

بررسی تاثیر آهک بر ویژگیهای رطوبتی خاکهای سری گرمسار با استفاده از توابع انتقالی

الهام مطلبی^{۱*}، مهدی همایی^۲، قاسم زارعی^۳ و شهلا محمودی^۴

چکیده

بررسی مشکلات مربوط به آب خاک در مناطق خشک و نیمه خشک اهمیتی بسیار زیاد در حفظ منابع تولید (آب و خاک) و استفاده پایدار از آنها دارد. وجود ترکیبات مختلف مانند آهک در خاکهای این مناطق ویژگیهای خاک از جمله منحنی رطوبتی را به شدت تحت تاثیر قرار می دهد. تا کنون اثر آهک بر ویژگیهای هیدرولیکی خاک در پژوهش ها، چندان مورد مطالعه قرار نگرفته است. بنابراین، در این پژوهش تلاش شده است با در نظر گرفتن ذرات آهک به عنوان جزء مستقل در خاک، تاثیر آن بر منحنی رطوبتی خاک با استفاده از توابع انتقالی تعیین گردد. به همین منظور، ۵۰ نمونه خاک از خاکهای آهکی شهرستان گرمسار به صورت تصادفی انتخاب گردید. فراوانی نسبی ذرات خاک، جرم ویژه ظاهری و درصد آهک به عنوان ویژگیهای زود یافت و منحنی رطوبتی در مکش های ۰، ۳۳، ۵۰، ۱۰۰، ۳۰۰، ۵۰۰ و ۱۵۰۰ کیلو پاسکال به عنوان ویژگی های دیر یافت مدنظر قرار گرفتند. توابع بدست آمده بر مبنای وجود آهک در خاک و حذف آن به دو گروه تقسیم شدند. نتایج حاصله نشان داد که مقدار آهک به عنوان مهم ترین پارامتر مستقل در توابع انتقالی خاکهای آهکی می باشد. تفاوت منحنی های رطوبتی اشتقاق یافته در حضور آهک و بدون آن نشان دهنده تاثیر آهک بر محتوی رطوبتی و انرژی نگهداشت آب در خاک است. نتایج بدست آمده در این پژوهش همچنین نشان داد که آهک بیشترین تاثیر را در مکش های بیش از ۳۰۰ کیلو پاسکال و نیز بر مقدار رطوبت باقی مانده خاک می گذارد.

واژه های کلیدی: توابع انتقالی خاک، خاکهای آهکی، منحنی رطوبتی خاک، ویژگی های هیدرولیکی خاک.

مقدمه

بیان کرده و ویژگی های نظیر توزیع اندازه منافذ، تخلخل کل، زهکشی، تهویه و نفوذ سطحی را نشان می دهند. با وجود اینکه تاثیر آهک بر ویژگی های رطوبتی خاکها مشخص است، ولی فقط خدایدی لو و همایی در سال ۱۳۸۱ در این مورد تحقیقی انجام دادند و جز این مورد هیچ پژوهشی در زمینه نقش آهک بر منحنی رطوبتی صورت نگرفته است.

برای تعیین این ویژگی ها از روش های مستقیم و غیرمستقیم استفاده می گردد. اندازه گیری مستقیم آنها هم در مزرعه و هم در آزمایشگاه مستلزم صرف وقت و هزینه زیادی بوده و به دلیل تغییر پذیری زمانی و مکانی این ویژگی، نمونه برداری های فراوانی را می طلبد. بنابراین روش های غیرمستقیم مانند استفاده از توابع انتقالی خاک^۵ یا PTFs که ارزان، سریع و قابل دسترس می باشند، در سال های اخیر مورد توجه قرار گرفته اند. این توابع برآورد کننده ویژگی های دیر یافت خاک^۶ از ویژگی های زود یافت^۷ آن می باشد که این برآورد توسط معادلات رگرسیونی^۸ صورت می گیرد.

استفاده مطلوب و پایدار از منابع تولید (آب و خاک) در شرایطی امکان پذیر می شود که اطلاعات ملی از ویژگیهای آنها بدست آید. ویژگیهای خاکها از مواد مادری و نیز انباشته ها و تغییرات ثانویه آنها ناشی می شود. در مناطق خشک و نیمه خشک، کمبود آب و تبخیر زیاد همواره باعث انباشته شدن مواد در خاک می شود. آهک یکی از عمده ترین مواد انباشته شده در خاکهای این نواحی از جمله ایران است که به منظور تعیین اثرات آن در خاک، لازم است برخی ویژگیهای این خاکها مورد بررسی قرار گیرد. از جمله این ویژگی ها، خواص هیدرولیکی و پارامترهای مربوط به آن است. این ویژگی ها رطوبت و هدایت هیدرولیکی خاک در پتانسیل های ماتریک مختلف را

۱- به ترتیب دانشجوی دکتری خاکشناسی دانشگاه آزاد واحد علوم و تحقیقات

(* - نویسنده مسئول: E-mail: e27_motallebi@yahoo.com)

۲- استاد گروه خاکشناسی دانشگاه تربیت مدرس

۳- استادیار موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی

۴- استاد گروه خاکشناسی دانشگاه تهران

* - برگرفته از رساله دکتری خاکشناسی دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و

تحقیقات تهران

5- Pedo-transfer functions

6- Costly measured properties

7- Readily available properties

8- Regression equations

به صورت تصادفی و مرکب از سری خاکهای استان سمنان، شهرستان گرمسار جمع آوری و مورد مطالعه قرار گرفت.

منطقه مورد مطالعه بخشی از شهرستان گرمسار است که در شمال شرقی این شهر در موقعیت ۳۵ و ۱۳ درجه عرض شمالی و ۵۲ و ۱۹ درجه طول شرقی به مساحت ۳۳ هزار هکتار واقع شده است. از نظر تیپ اراضی این منطقه جزء دشت‌های آبرفتی دامنه‌ای می‌باشد که در مطالعات نیمه تفصیلی تحت عنوان آبرفت‌های رودخانه‌ای بادبزی شکل سنگریزه‌دار بیان شده است. خاک‌های این منطقه در راسته خاک‌های مناطق خشک (Aridisols) واقع شده‌اند. این خاک‌ها به دلیل کمبود رطوبت و عدم نفوذپذیری مناسب خاک، با مشکل شوری و قلیائیت مواجه بوده و تمرکز گچ و آهک در آنها دیده می‌شود. به دلیل وجود سنگریزه‌های مدور، این منطقه خاک‌های کم عمقی دارد که آهک به شکل رشته‌های ریز، لکه و ذرات سخت شده در آنها دیده می‌شود.

پس از آماده سازی نمونه‌های خاک در آزمایشگاه و جداسازی ذرات کوچکتر از ۲ میلی متر، فراوانی نسبی ذرات خاک به روش هیدرومتری، جرم ویژه ظاهری کلوخه‌های نمونه برداری شده به روش پارافین و درصد کربنات کلسیم معادل به روش خنثی سازی با اسید تعیین گردید. منحنی مشخصه رطوبتی خاک در پتانسیل‌های ماتریک صفر، ۳۳-، ۵۰-، ۱۰۰-، ۳۰۰-، ۵۰۰- و ۱۵۰۰- کیلوپاسکال با استفاده از دستگاه صفحات فشاری به دست آمد. در مرحله بعدی آهک نمونه‌ها به روش شستشو با اسید کلریدریک یک نرمال حذف گردید و مجدداً فراوانی نسبی ذرات خاک به روش هیدرومتری و منحنی مشخصه رطوبتی در پتانسیل‌های ماتریک صفر، ۳۳-، ۵۰-، ۱۰۰-، ۳۰۰-، ۵۰۰- و ۱۵۰۰- کیلوپاسکال با استفاده از دستگاه صفحات فشاری تعیین شد. برای اندازه گیری جرم ویژه ظاهری نمونه‌های خاک که آهک آنها حذف شده بود، از کلوخه‌های حاصل از تعیین منحنی رطوبتی استفاده شد و جرم ویژه ظاهری به روش پارافین به دست آمد. برای برآورد پارامترهای معادله منحنی رطوبتی از نرم افزار کامپیوتری RETC (Van Genuchten و همکاران، ۱۹۹۱) استفاده شد. با استفاده از این نرم افزار ابتدا معادله مربوطه (معادله وان گنوختن) انتخاب و مقادیر رطوبت حجمی در پتانسیل‌های ماتریک صفر، ۳۳-، ۵۰-، ۱۰۰-، ۳۰۰-، ۵۰۰- و ۱۵۰۰- کیلوپاسکال و جرم ویژه ظاهری برای هر نمونه وارد نرم افزار RETC گردید. با فرض $m = 1 - \frac{1}{n}$ پارامترهای n ، α و θ_r با استفاده از روش حداقل مجموع مربعات خطا، برای نمونه‌های آهکی و بدون آهک محاسبه شدند. به منظور پردازش داده‌ها، نخست نرمال بودن داده‌ها مورد بررسی قرار گرفت. زیرا، آزمون فرض بر پایه نرمال بودن توزیع داده‌ها

اولین پژوهش در این زمینه به مطالعات Mclane و Briggs (۱۹۰۷) برمی‌گردد. آنها ضریب پژمردگی را به عنوان تابعی از اندازه ذرات خاک تعریف کردند.

