پانزدهمین کنگره علوم خاک ایران

۶ تا ۸ شهریور ۱۳۹۶ محور مقاله: فیزیک و رابطه آب خاک وگیاه

وابستگی رطوبت و ظرفیت خازنی در خاک‌ها: مبنایی برای اندازه‌گیری سریع رطوبت خاک

رضا حسن‌پور[۱*]، محمدرضا نیشابوری[۲] و داود زارع‌حقی[۳]

۱، ۲ و ۳- به ترتیب دانشجوی دکترای، استاد و استادیار گروه علوم و مهندسی خاک، دانشگاه تبریز

* Email: rzh92@yahoo.com

چکیده

در پژوهش حاضر،رابطه بین رطوبت خاک و ظرفیت خازنی آن در سه خاک شن لومی، لوم شنی و رسی در جرم مخصوص ظاهری ثابت مورد مطالعه قرار گرفت. در هر خاک سطوح مختلف رطوبتی (پنج تا شش سطح) اعمال و ظرفیت خازنی آنها در سه تکرار اندازه‌گیری شد. برای این منظور، دو تیغه استیل ضد زنگ که بوسیله یک عایق پلاستیکی بهم متصل شده بودند، وارد خاک شدند و با استفاده از دستگاه LCR متر دیجیتالی با دقت بالا، ظرفیت خازنی خاک در سه تکرار اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد که با افزایش رطوبت خاک (θm)، ظرفیت خازنی خاک (C) به‌صورت غیرخطی افزایش می‌یابد. در خاک شن لومی و لوم شنی، رابطه توانی به‌ترتیب به‌صورت $C = 0.0155\theta_m^{2.3218}$ با $r^2 = 0.9962$ و $C = 0.0124\theta_m^{2.4377}$ با $r^2 = 0.9345$ به‌دست آمد.در خاک رسی، رابطه پلی‌نومیال به‌صورت $C = 0.0688\theta_m^2 - 1.3798\theta_m + 7.3792$ با $r^2 = 0.949$ حاصل شد.

واژه های کلیدی: آب خاک، ثابت دی‌الکتریک، خازن، خصوصیات الکتریکی خاک

مقدمه

رطوبت خاک در سال ۲۰۱۰ توسط سازمان جهانی هواشناسی به‌عنوان یک متغیر ضروری اقلیمی اعلام شد زیرا آن نقش مهمی در فرآیندهای مختلف هیدرولوژیکی و اتمسفری ایفا می‌کند (لقیتس و همکاران، ۲۰۱۱). در علوم کشاورزی وخاکشناسی،اندازه گیری مقدار دقیق رطوبت حجمی خاک بسیار حائز اهمیت است. لذا استفاده از روشیکه بتوان رطوبت خاک را در شرایط طبیعی و بدون دست خوردگی باسرعت و دقت بالا به دست آورد، بسیار با اهمیت و اساسی است.بحران خشکسالی، محدودیت منابع آب و اتلاف آب از طریق عدمبرنامه ریزی صحیح آبیاری با توجه به تنشهای رطوبتی خاک وگیاهباعث گردیده است که، زمان و مقدار آبیاری بیش از پیش در مدیریتآبیاری در مزرعه موردتوجه قرار گیرد.حسگرهای رطوبتی خاک درکاربردهایی نظیر کشاورزی دقیق، پایش محیط آب خاک، نمایشپیوستهمقدار آب خاک، بودجه بندی کردن منابع آبی و زمان‌بندیکردن آبیاری استفاده می‌شوند. با اندازه گرفتن مقدار رطوبت خاک،آبیاران می‌توانند تصمیم بگیرند که در چه زمانی، چه مقدار آب را برایرسیدن به بیشترین حد تولید گیاه و کمترین حد میزانمصرف، آببه کار ببرند (هانسن و همکاران، ۲۰۰۰). علاوه بر این، میزان و زمان‌بندی دقیق آبیاری، حفظ کیفیت خاکدر محیط پایین‌تر از عمقریشه را، از طریق جلوگیری از انتقال مواد شیمیایی کشاورزی باعثمی‌گردد (لیب و همکاران، ۲۰۰۳).

