

## تخمین ظرفیت تبادل کاتیونی خاک با استفاده از برخی خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک

\*حمیدرضا فولادمند

استادیار گروه مهندسی آب دانشگاه آزاد مرودشت  
تاریخ دریافت: ۸۶/۱/۲۹؛ تاریخ پذیرش: ۸۶/۸/۲۶

### چکیده

ظرفیت تبادل کاتیونی از ویژگی‌های شیمیایی مهم خاک می‌باشد، لیکن اندازه‌گیری آن دشوار، وقت‌گیر و پرهزینه است. از این رو می‌توان این پارامتر را از روی برخی خصوصیات فیزیکو-شیمیایی خاک برآورد نمود. در این تحقیق ۲۰ نمونه خاک از مناطق اطراف شهرستان‌های مرودشت و فسا در استان فارس تهیه گردید و ظرفیت تبادل کاتیونی، درصد رس، درصد سیلت، درصد شن، سطح ویژه، درصد ماده آلی، جرم مخصوص ظاهری و جرم مخصوص حقیقی هر نمونه خاک اندازه‌گیری و میانگین هندسی قطر ذرات هر نمونه خاک محاسبه گردید. سپس از روابط همبستگی خطی و توانی برای برآورد ظرفیت تبادل کاتیونی خاک استفاده شد. نتایج نشان داد که همبستگی خطی با درصد شن و همبستگی‌های توانی با میانگین هندسی قطر ذرات، درصد رس و درصد سیلت به ترتیب بهترین حالت‌های برآورد ظرفیت تبادل کاتیونی خاک می‌باشند. همچنین نتایج این تحقیق نشان داد که برآورد این پارامتر با استفاده از سطح ویژه، درصد ماده آلی، جرم مخصوص ظاهری و جرم مخصوص حقیقی برای برآورد ظرفیت تبادل کاتیونی خاک مناسب نمی‌باشد.

**واژه‌های کلیدی:** ظرفیت تبادل کاتیونی، رس، سیلت، شن، میانگین هندسی قطر ذرات

### مقدمه

(میرخانی و همکاران، ۲۰۰۵). مقدار ظرفیت تبادل کاتیونی از مهمترین خصوصیات خاک می‌باشد که وجود آن در بانک‌های اطلاعاتی ویژگی‌های هر خاک ضروری است (مانریکو و همکاران، ۱۹۹۱). همچنین مقدار ظرفیت تبادل کاتیونی یکی از ورودی‌های اکثر مدل‌های خاک و محیطی می‌باشد (کلر و همکاران، ۲۰۰۱). محدوده تغییرات ظرفیت تبادل کاتیونی در خاک‌ها از کمتر از یک سانتی‌مول بر کیلوگرم برای خاک‌های شنی با مواد آلی کم تا بیش از ۲۵ سانتی‌مول بر کیلوگرم برای خاک‌های رسی با مواد آلی زیاد متغیر می‌باشد (میرخانی و همکاران، ۲۰۰۵).

ظرفیت تبادل کاتیونی خاک از مهمترین خصوصیات شیمیایی آن است که توانایی خاک را برای نگهداری مواد غذایی نشان می‌دهد و شاخص خوبی برای کیفیت و بهره‌وری از خاک می‌باشد (میرخانی و همکاران، ۲۰۰۵). مقدار ظرفیت تبادل کاتیونی بسته به نوع و شرایط خاک متغیر است. رس‌ها و مواد آلی خاک به علت دارا بودن سطح ویژه زیاد و باردار بودن نقش مهمی در ظرفیت تبادل کاتیونی دارند و با افزایش مقدار رس و مواد آلی خاک مقدار ظرفیت تبادل کاتیونی آن افزایش می‌یابد

معنی‌داری با همبستگی بالا بین این دو پارامتر به‌دست آمده است (مرتلدن، ۱۹۵۴؛ کال، ۱۹۵۷؛ فرار و کولمن، ۱۹۶۷؛ بنین و آمیل، ۱۹۷۰؛ چرچمن و بارک، ۱۹۹۱). کارتین و اسمیلی (۱۹۷۶) برای ۱۰ خاک مختلف رابطه با همبستگی بالایی بین سطح ویژه ذرات خاک و ظرفیت تبادل کاتیونی آنها به‌دست آوردند. مارتل و همکاران (۱۹۷۸) نیز از روابط همبستگی بین مقادیر ماده آلی، سطح ویژه و بافت با ظرفیت تبادل کاتیونی در خاک‌های حاوی رس زیاد استفاده نمودند. تحقیقات دیگری نشان داد که با افزایش ماده آلی، مقدار رس خاک و ظرفیت تبادل کاتیونی، مقدار سطح ویژه ذرات خاک افزایش یافت (تات و جوزفاسیک، ۲۰۰۲).