در دهه ۶۰ میلادی مقالات زیادی در مورد تخمین FC، PWP و AWC با استفاده از PTFها منتشر شد که قابل توجه‌ترین آنها پژوهش Salter و Williams (۱۹۶۵) بود. آنها در این مطالعه رابطه بین کلاس‌های بافتی و ظرفیت آب قابل استفاده را بدست آوردند که اکنون با عنوان PTFهای کلاسی نامیده می‌شوند. همچنین این افراد توانستند تابعی را ارائه کنند که امروزه توابع انتقالی پیوسته نامیده شده و رابطه بین توزیع اندازه ذرات و AWC را بیان می‌کند.

دهه ۹۰ میلادی را می‌توان اوج کاربرد توابع انتقالی دانست که همراه با پیشرفتهای چشمگیر در استفاده از این توابع بوده است. به عنوان مثال می‌توان به پژوهشهای صورت گرفته توسط Salchow و همکاران (۱۹۹۶)، Van Den Berg و همکاران (۱۹۹۷) و نیز Jarvis و Mayer (۱۹۹۹) اشاره کرد.

پس از دهه ۹۰ کاربرد توابع انتقالی که از آمریکا و اروپا شروع شده بود به آمریکای جنوبی، استرالیا و دیگر نقاط دنیا از جمله ایران کشیده شد.

از جمله مطالعاتی که در این زمینه در ایران صورت گرفته است، می‌توان به پژوهش انجام شده توسط قربانی و همایی (۱۳۸۱) اشاره کرد که توابع انتقالی برای برآورد منحنی رطوبتی و پارامترهای معادلات وان گنوختن و وان گنوختن - معلم را تعیین نمودند.

خداوردیلو و همایی (۱۳۸۱) نیز طی پژوهشی بر روی ۲۷ نمونه از سری خاک‌های آهکی منطقه کرج با بافت لوم نشان دادند که توابع انتقالی خاک در برآورد رطوبت‌های معادل در مکش‌های صفر، ۱۰، ۳۳، ۱۰۰، ۳۰۰ و ۵۰۰ کیلوپاسکال کارآمد بوده‌اند. همچنین، در این پژوهش نقش آهک بر ویژگی‌های رطوبتی خاک مورد بررسی قرار گرفت.

فرخیان و همایی (۱۳۸۱) توابع انتقالی نقطه‌ای و پارامتریک را برای خاک‌های گچی بدست آورده و نقش گچ در ویژگی‌های رطوبتی خاک را معین نمودند.

با اینکه بکار بردن توابع انتقالی در سالهای اخیر مورد توجه دانشمندان علوم خاک قرار گرفته و نتایج قابل توجهی نیز حاصل گردیده است، لیکن بررسی تاثیر آهک به عنوان جزئی مستقل در خاک با استفاده از این توابع چندان مورد توجه واقع نشده است و تنها مطالعه صورت گرفته مربوط به خداوردیلو و همایی در سال ۱۳۸۱ می‌باشد. از این رو در این پژوهش ذرات آهک به عنوان اجزاء واقعی خاک در نظر گرفته شده و تعیین میزان نقش آنها در خاک با استفاده از توابع انتقالی خاک، مد نظر است.

مواد و روش‌ها

تعداد ۵۰ نمونه خاک و ۵۰ نمونه کلوخه از عمق ۲۵ سانتی‌متری

EF و RMSE و CD صفر است. حداکثر مقدار EF برابر یک می‌باشد. EF و CRM می‌توانند مقادیری منفی داشته باشند. مقدار زیاد ME نشانگر بدترین حالت کارکرد مدل است، در حالیکه مقدار زیاد RMSE نشان می‌دهد که برآورد بیش از حد و یا کمتر از حد مدل در مقایسه با مشاهدات (اندازه‌گیری‌ها) چقدر است. آماره CD نسبت پراکندگی را بین مقادیر پیش‌بینی شده و اندازه‌گیری‌ها نشان می‌دهد. مقدار آماره EF، مقادیر پیش‌بینی‌ها را با میانگین اندازه‌گیری‌ها مقایسه می‌کند. مقدار منفی EF بیانگر آن است که میانگین مقادیر اندازه‌گیری شده، برآورد بهتر از مقادیر پیش‌بینی شده، دارد. آماره CRM نشانگر تمایل مدل برای برآورد بیش از حد و یا کمتر از حد در مقایسه با اندازه‌گیری‌ها است. چنانچه تمام مقادیر پیش‌بینی و اندازه‌گیری شده با هم برابر شوند، مقدار عددی این آماره‌ها برابر با $CRM=0$ ، $EF=0$ ، $CD=1$ ، $RMSE=0$ ، $ME=0$ خواهد شد.

نتایج و بحث

پس از تعیین فراوانی نسبی ذرات خاک، کلاس بافتی هر یک از نمونه‌ها بدست آمد. این خاک‌ها در گروه‌های بافتی Silty loam، Loam و Silty clay loam قرار داشتند.

از ۵۰ نمونه جمع‌آوری شده ۳۰ نمونه برای تعیین توابع انتقالی و ۲۰ نمونه دیگر برای انجام آزمونهای تعیین دقت توابع بدست آمده بکار رفتند.

جدول (۱) برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی اندازه‌گیری شده ۱۰ نمونه خاک معرف را نشان می‌دهد. همین ویژگی‌ها برای ۱۰ خاک مذکور پس از حذف کامل کربنات کلسیم در جدول (۲) گزارش شده است.

در جدول‌های (۳) و (۴) میانگین، دامنه تغییرات و انحراف معیار ویژگی‌های اندازه‌گیری شده نمونه‌های خاک به ترتیب برای هنگامی که آهک آنها حذف نشده است و پس از حذف آهک ارائه شده است. جدول (۳) نشان می‌دهد که تغییرات مقدار آهک از ۱۷/۷۵ تا ۳۹ درصد و جرم ویژه ظاهری از ۱/۲۲ تا ۱/۴۹ گرم بر سانتی‌متر مکعب در نوسان است. بر پایه این نتایج، تغییرات مقدار شن از ۸/۸۰ تا ۵۶/۱۰ درصد، سیلت ۲۸/۲۰ تا ۶۸/۲۰ درصد و رس ۱۳ تا ۲۷ درصد بوده است. بر طبق جدول (۴) تغییرات جرم ویژه ظاهری پس از حذف آهک بین ۱/۴۹ تا ۱/۲۰ گرم بر سانتی‌متر مکعب بوده است. همچنین، نسبت ذرات تشکیل دهنده خاک پس از حذف آهک به صورت: شن بین ۱۳/۴۰ تا ۶۹/۴۰ سیلت بین ۲۲/۰۰ تا ۶۸/۰۰ و رس بین ۸/۶۰ تا ۳۲/۶۰ درصد شده است.

