دوازدهمین کنگره علوم خاک ایران
تبریز، 12 الی 14 شهریور 1390
(فیزیک خاک و رابطه آب خاک و گیاه)

برآورد ظرفیت تبادل کاتیونی با استفاده از توابع انتقالی خاک

مریم کریمی[1]، حبیب خداوردی لو[2]،علی اکبر موسوی[3]

1-دانشجو کارشناسی ارشد خاکشناسی،دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم وتحقیقات فارس،گروه علوم خاک،فارس،ایران

2-استاد یار،دانشگاه ارومیه،گروه علوم خاک،آذربایجان غربی،ایران

3- استاد،دانشگاه آزاد اسلامی،واحد علوم وتحقیقات فارس،گروه علوم خاک،فارس،ایران
Maryam_kr62@yahoo.com

چکیده:
ظرفیت تبادل کاتیونی از ویژگی های شیمیایی خاک است که کیفیت خاک ها را از جنبه های مختلف تحت تاثیر قرار می دهد.در این پژوهش رابطه CEC(متغیروابسته) و درصد اندازه ذرات، درصد ماده آلی، pH، درصد کربنات کلسیم(متغیر مستقل)بررسی گردید. این بررسی با استفاده از اطلاعات 244 نمونه خاک صورت گرفت. نتایج نشان داد که CECخاک ها با درصد شن و درصد کربنات کلسیم هم بستگی معکوس، و با درصد رس، سیلت، ماده آلی و pHهم بستگی مستقیم دارد.هم چنین وارد کردن درصد کربنات کلسیم و ماده آلی باعث افزایش اعتبار توابع در برآورد CEC می شود.

کلمات کلیدی: اندازه ذرات، توابع انتقالی خاک، ظرفیت تبادل کاتیونی، کربنات کلسیم، ماده آلی

مقد مه:

ظرفیت تبادل کاتیونی خاک از مهم ترین خصوصیات شیمیایی خاک است که توانایی آن را برای نگهداری مواد غـذایی نـشان می دهد و شاخص خوبی برای کیفیت و بهره وری از خاک می باشد(میرخانی و همکاران،1384). افزون بر این، انـدازه گیـری CEC در خاک های مناطق خشک ایران به دلیل وجود مقدار زیاد کربنات کلسیم و گچ دشوارترو پر هزینه تر نیز می باشـد. آرنودو سپتون نشان دادند در صورتی که از مقدار CECخاک اطلاعاتی در دست نباشد، تجزیه رگرسیون چند متغیـره از روی ویژگی های شیمیایی و فیزیکی خاک، موفقیت آمیز ترین روش در برآورد ظرفیت تبادل کاتیونی اسـت. در سـال هـای اخیـر توابعی موسوم به توابع انتقالی خاکPTFs :(pedotransfer functions) بـرای بـرآورد CEC از ویژگـی هـای فیزیکـی و شیمیایی زود یافت خاک(ویژگی هایی که اندازه گیری آنها ساده و رایج است) به وجود آمده است (بل و وان کولن،1995؛ مک برانتی و همکاران،2002).

هدف از این تحقیق به دست آوردن روابطی بین ظرفیت تبا دل کاتیونی با خصوصیات فیزیکو شـیمیایی خـاک ماننـد درصـد رس، سیلت، شن، میانگین هندسی قطر ذرات خاک، ماده آلی خاک، درصد کربنات کلسیم و pH خاک می باشد.

مواد وروش ها:

برای انجام این تحقیق244 نمونه خاک از اعماق 30-0،55-30 و بیشتر از 55 سانتی متـری خـاک هـای اسـتان فـارس ،آذربایجان غربی ،کیش، لرستان، تهران، قزوین، کرمانشاه و شهر های شیراز، بم، هشتگرد، سلفچگان تهیه گردیده است. پس از تهیه نمونه خاک و انتقال آنها به آزمایشگاه، بافت خاک شامل درصـد ذرات رس، سـیلت و شـن بـا روش هیـدرومتری، CEC

خاک به روش باور، و مقدار ماده آلی خاک از روش والکلی_ بلک و آهک خاک از روش کربنات کلسیم معادل وpH خاک به وسیله pH متر به دست می‌آیند.
پس از اندازه گیری خصوصیات گفته شده در کلیه نمونه های خاک، بین ظرفیت تبادل کاتیونی با درصد رس، pH، ماده آلی خاک و درصد کربنات کلسیم روابط هم بستگی چند متغیره خطی برقرار گردید.
برای بررسی توابع ایجاد شده از پارامتر های آماری 1,2,3استفاده شد.

$$MAE = \max\left|\left(T_i^p - T_i^o\right)\right|_{i=1}^{n} \quad [1]$$

$$CRM = \frac{\sum_{i=1}^{n} T_i^o - \sum_{i=1}^{n} T_i^p}{\sum_{i=1}^{n} T_i^o} \quad [2]$$

$$RMSE = \left[\frac{\sum_{i=1}^{n}\left(T_i^p - T_i^o\right)^2}{n}\right]^{1/2} \quad [3]$$

ضریب کارآیی (R^2 ,Coefficient of Efficiency)، خطای مطلق(Mximum Absolute Error,MAE) ،ضریب مقادیر باقیمانده (Coefficient of Residual Mass, CRM) وجذر میانگین مربعات خطا (Root Mean Square Error, RMSE) است، که T_i^p و T_i^o به ترتیب مقدار برآورد شده و اندازه‌گیری شده‌ی زمان پالایش، n تعداد نمونه‌ها و حروف سرکش‌دار مقادیر میانگین است. حد پایین MAE و RMSE وCRM صفر است. بیشترین مقدار R^2 یک است.