هدف از این پژوهش به‌دست آوردن روابطی بین ظرفیت تبادل کاتیونی با بعضی از خصوصیات فیزیکی-شیمیایی خاک مانند درصد ذرات مختلف خاک (رس، سیلت و شن)، میانگین قطر هندسی ذرات خاک، سطح ویژه ذرات خاک، مقدار ماده آلی، جرم مخصوص‌های ظاهری و حقیقی خاک می‌باشد. به کمک روابط به‌دست آمده می‌توان ظرفیت تبادل کاتیونی خاک را به جای اندازه‌گیری مستقیم که اقدامی دشوار، وقت‌گیر و پرهزینه می‌باشد، با استفاده از سایر خصوصیات فیزیکی-شیمیایی خاک که اندازه‌گیری آنها ساده‌تر است، برآورد نمود.

## مواد و روش‌ها

برای انجام این تحقیق ۲۰ نمونه خاک با تنوع بافتی نسبتاً مناسب از اعماق ۳۰-۰ سانتی‌متری از مناطق اطراف شهرستان‌های مرودشت و فسا در استان فارس تهیه گردید. پس از تهیه نمونه‌های خاک و انتقال آنها به آزمایشگاه، بافت خاک شامل درصد ذرات رس، سیلت و شن با ترکیب روش‌های هیدرومتر و شستشو با الک، مقدار سطح ویژه هر نمونه خاک نیز از روش اتیلن گلیکول مونو اتیل اتر (کارتر و همکاران، ۱۹۸۶)، ظرفیت تبادل کاتیونی با استفاده از روش آمونیم استات، مقدار ماده آلی خاک از روش والکلی- بلک و جرم مخصوص

از طرفی به‌علت آن که اندازه‌گیری ظرفیت تبادل کاتیونی خاک اقدامی دشوار، وقت‌گیر و پرهزینه می‌باشد، می‌توان از طریق سایر خصوصیات خاک و به‌وسیله تجزیه‌های همبستگی چند متغیره مقدار آن را برآورد نمود (بریوسما و همکاران، ۱۹۸۶؛ مانریکو و همکاران، ۱۹۹۱؛ بل و وان کیولن، ۱۹۹۵؛ مک‌برانتی و همکاران، ۲۰۰۲). نوربخش و همکاران (۲۰۰۳) طی پژوهشی بر روی خاک‌های با افق‌های مختلف، ظرفیت تبادل کاتیونی خاک را با استفاده از درصد اندازه ذرات، درصد مواد آلی و واکنش (pH) خاک برآورد نمودند. امینی و همکاران (۲۰۰۵) نیز رابطه بین ظرفیت تبادل کاتیونی با مقدار رس و ماده آلی خاک را در منطقه اصفهان بررسی کردند. به‌عنوان مثال در تحقیقی در مکزیک برای برآورد ظرفیت تبادل کاتیونی از متغیرهای مستقل مقدار رس، مواد آلی و واکنش (pH) خاک استفاده گردید (بل و وان کیولن، ۱۹۹۵). در تحقیقی دیگر در دانمارک برای برآورد ظرفیت تبادل کاتیونی از متغیرهای مستقل مقدار رس، سیلت، موادآلی و pH خاک استفاده گردید (کروخ و همکاران، ۲۰۰۰). در یک تحقیق دیگر نیز برای برآورد ظرفیت تبادل کاتیونی از متغیرهای مستقل مقدار رس، کربن آلی و pH خاک استفاده شد (یریما و همکاران، ۱۹۸۹). در تحقیقات دیگری نیز از همبستگی چندگانه بین ظرفیت تبادل کاتیونی با مقدار رس و ماده آلی خاک استفاده شده است (ویلیامز، ۱۹۳۲؛ هالسورد و همکاران، ۱۹۵۸).

