

مقاله پژوهشی

ارزیابی ساختمان‌های مختلف بلوک گچی برای تعیین رطوبت خاک

محمد علی قنادزاده^{۱*}، کامران داوری^۲ و بیژن قهرمان^۳

چکیده

روش‌ها و وسایل مختلفی برای اندازه‌گیری رطوبتی خاک وجود دارد. یکی از روش‌های ارزان و ساده، استفاده از بلوک گچی است. بلوک گچی یا بلوک‌های مقاومت، مخلوطی از آب و گچ هستند که با داشتن دو الکتروود باعث اختلاف جریان الکتریکی در رطوبتهای مختلف می‌شود. در این تحقیق ۵ نوع بلوک گچی با ساختارهای متفاوتی از گچ و سیمان تهیه شد. در بلوک‌های استفاده شده سه توری استوانه‌ای هم مرکز به عنوان الکتروود قرار گرفته‌اند. شعاع توری استیل به ترتیب از شعاع بیرونی ۱۵، ۲۵ و ۱۰ میلی‌متر است. گروه بندی بلوک‌ها بر اساس نوع گچ به کار رفته در آنها (گچ کشته، نیمه کشته و معمولی)، ترکیب مقادیر مختلف گچ و سیمان و مقادیر وزن گچ به کار رفته در ساخت آنها انجام گرفته است. با بررسی رفتار بلوک‌های گچی در هوا و خاک، مناسب‌ترین نوع بلوک گچی به لحاظ نحوه ساخت، نوع و مقدار مواد سازنده بلوک (گچ و سیمان)، و فاصله آنها و به طور کلی اعتبار واسنجی اولیه بلوک گچی در هوا و میزان تعادل آن با خاک، انتخاب شد. بلوک‌هایی که از ترکیب گچ و سیمان بودند همبستگی معنی داری با خاک مورد آزمایش (لوم رسی) نشان دادند. در این مقاله از دستگاه ELE مدل 5910A برای اندازه‌گیری رطوبت بلوک استفاده شد که در مقایسه با سایر وسایل از دقت خوبی در دامنه برنامه ریزی برای مدیریت آبیاری برخوردار است. همچنین مشخص شد که با داشتن منحنی اولیه واسنجی بلوک در هوا، که بر اساس اندازه‌گیری رطوبت در مقابل قرائت ELE به دست می‌آید، امکان برآورد رطوبت خاک بدون واسنجی بلوک‌ها میسر است.

واژه‌های کلیدی: بلوک‌های گچی، پتانسیل مکش، کالیبراسیون، رطوبت خاک، دستگاه ELE

ارجاع: قنادزاده م. ع. داوری ک. و قهرمان ب. ۱۳۸۷. ارزیابی ساختمان‌های مختلف بلوک گچی برای تعیین رطوبت خاک. مجله پژوهش آب ایران. ۲(۳): ۲۳-۳۲.

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
۲- عضو هیات علمی گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
۳- عضو هیات علمی گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
* نویسنده مسئول h_gh79@yahoo.com
تاریخ دریافت: ۱۳۸۷/۰۶/۱۹ تاریخ پذیرش: ۱۳۸۷/۱۲/۲۲

مقدمه

رطوبت مهمترین عامل و مشخصه در زمینه تعیین نیاز آبی گیاه و آبیاری مزارع است به همین دلیل به عنوان شاخص مهمی برای مدیریت یک مزرعه یا گلخانه به شمار می‌رود. به طور کلی گیاهان برای بقای خود نیاز به آب و مرطوب بودن محیط اطراف ریشه خود دارند. هر گیاه به طور کلی سه میزان رطوبت را در طول عمر خود تجربه می‌کند. این سه مرحله به عنوان سه مرحله رطوبتی در خاک حائز اهمیت است که عبارتند از: ۱- مرحله اشباع، ۲- مرحله ظرفیت زراعی، ۳- مرحله پژمردگی، که با شناخت هر مرحله و آشنایی با نحوه به دست آوردن مقدار رطوبت در هر مرحله می‌توانیم میزان عملکرد محصول را بالا ببریم و یا با بی توجهی به مسائل رطوبتی محیط اطراف ریشه باعث کاهش عملکرد شویم. در واقع برای مدیریت و برنامه‌ریزی آبیاری، بررسی و اندازه‌گیری مداوم رطوبت خاک الزامی است.

روش‌های زیادی برای تعیین رطوبت خاک به طور مستقیم و غیرمستقیم ارائه شده‌اند. در روش اندازه‌گیری مستقیم، نمونه خاک از مزرعه برداشته می‌شود و از روی کاهش وزن نمونه پس از خشک شدن در آن درصد رطوبت آن محاسبه می‌شود (گاردرنر ۱۹۸۶). اما به دلیل به هم 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 (هیلل ۱۹۹۸). چندین روش غیرمستقیم برای اندازه‌گیری درصد رطوبت خاک مانند روش نوترون‌متری (گریسن ۱۹۸۱)، TDR (کسل، ۱۹۹۴)، ظرفیت الکتریکی (نادلر و لپید، ۱۹۹۶) و بلوک‌های مقاومت الکتریکی (بروکس و کوری، ۱۹۶۴) توسعه یافته‌اند. از این میان بلوک‌های مقاومت الکتریکی مانند بلوک‌های گچی به دلیل ارزانی و آسانی کاربرد بسیار مطلوب هستند (۱۹۶۵، میک و میک).