توابع انتقالی نقطه‌ای مقادیر رطوبت را در پتانسیل‌های ماتریک معین (۰، -۳۳، -۵۰، -۱۰۰، -۳۰۰، -۵۰۰ و -۱۵۰۰ کیلوپاسکال) با استفاده از فراوانی نسبی ذرات (% Sand، % Silt، % Clay)، درصد

بنا شده است. آزمون نرمال بودن^۱ با استفاده از نرم‌افزار MiniTab (Ryan و Joiner، ۱۹۹۴) برای همه داده‌ها انجام شد و به دلیل نرمال نبودن برخی پارامترها تبدیلات زیر صورت گرفت:

$$\theta_{500}^* = \log \theta_{500}$$

که در آن θ_{500}^* بیانگر کمیت تبدیل شده می‌باشد. در مراحل بعد که شامل تحلیل رگرسیون و همبستگی بود، شکل نرمال این پارامتر مورد استفاده قرار گرفت. در رگرسیون خطی چندگانه اگر بین متغیرهای مستقل رابطه خطی قوی مشاهده شود، همراستایی چندگانه^۲ بوجود می‌آید که این همراستایی نتایج تحلیل رگرسیون را غیرمعتبر می‌سازد. داده‌های مربوط به فراوانی نسبی هر یک از ذرات رس، شن و سیلت همبستگی خطی قوی با هم نشان دادند. به همین دلیل برای جلوگیری از ایجاد خطا، این مقادیر با هم بکار نرفتند. برای ارزیابی اعتبار توابع، از تحلیل خطاهای باقیمانده و اختلاف بین مقادیر اندازه‌گیری و پیش‌بینی شده استفاده می‌شود. آماره‌های لازم برای این کار، حداکثر خطا (ME)، میانگین ریشه دوم خطا (RMSE)، ضریب تبیین (CD)، کارایی مدل‌سازی (EF) و ضریب باقیمانده (CRM) هستند. تعریف ریاضی این آماره‌ها به صورت زیر هستند (Homaei و همکاران، ۲۰۰۲):

$$ME = \frac{\sum_{i=1}^N (y_i - \hat{y}_i)}{N} \quad (1)$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (y_i - \hat{y}_i)^2}{N}} \quad (2)$$

$$CD = \frac{\sum_{i=1}^n (O_i - \bar{O})^2}{\sum_{i=1}^n (P_i - \bar{O})^2} \quad (3)$$

$$EF = \frac{\sum_{i=1}^n (O_i - \bar{O})^2 - \sum_{i=1}^n (P_i - O_i)^2}{\sum_{i=1}^n (O_i - \bar{O})^2} \quad (4)$$

$$CRM = \frac{\sum_{i=1}^n O_i - \sum_{i=1}^n P_i}{\sum_{i=1}^n O_i} \quad (5)$$

که در آنها P_i مقادیر پیش‌بینی شده، O_i مقادیر اندازه‌گیری (مشاهده) شده، n تعداد نمونه‌های بکار رفته و علامت “-” در بالای عبارت O نشانگر مقادیر متوسط آن است. حداقل مقدار ME،

- 1- Normality test
- 2- Multicollinearity

می‌کنند. توابع ایجاد شده با فرض $\frac{1}{n}m=1$ (Van Genuchten) ،
 (۱۹۸۰) ، پیش از حذف آهک در جدول (۵) و پس از حذف آن در
 جدول (۶) ارائه شده‌اند.

کربنات کلسیم (%TNV) و جرم ویژه ظاهری g/cm^3 (BD) برآورد می‌کنند. این توابع پیش از حذف آهک در جدول (۵) و پس از حذف آهک در جدول (۶) ارائه شده‌اند. همچنین، توابع پارامتریک با استفاده از متغیرهای مستقل فراوانی نسبی ذرات، جرم ویژه ظاهری و درصد کربنات کلسیم پارامترهای نمون وان گنوختن (۱۹۸۰) را برآورد

جدول ۱- برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی ۱۰ نمونه خاک معرف پیش از حذف آهک

نمونه	مواد خنثی شونده (%)	جرم ویژه ظاهری (g/cm^3)	شن (%)	سیلت (%)	رس (%)	کلاس بافتی
۱	۲۵/۷۵۰	۱/۳۸۹	۳۰/۸	۵۴/۲	۱۵/۰	Loam
۲	۳۸/۲۵۰	۱/۴۵۳	۱۸/۸	۶۸/۲	۱۳/۰	Silt loam
۳	۳۷/۰۰۰	۱/۳۸۰	۲۶/۸	۵۰/۲	۲۳/۰	Silt loam
۴	۳۹/۰۰۰	۱/۳۰۹	۳۶/۸	۴۰/۲	۲۳/۰	Loam
۵	۲۴/۷۵۰	۱/۴۵۸	۲۰/۸	۶۰/۲	۱۹/۰	Silt loam
۶	۳۹/۰۰۰	۱/۳۲۲	۸/۸	۵۲/۲	۳۹/۰	Silty clay loam
۷	۱۹/۷۵۰	۱/۴۹۷	۵۶/۸	۲۸/۲	۱۵/۰	Sandy loam
۸	۲۶/۰۰۰	۱/۴۰۷	۱۶/۸	۵۶/۲	۲۷/۰	Silt loam
۹	۱۷/۷۵۰	۱/۳۴۰	۱۲/۸	۶۲/۲	۲۵/۰	Silt loam
۱۰	۲۶/۵۰۰	۱/۳۷۴	۳۴/۸	۴۴/۲	۲۱/۰	Loam

جدول ۲- برخی ویژگی‌های فیزیکی ۱۰ نمونه خاک معرف پس از حذف آهک

نمونه	جرم ویژه ظاهری (g/cm^3)	شن (%)	سیلت (%)	رس (%)	کلاس بافتی
۱	۱/۳۵۷	۳۹/۴	۵۰/۰	۱۰/۶	Loam
۲	۱/۳۲۲	۲۳/۴	۴۸/۰	۲۸/۶	Loam
۳	۱/۳۳۹	۲۷/۴	۵۲/۰	۲۰/۶	Loam
۴	۱/۳۰۰	۴۷/۴	۳۶/۰	۱۶/۶	Loam
۵	۱/۲۸۰	۲۹/۴	۵۴/۰	۱۶/۶	Loam
۶	۱/۲۰۸	۱۹/۴	۴۸/۰	۳۲/۶	Silt loam
۷	۱/۴۹۲	۶۹/۴	۲۲/۰	۸/۶	Sandy loam
۸	۱/۳۷۰	۱۷/۴	۵۴/۰	۲۸/۶	Loam
۹	۱/۲۹۰	۱۳/۴	۶۸/۰	۱۸/۶	Silt loam
۱۰	۱/۲۵۶	۵۲/۸	۲۹/۴	۱۷/۸	Loam

جدول ۳- میانگین، دامنه تغییرات و انحراف معیار متغیرهای اندازه‌گیری شده نمونه‌های خاک معرف پیش از حذف آهک

متغیر	تعداد نمونه	میانگین	حداقل	حداکثر	انحراف معیار
جرم ویژه ظاهری (g/cm^3)	۵۰	۱/۴۰	۱/۲۲	۱/۴۹	۰/۰۹
درصد شن	۵۰	۲۶/۴۰	۸/۸۰	۵۶/۱۰	۱۴/۱۳
درصد سیلت	۵۰	۵۱/۶۰	۲۸/۲۰	۶۸/۲۰	۱۱/۶۶
درصد رس	۵۰	۲۲/۰۰	۱۳/۰۰	۲۷/۰۰	۷/۵۶
درصد مواد خنثی شونده	۵۰	۲۷/۴۰	۱۷/۷۵	۳۹/۰۰	۶/۸۲

جدول ۴- میانگین، دامنه تغییرات و انحراف معیار متغیرهای اندازه‌گیری شده نمونه‌های خاک معرف پس از حذف آهک

متغیر	تعداد نمونه	میانگین	حداقل	حداکثر	انحراف معیار
جرم ویژه ظاهری (g/cm^3)	۵۰	۱/۳۰	۱/۲۰	۱/۴۹	۰/۰۸
درصد شن	۵۰	۳۳/۹۴	۱۳/۴۰	۶۹/۴۰	۱۷/۹۷
درصد سیلت	۵۰	۴۶/۱۴	۲۲/۰۰	۶۸/۰۰	۱۳/۴۳
درصد رس	۵۰	۱۹/۹۲	۸/۶۰	۳۲/۶۰	۷/۸۵