برای تعیین مقدار رطوبت خاک (به صورت حجمی یا جرمی)، محققان روش‌های مختلفی به‌کار گرفتند که در یک دسته‌بندی کلی می‌توان آنها را به روش‌های قدیمی و روش‌های مدرن تقسیم‌بندی کرد. روش‌های قدیمی اندازه‌گیری رطوبت خاک شامل روش وزنی و روش کاربید کلسیم است. از روش‌های مدرن هم می‌توان به حسگرهای مقاومت الکتریکی خاک، تانسیومترها، روش مادون قرمز، روش‌های دی‌الکتریک مثل دامنه انعکاس سنجی زمانی[۱]، دامنه انعکاس سنجی فرکانس[۲] و

[1]. Time Domain Reflectometry
[2]. Frequency Domain Reflectometry

روش ظرفیت خازنی، حسگرهای جریان گرما، سیستم‌های میکروالکترومکانیکی[3] و روش‌های نوری اشاره کرد (سوشا لکشمی و همکاران، ۲۰۱۴).

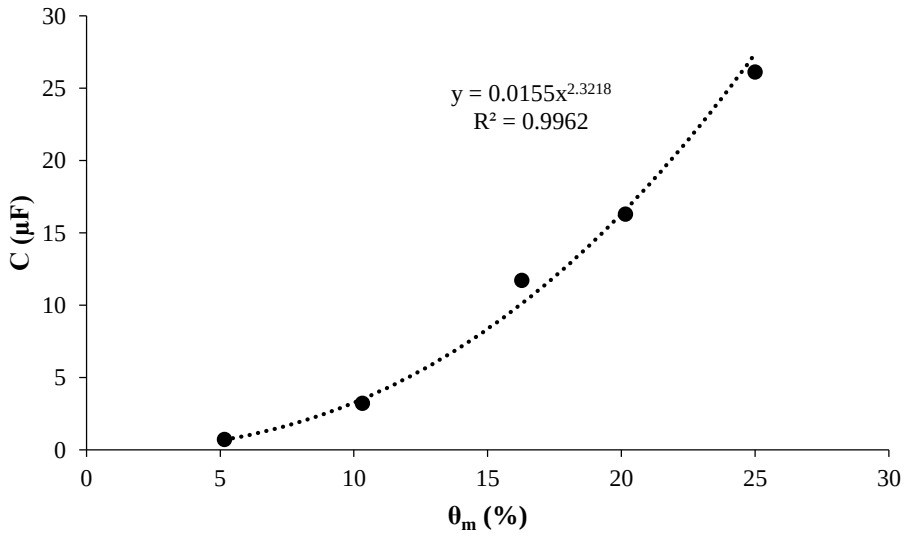
آب با داشتن دوقطبی‌های دائمی قوی، گذردهی نسبی یا ثابت دی‌الکتریک بیشتری نسبت به دیگر اجزای خاک دارد. بنابراین، هنگامی که خاک مرطوب می شود، ظرفیت خازنی آن افزایش مییابد. از این اصل برای طراحیحسگرهای خازنی مختلف جهت اندازه‌گیری رطوبت خاک، استفاده می شود.

مواد و روش‌ها

در این پژوهش، رابطه بین مقدار رطوبت و ظرفیت خازنی خاک در سه خاک شن لومی، لوم شنی و رس در جرم مخصوص ظاهری معین و ثابت مورد مطالعه قرار گرفت. در هر خاک، سطوح مختلف (پنج تا شش سطح) رطوبت خاک اعمال و سپس ظرفیت خازنی خاک در سه تکرار اندازه‌گیری شد. برای این منظور، دو تیغه استیل ضد زنگ به طول ۷ و عرض ۲ سانتی‌متر و ضخامت ۱ میلی‌متر از یک طرف به‌وسیله یک عایق فایبرگلس به طول ۲ و عرض ۱/۵ سانتی‌متر به‌صورت موازی به‌هم متصل شدند. در هر طرف یک سرسیم به تیغه‌ها وصل شد تا با استفاده از آنها، عمل قرائت ظرفیت خازنی صورت گیرد. هدف از بکارگیری عایق این بود که هیچ‌گونه جریانی بین تیغه‌ها صورت نگیرد. به‌منظور اندازه‌گیری ظرفیت خازنی در خاک، تیغه‌ها به خاک وارد شده و با استفاده از یک LCR متر دیجیتالی دقیق اقدام به اندازه‌گیری شد.