نتایج و بحث:

ضرائب هم بستگی رابطه 1 برای برآورد ظرفیت تبادل کاتیونی خاک بر اساس پارامتر های مختلف همراه با ضریب هم بستگی R^2 هر حالت در جدول 1 ارا ئه شده است . سه پارامتر آماری RMSE,CRM,MAEبرای هر حالت برآورد ظرفیت تبادل کاتیونی خاک نیز در جدول 2 ارائه شده است. توابع ایجاد شده نیز در جدول 3 ارائه گردیده است.

جدول 1- ضرائب هم بستگی بین CEC و متغیر های مستقل

متغیر مستقل	cm 0-30	cm 30-55	بیشتر از cm 55
رس	0/67	0/4	0/61
سیلت	0/45	0/24	0/21
شن	-0/68	-0/38	-0/58
کربن آلی	0/15	0/2	0/28
pH	0/55	0/28	0/28
CaCo3	-0/68	-0/32	-0/42

به طوری که در این جدول مشاهده می شود CEC با رس و ماده آلی دارای هم بستگی مثبت است، که به دلیل مشارکت آن ها در ایجاد بارهای منفی و پدیده تبادل کاتیونی و دارا بودن سطح ویژه و بار زیاد است(نوربخش و همکاران ،1382).
با افزایش pH، نگهداری فلزات کاتیونی بر روی سطوح فعال خاک از طریق جذب و رسوب افزایش می یابد،که سبب هم بستگی مثبت CECو pH می شود.
همبستگی منفی CEC با درصد شن از آن رو است که با افزایش شن اا‌ز مقدار ذرات دیگر مانند درصد رس کاسته می شود. به سخن دیگر، با افزایش شن ذراتی که دارای توانایی ایجاد بار منفی و ایجاد ظرفیت تبادل کاتیونی هستند کاهش می یابد.
درصد کربنات کلسیم به علت سطح فعال و مقدار زیاد بارهای منفی سطح کربنات فلرات سنگین و کاتیون ها ر ا جذب می کند در نتیجه کربنات کلسیم و CEC هم بستگی منفی دارند.

جدول 2- مقادیر پارامترهای R^2 ,RMSE,CRM,MAE برای توابع ایجاد شده در عمق های مختلف.

عمق cm	MAE	CRM	RMSE	R^2
0-30	3/9	-0/067	3/9	0/67
30-55	2	0/25	3/9	0/72
بیستر از 55	9/2	0/03	5/7	0/68

حد پایینی MAE، ***RMSE*** و ***CRM***صفر است. بیشترین مقدار R^2یک است. CRM R^2 می‌توانند منفی باشند. مقدار MAE نشاندهندۀ ناکارآمدی مدل است، در حالیکه مقدار RMSE نشان می‌دهد که مدل به چه میزان بیشتر یا کمتر از واقعیّت ، برآورد می‌کند.***CRM*** شاخصی برای سنجش تمایل مدل به برآورد بیشتر یا کمتر از واقعیّت است. ***CRM*** منفی بیانگر برآوردی بیشتر از واقعّیت است.

$R^2 = 1$; $CRM = 0$; $MAE = 0$; $RMSE = 0$

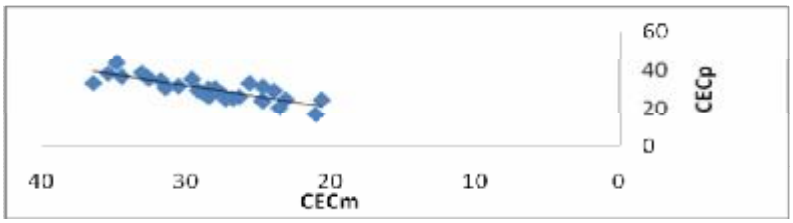
جدول 3- توابع انتقالی ایجاد شده در عمق های مختلف

عمق cm	تابع
0-30	CEC=-20.2+0.23Clay+4.57pH+2.92OC%-022CaCo3%
30-55	CEC=-25.5+0.36Clay+4.11pH+0.27OC%-0.082CaCo3%
بیشتر از 55	CEC=-3.7+0.27Clay+2.06pH+2.05OC%-0.18CaCo3%