جدول ۵- توابع انتقالی ایجاد شده نقطه‌ای و پارامتریک پیش از حذف کربنات کلسیم

شماره تابع	متغیرهای وابسته	توابع انتقالی ایجاد شده با آهک	R^2
۱	θ_s	$86.4+0.191\%TNV-27.4BD-0.238Sand-0.935Clay$	۰/۶۴
۲	θ_{V33}	$96.1+0.282\%TNV-37.5BD-0.244Sand-0.99Clay$	۰/۷۳
۳	θ_{V50}	$99.3+0.222\%TNV-40.1BD-0.231Sand-0.977Clay$	۰/۷۱
۴	θ_{V100}	$92.7+0.268\%TNV-37.6BD-0.225Sand-1.01Clay$	۰/۷۵
۵	θ_{V300}	$91.6+0.303\%TNV-42.5BD-0.166Sand-0.931Clay$	۰/۷۲
۶	θ_{V500}	$94.9+0.082\%TNV-45.9BD-0.103Sand-0.845Clay$	۰/۶۹
۷	θ_{V1500}	$56.8+0.105\%TNV-26.6BD-0.073Sand-0.541Clay$	۰/۶۲
۸	α	$-0.005-0.004\%TNV+0.005BD$	۰/۲۵
۹	n	$1.23+0.0036\%TNV+0.125BD-0.002Sand-0.002Clay$	۰/۲۹

جدول ۶- توابع انتقالی ایجاد شده نقطه‌ای و پارامتریک پس از حذف کربنات کلسیم

شماره تابع	متغیرهای وابسته	توابع انتقالی ایجاد شده بدون آهک	R^2
۱	θ_s	$30.0-11.9BD+0.129Silt$	۰/۳۶
۲	θ_{V33}	$20.5-7.7BD+0.199Silt$	۰/۳۰
۳	θ_{V50}	$19.5-8.2BD+0.111Silt$	۰/۳۰
۴	θ_{V100}	$12.6-5.0BD+0.113Silt$	۰/۲۲
۵	θ_{V300}	$1.39+0.145Clay+0.094Silt$	۰/۲۵
۶	θ_{V500}	$1.89-1.06BD+0.004Silt$	۰/۳۸
۷	θ_{V1500}	$1.05-0.75BD+0.009Silt$	۰/۳۵
۸	α	$0.007-0.003Sand-0.001Clay$	۰/۱۸
۹	n	$0.147+1.07BD-0.001Silt$	۰/۴۳

بدست آمده در سطح ۱٪، معنی دار شدند که نشان دهنده تاثیر زیاد آهک بر منحنی رطوبتی است. R^2 یا ضریب تبیین بیان کننده میزان تغییرات متغیر وابسته توسط متغیرهای مستقل است. برپایه توابع بدست آمده، آهک افزون بر نقش داشتن در مقدار رطوبت خاک در مکشهای مختلف، بر پارامترهای مربوط به منحنی رطوبتی نیز تاثیر می گذارد. تاثیر آهک بر این پارامترها به نقش آن در ساختمان خاک باز می گردد. بر این مبنای، در تابع برآورد کننده α (تابع شماره ۸) آهک به عنوان عامل موثر در ایجاد خاکدانه ها و جرم ویژه ظاهری

نتایج ارائه شده در جدول (۵) نشان می دهند که در تمامی توابع بدست آمده (بجز تابع شماره ۸) درصد کربنات کلسیم با علامت مثبت وارد شده است. این موضوع نشان دهنده تاثیر مثبت این عامل بر میزان رطوبت خاک و نقش آن در ویژگیهای رطوبتی خاک می باشد. می توان گفت در خاکهایی با درصد آهک زیاد و بافت متوسط، کربنات کلسیم اصلی ترین عامل کنترل کننده ویژگیهای رطوبتی خاک است.

توابع نقطه‌ای بدست آمده در حضور آهک با توجه به R^2 های

مقایسه با اندازه‌گیری‌ها نشان می‌دهد. کمترین مقدار این آماره نیز مربوط به تابع شماره ۷ است که برآوردکننده میزان رطوبت در نقطه پژمردگی دائم می‌باشد.

آماره CD یا ضریب تبیین، نشان‌دهنده این است که چه نسبتی از تغییرات مقادیر اندازه‌گیری شده توسط مدل توجیه می‌گردد یا به عبارت بهتر، بیان می‌کند که چند درصد تغییرات متغیر وابسته را می‌توان به کمک متغیرهای مستقل توصیف کرد. طبق این آماره، بیشترین ارتباط بین متغیر وابسته و متغیرهای مستقل مربوط به تابع برآوردکننده رطوبت در مکش ۱۵۰۰ کیلوپاسکال (تابع شماره ۷) و کمترین مقدار آن مربوط به تعیین میزان رطوبت در مکش ۱۰۰ کیلو پاسکال است (تابع شماره ۴). آماره EF کارایی مدل‌سازی را نشان داده و مقادیر اندازه‌گیری و برآورد شده را با هم مقایسه می‌کند. با توجه به مقادیر عددی این آماره می‌توان گفت که تمامی توابع بدست آمده در سطح ۰/۰۵ معنی دار بوده، بنابراین با ۹۵٪ اطمینان می‌توان گفت که تمامی این توابع برای اهداف کاربردی مناسب هستند. آماره CRM یا ضریب باقیمانده نشانگر تمایل مدل برای برآورد بیش از حد و یا کمتر از حد مقادیر اندازه‌گیری شده است. مقدار منفی این آماره نشان می‌دهد که معادلات بدست آمده برآوردی بیشتر از حد واقعی داشته‌اند و مقادیر مثبت برآوردی کمتر از حد واقعی ارائه داده‌اند. در حالت کلی با توجه به جدول (۷) می‌توان گفت که تمامی توابع ارائه شده از اعتبار کافی و مناسب برخوردار بوده و می‌توان از آنها برای تخمین پارامترهای هیدرولیکی خاک استفاده کرد. از بین این توابع، تابع شماره ۷ که برآوردکننده میزان رطوبت در مکش ۱۵۰۰ کیلوپاسکال است به دلیل بالا بودن ضریب تبیین (CD) و پایین بودن مقدار خطا (ME) مناسب‌ترین مدل به شمار می‌رود.

با توجه به این موضوع می‌توان گفت که در خاکهای مورد آزمایش، آهک بیشترین تاثیر خود را در مکشهای زیاد می‌گذارد و در این مکش‌ها بیشتر از سایر نقاط، منحنی رطوبتی را تحت تاثیر قرار می‌دهد.

مقایسه نتایج ارائه شده در جدول (۸) نسبت به جدول (۷) حاکی از نتایج ضعیف‌تر است. طبق این جدول، پس از حذف آهک از خاک، مقدار خطای موجود در توابع افزایش می‌یابد که این افزایش خطا در مکشهای زیاد مشهودتر است. در جدول (۸) کمترین میزان خطا مربوط به تابع شماره ۳ (تابع برآورد کننده رطوبت در مکش ۵۰ کیلوپاسکال) می‌باشد. با توجه به این نکته می‌توان گفت که، آهک تاثیر چندانی در نگهداشت رطوبت در این مکش ندارد. زیرا با حذف آن، رابطه بین متغیرهای مستقل و متغیر وابسته تغییر نیافته است. با توجه به این جدول، استفاده از توابع نقطه‌ای که بر مبنای حذف آهک از خاک بدست آمده‌اند، برای اهداف کاربردی توصیه نمی‌شوند. بنابراین، باید آهک به عنوان یک متغیر مستقل که ویژگی‌های رطوبتی خاک را کنترل می‌کند، در توابع وارد شود.

به عنوان عامل موثر در طرز قرار گیری خاکدانه‌ها، نقش دارند. شکل منحنی رطوبتی (تابع شماره ۹) نیز تحت تاثیر آهک قرار می‌گیرد. به عبارت دیگر، شکل منحنی رطوبتی در یک خاک آهکی در مقایسه با همان خاک ولی بدون آهک، متفاوت است.

بررسی توابع بدست آمده در جدول (۶) نشان می‌دهد که پس از حذف آهک، ذرات سیلت مهمترین عامل موثر بر منحنی رطوبتی هستند. توابع ارائه شده در این جدول به جز تابع شماره ۸، در سطح ۱٪ معنی دار هستند. بر اساس R^2 بدست آمده در جدول (۶)، تابع برآورد کننده α (شماره ۸) کمترین مقدار R^2 را دارا است که نشان دهنده از بین رفتن ساختمان خاک پس از حذف آهک می‌باشد.