به طور کلی، بلوک‌های مقاومت، شامل یک جفت الکترود هستند که داخل یک محیط متخلخل مانند گچ (بیوکس و میک، ۱۹۶۵)، نایلون و یا پشم شیشه (کلمن و هندریسک، ۱۹۴۹) جاسازی می‌شوند. علی‌رغم مطلوب بودن این بلوک‌ها از نظر ارزانی و سادگی کاربرد، مشکلاتی در این بلوک‌ها وجود دارد که عمده‌ترین آن‌ها مساله واسنجی بلوک است

(هیلل، ۱۹۹۸). 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 (کانل و آسبل، ۱۹۶۴).

هدف این پژوهش بررسی امکان استفاده از انواع مختلف بلوک گچی (با ساختمان‌های متفاوت) در تعیین رطوبت خاک است تا انواعی که بهترین نتایج را در کاربردهای مختلف، به خصوص خودکار کردن سیستم آبیاری می‌دهند انتخاب شوند. همچنین ساخت بلوک ارزان برای استفاده مهندسی و کشاورزان، استاندارد سازی و یکنواختی ساخت بلوک به همراه دستور العملی برای ساخت بلوک‌های گچی و تحقیق و بررسی برای ساخت وسیله اندازه‌گیری رطوبت، که بتواند با هزینه‌ای کم، بیشترین کمک را به دانستن وضعیت رطوبتی خاک بنماید.

مواد و روش‌ها

نوع بلوک و مواد سازنده

به طور کلی ۵ نوع بلوک در این طرح مورد آزمایش قرار گرفتند. این ۵ نوع بلوک از ۱۳ نوع بلوک که قبلاً مورد آزمایش قرار گرفته بود (مجیدی، ۱۳۸۶) انتخاب شد. الکترود مورد استفاده این ۵ نوع به صورت دوایر هم مرکز در فاصله ۰/۵ و ۱/۵ قرار گرفتند، از دانه‌های پلاستیکی که فاصله را در سرتاسر توری‌های استیل ضدزنگ حفظ کند، استفاده شد. بلوک‌های گچی مورد استفاده در این آزمایش، دارای انواع مختلفی از لحاظ نوع مواد به کار رفته در ساخت بلوک است که در جدول ۱ به طور کامل تشریح شده است. این بلوک‌ها همگی استوانه‌ای به قطر ۲۵ یا ۳۰ و طول ۶۵ میلی‌متر هستند. اکثر این بلوک‌ها، از گچ ساخته شده‌اند ولی در برخی از آن‌ها، از مقداری سیمان نیز در ساخت بلوک استفاده شده است. مقدار سیمان به کار رفته در ساخت بلوک‌ها، به صورت درصد نسبت وزن سیمان به گچ به کار رفته در بلوک، در جدول ۱ ارائه شده است. نوع گچ به کار

جدول ۱- انواع بلوک‌های ساخته شده برحسب گرم

وزن مرطوب (gr)	وزن هوا خشک (gr)	شماره بلوک‌ها	نمونه بلوک مورد آزمایش
۸۰/۸	۵۰	۱	الف
۸۰/۸	۵۰/۶	۲	
۸۱/۵	۵۰	۳	
۸۰/۸	۵۴/۷	۴	ب
۸۱/۷	۵۶/۶	۵	
۸۴/۸	۵۵/۸	۶	
۸۳/۶	۶۰/۵	۷	پ
۸۹/۶	۶۱/۴	۸	
۸۹/۶	۶۱/۵	۹	
۸۹/۸	۶۰/۵	۱۰	ت
۸۷/۸	۵۸/۵	۱۱	
۸۶/۱	۵۹/۱	۱۲	
۸۷/۳	۶۴/۸	۱۳	ج
۸۸/۸	۶۳/۶	۱۴	
۸۷/۶	۶۴	۱۵	

واسنجی بلوک‌های گچی در هوا

واسنجی اولیه بلوکها در هوا و بر اساس مقدار رطوبت بلوک گچی انجام شد. بدین طریق که ابتدا بلوک گچی را به مدت ۱ ساعت (قنادزاده، ۱۳۸۷)، در آب معمولی ($EC = 0.6$ ds/m) قرار داده تا به حد اشباع برسد، سپس آن را از آب خارج کرده و در محیط هوا قرار داده می‌شود. به تدریج که بلوک رطوبت خود را از دست می‌دهد، مقدار آب موجود در بلوک و یا در واقع رطوبت وزنی بلوک براساس وزن هوا خشک آن اندازه گیری می‌شود. همزمان با این اندازه‌گیری به کمک دستگاه اندازه‌گیری، مقاومت الکتریکی بلوک نیز قرائت می‌شود. برای به دست آوردن درصد رطوبت وزنی بلوک گچی (W_{bm}) در هر زمان، بلوک را توزین کرده و وزن آن (W_{bt}) بر وزن خشک بلوک (W_{bd}) تقسیم می‌شود:

$$W_{bm} = \frac{W_{bt} - W_{bd}}{W_{bd}} \times 100 \quad (1)$$

برای اندازه گیری وزن بلوک گچی، از ترازوی دیجیتالی Sartorius مدل GM6101 با دقت ۰/۱ گرم استفاده شد.

