف برای تمامی تیمارهای ماده آلی با نه مدل فوق به وسیله‌ی نرم‌افزار Curve Expert1.3 برازش داده شدند و با شاخص‌های آماری مذکور مورد ارزیابی قرار گرفتند. در این تحقیق از دو تکرار استفاده شد. نتایج این برازش‌ها به ترتیب برای درصد های مختلف ۲، ۳/۵ و ۵ درصد ماده الی خاک در جدول‌های ۱، ۲ و ۳ آورده شده است. مطابق نتایج این جداول، تابع چند جمله‌ای درجه سوم دارای کمترین خطای استاندارد و بیشترین ضریب همبستگی نسبت به سایر توابع مطالعه شده در این تحقیق می‌باشد. بنابراین، این تابع می‌تواند به نحو مطلوبتری منحنی رطوبتی خاک رسی سیلتی برای درصدهای مختلف ماده آلی توصیف کند. قابل ذکر است که در معادلات حاصل شده از برازش مدل‌ها، X هدایت بلوک و Y درصد رطوبت حجمی خاک است.

جدول۱: مشخصات مدل‌های برازش یافته و روند تغییرات رطوبت حجمی با هدایت بلوک در تیمار حاوی ۲ درصد ماده‌ی آلی

مدل‌های رگرسیون	معادله	خطای استاندارد	ضریب همبستگی
Polynomial Fit	$Y=6.17X^3-0.01X^2+0.45X+1.18$	0.5598	0.9986
Harris Model	$Y=\frac{1}{(1.54-1.23X^{0.04})}$	0.5697	0.9982
Logistic Model	$Y=\frac{386.85}{(1+83e^{-0.02x})}$	1.3780	0.9910
Quadratic Fit	$Y=0.002X^2+0.095X+3.69$	1.5551	0.9886
Sinusoidal Fit	$Y=121.25COS(0.006X+3.26)+124.14$	1.6489	0.9879
MMF Model	$Y=\frac{488.78X^{1.67}+131224.86}{(X^{1.67}+32562)}$	1.8292	0.9851
Linear Fit	$Y=0.31X+0.34$	2.4348	0.9703
Exponential Association	$Y=541.58(1-e^{-0.0006X})$	2.5007	0.9686
Exponential Association (3)	$Y=255.80(1.0005-e^{-0.0013X})$	2.6423	0.9668

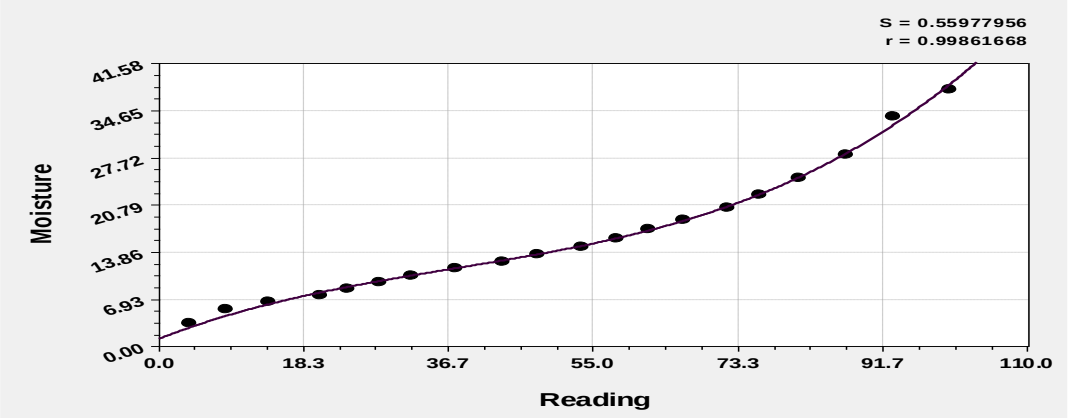
جدول۲: مشخصات مدل‌های برازش یافته و روند تغییرات رطوبت حجمی با هدایت بلوک در تیمار حاوی ۳/۵ درصد ماده‌ی آلی