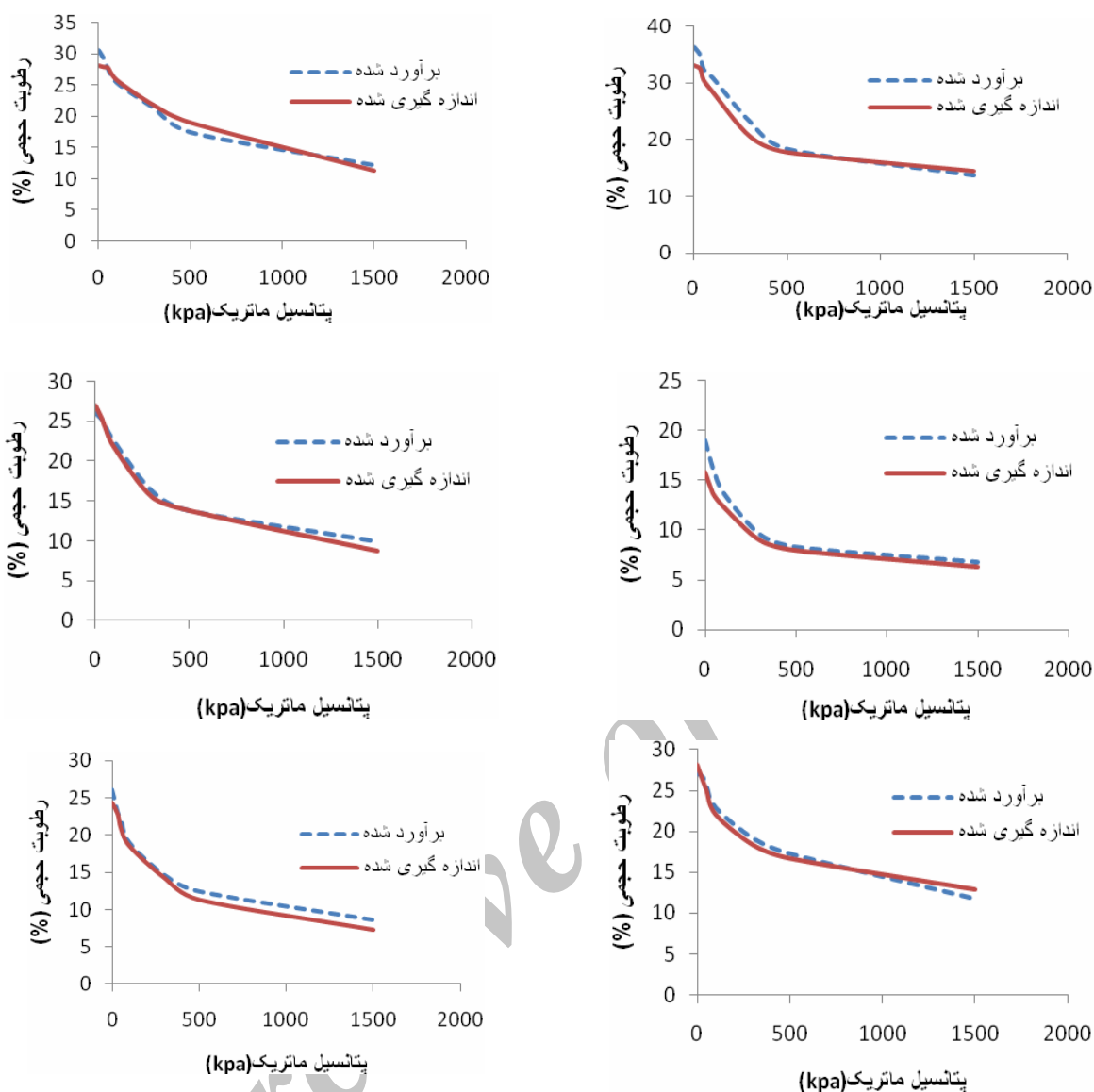
توابع بدست آمده در جدول (۶) در مقایسه با توابع جدول (۸) همبستگی ضعیفی از خود نشان داده و R^2 کمتری دارند. تفاوت در R^2 توابع بدست آمده، نشان می‌دهد که آهک به عنوان عاملی مهم در منحنی رطوبتی، از خاک حذف شده است. افزون بر آن، نشان می‌دهد که با افزایش تعداد متغیرهای مستقل، برآوردی بهتر و دقیق‌تر از متغیر وابسته بدست می‌آید. بنابراین، در تعیین توابع انتقالی خاک، باید همه عوامل موثر بر پارامترهای رطوبتی تعیین و وارد مدل شوند، تا توابعی قابل قبول و کاربردی ارائه گردد.

با توجه به این روابط می‌توان استفاده از توابع نقطه‌ای بدست آمده در حضور آهک را توصیه نمود. ولی توابع پارامتریک که R^2 کمی دارند، قابل استناد نمی‌باشند.

برای مقایسه منحنی‌های رطوبتی خاک، شش نمونه بطور تصادفی انتخاب و منحنی‌های رطوبتی حاصل از داده‌های اندازه‌گیری شده و برآورد شده با استفاده از توابع نقطه‌ای پیش از حذف آهک با هم مقایسه گردیدند. نتایج این مقایسه‌ها در شکل (۱) ارائه شده‌اند. به این کار اصطلاحاً آزمون دقت^۱ گویند. نتایج بدست آمده نشان داد که همبستگی معنی‌داری بین داده‌های اندازه‌گیری شده و برآورد شده با استفاده از توابع نقطه‌ای وجود دارد.

به منظور سنجش اعتبار توابع بدست آمده، مقادیر آماره‌های CRM، EF، CD، RMSE و ME برای اندازه‌گیری‌ها و پیش‌بینی‌ها به ترتیب برای توابع نقطه‌ای پیش از حذف آهک و پس از حذف آن محاسبه شد. این مقادیر در جداول (۷) و (۸) نشان داده شده‌اند.

آماره ME نشان‌دهنده حداکثر خطا است. با مقایسه مقادیر عددی این آماره در جدول (۷)، مشاهده می‌شود که بیشترین مقدار خطا در تابع برآوردکننده رطوبت در مکش ۱۰۰ کیلوپاسکال (تابع شماره ۴) و کمترین مقدار خطا مربوط به تابع برآوردکننده رطوبت در مکش ۳۰۰ کیلوپاسکال (تابع شماره ۵) است. آماره RMSE میانگین ریشه دوم خطا بوده و میزان انحراف نتایج حاصل از مدل در مقایسه با مشاهدات را بیان می‌کند. طبق این آماره تابع شماره ۱ برآوردی بیش از حد در



شکل ۱- آزمون دقت: مقایسه منحنی‌های رطوبتی اندازه‌گیری شده و برآورد شده با استفاده از توابع نقطه‌ای با آهک

جدول ۷- آماره‌های محاسبه شده برای ارزیابی اعتبار توابع اشتقاق یافته نقطه‌ای با آهک

شماره تابع	نوع تابع	ME	RMSE	CD	EF	CRM
۱	θ_s	-۰/۱۰۴۴	۳/۵۷۹۴	۱/۵۴۳۲	۰/۶۴۳۷	-۰/۰۰۳۹
۲	θ_{V33}	-۰/۱۱۰۵	۳/۱۰۴۹	۱/۵۰۰۴	۰/۶۶۲۲	-۰/۰۰۴۶
۳	θ_{V50}	-۰/۰۳۲۹	۳/۱۰۰۶	۱/۴۰۸۵	۰/۷۰۵۷	-۰/۰۰۱۸
۴	θ_{V100}	-۰/۱۱۲۴	۲/۹۲۸۳	۱/۳۱۱۵	۰/۷۵۸۸	۰/۷۶۹۶
۵	θ_{V300}	-۰/۰۰۶۷	۳/۰۱۹۹	۱/۳۷۸۳	۰/۷۲۱۴	۰/۰۰۰۰
۶	θ_{V500}	-۰/۰۷۹۰	۲/۵۱۰۲	۱/۴۳۲۷	۰/۶۹۱۱	۰/۰۰۵۴
۷	θ_{V1500}	-۰/۰۰۸۳	۲/۰۱۸۴	۱/۶۰۲۱	۰/۶۰۹۴	۰/۸۹۹۹