در تحقیقات زیادی نیز رابطه بین ظرفیت تبادل کاتیونی و ماده آلی خاک ارائه شده است (میتچل، ۱۹۳۲؛ اولسن و برای، ۱۹۳۸؛ برودبنت و برادفورد، ۱۹۵۲؛ گیل و ریواس، ۱۹۵۷؛ کمپراد و ولج، ۱۹۶۲؛ ویلدینگ و روتلدج، ۱۹۶۶؛ یان و همکاران، ۱۹۶۷؛ رایت و فاس، ۱۹۷۲؛ کارتین و اسمیلی، ۱۹۷۶؛ مارتل و همکاران، ۱۹۷۸؛ مانریکو و همکاران، ۱۹۹۱؛ کاهل و همکاران، ۲۰۰۲؛ میرخانی و همکاران، ۲۰۰۵). همچنین با افزایش ظرفیت تبادل کاتیونی خاک مقدار سطح ویژه ذرات ریز خاک نیز افزایش می‌یابد و در اکثر تحقیقات رابطه

$$GMER = \exp\left(\frac{1}{N} \sum \ln(e_i)\right) \quad (6)$$

$$GSDER = \exp\left[\left(\frac{1}{N-1} \sum [\ln(e_i) - \ln(GMER)]^2\right)^{0.5}\right] \quad (7)$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum (M_i - P_i)^2}{N}} \quad (8)$$

که در آن  $e_i$ : نسبت خطا،  $M_i$  و  $P_i$ : به ترتیب ظرفیت تبادل کاتیونی برآورد و اندازه‌گیری شده برحسب سانتی مول بر کیلوگرم،  $N$ : تعداد داده‌ها،  $GMER$ : میانگین هندسی نسبت خطا،  $GSDER$ : انحراف معیار هندسی نسبت خطا و  $RMSE$ : میانگین مجموع مربعات خطای باقی مانده می‌باشد. چنانچه مقدار  $GMER$  برابر واحد شود مقادیر اندازه‌گیری و برآورد شده به‌طور کامل بر یکدیگر منطبق شده‌اند. در صورتی که مقدار  $GMER$  کمتر از یک شود مقادیر برآورد شده کمتر از مقادیر اندازه‌گیری شده می‌باشند و چنانچه مقدار  $GMER$  بیشتر از یک شود مقادیر برآورد شده بیشتر از مقادیر اندازه‌گیری شده می‌باشند. همچنین چنانچه مقدار  $GSDER$  برابر واحد شود مقادیر اندازه‌گیری و برآورد شده به‌طور کامل بر یکدیگر منطبق شده‌اند و افزایش  $GSDER$  نسبت به یک بیانگر افزایش فاصله بین مقادیر برآورد شده نسبت به مقادیر اندازه‌گیری شده می‌باشد. بنابراین مناسب‌ترین شرایط آن است که مقدار  $GMER$  نزدیک به یک و مقدار  $GSDER$  کوچک باشد (واگنر و همکاران، ۲۰۰۱). به‌علاوه هر چه مقدار  $RMSE$  کوچک‌تر باشد، اختلاف بین مقادیر برآورد شده با مقادیر اندازه‌گیری شده کمتر است. همچنین افزون بر سه پارامتر آماری  $GMER$ ،  $GSDER$  و  $RMSE$  از ضریب همبستگی ( $R^2$ ) نیز برای تعیین بهترین حالت برآورد ظرفیت تبادل کاتیونی خاک استفاده گردید.

## نتایج و بحث

ضرایب همبستگی روابط ۳ و ۴ برای برآورد ظرفیت تبادل کاتیونی خاک براساس پارامترهای مختلف همراه با ضریب همبستگی ( $R^2$ ) هر حالت در جدول ۲ ارائه شده

ظاهری و جرم مخصوص حقیقی هر نمونه خاک با استفاده از روش‌های متداول آزمایشگاهی اندازه‌گیری گردید. همچنین میانگین هندسی قطر ذرات هر خاک براساس روش ارائه شده توسط شیرازی و بورزما (۱۹۸۴) به‌صورت روابط ۱ و ۲ تعیین شد:

$$a = 0.01(f_c \ln Mc + f_{si} \ln M_{si} + f_{sa} \ln M_{sa}) \quad (1)$$

$$d_g = \exp(a) \quad (2)$$

که در آنها  $f_c$ : درصد ذرات رس خاک،  $F_{si}$ : درصد ذرات سیلت خاک،  $F_{sa}$ : درصد ذرات شن خاک،  $Mc$ : میانگین اندازه ذرات رس خاک (برابر ۰/۰۰۱ میلی‌متر)،  $M_{si}$ : میانگین اندازه ذرات سیلت خاک (برابر ۰/۰۲۶ میلی‌متر)،  $M_{sa}$ : میانگین اندازه ذرات شن خاک (برابر ۱/۰۲۵ میلی‌متر) و  $d_g$ : میانگین هندسی قطر ذرات خاک برحسب میلی‌متر می‌باشد. خصوصیات فیزیکی- شیمیایی خاک‌های به‌کار رفته در این تحقیق در جدول ۱ ارائه شده است.