قرارگرفتن بلوک گچی در خاک و قرائت آن‌ها

پس از واسنجی اولیه در هوا، بلوک‌های گچی درون ۵ گلدان با خاک لوم رسی به عنوان ۳ تکرار در عمق ۵ cm قرار

رفته در این بلوک‌ها نیز متفاوت است. به طوری که در برخی گچ کشته شده، برخی با گچ نیمه‌کشته و اغلب با گچ معمولی ساخته شده‌اند. تفاوت این نوع گچ‌ها در نحوه دانه‌بندی آنها و نحوه تشکیل بلورهای گچ است که اندازه منافذ بلوک‌ها را مشخص می‌کند. نسبت‌های سیمان به گچ به کار رفته در بلوک‌هایی که از مخلوط گچ و سیمان ساخته شده‌اند، نیز متفاوت است. بلوک‌هایی که در ساخت آن‌ها فقط از گچ استفاده شده است نیز انواع مختلفی دارند که تفاوت آنها در وزن گچ به کار رفته در بلوک‌هاست. این بلوک‌ها با مقدار ۵۲ گرم گچ و ۴۲ گرم آب (نوع الف)، ۴۲ گرم گچ و ۵۲ گرم آب (نوع ج)، ۷۰ گرم گچ و ۷۰ گرم آب (نوع ب)، ۴۷ گرم گچ و ۴۲ گرم آب و ۱۵ گرم سیمان (نوع پ) و در نهایت ۶۷ گرم گچ ۶۲ گرم آب و ۵ گرم سیمان (نوع ت)، ساخته شده‌اند (جدول ۱).

برای بررسی تأثیر فاصله الکترودها (۱۰ و ۱۵ mm از خارج) بر قرائت بلوک گچی، از الکترودهای دور و نزدیک، با فواصل مختلف به صورت دو استوانه و سه استوانه استفاده شد. بدین معنی که ابتدا الکترود خارجی با الکترود داخلی اندازه گیری شد، سپس الکترود میانی با الکترود داخلی مورد ارزیابی قرار گرفت.

وسیله قرائت

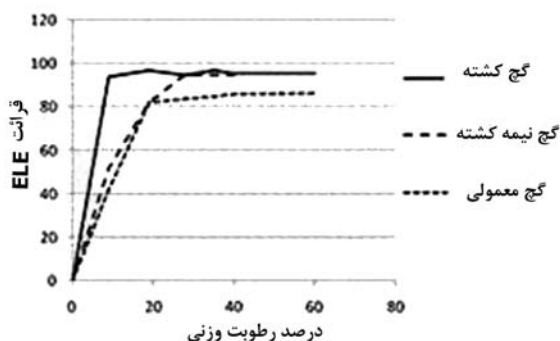
در این پژوهش از دستگاه رطوبت‌سنج ELE برای قرائت بلوک استفاده شد. قرائت بلوک گچی در این دستگاه با تبدیل جریان مستقیم به جریان متناوب صورت می‌گیرد که از پولاریزه شدن الکترودها جلوگیری کرده و خطا در قرائت را کاهش می‌دهد. در واقع عدد قرائت شده توسط دستگاه ELE مقاومت الکتریکی موجود در بلوک گچی است که با رطوبت خاک، رابطه مستقیم دارد و از مقاومت‌های خیلی بالا برای رطوبت‌های کم تا خیلی کم برای رطوبت‌های اشباع تغییر می‌کند.

چهار فرض آماری همبستگی، تفاوت، عرض از مبدا و شیب از نظر معنی داری آزمون شدند.

نتایج و بحث

تأثیر نوع گچ به کار رفته در ساخت بلوک

نمونه ای از تأثیر نوع گچ بر روی منحنی واسنجی بلوک در شکل ۱ ارائه شده است. استفاده از گچ کشته شده در ساخت بلوکهای گچی باعث تشکیل بلورهای ریز در جسم و بدنه بلوک و افزایش درصد میزان آب جذب شده نسبت به وزن خشک بلوک می‌شود و از طرفی مدت زمان تخلیه رطوبت دریافتی را نیز افزایش می‌دهد. خصوصیات رطوبتی بلوک‌های ساخته شده با گچ کشته نزدیک به خصوصیات خاک‌های با بافت سنگین است. برعکس در بلوک‌هایی که با گچ معمولی ساخته شده‌اند، بلورهای تشکیل شده در بدنه و جسم این بلوک‌ها درشت‌تر بوده و متناسب با آن منافذ درشت‌تری ایجاد می‌کند که باعث جذب رطوبت اولیه کمتر و مدت زمان تخلیه کمتر می‌شود. این بلوک‌ها نیز به لحاظ خصوصیات رطوبتی، نزدیک به خاک‌های با بافت سبک است. حالت حد واسط این دو، استفاده از گچ نیمه‌کشته در بلوک‌ها است که درصد میزان رطوبت جذب شده و مدت زمان تخلیه رطوبت در این بلوک‌ها، در حد واسط بلوک‌های ساخته شده با گچ کشته و بلوک‌های با گچ معمولی قرار می‌گیرد.



شکل ۱- تأثیر نوع گچ بکار رفته در ساخت بلوک گچی بر واسنجی بلوک.

ارقام جدول ۳ نشان می‌دهند که هر چه بلورهای تشکیل شده در بلوک ریزتر باشند درصد آب قابل جذب در آنها بالاتر بوده و زمان تخلیه رطوبتی نیز طولانی‌تر خواهد شد.

گرفت به طوری که در هر جعبه انواع مختلف بلوک‌ها (تیمارهای مختلف) قرار بگیرند. خاک موجود در گلدان‌ها همگی دارای بافت و مشخصات یکسانی بوده که مشخصات آن در جدول ۲ ارائه شده است. به منظور ایجاد تماس مطلوب بین بلوک و خاک اطراف آن (هیاس و تایت، ۱۹۹۸)، ابتدا اطراف بلوک را با ذرات ریز و نرم خاک پر کرده، سپس بقیه ذرات خاک به محل افزوده شد. بعد از قرارگیری بلوک‌ها در خاک، خاک گلدان‌ها اشباع شدند. سپس روند تغییرات رطوبت خاک به روش وزنی در زمان‌های مختلف اندازه‌گیری شد. همزمان با این عمل، قرائت بلوک‌های گچی توسط دستگاه ELE انجام شد. بدین طریق که در زمانهای مختلف گلدان توزین شد و وزن گلدان همراه با خاک آن با وزن اولیه گلدان همراه با خاک خشک (در هوا) مقایسه شد و رطوبت وزنی خاک به دست آمد.