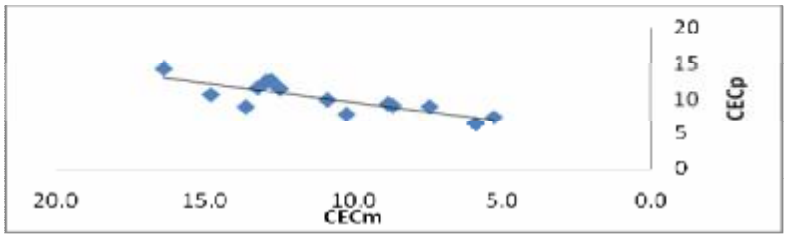
در تابع فوق با افزایش 1 درصدی متغیر های مستقل به میزان ضرائب متغیر ها به مقدار CEC افزوده شده است.
نوربحش و همکاران (1382)طی پژوهشی ظرفیت تبادل کاتیونی را با استفاده از درصد اندازه ذرات،درصد مواد آلی و واکنش pH خاک برآورد نمودند.
در دانمارک نیز برای برآورد ظرفیت تبادل کاتیونی از متغیر های مستقل مقدار رس، کربن آلی و pH خاک استفاده گردید(کروخ و همکاران، 2000).
در این پژوهش درصد کربنات کلسیم نیز وارد تابع شده است. زیرا کربناتهای هم‌اندازۀ رس همانند ذرات شن و سیلت رفتار می‌کنند(آرنود وهمکاران،1993). بنابراین، با افزایش مقدار کربناتها در خاک از میزان CEC خاک کاسته می شود.با افزایش درصد کربناتها،درصد رس برآورد شده کمتر از مقدار اندازه‌گیری شدۀ آن می‌گردد.زیرا در خاکهای حاوی کربناتها، بخشی از

ذرات رس، تنها از نظر اندازهٔ فیزیکی در این جزء قرار گرفته‌اند و ویژگیهای رفتاری آنها همسان با ذرات شن و سیلت است، در نتیجه باعث کاهش CEC میشود. از آنجایی که میزان کربنات کلسیم در خاک های ایران فراوان است و تاثیری که کربنات کلسیم بر روی pH خاک (باعث افزایش pH می شود)دارد، در نتیجه از این پارامتر در این پژوهش استفاده شده است.
برای بررسی کارایی توابع به دست آمده در این تحقیق جهت برآورد ظرفیت تبادل کاتیونی از تعدادی داده های اندازه گیری جداگانه (داده های ارزیابی توابع) استفاده گردید. ظرفیت تبادل کاتیونی خاک نسبت به خط یک به یک در شکل های 1,2,3 ارائه شده است.

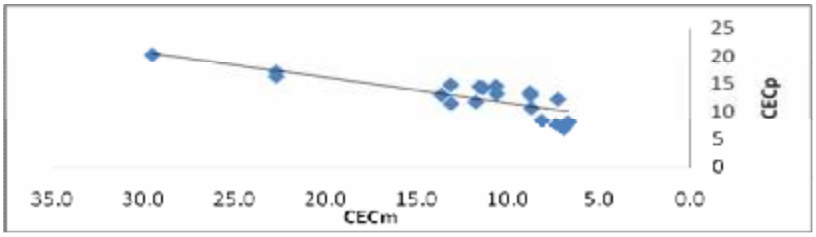
شکل 1- مقایسه مقادیر اندازه گیری و برآورد شده ظرفیت تبادل کاتیونی خاک نسبت به خط یک به یک در عمق 30-0 cm



شکل2-مقایسه مقادیر اندازه گیری و برآورد شده ظرفیت تبادل کاتیونی خاک نسبت به خط یک به یک در عمق 55-30 cm



شکل3- مقایسه مقادیر اندازه گیری و برآورد شده ظرفیت تبادل کاتیونی خاک نسبت به خط یک به یک در عمق بیشتر از cm55



چنانچه دیده می شود داده ها نسبت به خط یک به یک پراکنش مناسبی دارند، که بیانگر مناسب بودن تخمین ظرفیت تبادل کاتیونی با استفاده از روابط ارائه شده در این تحقیق می باشد.

منابع:

1- میرخانی، ر. م، شعبانپور. و س، سعادت.1384. محاسبه ی ظرفیت تبادل کاتیونی خاک با استفاده از بافت خاک و درصد ماده آلی خاک در خاک های استان گلستان، مجله علوم آب و خاک، 19(2) : 235-242 .

- نوربخش،ف. الف،جلالیان. و ح،شریعتمداری.1382. تخمین گنجایش تبادل کاتیونی خاک اتفاده از برخی ویژگی های فیزیکو شیمیای خاک، علوم فنون کشاورزی و منابع طبیعی، سال ،7 ،شماره3، ص 107-117.

3. Arnaud, R. j. St., and A. R. Mermut. 1993. Carbonates. In: Carter, M. R., Soil sampling and analysis. American Society of Agronomy, Madison, WI. pp:177-186.
4.Bell, M.A., and H. van Keulen. 1995. Soil pedotransfer functions for four Mexican soils. Soil Sci. Soc. Am. J. 59, 865–871.
5.Krogh, L., H. Breuning., and M.H. Greve. 2000. Cation exchange capacity pedotransfer function for Danish soils. Soil and Plant Sci. 50: 1-12.
6.McBratney, A.B., B.Minasny., S.R.Cattle,. and R.W.Vervoort. 2002. From pedotransfer functions to soil inference systems. Geoderma 109, 41–73.