پیش‌بینی نسبت سدیم تبادلی بر اساس نسبت جذب سدیم در خاکهای شور-سدیمی

حسین رضایی [۱]، احمد جلالیان [۲]، محمد اقتداری [۱]
کارشناس ارشد علوم خاک دانشگاه آزاد اسلامی واحد خوراسگان ، ۲- استاد دانشگاه آزاد اسلامی واحد خوراسگان

چکیده
اندازه‌گیری نسبت سدیم تبادلی (ESR) در خاکهای تحت تاثیر همواره با خطا و زمان‌بر همراه بوده است لذا بسط روشی مناسب تر و اقتصادی با استفاده از شاخص‌های شوری با آندازه‌گیری آسان‌تر و دقیق‌تر به نظر ضروری می‌رسد. این تحقیق توجه به اینکه ۱/۹۲ درصد مساحت استان اصفهان را خاکهای شور- سدیمی تشکیل می‌دهد، به منظور ارایه یک روش علمی در برآورد دقیق‌تر و آسانتر نسبت سدیم تبادلی از روی شاخص آسانتر نسبت جذب سدیم انجام گرفت. معادله کلی ESR=۱۱.۹۸(lnSAR)+۱۱.۳۰ با ضریب همبستگی R^2=۶۰/۰= برای کل مناطق بدست آمد. بر اساس نتایج در مقادیر بالای ESR و هدایت‌الکتریکی (EC) پراکندگی نقاط افزایش قابل توجهی را نشان می‌دهد چرا که ضریب گاپون برای تبادل سدیم با کلسیم و منیزیم در خاک‌ها با سطوح متفاوت شوری و سدیم تبادلی متغیر می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: نسبت سدیم تبادلی، نسبت جذب سدیم، شوری، خاک شور-سدیمی.

مقدمه
قسمت عمده مناطق کشور ما، به دلیل بالا بودن مقدار تبخیر و تعرق و پایین بودن میزان نزولات جوی جزو مناطق خشك و نیمه‌خشك طبقه‌بندی می‌شود. یکی از مشکلات این مناطق، شوری خاکها می‌باشد. اصفهان نیز یکی از شهرهای واقع در مرکز ایران است و کشاورزان بیشتر اراضی اطراف شهر با مشکل شوری مواجه هستند. اراضی کشاورزی شرق اصفهان (رودشت)، اراضی شمال اصفهان (دشت‌های گز و برخوار)، زمین‌های شمال غرب اصفهان (شاهین‌شهر و مورچه‌خورت) و اراضی جنوب اصفهان (دشت مرغ و دشت مهیار) از مشکل شوری و در برخی جا از مشکل شور-سدیمی رنج می برد(هنرجو، ۱۳۸۹).
درصد سدیم تبادلی خاک بطورمعمول قابل اعتمادترین ش اخص برای تعیین درجه سدیمی بودن خاک است، ولی به دلیل دشواری‌های موجود در راه اندازه‌گیری ظرفیت تبادل کاتیونی خاك (به خصوص در خاکهای آهکی و گچی) ترجیح داده می‌شود که درصد سدیم تبادلی خاك، بر مبنای نسبت جذب سدیم عصاره اشباع خاک تخمین زده شود. روابط قوی بین این دو شاخص (سازمان حفاظت خاك آمریکا، ۱۹۹۶)، نسبت جذب سدیم را به عنوان معیاری مناسب برای ارزیابی خاک معرفی کرده است(هاشمی‌نژاد و قانع، ۱۳۹۰).
اندازه‌گیری درصد سدیم تبادلی در خاکهای با ECe بیشتر از ۱۰ دسی زیمنس بر متر نیز همراه با خطای اثر دفع آنیونی است. این خطا سبب می‌شود که سدیم تبادلی کمتر از مقدار واقعی برآورد شود(Juarnik *et al*. ۱۹۸۴).
به منظور غلبه بر مشکلات فوق و اندازه‌گیری قابل اعتماد درصد سدیم تبادلی(ESP) خاک، برخی از محققان ترجیح داده‌اند که درصد سدیم تبادلی خاک را بر اساس آنالیز عصاره اشباع خاک برآورد نمایند. سپس با توجه به اینکه اندازه‌گیری نسبت سدیم تبادلی(ESR) در خاک‌های شور مستلزم انجام آزمایشات وقت‌گیر و پرهزینه است، لذا بسیار اقتصادی و مناسب است که از روشهایی که با کمک شاخص‌های شوری خاکی پی به اثرات نامطلوب سدیم خاک برد و بهترین روش بسط فرمولی بین شاخص‌های شوری مثل ESR و SAR می‌باشد. لذا تحقیق حاضر بدین منظور طراحی و اجرا در پنج منطقه از خاکهای شور و شور- سدیمی اصفهان انجام گرفته است.