نتایج و بحث

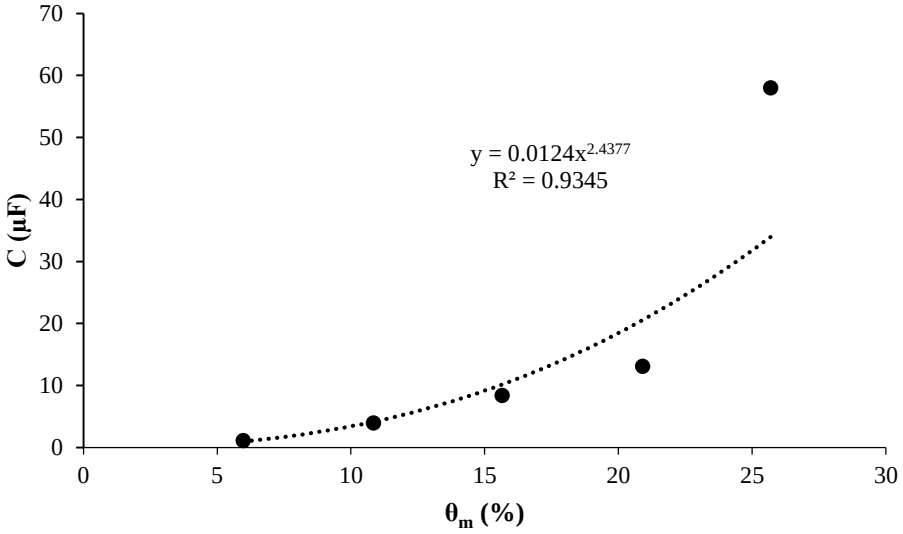
نتایج نشـان داد که در هر سـه خاک با افزایش رطوبت خاک (θ_m) ظرفیت خازنی خاک (C) افزایش می‌یابد. در خاک شـن لومی رابطه توانی به صورت به‌صورت $C = 0.0155\theta_m^{2.3218}$ با $r^2 = 0.9962$ به‌دست آمد (شکل ۱). ملاحظه می‌شود که در خاک لوم شنی همبستگی بسیار خوبی بین رطوبت خاک و ظرفیت خازنی خاک وجو دارد.



شکل ۱- رابطه بین رطوبت خاک و ظرفیت خازنی در خاک شن لومی

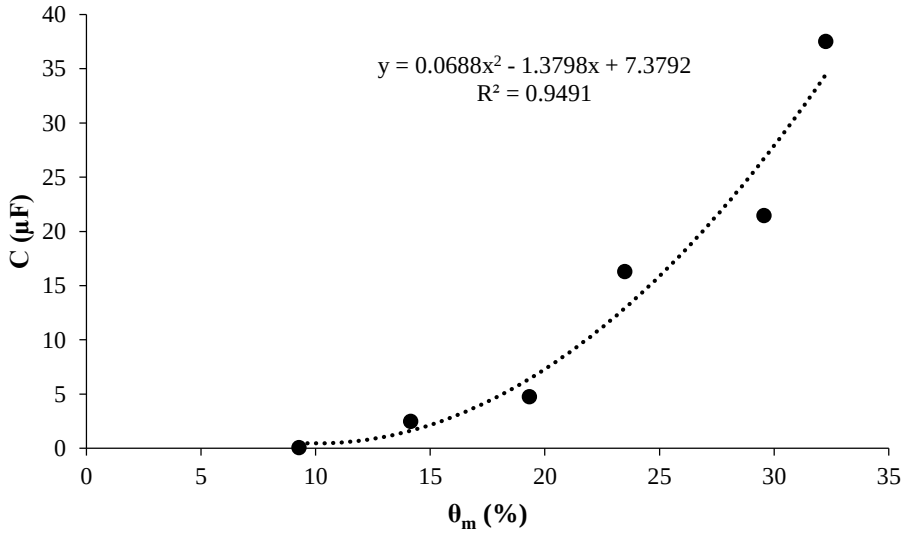
[3]. micro-electro mechanical

در خاک لوم شنی نیز رابطه توانیبه‌صورت $C = 0.0124\theta_m^{2.4377}$ با $r^2 = 0.9345$ حاصل شد (شکل ۲). در این خاک نیز همبستگی خوبی بین رطوبت خاک و ظرفیت خازنی به‌دست آمد ولی نسبت به خاک لوم شنی و رسی این همبستگی کمتر است.