مدل‌های رگرسیون	معادله	خطای استاندارد	ضریب همبستگی
Polynomial Fit	$Y=0.0001X^3-0.02X^2+0.73X-0.30$	1.9589	0.9849
Harris Model	$Y=\frac{1}{1.07-0.77X^{0.06}}$	2.4096	0.9760
Logistic Model	$Y=\frac{380.457}{1+87e^{-0.03X}}$	2.9515	0.9638
Quadratic Fit	$Y=0.001X^2+0.15X+3.50$	3.0449	0.9615
Sinusoidal Fit	$Y=106.07COS(0.005X+3.42)+105.55$	3.1460	0.9608
Linear Fit	$Y=0.29X+1.41$	3.2044	0.9551
MMF Model	$Y=\frac{1167.71X^{1.35}+73247.33}{X^{1.35}+20178.33}$	3.2509	0.9581
Exponential Association	$Y=305.83(1-e^{-0.001X})$	3.3285	0.9515
Exponential Association (3)	$Y=167.16(1.006-e^{-0.002X})$	3.3799	0.9523

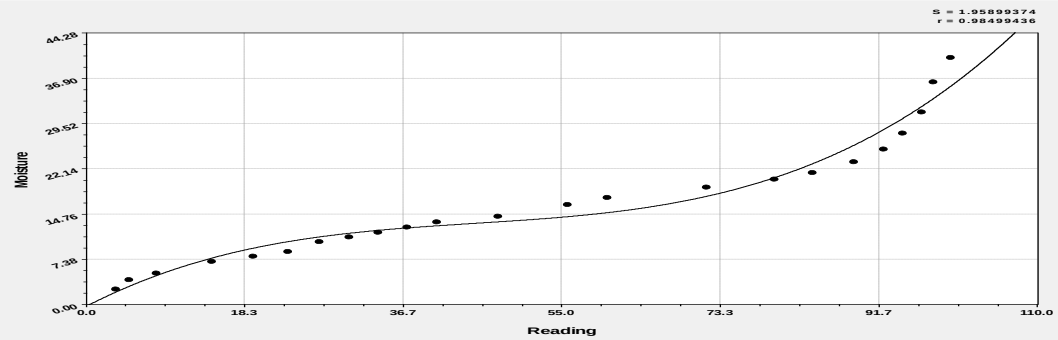
جدول۳: مشخصات مدل‌های برازش یافته و روند تغییرات رطوبت حجمی با هدایت بلوک در تیمار حاوی ۵ درصد ماده‌ی آلی

مدل‌های رگرسیون	معادله	خطای استاندارد	ضریب همبستگی
Polynomial Fit	$Y=4.57X^3-0.008X^2+0.74X-0.795$	1.7922	0.9886
Harris Model	$Y=\frac{1}{1.22-1.05X^{0.03}}$	1.9871	0.9859
Logistic Model	$Y=\frac{38.598}{1+0.66e^{-0.04X}}$	1.9915	0.9849
Quadratic Fit	$Y=-0.001X^2+0.46X+1.49$	2.0066	0.9845
Sinusoidal Fit	$Y=73.21COS(0.006X+5.14)-28.37$	2.0365	0.9845
Linear Fit	$Y=0.34X+3.75$	2.1163	0.9841
MMF Model	$Y=\frac{20117.65X^{0.75}-2989.71}{X^{0.75}+17586.57}$	2.2175	0.9807
Exponential Association	$Y=60.44(1-e^{-0.009X})$	2.4266	0.9779
Exponential Association (3)	$Y=67.39(1.02-e^{-0.007X})$	2.5879	0.9748