جدول ۲- مشخصات خاک مورد استفاده در آزمایش

بافت	درصد رس	درصد شن	درصد سیلت	وزن مخصوص (g/cm ³)	تخلخل
لوم رسی	۳۵	۳۸	۲۷	۱/۶۹	۴۶

اگر وزن گلدان در هر زمان (W_t) بر وزن جعبه در حالتی که خاک آن هوا خشک است (W_d) تقسیم شود، درصد وزنی رطوبت خاک (w_m) حاصل می‌شود:

$$w_m = \frac{W_t - W_d}{W_d} \times 100 \quad (2)$$

روند اندازه‌گیری رطوبت خاک و قرائت بلوک‌های گچی تا هوا خشک شدن خاک درون گلدان‌ها ادامه یافت، به طوری که وزن گلدان‌ها در انتهای آزمایش برابر وزن اولیه آنها شد.

تحلیل آماری

برای بلوک گچی در هر مرحله اندازه‌گیری، ۲ قرائت انجام گرفت. این قرائت‌ها شامل (الف) قرائت الکتروود ۱-۲ (الکتروود داخلی و میانی با فاصله ۱۰ میلی‌متر)، (ب) قرائت الکتروود ۱-۳ دو توری استیل جدار داخلی و جدار خارجی (فاصله ۱۵ میلی‌متر). در نتیجه ۲ منحنی واسنجی برای هر کدام از این بلوک‌ها ترسیم شد. در هر کدام از این منحنی‌ها

همانطور که از جدول ۴ ملاحظه می‌شود، با ۵۰ درصد سیمان، درصد رطوبت قابل جذب به کمترین رقم یعنی ۱۲/۵ درصد کاهش یافته و در بلوک شماره ۵ که فقط ۵ درصد سیمان در ترکیب ساختمانی آن به کار رفته، درصد رطوبت قابل جذب به میزان ۲۸/۶ درصد یعنی بالاتر از دو برابر رقم بلوکی که بالاترین درصد سیمان مصرفی را دارد، افزایش یافته است.

در آزمایشات انجام شده روی بلوک‌ها، مدت زمان تخلیه کامل رطوبت در بلوک حاوی سیمان در مقایسه با سایر بلوک‌ها که سیمان نداشتند کمتر بوده است (تقریباً ۶۰ ساعت برای سیمانی و ۷۸ تا ۸۵ ساعت برای بلوک‌هایی با ترکیب آب و گچ) (جدول ۵).

جدول ۵- زمان از دست دادن کامل رطوبت برای پنج بلوک

شماره بلوک	الف	ب	پ	ت	ج
زمان از دست دادن رطوبت	۸۰ ساعت	۷۸ ساعت	۶۰ ساعت	۶۳ ساعت	۸۵ ساعت

تأثیر فاصله الکتروود

به طور کلی، اندازه گیری الکتروود ۱ و ۳ با الکتروود ۱ و ۲ تفاوت معنی داری ندارند. بلوک های الف تا ج برای بررسی تأثیر فاصله الکتروودها بر قرائت بلوک گچی مورد بررسی قرار گرفتند (شکل ۲). همان طور که از منحنی‌های شکل ۲ پیداست، با افزایش فاصله بین الکتروودها، عدد حاصل از قرائت ELE کاهش پیدا کرده است. در واقع با افزایش فاصله الکتروودها، مقاومت الکتریکی بلوک افزایش می‌یابد زیرا این مقاومت از جداره ضخیم‌تر بلوک اندازه‌گیری می‌شود. به طور کلی هر چقدر رطوبت بلوک گچی کاهش یابد، مقاومت الکتریکی بلوک گچی افزایش یافته و عدد قرائت ELE کاهش می‌یابد.