مواد و روش‌ها
این تحقیق، در استان اصفهان در منطقه‌های سگزی دشتی، رودشت، هرند، ایستگاه فاضلاب شرق، حبیب‌آباد با اقلیم شک و نیمه‌خشک در سال ۱۳۹۱ انجام شد. نمونه های خاک جمع آوریز عمق ۰-۳۰ سانتی متری، هوا خشک،عبور از الک ۲ میلیمری شدند و سپس پ-هاش، هدایت الکتریکی سوسپانسیون آب: خاک، غلظت کلسیم و منیزیم محلول و تبادلی، سدیم محلول و تبادلی، ظرفیت تبادل کاتیونی خاک بر اساس طبق روشهای استاندارد انجام گرفت(APHA, ۱۹۹۸).
سپس بر اساس فرمول های زیر محاسبات مورد نظر انجام گرفت (Jurinak and Suarez, ۱۹۹۰).

$$ESR = [Na] / [Ca + Mg] = [Na] / CEC - [Na] \quad (۱)$$

$$ESR = ۱۰۰ * (Ex.Na) / (CEC - Ex.Na) \quad (۲)$$

$$SAR = Na / \sqrt{(Ca+Mg)/2} \quad (۳)$$

$$ESR = G \cdot SAR \quad (۴)$$

G : ضریب حساسیت گاپون برابر با ½-(۰۱۵/۰ (mol/l
SAR: نسبت جذب سدیم
ESR: نسبت سدیم تبادلی
[Na] و [Ca + Mg] : نسبت سدیم، کلسیم، منیزیم فاز تبادلی خاک(سانتی‌مول بر کیلوگرم خاک)
CEC: ظرفیت تبادل کاتیونی خاک

(۵) : Cغلظت کل املاح در هدایت‌الکتریکی کمتر از ۴ (دسی زیمنس بر متر = ۶۴۰ EC CS (mg/l) (dS/m)

(۶) : Cغلظت کل املاح در هدایت‌الکتریکی بیشتر از ۴ (دسی‌زیمنس بر متر) = ۸۰۰ ECCS (mg/l) (dS/m)

سپس داده‌ها پس از آنالیزهای لازم توسط برنامه آماری SPSSتجزیه و تحلیل آماری گردید و رابطه لازم و منطقی بین دو پارامتر ESR و SAR برای هر منطقه بدست آمد.

نتایج و بحث

بافت خاک‌های مناطق مورد مطالعه ایستگاه فاضلاب شرق، حبیب‌آباد، هرند، رودشت و سگزی به ترتیب دارای بافت Silty clay loam، Clay loam-loam، Sand- Sandy loam، Loam- Silty loam و Silty clay loam-Sand clay loam بود.نباید انتظار تفاوت فاحش بین ظرفیت تبادل کاتیونی آنها داشت. تفاوتی که بین ظرفیت تبادل کاتیونی خاک‌هایی با کلاس شوری جزیی (ایستگاه فاضلاب شرق و حبیب‌آباد) در مقایسه با مناطق رودشت و سگزی در کلاس شوری خیلی زیاد مشاهده گردید به خاطر عوامل متعددی مانند سرعت بسیار کم تبادل سدیم با کلسیم بسیار کم، بافت، نوع کانی غالب خاک، می‌باشد.

جدول ۱ مقایسه آماری برخی از ویژگی های اندازه گیری شده خاک در پنج نقطه مورد مطالعه و جدول ۲ برآورد غلظت کل املاح از روی هدایت‌الکتریکی خاک را در این مناطق نشان می‌دهد. بر اساس معیار EC توسط موسسه تحقیقات خاک و آب ایران، حبیب‌آباد و ایستگاه فاضلاب شرق در کلاس شوری جزیی (کلاس۱S) و سایر خاک‌های مناطق مورد بررسی (هرند، رودشت و سگزی) در دسته خاک خیلی‌شور (کلاس۴S) قرار می گیرند و دارای محدودیت شدید هستند(هنرجو، ۱۳۸۹).