پس از اندازه‌گیری خصوصیات گفته شده در کلیه نمونه‌های خاک، بین ظرفیت تبادل کاتیونی با درصد رس، درصد سیلت، درصد شن، میانگین هندسی قطر ذرات، سطح ویژه ذرات خاک، درصد ماده آلی، جرم مخصوص‌های ظاهری و حقیقی روابط همبستگی یک متغیره خطی و توانی به‌صورت روابط ۳ و ۴ برقرار گردید:

$$CEC = a + b x \quad (3)$$

$$CEC = c x^d \quad (4)$$

که در آن  $CEC$ : ظرفیت تبادل کاتیونی برحسب سانتی مول بر کیلوگرم،  $x$ : متغیر مستقل همبستگی (درصد رس، درصد سیلت، درصد شن، میانگین هندسی قطر ذرات، سطح ویژه ذرات خاک، درصد ماده آلی، جرم مخصوص‌های ظاهری و حقیقی) و  $a$ ،  $b$ ،  $c$  و  $d$ : ضرایب همبستگی می‌باشند.

برای مقایسه نتایج برآورد شده ظرفیت تبادل کاتیونی نسبت به مقادیر اندازه‌گیری شده از حالت‌های مختلف همبستگی برای کلیه خاک‌ها از رابطه ۵ و پارامترهای آماری ۶، ۷ و ۸ استفاده شد (تیتج و هنینگز، ۱۹۹۶):

$$e_i = \frac{P_i}{M_i} \quad (5)$$

است. مقادیر سه پارامتر آماری  $GMER$ ،  $GSDER$  و  $RMSE$  برای هر حالت برآورد ظرفیت تبادل کاتیونی خاک نیز در جدول ۳ ارائه گردیده است. به طوری که در این جدول مشاهده می شود از نظر مقدار  $GMER$  هشت حالت همبستگی توانی بهترین حالت ممکن می باشند، هر چند مقدار  $GMER$  هشت حالت همبستگی خطی نیز اختلاف قابل توجهی با عدد یک ندارند. از نظر مقدار  $GSDER$  همبستگی خطی با درصد شن و همبستگی های توانی با میانگین هندسی قطر ذرات، درصد رس و درصد سیلت به ترتیب بهترین حالت های برآورد ظرفیت تبادل کاتیونی نمونه های خاک می باشند. از نظر

مقدار  $RMSE$  نیز همبستگی خطی با درصد شن، همبستگی خطی با میانگین هندسی قطر ذرات، همبستگی توانی با درصد رس و همبستگی خطی با درصد سیلت به ترتیب بهترین حالت های برآورد ظرفیت تبادل کاتیونی نمونه های خاک می باشند. علاوه بر آن همانگونه که در جدول ۲ مشاهده می شود از نظر ضریب همبستگی ( $R^2$ ) همانند مقدار  $GSDER$ ، همبستگی خطی با درصد شن و همبستگی های توانی با میانگین هندسی قطر ذرات، درصد رس و درصد سیلت به ترتیب بهترین حالت های برآورد ظرفیت تبادل کاتیونی نمونه های خاک می باشند.

جدول ۲- ضرایب همبستگی و مقادیر همبستگی ( $R^2$ ) روابط ۳ و ۴ برای برآورد ظرفیت تبادل کاتیونی خاک براساس پارامترهای مختلف.

متغیر همبستگی	a	b	$R^2$	c	d	$R^2$
درصد رس	۳/۷۹۴۴	۰/۲۷۸۹	۰/۸۳۵۷	۱/۴۹۱۷	۰/۶۲۶۲	۰/۹۳۵۶
درصد سیلت	-۰/۵۵۱۳	۰/۲۳۸	۰/۸۷۲۸	۰/۱۵۵۸	۱/۰۹۳۱	۰/۹۳۳۷
درصد شن	۱۴/۷۱۸	-۰/۱۴۳۲	۰/۹۵۴۴	۴۰/۲۲۸	-۰/۴۸۶۷	۰/۷۷۹
میانگین هندسی قطر ذرات	۱۳/۰۴۹	-۲۵/۹۱۳	۰/۸۸۶۶	۲/۸۶۱۶	-۰/۳۵۶۸	۰/۹۴۰۴
سطح ویژه	۷/۰۱۳۱	۰/۰۲۴۱	۰/۵۰۸۶	۲/۱۰۵۶	۰/۳۴۲۶	۰/۸۰۷۶
جرم مخصوص ظاهری	۳۷/۹۲۳	-۲۰/۰۱۷	۰/۷۶۴۱	۲۷/۱۸۴	-۳/۴۳۴۷	۰/۷۰۰۲
جرم مخصوص حقیقی	۴۵/۸۷۸۰	-۱۴/۴۴۴	۰/۵۸۷	۵۳۹/۴۵	-۴/۵۳۱۵	۰/۵۷۰۲
درصد ماده آلی	۳/۵۶۳۶	۵/۲۱۲۲	۰/۷۷۴۷	۸/۹۳۸۸	۰/۶۶۱	۰/۸۹۶