جدول ۳- نتیجه آزمایش سه بلوک با ساختار آب و گچ با درصد

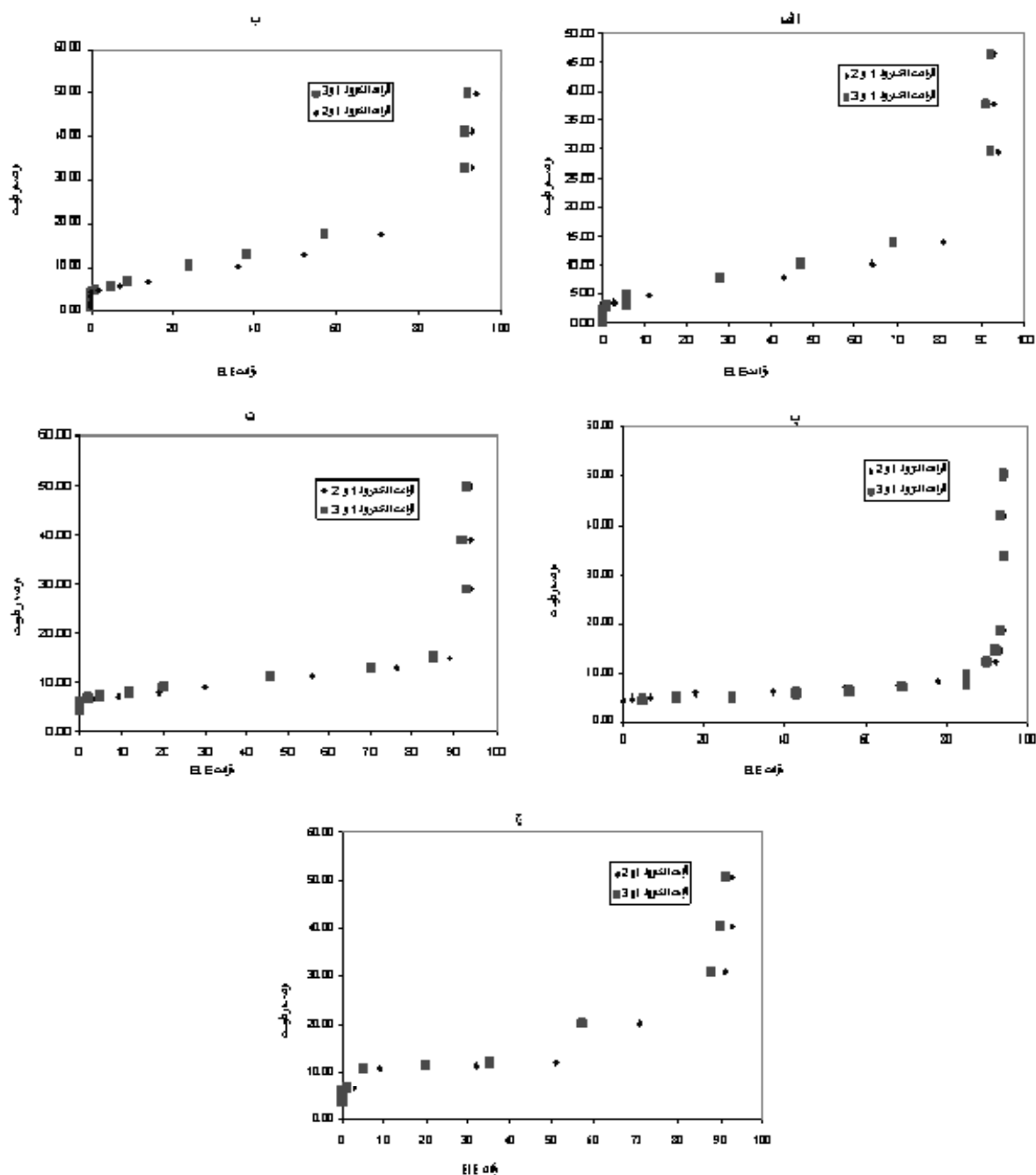
شماره بلوک	یکسان ولی با عمل آوری متفاوت		
	مشخصات ساختمانی بلوک	درصد رطوبت دریافتی نسبت به وزن بلوک	مدت زمان تخلیه کامل رطوبتی
۱	گچ معمولی	۳۵/۳۰	۶۰ ساعت
۲	گچ نیمه کشته	۴۰/۱۰	۷۰ ساعت
۳	گچ کشته	۵۲/۸۰	۸۴ ساعت

تأثیر سیمان

با توجه به جداول ۴ و ۵، بلوک‌هایی که در ساخت آن‌ها از مخلوط گچ و سیمان استفاده شده است، میزان رطوبت جذب شده توسط بلوک و مدت زمان تخلیه رطوبت دریافتی، نسبت به بلوک‌هایی که از گچ ساخته شده‌اند، کمتر است (نوع پ و ت در جدول ۱). استفاده از سیمان در این بلوک‌ها باعث ایجاد منافذ درشت‌تر می‌شود و به همین دلیل میزان رطوبت جذب شده و مدت زمان تخلیه آن، کاهش می‌یابد. نسبت‌های سیمان به گچ به کار رفته در بلوک‌هایی که از مخلوط گچ و سیمان ساخته شده‌اند نیز متفاوت است.

جدول ۴- نتیجه آزمایش پنج بلوک که با درصد سیمان و گچ

شماره بلوک‌ها	مختلف	
	درصد سیمان	درصد رطوبت دریافتی نسبت به وزن بلوک
۱	۵۰	۱۲/۵
۳	۲۵	۱۷/۹۰
۴	۲۰	۲۳/۵۰
۵	۱۵	۲۶/۷۰
۶	۵	۲۸/۶۰



شکل ۲ درصد رطوبت با قرائت توسط دستگاه ELE برای دو الکترود ۱-۲ و ۱-۳

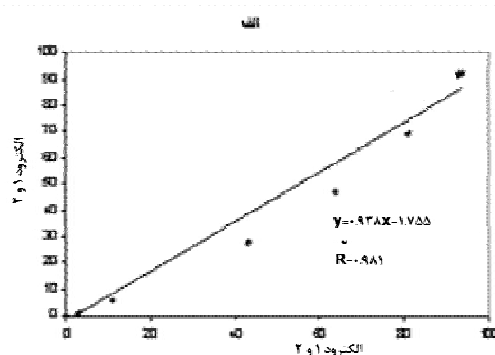
مقایسه رگرسیونی بین داده‌ها فرض یک برای a معنی دار است اما برای b در سطح ۶۵ درصد معنی دار است (جدول ۶، شکل ۳).

با توجه به جدول ۶ و شکل ۳ بین دو الکترود همبستگی وجود دارد و دو الکترود متفاوت معنی‌داری ندارند. در مورد ضرایب a و b می‌توان گفت که با توجه به جدول Anova