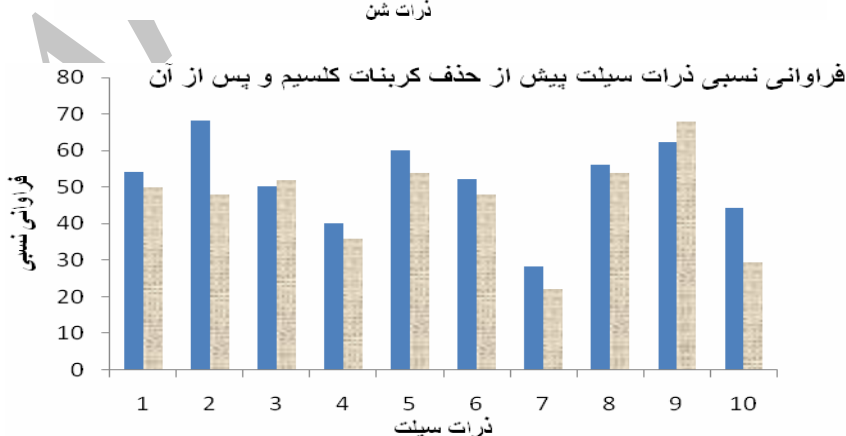
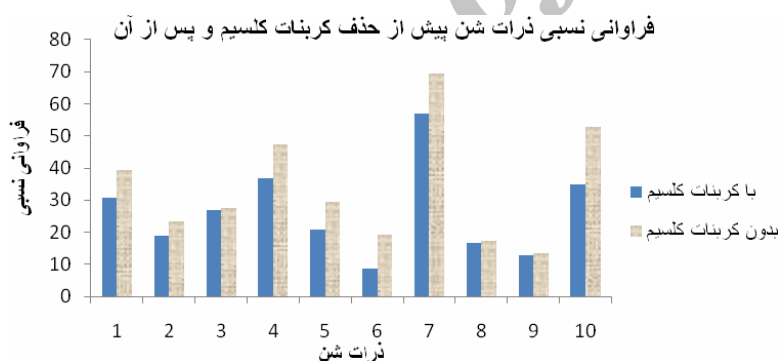
جدول ۸- پارامترهای آماری محاسبه شده برای ارزیابی اعتبار توابع اشتقاقی یافته نقطه‌ای بدون آهک

شماره تابع	نوع تابع	ME	RMSE	CD	EF	CRM
۱	θ_s	-۰/۰۴۳۷	۲/۹۳۶۰	۲/۷۵۷۱	۰/۳۴۲۳	-۰/۰۰۱۵
۲	θ_{V33}	-۰/۰۳۹۱	۲/۸۴۷۳	۳/۳۳۸۲	۰/۲۷۰۷	۰/۰۰۲۵
۳	θ_{V50}	-۰/۰۱۲۳	۲/۶۹۴۱	۳/۲۷۱۹	۰/۲۷۴۴	۰/۰۰۱۴
۴	θ_{V100}	-۰/۰۲۰۵	۳/۰۴۴۲	۴/۴۰۴۴	۰/۱۹۰۳	۰/۰۰۱۸
۵	θ_{V300}	-۰/۰۱۸۶	۳/۲۳۷۰	۳/۹۲۲۰	۰/۲۲۷۱	۰/۰۰۲۳
۶	θ_{V500}	-۰/۴۸۱۲	۳/۰۳۳۸	۵/۷۵۸۸	۰/۱۲۳۴	۰/۰۰۷۷۵
۷	θ_{V1500}	-۰/۴۹۰۳	۲/۴۴۶۷	۴/۸۸۱۱	۰/۱۳۴۹	۰/۱۲۱۶

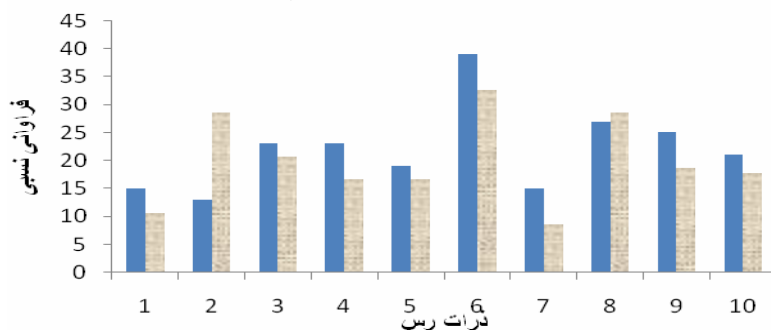
تاثیر کربنات کلسیم بر فراوانی نسبی ذرات خاک

نقش آهک در ویژگی‌های رطوبتی در قالب فراوانی نسبی ذرات و نیز جرم ویژه ظاهری پدیدار می‌گردد. لذا با بررسی آنهایی توان به اثر آهک در خاک پی برد. برای بررسی اثر کربنات کلسیم بر فراوانی نسبی ذرات از آزمون مقایسه زوج‌ها استفاده شد. نتایج حاصل از این آزمون نشان داد که تفاوت بین میانگین فراوانی ذرات شن، سیلت و رس پیش از حذف آهک و پس از حذف آن در سطح ۱٪ معنی دار است. تفاوت بین فراوانی نسبی ذرات شن، سیلت و رس در ۱۰ نمونه خاک پیش از حذف آهک و پس از آن در شکل (۲) با استفاده از

نمودارهای ستونی نشان داده شده است. این شکل نشان می‌دهد که در اکثر نمونه‌ها پس از حذف آهک، فراوانی نسبی شن افزایش و فراوانی نسبی رس و سیلت کاهش یافته است. به عبارت دیگر با شستشوی کربنات کلسیم، ذرات آهک موجود در جزء سیلت و رس از خاک حذف شده، در نتیجه درصد ذرات درشت خاک افزایش می‌یابد. همچنین تفاوت بین میانگین فراوانی نسبی ذرات شن، سیلت و رس پیش از حذف آهک و پس از آن در شکل (۳) با استفاده از نمودارهای ستونی نشان داده شده است.



فراوانی نسبی ذرات رس بیش از حذف کربنات کلسیم و پس از آن

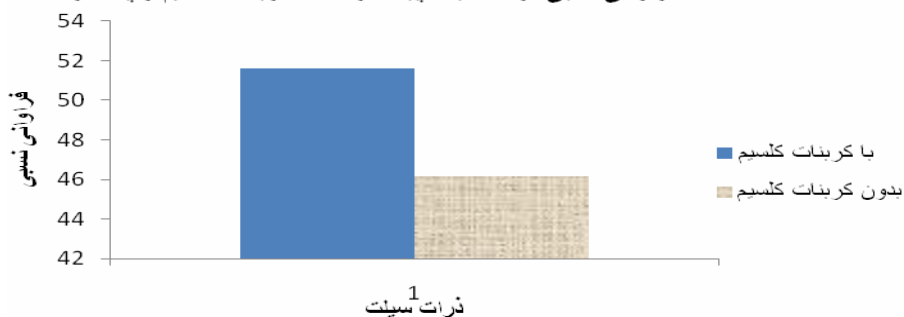


شکل ۲- مقایسه فراوانی نسبی ذرات خاک در ۱۰ نمونه پیش از حذف آهک و پس از آن

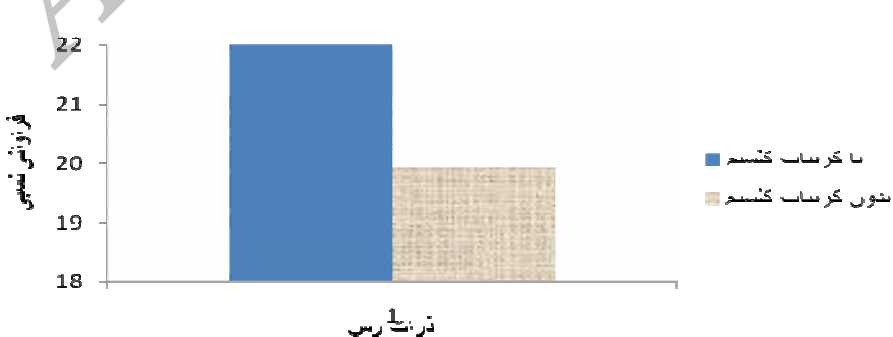
فراوانی نسبی ذرات شن بیش از حذف کربنات کلسیم و پس از آن