بین هدایت‌الکتریکی خاک حبیب‌آباد و ایستگاه فاضلاب شرق (به ترتیب ۲/۴ و ۰۴/۵ دسی‌زیمنس بر متر) تفاوت معنی‌داری بر حسب آزمون دانکن در هیچ سطح آماری ۱ و ۵ درصد وجود نداشت. خاک های این به علت شوری کمی با مدیریت آبیاری و آبشویی قابل اصلاح می‌باشد در حالی که خاک‌های رودشت و هرند به علت شوری بسیار بالا اصلاح آنها مشکل و هزینه‌بر می‌باشد. شوری خاک تحت تاثیر کاتیون‌ها و آنیون‌های غالب بویژه سدیم، هستند.

جدول ۱- مقایسه آماری مقادیر میانگین برخی از ویژگی‌های اندازه‌گیری شده در مناطق مختلف

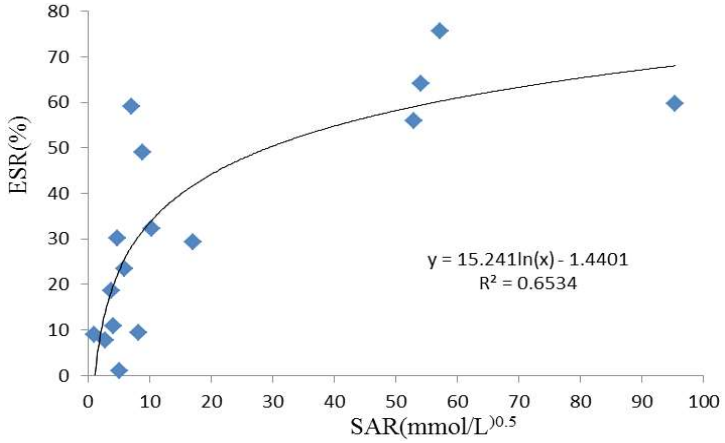
منطقه	EC	pH	CEC	SAR	ESP	ESR
	(dS/m)	(-)	(cmol/kg)	۰.۵(mmol/L)	(%)	(%)
فاضلاب شرق	d ۰۴/۵	a ۲/۸	b ۹/۹	b ۴/۱۶	b ۹/۲۰	b ۴/۲۹
حبیب‌آباد	d ۲/۴	a ۱/۸	ab ۶/۱۰	b ۳/۱۹	ab ۷/۲۵	ab ۴/۴۰
هرند	b ۲۰۲۴	a ۷/۷	b ۳/۱۰	ab ۲/۶۷	ab ۲/۳۴	ab ۷/۵۶
رودشت	a ۶۲۳۱۰	a ۶/۷	a ۴/۱۵	ab ۵/۷۴	a ۱/۴۱	۰/۷۰
سگزی	c ۸/۳۶۱	a ۹/۷	ab ۴/۱۴	a ۳/۱۱۶	ab ۹/۳۶	ab ۳/۶۰

در هر ستون، میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، در سطح ۵% ازمون دانکن اختلاف معنی‌دار ندارند.

جدول ۲- برآورد غلظت کل املاح از روی هدایت‌الکتریکی خاک

منطقه مورد مطالعه	EC (dS/m)	کلاس شوری	غلظت املاح (CS)	
			(mg/l)	(meq/l)
فاضلاب شرق	۰۴/۵	کم	۳۴۵۶	۴/۵۰
حبیب‌آباد	۲/۴	کم	۲۶۸۸	۴۲
سگزی	۸/۳۶۱	خیلی زیاد	۲۸۹۴۴۰	۳۶۱۸
رودشت	۶۲۳۱۰	خیلی زیاد	۴۹۸۴۸۰۰۰	۶۲۳۱۰۰
هرند	۲۰۲۴	خیلی زیاد	۱۶۱۹۲۰۰	۲۰۲۴۰

در خاکهایی با کلاس شوری جزیی (ایستگاه فاضلاب شرق و حبیب‌آباد) بین SAR و ESR به ترتیب بر حسب (mmol/L)۰.۵ و درصد، معادله لگاریتمی پیشنهادی ESR = ۱۵.۲۴۱ln(SAR) - ۱.۴۴۰۱ با R^2=۶۵/۰ برازش شد(شکل ۱).