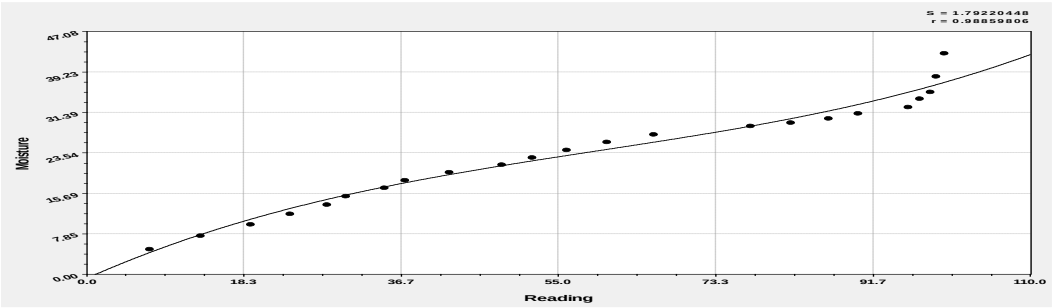
همچنین برازش چند جمله‌ای درجه سوم مقادیر میانگین دو تکرار رطوبت حجمی خاک و هدایت بلوک در زمان‌های مختلف برای تیمارهای ۲، ۳/۵ و ۵ درصد ماده آلی خاک به ترتیب در شکل های ۱، ۲ و ۳ نشان داده شده است. این منحنی‌ها تغییرات رطوبت حجمی خاک را به ازای تغییرات هدایت بلوک در درصدهای مختلف ماده آلی نشان می‌دهند.



شکل ۱: منحنی رطوبتی خاک رسی سیلتی در ۲ درصد ماده آلی

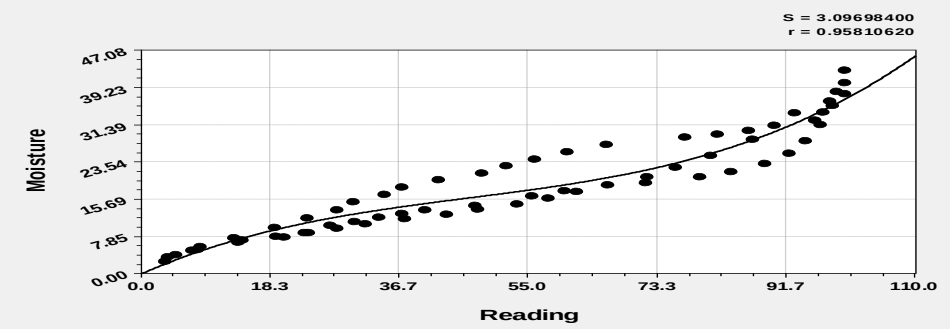


شکل ۲: منحنی رطوبتی خاک رسی سیلتی در ۳/۵ درصد ماده آلی



شکل ۳: منحنی رطوبتی خاک رسی سیلتی در ۵ درصد ماده آلی

همانطور که در جداول و اشکال بالا دیده شد با برازش مقادیر میانگین دو تکرار هدایت (قرائت ELE) بلوک در مقابل مقادیر میانگین دو تکرار رطوبت حجمی برای درصدهای مختلف ماده آلی، معادله خط رگرسیونی که برای این مقادیر به دست آمد که یک معادله چند جمله‌ای(Polynomial) درجه سه می‌باشد این معادله کمترین میزان خطا و بیشترین همبستگی را برای درصدهای مختلف ماده آلی داشته است. بنابراین با استفاده از تابع چند جمله‌ای درجه سوم برای بافت خاک رسی سیلتی حاوی ماده آلی بین ۲ تا ۵ درصد با برازش دادن کلیه داده‌ها معادله کلی $Y=7.08X^3-0.01X^2+0.65X-0.76$ با ضریب همبستگی ۰/۹۵۸ و خطای استاندارد ۳/۰۹۶ ارائه می‌شود. شکل ۴ منحنی رطوبتی خاک رسی سیلتی حاوی ماده آلی بین ۲ تا ۵ درصد را نشان می‌دهد که با استفاده از تابع چند جمله‌ای درجه سوم برازش یافته است.