فراوانی نسبی ذرات سیلت بیش از حذف کربنات کلسیم و پس از آن



فراوانی نسبی ذرات رس بیش از حذف کربنات کلسیم و پس از آن



شکل ۳- مقایسه میانگین فراوانی نسبی ذرات خاک پیش از حذف آهک و پس از آن



شکل ۴- مقایسه جرم ویژه ظاهری خاک پیش از حذف آهک و پس از آن

رطوبت در پتانسیل‌های ماتریک صفر، ۳۳-، ۵۰-، ۱۰۰-، ۳۰۰-، ۵۰۰- و ۱۵۰۰- کیلوپاسکال پیش از حذف کربنات کلسیم و پس از آن تعیین و سپس با همدیگر مقایسه گردیدند. شکل (۵) منحنی‌های رطوبتی خاک را در دو حالت با و بدون آهک نشان می‌دهد. با توجه به منحنی‌های رطوبتی پیش از حذف آهک و پس از حذف آن، افزون بر مقدار رطوبت در مکش‌های مختلف، مشاهده می‌شود که شکل و شیب منحنی رطوبتی نیز در دو حالت ذکر شده تغییر یافته است. طبق این شکل، پس از حذف آهک، مقدار رطوبت نگهداشته شده در خاک در همه مکش‌ها کاهش یافته است. نکته قابل توجه این است که ویژگی‌های رطوبتی خاک و تاثیر آهک بر خاک وابسته به نوع و منشأ آن است. آهک‌های اولیه که در جزء شن خاک وارد می‌شوند، انرژی جذب سطحی کمتری از ذرات خاک داشته و رطوبت کمتری را جذب و نگهداری می‌کنند (خداوردیلو و همایی، ۱۳۸۱). لیکن،

اثر کربنات کلسیم بر جرم ویژه ظاهری

جرم ویژه ظاهری نمونه‌های خاک در دو حالت با آهک و بدون آن تعیین و با هم مقایسه گردیدند. تفاوت جرم ویژه ظاهری با آهک و بدون آن در شکل (۴) ارائه شده است. با توجه به این شکل مشاهده می‌شود که پس از حذف کربنات کلسیم از خاک، جرم ویژه ظاهری آن کاهش می‌یابد. علت این امر این است که آهک به عنوان یکی از اجزاء موجود در خاک حذف شده و همراه با آن ساختمان خاک نیز تخریب می‌شود. حذف ذرات جامد آهک و تخریب خاکدانه‌های خاک بر جرم ویژه ظاهری خاک اثر می‌گذارد.

اثر کربنات کلسیم بر نگهداشت رطوبت در پتانسیل‌های ماتریک مختلف

به منظور بررسی اثر آهک بر نگهداشت رطوبت در خاک، مقادیر

شدند. نتایج مربوط به این پارامترها برای ۱۰ نمونه خاک در جدول (۹) آمده است.

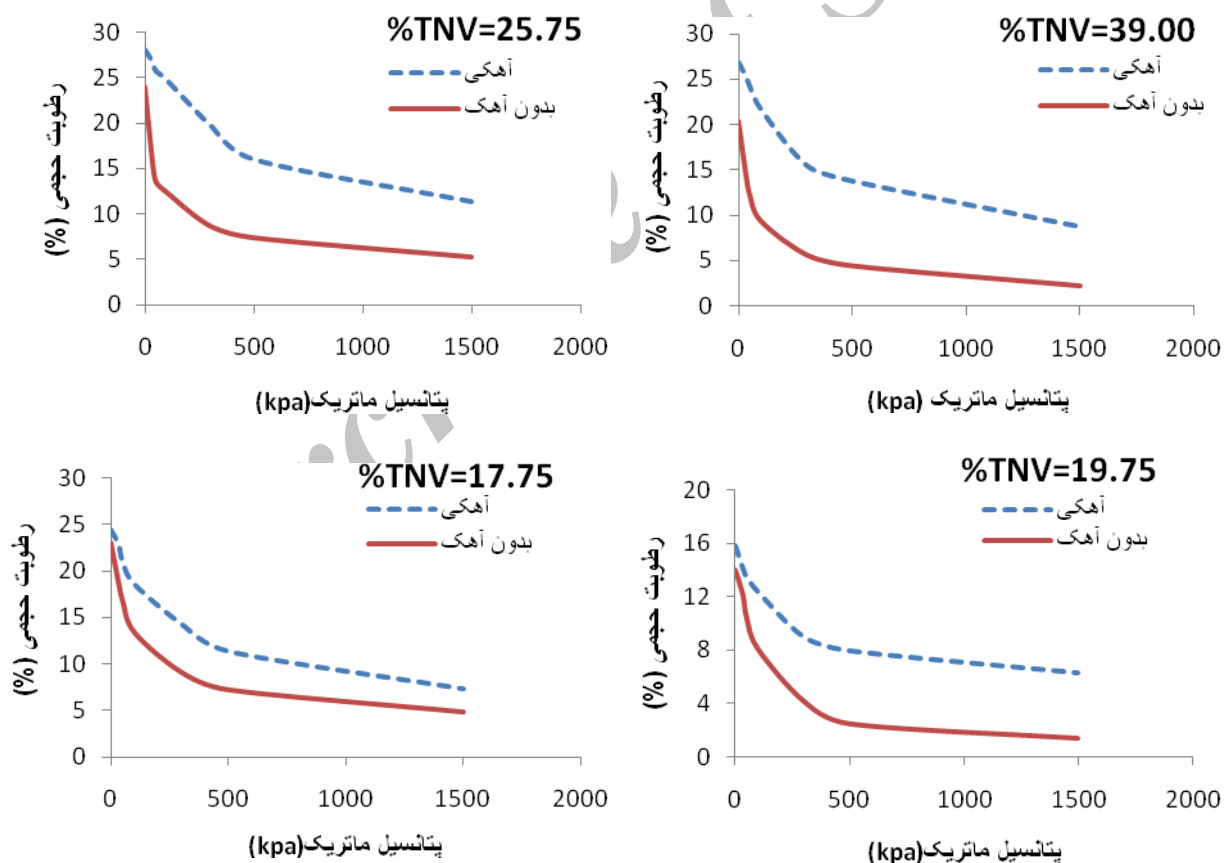
طبق جدول (۹) مشاهده می شود که مقادیر پارامترهای α و n پیش از حذف آهک و پس از حذف آن تفاوت زیادی با یکدیگر دارند. این تفاوت نشان دهنده تأثیر آهک بر این پارامترها از طریق تأثیر بر ساختمان خاک است. لیکن، θ_r در حضور و عدم حضور آهک تفاوت معنی داری نکرده است. زیرا θ_r در حقیقت مقدار رطوبتی از خاک است که در حرکت آن بصورت مایع هیچ نقشی ندارد. به همین دلیل، مقادیر نسبتاً یکسانی برای نمونه های بدون آهک و با آهک بدست آمده است.

این نتایج نشان می دهند که آهک، تأثیر زیادی بر شکل و شیب منحنی رطوبتی خاک دارد. بنابراین، در نظر گرفتن آهک به عنوان یکی از عوامل دخیل در منحنی رطوبتی الزامی بوده و نباید از نتایج بدست آمده از خاک های غیر آهکی برای خاک های آهکی استفاده کرد.

آهک های ثانویه که در بعد سیلت و رس خاک وارد می شوند توانایی جذب و نگهداری رطوبت، بخصوص در مکش های زیاد را دارند. همچنین، آهک عامل اصلی ایجاد ساختمان خاک است. بنابراین، ویژگی های رطوبتی را از طریق ایجاد خاکدانه ها و ساختمان خاک کنترل می نماید. با توجه به منحنی های بدست آمده مشاهده می شود که، در مکش های زیاد میزان رطوبت در حضور آهک و بدون آن تفاوت فراوانی می نماید. با توجه به این نکته که نگهداشت رطوبت در مکش های زیاد تحت تأثیر ذرات ریز خاک است مشخص می شود که بیشترین مقدار آهک در خاک های مورد مطالعه در بعد سیلت و رس می باشند. به همین دلیل نیز منحنی های ارائه شده در شکل (۵) عمدتاً در مکش های ۵۰۰- و ۱۵۰۰- کیلو پاسکال فاصله بیشتری از یکدیگر گرفته اند.