جدول ۳- مقادیر پارامترهای آماری  $GMER$ ،  $GSDER$  و  $RMSE$  برای حالت های مختلف برآورد ظرفیت تبادل کاتیونی (۳ ستون اول از سمت راست مربوط به همبستگی خطی و ۳ ستون اول از سمت چپ مربوط به همبستگی توانی می باشد).

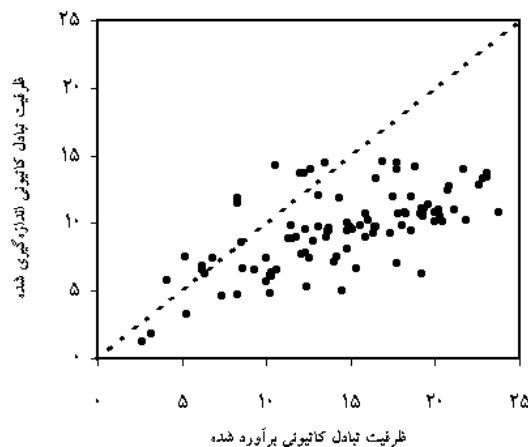
متغیر همبستگی	$GMER$	$GSDER$	$RMSE$	$GMER$	$GSDER$	$RMSE$
درصد رس	۱/۰۳۵	۱/۲۱۰	۱/۵۶۱	۱/۰۰۰	۱/۱۳۹	۱/۳۲۲
درصد سیلت	۱/۰۱۰	۱/۱۴۳	۱/۳۶۴	۱/۰۰۰	۱/۱۴۱	۱/۳۸۱
درصد شن	۱/۰۰۳	۱/۰۸۳	۰/۸۱۹	۱/۰۰۰	۱/۲۷۲	۲/۶۳۹
میانگین هندسی قطر ذرات	۰/۹۸۵	۱/۲۶۹	۱/۲۸۷	۱/۰۰۰	۱/۱۳۳	۱/۴۱۹
سطح ویژه	۱/۰۶۹	۱/۴۲۷	۲/۶۹۴	۱/۰۰۰	۱/۲۵۲	۲/۲۰۱
جرم مخصوص ظاهری	۱/۰۴۰	۱/۲۸۰	۱/۷۵۲	۱/۰۰۰	۱/۳۲۴	۲/۳۸۵
جرم مخصوص حقیقی	۱/۰۵۷	۱/۳۶۷	۲/۴۴۱	۱/۰۰۰	۱/۳۹۹	۳/۰۷۴
درصد ماده آلی	۱/۰۳۷	۱/۲۳۳	۱/۸۳۰	۱/۰۰۰	۱/۱۸۰	۱/۶۷۵

با توجه به چهار آمار ذکر شده مشاهده می‌شود که چهار پارامتر سطح ویژه، درصد ماده آلی و جرم مخصوص‌های ظاهری و حقیقی برای برآورد ظرفیت تبادل کاتیونی نمونه‌های خاک مناسب نمی‌باشند. هر چند در تحقیقات دیگر رابطه معنی‌داری بین ظرفیت تبادل کاتیونی با ماده آلی خاک (میتچل، ۱۹۳۲؛ اولسن و برای، ۱۹۳۸؛ برودبنت و برادفورد، ۱۹۵۲؛ گیل و ریواس، ۱۹۵۷؛ کمپراد و ولچ، ۱۹۶۲؛ ویلدینگ و روتلدج، ۱۹۶۶؛ یان و همکاران، ۱۹۶۷؛ رایت و فاس، ۱۹۷۲؛ کارتین و اسمیلی، ۱۹۷۶؛ مارتل و همکاران، ۱۹۷۸؛ مانریکو و همکاران، ۱۹۹۱؛ کاهل و همکاران ۲۰۰۲؛ میرخانی و همکاران، ۲۰۰۵) و ظرفیت تبادل کاتیونی با سطح ویژه ذرات خاک (مرتلدن، ۱۹۵۴؛ کال، ۱۹۵۷؛ فرار و کولمن، ۱۹۶۷؛ بنین و آمیل، ۱۹۷۰؛ چرچمن و بارک، ۱۹۹۱) به دست آمده است، لیکن در این تحقیق با توجه به نتایج به دست آمده برآورد ظرفیت تبادل کاتیونی خاک به وسیله این دو پارامتر توصیه نمی‌شود. از این نظر پیشنهاد می‌گردد با اندازه‌گیری این دو پارامتر و به خصوص سطح ویژه ذرات در خاک‌های مناطق مختلف ایران، ارتباط ظرفیت تبادل کاتیونی خاک با سطح ویژه و همچنین ارتباط سطح ویژه با سایر خصوصیات فیزیکی- شیمیایی خاک‌های مختلف مورد تجزیه و تحلیل قرار گیرد.