شکل ۴: منحنی رطوبتی خاک رسی سیلتی حاوی ماده آلی بین ۲ تا ۵ درصد

منابع

۱-حسینی، یاسر، ۱۳۹۳، واسنجی بلوک گچی در اندازه‌گیری رطوبت در خاک‌های شور، دومین همایش ملی پژوهش‌های کاربردی در علوم کشاورزی، تهران، دانشگاه جامع علمی کاربردی، دانشگاه تهران.

۲-مجیدی خلیل آباد، م.؛ ب. قهرمان؛ ک. داوری و ع. آستارایی، ۱۳۸۶، اصلاح تاثیر شوری بر منحنی واسنجی بلوک گچی، نهمین سمینار سراسری آبیاری و کاهش تبخیر، کرمان، دانشگاه شهید باهنر، انجمن مهندسی آبیاری و آب.

۳-میرزایی، ح، ۱۳۸۹، استفاده از بلوک گچی برای تعیین زمان آبیاری در اراضی دانشکده کشاورزی دانشگاه رازی کرمانشاه، نخستین کنفرانس پژوهش‌های کاربردی منابع آب ایران، کرمانشاه، دانشگاه صنعتی کرمانشاه.

4-Aggelides, S. M., & Londra, P. A., 1998. Comparison of empirical equations for temperature correction of gypsum sensors. *Agronomy Journal*, *90*(3), 441-443.

5-Bouyoucos, G. J., & Mick, A. H., 1948. A comparison of electric resistance units for making a continuous measurement of soil moisture under field conditions. *Plant physiology*, *23*(4), 532.

6-Cannell, G. H., & Asbell, C. W., 1964. Prefabrication of mold and construction of cylindrical electrode type resistance units. *Soil Science*, *97*(2), 108-112.

7-Gardner, W. H., & Klute, A. 1986. Water content. *Methods of soil analysis. Part 1. Physical and mineralogical methods*, 493-544.

8-Hillel, D., 1998. *Environmental soil physics: Fundamentals, applications, and environmental considerations*. Academic press.

9-Huang, Q., Akinremi, O. O., Sri Rajan, R., & Bullock, P. 2004. Laboratory and field evaluation of five soil water sensors. *Canadian Journal of Soil Science*, *84*(4), 431-438.

Provided an experimental model of volumetric moisture under the effect of organic matter for the silty clay soil with pot experiment

H. Ahmadpari[1], S. E. Hashemi Garmdareh[2], M. Eskafi Noghany[3], F. Rezaei Maharlouie[4]

1-M.Sc. Student of Irrigation and Drainage, Department of Irrigation and Drainage, Faculty of Aburaihan, University of Tehran

2-Assistant Professor, Department of Irrigation and Drainage, Faculty of Aburaihan, University of Tehran

3-Expert, Department of irrigation and drainage, Faculty of Aburaihan, University of Tehran

4-M.Sc. Graduate of Irrigation and Drainage, Department of Water Engineering, Faculty of Agriculture, University of Fasa

Abstract

The aim of this study provide calibration equation for silty clay soil containing organic matter. This research was done in the laborator with three treatments including different percentages organic matter in two replications. At the first step, gypsum blocks were calibrated in distilled waterand then were placed in the middle of the pot. The pots were saturated and moisture changes and the corresponding conductivity was measured at different time intervals. For each treatments, the mean volumetric soil water content were plotted versus the respective readings by using CurveExpert1.3 software. Then for each treatment obtained a graph and calibration equation with low standard error and high regression coefficients. Gypsum block calibration equationfor each treatments were a polynomial equation.

Keywords: calibration equation, silty clay soil, organic matter, CurveExpert1.3, Polynomial equation