اثر کربنات کلسیم بر پارامترهای رطوبتی

در این پژوهش پارامترهای رطوبتی معادله وان گنوختن (۱۹۸۰) در دو حالت با و بدون آهک با استفاده از نرم افزار RETC تعیین



شکل ۵- مقایسه منحنی های رطوبتی پیش از حذف آهک و پس از حذف آن

جدول ۹- پارامترهای برآورد شده معادله وان گنوختن پیش و پس از حذف آهک

بدون آهک			با آهک			نمونه خاک
θ_r	n	α	θ_r	n	α	
۰/۰۱۰	۱/۲۸۱	۰/۰۱۰۰	۰/۰۱۰	۱/۵۲۲	۰/۰۰۰۴	۱
۰/۰۱۰	۱/۲۱۹	۰/۰۰۳۳	۰/۰۱۰	۱/۴۱۳	۰/۰۰۰۶	۲
۰/۰۱۰	۱/۵۳۶	۰/۰۰۰۹	۰/۰۱۰	۱/۳۵۸	۰/۰۰۰۷	۳
۰/۰۱۰	۱/۴۶۷	۰/۰۰۴۷	۰/۰۱۰	۱/۴۵۱	۰/۰۰۰۷	۴
۰/۰۱۰	۱/۶۱۷	۰/۰۰۳۶	۰/۰۱۰	۱/۴۰۶	۰/۰۰۳۷	۵
۰/۰۱۰	۱/۳۵۴	۰/۰۰۲۹	۰/۰۱۰	۱/۳۹۳	۰/۰۰۱۹	۶
۰/۰۱۰	۱/۷۳۰	۰/۰۰۱۸	۰/۰۱۰	۱/۲۸۴	۰/۰۰۲۰	۷
۰/۰۱۰	۱/۴۴۰	۰/۰۰۵۶	۰/۰۱۰	۱/۳۸۸	۰/۰۰۱۴	۸
۰/۰۱۰	۱/۳۹۷	۰/۰۰۳۱	۰/۰۱۰	۱/۳۸۹	۰/۰۰۱۳	۹
۰/۰۱۰	۱/۴۵۴	۰/۰۰۵۳	۰/۰۱۰	۱/۲۳۲	۰/۰۰۱۸	۱۰

نتیجه گیری

کربنات کلسیم به عنوان اصلی ترین عامل کنترل کننده ویژگیهای رطوبتی در خاکهای آهکی است. آهک بر پارامترهای مربوط به منحنی رطوبتی از طریق تاثیر بر ساختمان خاک اثر می گذارد. شکل منحنی رطوبتی در یک خاک آهکی در مقایسه با همان خاک ولی بدون آهک بسیار متفاوت است. پس از حذف آهک، فراوانی نسبی شن افزایش و فراوانی نسبی رس و سیلت کاهش می یابد. پس از حذف کربنات کلسیم از خاک، جرم ویژه ظاهری آن کاهش می یابد. آهک عامل اصلی ایجاد ساختمان خاک است. بنابراین ویژگیهای رطوبتی را از طریق ایجاد خاکدانه ها و ساختمان خاک کنترل می کند.

مراجع

- ویژگیهای هیدرولیکی خاکهای گچی با استفاده از توابع انتقالی. مجموعه مقالات هشتمین کنگره علوم خاک ایران.
- Bouma, J. (1989). Using soil survey data for quantitative land evaluation. *Advances in Soil Science* 9, 177-213.
- Briggs, L. J. and J. W. Mc Lane. (1907). The moisture equivalent of soils, USDA bureau of soil bulletin 45: 1-23.
- Briggs, L. J., McLane, J. W. (1907). The moisture equivalent of soils. *USDA Bureau of Soils Bulletin* 45, 1-23.
- Hall, D. G., Reeve, M. J., Thomasson, A. J., Wright, V. F. (1977). *Water Retention, Porosity and Density of Field Soils*. Technical Monograph No. 9. Soil Survey of England and Wales, Harpenden.
- Homace, M., C. Dirksen and R. A. Feddes. (2002)a. Simulation of root water uptake: I. Non-uniform transient salinity using different macroscopic reduction functions. *Agri. Water Manag.* 57: 89-109.
- Mayer, T. and N. J. Jarvis. (1999). Pedotransfer functions to estimate soil water retention parameters for modified Brooks-Corey type model. *Geoderma*. 91:1-9.
- Ryan, B. F. and B. L. Joiner. (1994). *MiniTab Handbook*. Durbuy press. 483 pp.
- Salchow, E., R. Lai, N. R. Fausey and A. Ward. 1996. Pedotransfer functions for variable alluvial soils in southern Ohio. *Geoderma*. 73: 165-181.
- Salter, P. J., Williams, J. B. (1965). The influence of texture on the moisture characteristics of soils. I A critical comparison for determining the available water capacity and moisture characteristics curve of a soil. *Journal of Soil Science* 16, 1-15.
- Van Den Berg, M., E. Klamt, L. P. van Reeuwijk and W. G. Sombrock. (1997). Pedotransfer functions for the estimation of moisture retention characteristics of ferralsols and related soils. *Geoderma*. 78: 161-180.

- خداوردیلو، حبیب و همایی، مهدی. (۱۳۸۱). اشتقاق توابع انتقالی خاک به منظور برآورد منحنی مشخصه رطوبتی. *مجله تحقیقات مهندسی کشاورزی*. شماره ۱۰، جلد ۳، ص ۳۵-۴۶.
- خداوردیلو، حبیب؛ همایی، مهدی و شهلا محمودی. (۱۳۸۱). تاثیر کربنات کلسیم بر منحنی رطوبتی خاکهای مناطق خشک و نیمه خشک. *مجله علوم کشاورزی*. شماره ۱. ص ۷۷-۸۸.
- فرخیان فیروزی، احمد و همایی، مهدی. (۱۳۸۱). اشتقاق توابع انتقالی خاکهای گچی به منظور برآورد نقطه ای منحنی رطوبتی. *مجموعه مقالات هشتمین کنگره علوم خاک ایران*.
- قربانی، شجاع و همایی، مهدی. (۱۳۸۱). برآورد پارامتریک

Riverside, CA. 85 pp.
Van Genuchten, M. Th. (1980). A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of soils. Soil Sci. Soc. Am. J. 44: 892-898.

Van Genuchten, M. Th. F. J. Leij. and S. R. Yates. (1991). The RETC code for quantifying the hydraulic function of unsaturated soils. EPA/600/2-91/065, US salinity laboratory, USDA-ARS,

تاریخ دریافت: ۸۸/۸/۵

تاریخ پذیرش: ۸۹/۹/۱

Archive of SID

Studying Effect of Lime on Hydraulic Properties Using Pedotransfer Functions in Garmsar

E. Motallebi^{1*}, M. Homae², GH. Zarei³ and S. Mahmoodi⁴

Abstract

Investigation of current soil and water issues in arid and semi-arid regions is of great importance for sustainable soil water management. The existence of different solid compositions such as calcium carbonate in these soils, largely influence their hydraulic characteristics. These hydraulic properties have direct effect on maintaining soil water content. Direct measurement of soil hydraulic properties including retention curve and unsaturated hydraulic conductivity is expensive and time consuming. An alternative for direct measurement is then the use of indirect methods to predict the soil hydraulic functions. One promising indirect method in this regard is to derive the so-called pedo-transfer functions (PTFs). The objective of this study was to study the influence of soil calcium carbonate on water retention curve, using the derived PTFs. Consequently, 50 calcareous soil samples were randomly taken from Garmsar region, Iran. The soil particle size distributions with and without calcium carbonate, bulk density and calcium carbonate contents were measured and used to derive the required PTFs at matric potentials of 0, 33, 50, 100, 300, 500 and 1500 KPa. The results indicated that the calcium carbonate content is the most important dominant parameter to predict the water retention curve for calcareous soils.

Key words: Pedo-Transfer functions, Calcareous soils, Soil retention curve, Soil hydraulic characteristics

1 - Student of Islamic Azad University Oloom Tahghighat, Tehran, Iran

(* - Corresponding Author E-mail: e27_motallebi@yahoo.com)

2-Full professor , Dept. of Soil Science, University of Tarbiat Modarres, Tehran, Iran

3-Assistant professor, Agricultural Engineering Research Institute, Karaj-Iran

4- Full professor , Dept. of Soil Science, University of Tehran, Karaj, Iran