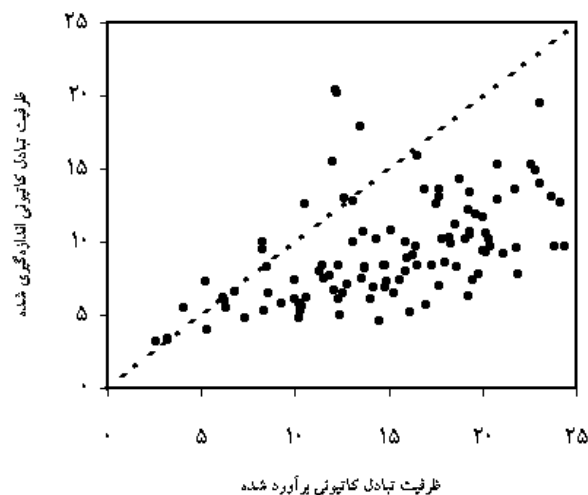
به‌طورکلی با توجه به نتایج ارائه شده در جدول ۳ می‌توان نتیجه گرفت که همبستگی خطی با درصد شن و همبستگی‌های توانی با میانگین هندسی قطر ذرات، درصد

رس و درصد سیلت به ترتیب بهترین حالت‌های برآورد ظرفیت تبادل کاتیونی خاک می‌باشند. همبستگی منفی ظرفیت تبادل کاتیونی با درصد شن که در بسیاری از تحقیقات دیگر نیز مشاهده شده است به این علت است که با افزایش درصد شن از درصد رس خاک کاسته می‌شود و ذراتی که دارای توانایی ایجاد بار منفی و افزایش ظرفیت تبادل کاتیونی هستند، کاهش می‌یابد.

همچنین برای بررسی کارایی نتایج به دست آمده در این تحقیق جهت برآورد ظرفیت تبادل کاتیونی به وسیله اولویت‌های اول و دوم (همبستگی خطی با درصد شن و همبستگی توانی با میانگین هندسی قطر ذرات) از تعدادی داده‌های اندازه‌گیری شده جداگانه در چند تحقیق انجام شده در داخل و خارج کشور استفاده گردید (سیهاسک و برمنز، ۱۹۷۹؛ حسین‌پور، ۲۰۰۴؛ محمدی و طاهری، ۲۰۰۵؛ ریحانی‌تبار و همکاران، ۲۰۰۶؛ ارساهین و همکاران، ۲۰۰۶؛ هپر و همکاران، ۲۰۰۶). نتایج فوق برای دو حالت ذکر شده برآورد ظرفیت تبادل کاتیونی خاک نسبت به خط یک به یک در شکل‌های ۱ و ۲ ارائه شده است. چنانچه در این دو شکل مشاهده می‌شود داده‌ها نسبت به خط یک به یک پراکنش مناسبی دارند. این موضوع بیانگر مناسب بودن تخمین ظرفیت تبادل کاتیونی با استفاده از روابط ارائه شده در این تحقیق می‌باشد. بنابراین از نتایج به دست آمده در این تحقیق می‌توان برای تخمین ظرفیت تبادل کاتیونی خاک استفاده نمود.



شکل ۱- نتایج مقایسه مقادیر اندازه‌گیری و برآورد شده ظرفیت تبادل کاتیونی خاک (سانتی‌مول بر کیلوگرم) براساس همبستگی خطی با درصد شن نسبت به خط یک به یک.



شکل ۲- نتایج مقایسه مقادیر اندازه‌گیری و برآورد شده ظرفیت تبادل کاتیونی خاک (سانتی مول بر کیلوگرم) براساس همبستگی توانی با میانگین هندسی قطر ذرات نسبت به خط یک به یک.