شکل ۲- رابطه بین رطوبت خاک و ظرفیت خازنی در خاک لوم شنی

در خاک رسی رابطه پلی‌نومیال‌به‌صورت $C = 0.0688\theta_m^2 - 1.3798\theta_m + 7.3792$ با $r^2 = 0.949$ حاصل شد (شکل ۳). در این خاک همبستگی بین رطوبت خاک و ظرفیت خازنی بیشتر از خاک لوم شنی و کمتر از خاک شن لومی بود.



شکل ۳- رابطه بین رطوبت خاک و ظرفیت خازنی در خاک رسی

آب به‌دلیل داشتن دوقطبی‌های دائمی زیاد گذردهی نسبی یا ثابت دی‌الکتریکی بالاتری نسبت به سایر مواد دارد. ثابت دی‌الکتریک آب حدود ۸۰ و ثابت دی‌الکتریک خاک حدود ۵ است (رابینسون و همکاران، ۲۰۰۳). بهمین خاطر وقتی خاک

مرطوب می‌شـــود، ثـابـت دی‌الکتریـک آن افزایش می‌یابد. افزایش ثابت دی‌الکتریک خاک باعث افزایش ظرفیت خازنی خاک می‌شود.

در این پژوهش در هر سـه خاک، همبستگی و رابطه خوبی بین رطوبت خاک و ظرفیت خازنی حاصل شد. این نتایج بیانگر آن است که می‌توان از ظرفیت خازنی به‌عنوان روشی ساده، ارزان و سریع برای اندازه‌گیری رطوبت خاک استفاده کرد. همچنین با توجه به دقت خوب و قابل قبول سنسور طراحی شده در این پژوهش، می‌توان از آن به‌عنوان ابزاری برای اندازه‌گیری رطوبت خاک استفاده نمود.

منابع

Hanson R.B., Orloff S. and Pters D. 2000. Monitoring soil moisture helps refine irrigation management. California Agriculture, 54: 38-42.

Legates D.R., Mahmood R., Levia D.F., DeLiberty T.L., Quiring S.M., House, C. and Nelson, F.E. 2011. Soil moisture: a central and unifying theme in physical geography. Progress Phys. Geograph, 35: 65–86.

Leib B.G., Jabro J.D. and Mtthews G.R. 2003. Fieldevaluation and performance comparison of soil moisture sensors. Soil Science, 168: 396-408.

Robinson D.A., Jones S.B., Wraith J. M., Or D. and Friedman, S.P. 2003. A review of advances in dielectric and electrical conductivity measurement in soils using time domain reflectometry. Vadose Zone Journal, 2: 444–475.

SushaLekshmi S.U., Singh D.N. and ShojaeiBaghini M. 2014.A critical review of soil moisture measurement. Measurement, 54: 92–105.

Moisture and capacitance dependence in soils: A base for rapid soil moisture measurement

R. Hassanpour[1*], M. R. Neyshabouri[2] and D. Zarehaghi[3]

1, 2, 3- Ph.D. Student, Professor and Assistant Professor, Department of Soil Science and Engineering, University of Tabriz, Tabriz, Iran, respectively.
* Email: rzh92@yahoo.com

Abstract

At this research, relationship between soil moisture content and soil electrical capacitance was studied in three loamy sand, sandy loam and clay soils at constant bulk density. At each soil, different levels (five to six levels) of soil moisture were established and then soil capacitance were measured in three replicates. For this purpose, two parallel stainless steel blades anchored to the parallel sides of a PVC cube isolator, was inserted to the soil body in the plastic pods and soil electrical capacitance was measured in three replications by a high precession digital LCR-meter. Data analysis showed that increase in soil moisture content (θ_m) led to the capacitance (C) rise in a nonlinear manner. In loamy sand and sandy loam soils power form of relation as $C = 0.0155\theta_m^{2.3218}$ with $r^2 = 0.9962$ and $C = 0.0124\theta_m^{2.4377}$ with $r^2 = 0.9345$, respectively, were obtained. In clay soil a polynomial type of relation $C = 0.0688\theta_m^2 - 1.3798\theta_m + 7.3792$ with $r^2 = 0.949$ was established.

Keywords: Capacitor, Dielectric constant, Soil electrical properties, Soil water content