جدول ۶ - آزمون T-test برای شکل ۳

آزمون همبستگی							
الکتروود ۱-۲ و ۱-۳	تعداد آمار	همبستگی	معنی داری				
	۱۵	۰.۹۹۰	۰.۰۰۰				
آزمون مقایسه میانگین ها							
الکتروود ۱-۲ و ۱-۳	میانگین	انحراف معیار	میانگین	خطا	ضریب اطمینان ۹۵	درجه آزادی	معنی داری
	۳.۷۳۳۳	۵.۸۹۷۵	۱.۵۲۲۷	انحراف معیار	درصد	۱۴	۰.۰۲۸
							۰.۴۶۷۳
							۶.۹۹۹۲
جدول آنوا							
رگرسیون	جمع	درجه آزادی	میانگین مربع ها	F	معنی داری در سطح ۹۵ درصد		
	۲۰۵۰۲.۹۳	۱	۲۰۵۰۲.۹۳۴	۶۶۸.۵۷۵	۰.۰۰۰		
باقیمانده	۳۹۸.۶۶۶	۱۳	۳۰.۶۶۷				
کل	۲۰۹۰۱.۶۰	۱۴					
ضرائب							
الکتروود ۱-۲	ضریب B	خطای انحراف	بتا	t	معنی داری		
الکتروود ۱-۲	۰.۹۳۸	۰.۰۳۶	۰.۹۹۰	۲۵.۸۵۷	۰.۰۰۰		
مقدار ثابت	-۱.۷۵۵	۱.۸۴۵		-۰.۹۵۱	۰.۳۵۹		

چون واسنجی اولیه بلوک در هوا بر اساس مقدار رطوبت بلوک انجام شده در حالی که منحنی رفتاری بلوک گچی در خاک بر اساس قرائت بلوک و مقدار رطوبت خاک انجام گرفته است (می توان فرض کرد رطوبت خاک و رطوبت بلوک به حالت تعادل می رسند، و رطوبت خاک همان رطوبت بلوک است). در واقع رطوبت بلوک در خاک نامعلوم است. نتایج مقایسه منحنی واسنجی بلوک های گچی در هوا با منحنی های رفتار آنها در خاک، نشانگر نزدیکی این دو منحنی به یکدیگر است. در مجموع اکثر بلوک ها رفتارهای مشابه با منحنی واسنجی اولیه خود داشتند. که می توان نتیجه گرفت که در این نوع از بلوک رطوبت بلوک گچی تقریباً برابر رطوبت خاک است. البته بهتر است در مرحله واسنجی قرائت های بلوک گچی را با پتانسیل مکش متناسب کرد و از طرفی با داشتن منحنی رطوبت به مکش خاک، رطوبت خاک را به دست آورد.



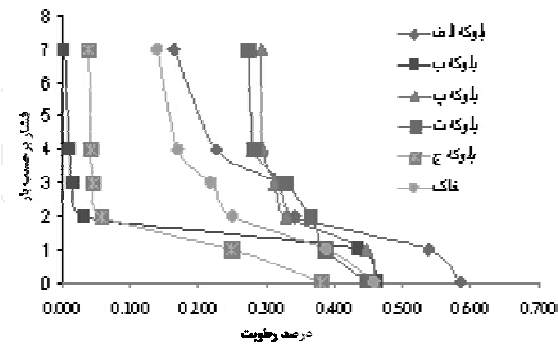
شکل ۳- نمودار رگرسیونی برای بلوک الف به همراه معادله مربوط به خط

رفتار در خاک

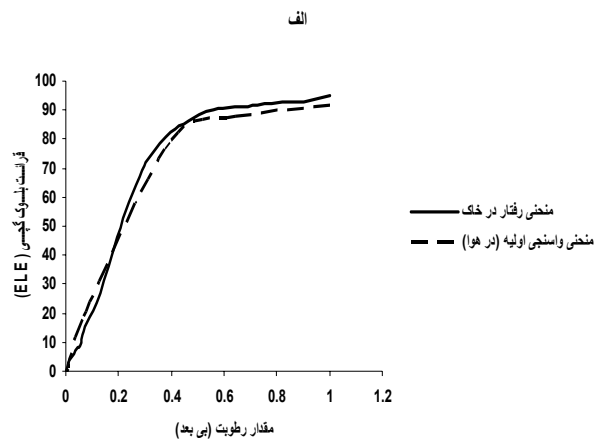
نتایج حاصل از مقایسه منحنی واسنجی بلوک های

گچی در هوا و منحنی رفتاری آنها در خاک

مقایسه منحنی واسنجی اولیه بلوک گچی در هوا و منحنی رفتاری آن در خاک (شکل ۴)، در حالت عادی مشکل است،



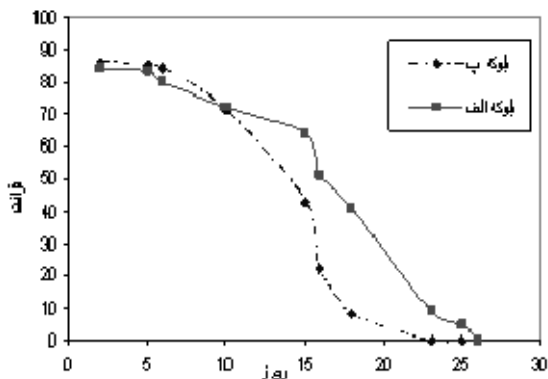
شکل ۵- نمودار درصد رطوبت با فشار بر حسب بار برای بلوک‌ها و خاک مورد آزمایش



شکل ۴- مقایسه منحنی واسنجی اولیه بلوک‌های گچی نوع الف در هوا با منحنی رفتاری آن در خاک

تأثیر سیمان در بلوک گچی بر روی رطوبت تعادل بلوک

بلوک‌هایی که در ساختن آنها از مخلوط گچ و سیمان استفاده شده است، به خصوص نوع پ و ت تعادل خوبی با تغییرات رطوبت خاک دارند ولی در بلوک‌هایی که در آنها درصد سیمان ۱۵ درصد به کار رفته است (پ)، در رطوبتهای پایین خاک، زودتر از سایر بلوک‌ها رطوبت خود را از دست می‌دهند و خشک می‌شوند (شکل ۶). منحنی بلوک پ که با ۱۵٪ سیمان ساخته شده است زودتر از بلوک الف که سیمان ندارد، رطوبت خود را از دست داده است.