### منابع

1. Amini, M., Abbaspour, K.C., Khademi, H., Fathianpour, N., Afyuni, M., and Schulin, R. 2005. Neural network models to predict cation exchange capacity in arid regions of Iran. *Europ. J. Soil Sci.* 56 : 551-559.
2. Banin, A., and Amiel, A. 1970. A correlative study of the chemical and physical properties of a group of natural soils of Israel. *Geoderma*. 3: 185-198.
3. Bell, M.A., and Van Keulen, H. 1995. Soil pedotransfer functions for four Mexican soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 59: 865-871.
4. Breeuwsma, A., Wosten, J.H.M., Vleeshouwer, J.J., van Slobbe, A.M., and Bouma, J. 1986. Derivation of land qualities to assess environmental problems from soil surveys. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 50: 186-190.
5. Broadbent, F.E., and Bradford, G.R. 1952. Cation exchange groupings in the soil organic fraction. *Soil Sci.* 74: 447-457.
6. Call, F. 1957. Soil fumigation. IV. Sorption of ethylene dibromide on soils at field capacity. *J. Sci. Food Agric.* 8: 137-142.
7. Carter, D.L., Mortland, M.M., and Kemper, W.D. 1986. Specific surface. In *Methods of soil analysis, part 1. Physics and mineralogical methods*. Klute, A. (ed.). Agron. Monogr. No. 9 (2nd Ed.). ASA, SSSA, Madison, WI, pp: 413-423.
8. Churchman, G.J., and Burke, C.M. 1991. Properties of subsoils in relation to various measures of surface area and water content. *J. Soil Sci.* 42: 463-478.
9. Cihacek, L.J., and Bermner, J.M. 1979. A simplified ethylene glycol monoethyl ether for assessment of soil surface area. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 43: 821-822.
10. Curtin, D., and Smillie, G.W. 1976. Estimation of components of soil cation exchange capacity from measurements of specific surface and organic matter. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 40: 461-462.
11. Ersahin, S., Gunal, H., Kutlu, T., Yetgin, B., and Coban, S. 2006. Estimating specific surface area and cation exchange capacity in soils using fractal dimension of particle-size distribution. *Geoderma* 136: 588-597.
12. Farrar, D.M., and Coleman, J.D. 1967. The correlation of surface area with other properties of nineteen British clay soils. *J. Soil Sci.* 18: 118-124.
13. Gill, W.R., and Reaves, C.A. 1957. Relationships of atterberg limits and cation-exchange capacity to some physical properties of soil. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 21: 491-494.
14. Hallsworth, E.C., and Wilkinson, G.K. 1958. The contribution of clay and organic matter to the cation exchange capacity of the soils. *J. Agric. Sci.* 51: 1-3.
15. Hepper, E.N., Buschiazzo, D.E., Hevia, G.G., Urioste, A., and Anton, L. 2006. Clay mineralogy, cation exchange capacity and specific surface area of loess soils with different volcanic ash