برای خاک‌های با کلاس شوری جزییESR و SAR شکل ۱- رابطه

مطابق همین شکل-۱ پراکنش نقاط اطراف خط برازش شده، مشخص است که هرچه مقدار SAR و ESR افزایش یافته، انحراف از خط برازش شده نیز بیشتر شده است، لذا در مقادیر بالاتر SAR بیشتر از ۲۰(mmol/L)۰.۵ و ESR بیشتر از ۳۰ (%)، بهتر است به معادلات پیش‌بینی شده ارائه شده استناد نکرد چرا که پراگندکی نقاط در این محدوده زیاد است. در حقیقت هرچه از کلاس شوری جزیی به سمت کلاس‌های شوری متوسط و زیاد می‌رویم بهتر است تعداد نقاط نمونه‌برداری در هر منطقه برای بدست آوردن یک معادله قابل اعتماد افزایش یابد و همچنین منطقه مورد مطالعه ابتدا از لحاظ کاربری و مدیریتی (فاصله از کانالهای روباز، کانالهای زهکشی، اطراف جاده و ...) به قطعات کوچکتری تقسیم شود و سپس برای هر منطقه یک معادله بدست آورد.

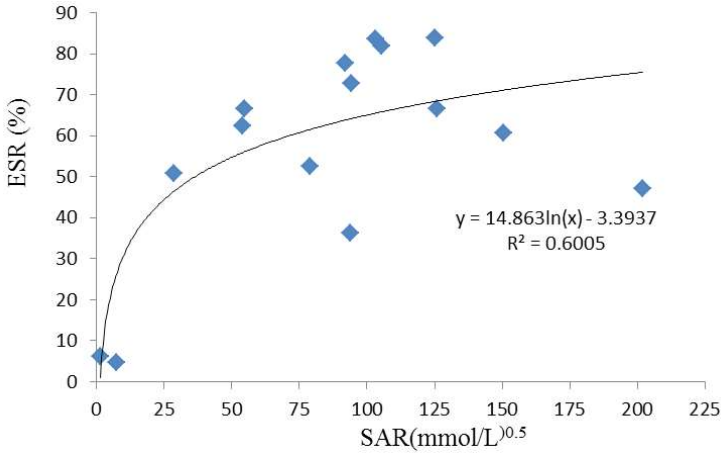
خاک‌های هرند، رودشت و سگزی در دسته خاکهای خیلی شور (کلاسS۴) قرار می‌گیرند. بهترین معادله لگاریتمی پیشنهادی بین SAR و ESR به ترتیب بر حسب (mmol/L)۰.۵ و درصد، معادله ESR= ۱۴.۸۶۳ln(SAR) - ۳.۳۹۳۷ با R^2=۶۰/۰،بدست آمد(شکل۲). از مقایسه دو نمودار مشخص می‌گردد که با افزایش هدایت‌الکتریکی پراکنش نقاط از خط برازش شده نیز بیشتر گردیده و این بدان معنی است که با افزایش هدایت‌الکتریکی خاک، رابطه بین SAR و ESR ضعیف‌تر می‌گردد چرا که با افزایش شوری، نسبت بین سدیم تبادلی با کلسیم+ منیزیم تبادلی بیشتر در خاک بهم می‌خورد.

پراکندگی نقاط افزایش قابل توجهی را نشان می‌دهد. چرا که ضریب ESR فرهمند و همکاران (۱۳۹۱) بیان کردند در مقادیر بالای گاپون برای تبادل سدیم با کلسیم و منیزیم در خاک‌ها با سطوح متفاوت شوری و سدیم تبادلی متغیر می‌باشد.

سه منطقه هرند، رودشت وسگزی دارای ESR و SAR بزرگتر از ۵۰ بودند که بیانگر این مطلب می‌باشد که نسبت کاتیون سدیم به عنوان یک کاتیون دیسپرس‌کننده و تخریب‌کننده ساختمان خاک نسبت به دو کاتیون قلیایی کلسیم و منیزیم بیشتر می‌باشد.

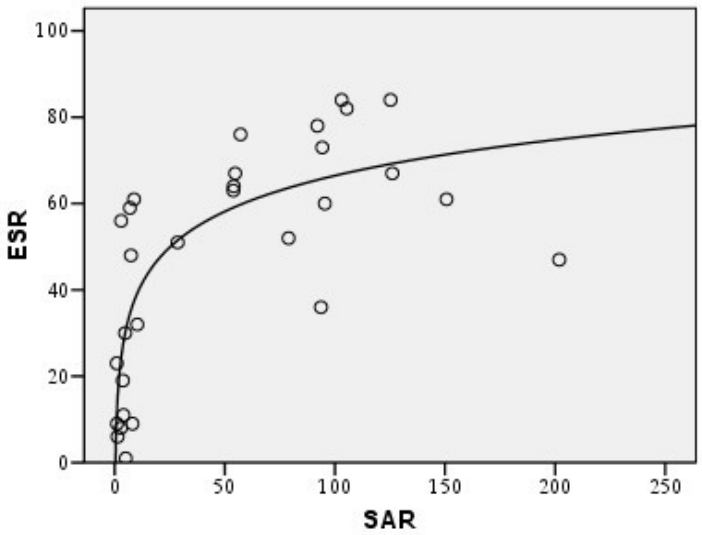
باور[۷۶] (۱۹۵۹) معتقد است در مقادیر بالای ESR بخشی از گچ خاک مورد مطالعه نیز حل گردیده و همین امر سبب برآورد مقادیر کلسیم و منیزیم تبادلی بیشتر از مقادیر واقعی (تقریبا ۲/۱ برابر) برآورد گردد.