شکل ۶- تأثیر مقدار سیمان به کار رفته در ساخت بلوک گچی بلوک پ با ۱۵ درصد سیمان - بلوک الف بدون سیمان
تأثیر وزن گچ (نسبت آب به گچ) به کار رفته در ساخت بلوک

با توجه به شکل ۷، در حالت اشباع تمامی بلوک‌های گچی رفتار تقریباً ثابتی از خود نشان می‌دهند. همان‌طور که مشاهده می‌شود نوع (ب) که در ساخت آنها از گچ بیشتری

واسنجی بلوک‌های گچی با استفاده از صفحات فشاری^۱

برای رسیدن به اهداف مقاله، نمونه‌هایی از خاک و بلوک در این دستگاه قرار داده شده و در ۵ فشار ۱، ۲، ۳، ۴ و ۷ بار مورد آزمایش قرار گرفت (شکل ۵).

با توجه به شکل ۵ می‌توان نتیجه گرفت:

۱. بلوک‌هایی که سیمان در ساختار آنها به کار برده شده (بلوک پ و ت) همبستگی بیشتری با خاک دارند.
 ۲. در بلوک‌های ب و ج که درصد گچ بیشتری نسبت به بلوک الف دارند، دامنه درصد رطوبت گسترده‌تر است.
- در مقایسه بلوک‌های سیمانی و گچی، دامنه درصد رطوبت در فشارهای بالا متفاوت است. بدین معنی که در فشارهای اعمال شده بلوک‌های سیمانی کندتر و یکنواخت‌تر رطوبت را از دست می‌دهند، اما بلوک‌های گچی با سرعت بیشتری این کار را می‌کنند.

^۱ - Pressure plate

در مجموع، به جز در محدوده رطوبت های اشباع تا ظرفیت زراعی، بلوک های نوع (ج) بهترین تعادل رطوبتی را با خاک داشتند. با توجه به تأثیر سیمان، به نظر می رسد که با به کار بردن ۵٪ از آن در ساخت بلوک های گچی، رطوبت تعادل این نوع بلوک با تغییرات رطوبت خاک در حالت اشباع نیز افزایش یابد. این نوع بلوک در رطوبت های کمتر از حالت اشباع خاک، تعادل خوبی با خاک دارد.

نتیجه گیری

امکان تعیین مقدار رطوبت خاک بر اساس واسنجی اولیه روی برای بلوک گچی با این روش امکان پذیر نیست، مگر اینکه روش واسنجی اولیه را بر مبنای پتانسیل مکش بلوک های گچی انجام دهیم. در طی آزمایشات، مشخص شد که با واسنجی اولیه بلوک، و داشتن اطلاعات مربوط به مقدار رطوبت در حالت خشک و اشباع خاک و بلوک، و استفاده از صورت بدون بعد رطوبت در واسنجی و قرائت بلوک گچی در خاک، می توان مقدار رطوبت خاک را تعیین کرد. این روش کاربرد، نیاز به واسنجی مجدد بلوک گچی در خاک، برای اندازه گیری مقدار رطوبت را بر طرف می کند. در واقع، به این طریق، برای اندازه گیری رطوبت خاک به وسیله بلوک گچی، کافی است واسنجی اولیه بلوک گچی در هوا بر اساس مقدار پتانسیل مکش و رابطه ۳ انجام شود:

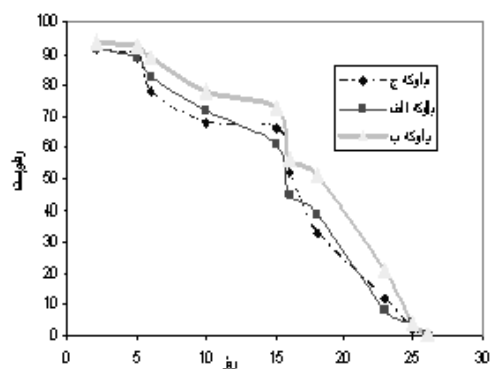
$$\theta_b = \frac{\theta_t - \theta_0}{\theta_s - \theta_0} \quad (3)$$

سپس بلوک مورد نظر در خاک قرار گرفته، و با قرائت آن، و با توجه به نمودار رطوبت - پتانسیل مکش خاک، مقدار رطوبت خاک تعیین شود.

واسنجی بلوک با استفاده از صفحات فشاری نشان داد که: ۱- بلوک هایی که سیمان در ساختار آنها به کار برده شده (بلوک پ و ت) همبستگی بیشتری با خاک دارند. ۲- در بلوک های ب و ج که درصد گچ بیشتری نسبت به بلوک الف دارند دامنه درصد رطوبت گسترده تر است. ۳- در مقام مقایسه بلوک های سیمانی و گچی، دامنه درصد رطوبت در فشارهای بالا متفاوت است. بدین معنی که در فشارهای اعمال شده بلوک های سیمانی کندتر و یکنواخت تر رطوبت

استفاده شده است، رطوبت بیشتری جذب می کند و این سیر تا خشک شدن کامل ادامه دارد. بلوک (الف) که درصد متوسطی از آب و گچ نسبت به سایر بلوک ها دارد رفتار نسبتاً ثابتی از خود نشان می دهد. به طور کلی، بلوک هایی که در ساخت آنها نسبت آب به گچ بیشتری (گچ کمتر) استفاده شده باشد، زودتر از سایرین دچار افت رطوبتی می شوند، از این رو زودتر به تغییرات رطوبت خاک پاسخ داده و در نتیجه در رطوبت های اشباع خاک، تعادل پتانسیلی مطلوبی با خاک برقرار می کنند. با این وجود، به دلیل افت سریع رطوبتی در رطوبت های کمتر خاک، تعادل خوبی با خاک نداشته و منحنی خشک شدن آنها همواره پایین تر از منحنی خشک شدن خاک قرار می گیرد.