- contents. *Geoderma*. 135: 216-223.
16. Hosseinpour, A.R. 2004. Application of kinetic models in describing non-exchangeable potassium release in some soils of Hamadan. *Isfahan, J. Sci. Technol. Agric. Natur. Resour.* 8(3): 85-94.
  17. Kahle, M., Kleber, M., and Jahn, R. 2002. Carbon storage in loess derived surface soils from central Germany: influence of mineral phase variables. *J. Plant Nutri. Soil Sci.* 165: 141-149.
  18. Kamprath, E.J., and Welch, C.D. 1962. Retention and cation-exchange properties of organic matter in coastal plain soils. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 26: 263-265.
  19. Keller, A., von Steiger, B., van der Zee, S.T., and Schulin, R. 2001. A stochastic empirical model for regional heavy metal balances in agroecosystems. *J. Environ. Qual.* 30 : 1976-1989.
  20. Krogh, L., Breuning-Madsen, H., and Greve, M.H. 2000. Cation exchange capacity pedotransfer function for Danish soils. *Soil and Plant Sci.* 50: 1-12.
  21. Manrique, L.A., Jones, C.A., and Dyke, P.T. 1991. Predicting cation exchange capacity from soil physical and chemical properties. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 50: 787-794.
  22. Martel, Y.A., De Kimpe, C.R., and Laverdiere, M.R. 1978. Cation-exchange capacity of clay-rich soils in relation to organic matter, mineral composition, and surface area. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 42: 764-767.
  23. McBratney, A.B., Minasny, B., Cattle, S.R., and Vervoort, R.W. 2002. From pedotransfer functions to soil inference systems. *Geoderma*. 109: 41-73.
  24. Mirkhani, R., Shabanpour, M., and Saadat, S. 2005. Using particle-size distribution and organic carbon percentage to predict the cation exchange capacity of soils of Lorestan province. *Tehran, Iran. J. Soil and Water Sci.* 19(2): 235-242.
  25. Mitchell, J. 1932. The origin, nature and importance of soil organic constituents having base exchange properties. *J. Am. Soc. Agron.* 24: 256-275.
  26. Mohammadi, J., and Taheri, S.M. 2005. Modeling pedotransfer functions using fuzzy regression. *Isfahan, J. Sci. Technol. Agric. Natur. Resour.* 9(2): 51-61.
  27. Mortland, M.M. 1954. Specific surface and its relationship to some physical and chemical properties of soil. *Soil Sci.* 78: 343-347.
  28. Nourbakhsh, F., Jalalian, A., and Shariatmadari, H. 2003. Estimation of cation exchange capacity from some soil physical and chemical properties. *Isfahan, J. Sci. Technol. Agric. Natur. Resour.* 7(3): 107-118.
  29. Olson, L.C., and Bray, R.H. 1938. The determination of the organic base exchange capacity of soils. *Soil Sci.* 45: 483-496.
  30. Reyhani Tabar, A., Karimian, N., Muazardalan, M., Savaghebi, G. R., and Ghannadha, M. R. 2006. Zinc fractions of selected calcareous soils of Tehran province and their relationships with soil characteristics. *Isfahan, J. Sci. Technol. Agric. Natur. Resour.* 10(3): 125-136.
  31. Shirazi, M.A., and Boersma, L. 1984. A unifying quantitative analysis of soil texture. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 48: 142-147.
  32. Tietje, O., and Hennings, V. 1996. Accuracy of the saturated hydraulic conductivity prediction by pedo-transfer functions compared to the variability within FAO textural classes. *Geoderma* 69, 71-84.
  33. Toth, T., and Jozefaciuk, G. 2002. Physicochemical properties of a solonchic toposequence. *Geoderma*. 106: 137-159.
  34. Wagner, B., Tarnawski, V.R., Hennings, V., Muller, U., Wessoleu, G., and Plagge, R. 2001. Evaluation of pedotransfer functions for unsaturated soil hydraulic conductivity using an independent data set. *Geoderma*. 102: 275-297.
  35. Wilding, L.P., and Rutledge, E.M. 1966. Cation-exchange capacity as a function of organic matter, total clay and various clay subfractions in a soil toposequence. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 30: 782-785.
  36. Williams, R. 1932. The contribution of clay and organic matter to the Base Exchange capacity of soils. *J. Agric. Sci.* 22: 845-851.
  37. Wright, W.R., and Foss, J.E. 1972. Contribution of clay and organic matter to the cation-exchange capacity of Maryland soils. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 36: 115-118.
  38. Yerima, B.P.K., Wilding, L.P., Hallmark, C.T., and Calhoun, F.G. 1989. Statistical relationships among selected properties of northern Cameroon Vertisols and associated Alfisols. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 53: 1758-1763.
  39. Yuan, T.L., Gammon Jr, N., and Leighty, R.G. 1967. Relative contribution of organic matter and clay fractions to cation exchange capacity of sandy soils from several soil groups. *Soil Sci.* 104: 123-128.

---

## **Estimation of cation exchange capacity from some soil physico-chemical properties**

**\*H.R. Fooladmand**

Assistant Prof., Dept. of Irrigation and Drainage, Marvdasht Azad University, Iran

---

---

### **Abstract**

Cation exchange capacity is an important soil chemical property, but its measurement is time consuming and costly. Cation exchange capacity can be estimated from soil physico-chemical properties. 20 soil samples from Marvdasht and Fasa regions in Fars province were selected in this study, and the cation exchange capacity, clay, silt and sand percentages, soil specific surface area, soil organic matter content, bulk density and particle density of each soil sample were measured, and the mean geometric soil diameter of each soil sample calculated. Then, linear and power regression equations were used for estimating cation exchange capacity. The best estimate for cation exchange capacity obtained with sand percentage by linear regression, and mean geometric soil diameter, clay percentage and silt percentage by power regression. Also, the results show, using soil specific surface area, soil organic matter content, bulk and particle densities were not appropriate for estimating cation exchange capacity.

**Keywords:** Cation exchange capacity; Clay; Silt; Sand; Mean geometric soil diameter