[۷۶] Bower



برای خاک‌های با کلاس شوری خیلی زیادESR و SAR شکل ۲- رابطه

بین کل مناطق یک معادله کلی ESR=۱۱.۹۸(lnSAR)+۱۱.۳۰ با ضریب همبستگی R^2=۰۶/۰ بدست آمد(شکل ۳).
اندازه‌گیری شوری خاک، بر خلاف آب، مستلزم توجهاتی است. معمولا به دلایل متعدد از قبیل مکانیسم‌های انحلال و رسوب، فرایند تبادل کاتیونی و نیز هم پیوندی یونی، شوری متناسب با تغییرات مقدار آب خاک نیست. با توجه به اینکه مقدار آب نگهداری شده در حالت اشباع با پارمترهای خاک نظیر بافت، سطح ویژه، مقدار رس و ظرفیت تبادلی که جز پارامترهای موثر بر میزان SAR و ESP در ارتباط است(فرهمند و همکاران، ۱۳۹۱).



پنج منطقه مورد مطالعه ESR و SAR شکل ۳- رابطه کلی بین

منابع

فرهمند ا، اوستان ش، جعفرزاده ع.ل.، اصغرزاده ن.ع. ۱۳۸۸. برآورد ضریب گزینشگری گاپون برای تبادل سدیم با کلسیم و منیزیم در برخی از خاکهای متاثر از نمک دشت تبریز. مجله تحقیقات آب و خاک ایران. جلد ۴۰، صفحه: ۱۷-۲۶.

هاشمي‌نژاد ی.، قانع ف. ۱۳۹۰. تخمین نسبت جذب سدیم در آب زهکش با استفاده از ترکیب شیمیایی آب آبیاری در شرایط شبه ماندگار. مجله پژوهش آب در کشاورزی.جلد ۲۵. شماره ۱ .صفحه ۶۷-۷۳.
هنرجو .۱۳۸۹. خاک‌ها وآب‌های شور سدیمی. انتشارات دانشگاه آزاد اسلامی واحد خوراسگان.
APHA. ۱۹۹۵. Standard method for the examination of water and wastewater, American Public Health Association, Washington, D.C., PP. ۱۵۶۶.
Bower.C.A. ۱۹۵۹.Cation exchange equilibria in soils affected by sodium salts.Soil Sci, ۸۸:۳۲-۳۵.
Jurinak J.J., Amrhein C., Wagenet R.J. ۱۹۸۴. Sodic hazard: The effect of SAR and salinity in soils and overburden materials. Soil Sci. Am. J. ۱۳۷:۱۵۲ - ۱۵۸.
Jurinak L.L. ۱۹۹۰. Chemistry of salt-affected soils and waters. In Agricultural Salinity Asscssiucut and Management. Manual ۷۱ (Ed. K.K. Tanji). Pp: ۱-۲.

Abstract

The measurement of Exchangeable Sodium Ratio (ESR) at salt-affected soils. This parameter are often determined using laborious and time consuming laboratory tests, but it may be more appropriate and economical to develop a method which uses a more simple soil salinity index. In Esfahan, approximately ۹۲.۱ % of arable lands are affected by salinity-sodic land. Therefore, this study was done to give scientific, punctilious and easygoing method to assessment of exchangeable sodium ratio (ESR) based on sodium adsorption ratio (SAR).The statistical results of the study indicated that in order to predict soil ESR based on soil SAR the model ESR=۱۱.۹۸ (lnSAR) +۱۱.۳۰ (R۲=۰.۶۰) can be recommended in total study area. Based on results, in high levels of ESR and EC transmittal of spots were increased because of difference between Gapon selectivity coefficient for Na/ Ca + Mg exchange in soils.