به طور کلی، در رطوبت های کم خاک (حدود ۰/۴ بی بعد)، منحنی های خشک شدن در اکثر بلوک های گچی منطبق بر منحنی خشک شدن خاک بوده به طوری که تغییرات رطوبت در خاک، رطوبت بلوک را کاملاً تحت تأثیر قرار می دهد. با آهنگ تغییرات رطوبت خاک، رطوبت بلوک ها و در نتیجه قرائت بلوکها نیز تغییر می کند. این خصوصیت قبلاً نیز توسط پژوهشگران مختلف ارائه شده است که دامنه کاری بلوک های گچی از مکش های ۳۰ kPa تا حدود ۱۰۰۰ kPa است (بورگت و همکاران، ۱۹۵۸). در واقع اکثر بلوک های گچی استفاده شده در این آزمایش، نتوانستند تغییرات رطوبت در حالت اشباع و حدود اشباع را با دقت اندازه گیری کنند. البته این عارضه در مورد اکثر بلوک های اندازه گیری رطوبت خاک صادق بوده و در منابع مختلف به آن اشاره شده است (ارمارک و هامان ۲۰۰۱، تابر و همکاران ۲۰۰۲).



شکل ۷- تأثیر وزن گچ بکار رفته در ساخت بلوک گچی بر روی تعادل بلوک با تغییرات رطوبت خاک مقایسه تطبیقی

- 5- Cannell G.H. and Asbell. C.W. 1964. Prefabrication of mold and construction of cylindrical electrode type resistance units. *Soil Sci.* 97:108-112.
- 6- Cassel D.K. Kachanoski R.G. and Topp G.C. 1994. Practical consideration for using a TDR cable tester. *Soil Technology*, 7: 113-126.
- 7- Coleman E.A. and Hendrix T.M. 1949. The fiberglass electrical soil- moisture instrument. *Soil Science.* 67:425-438
- 8- Hayes J.P. and Tight. D.C. 1988. Proceedings of the FOCUS Conference on Southwestern Ground Water Issues. National Water Well Association, Dublin OH. 375-395.
- 9- Hillel D. 1998. Environmental soil physics. Academic Press Inc., 131-134
- 10- Irmak S. and Haman. D.Z 2001. Performance of the Watermark granular matrix sensor in sandy soils. *Appl. Eng. Agric.* 17:787-795.
- 11- Gardner W.H. 1986. Water Content. In A. Klute (ed.) *Methods of soil analysis. Part 1.* 2nd ed. Agron. Monogr. 9. ASA and SSSA, Madison, WI.
- 12- Greacen E.L. 1981. Soil Water Assessment by the Neutron Method. CSIRO Melbourne, Australia.
- 13- Nadler A. and Lapid Y. 1996. An improved capacitance sensor for in situ monitoring of soil moisture. *Australian Journal of Soil Research*, 34:361-368.
- 14- Taber H.G. Lawson V. Smith B. and Shogren. D. 2002. Scheduling microirrigation with tensiometers or Watermarks. *Int. Water Irrig.* 22(1):22-26.

را از دست می‌دهند، اما بلوک‌های گچی با سرعت بیشتری این کار را می‌کنند.

مشخص شد که نوع پ و ت بلوک‌های گچی در مجموع نتایج بهتری نسبت به سایر انواع دارند. این بلوک‌ها رفتارهای یکنواخت‌تر و مناسب‌تری با تغییرات رطوبت خاک داشته و اعداد قرائت شده حاصله از آن، به خصوص در رطوبت‌های کمتر از حالت اشباع، تخمین بسیار خوبی برای تعیین رطوبت خاک است. علاوه بر این، نوع الکتروود و نحوه اتصال سیم رابط با بدنه بلوک‌ها در این گروه به نحوی است که دچار قطع اتصال در رطوبت‌های مختلف نمی‌شود. مشخص شد که هر چه فاصله الکتروودها بیشتر باشد، به همان نسبت اندازه گیری‌ها نماینده مقاومت مربوط به حجم بیشتری از بلوک است و تغییرات دقیق‌تری ثبت می‌شود اما تغییرات معنی‌دار نیستند. علاوه بر این استفاده از توری‌های حلقوی استیل به عنوان الکتروود دارای این مزیت است که در اثر انقباض و انبساط بلوک، تماس بین الکتروودها و بدنه بلوک گچی قطع نمی‌شود.

منابع

- ۱- مجیدی م. ۱۳۸۶. اصلاح منحنی واسنجی بلوک گچی با توجه به شوری. پایان‌نامه دوره کارشناسی ارشد مهندسی آب، دانشگاه فردوسی مشهد.
- ۲- قنادزاده م.ع ۱۳۸۷ ساخت و واسنجی حسگر رطوبتی با استفاده از بلوک‌های گچی. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد.

- 1- Bourget S.J. Elrick D.E. and Tanner. C.B. 1958. Electrical resistance units for moisture measurements: Their moisture hysteresis, uniformity and sensitivity. *Soil Sci.* 86:298-304.
- 2- Bouyoucos G.J. and Mick. A.H. 1948. A comparison of electric resistance units for making a continuous measurement of soil moisture under field conditions. *Plant Physiology.* 4: 532-543.
- 3- Bouyoucos G.J. 1965. Plaster of paris block electrical measuring unit for making a continuous measurement of soil moisture under field conditions. In: A. Wexler (ed.), *Humidity and moisture: Measurement and control in science and industry*; 4:105-111.
- 4- Brooks R.H. Corey A.T. 1964. Hydraulic properties of porous media. *Hydrological Paper no. 3.* Colorado State University, Fort Collins.