

پارامترهای شوری و سدیمی بودن در برخی خاک‌های متأثر از نمک دشت تبریز

انور فرهمند¹، شاهین اوستان^{2*}، علی اصغر جعفرزاده³، ناصر علی اصغرزاد³

تاریخ دریافت: 89/1/29 تاریخ پذیرش: 89/6/30

¹ دانشجوی سابق کارشناسی ارشد، گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز

² و ³ به ترتیب دانشیار و استاد گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز

* مسئول مکاتبه: E-mail : oustan@hotmail.com

چکیده

شوری و سدیمی بودن خاک بسته به روش و هدف اندازه‌گیری با پارامترهای مختلفی بیان می‌شوند. برخی محققان سعی کرده‌اند تا از طریق برقراری ارتباط بین پارامترهای مزبور، پارامترهایی را که اندازه‌گیری مستقیم آنها وقت‌گیر، پرهزینه یا توأم با خطاست، از پارامترهای سهل الوصولتر برآورد نمایند. این معادلات عام نبوده و ممکن است بسته به نوع خاک متفاوت باشند. هدف از این تحقیق جستجوی روابط ساده ای است که با استفاده از آنها بتوان شاخصهای متداول شوری و سدیمی بودن خاک‌های متأثر از نمک دشت تبریز را به طور قابل قبولی برآورد کرد. بدین منظور تعداد 30 نمونه مرکب خاک از منطقه مزبور جمع آوری گردید. نتایج اندازه‌گیری‌ها نشان داد که پارامترهای شوری (TSS، قدرت یونی، غلظت یونهای کلراید و سدیم) و حتی سدیمی بودن (SAR و ESP) با EC عصاره اشباع (EC_e) در ارتباط نزدیک هستند. روابط زیر برای برآورد پارامترهای قدرت یونی ($mmol L^{-1}$) TSS، ($mmol L^{-1}$) و ($mmol L^{-1}$) SAR^{0/5} با استفاده از EC_e (dSm^{-1}) در خاک‌های مورد بررسی پیشنهاد می‌شوند: $SEE = 57$ و $R^2 = 0/916$ و $SEE = 11/3$ و $R^2 = 0/994$ و $SEE = 30/9$ و $R^2 = 0/991$ ، $I = 19/1EC_e$ ، $R^2 = 0/925$ و $SEE = 1/44 EC_e$. همچنین نتایج نشان داد که pH عصاره اشباع (برخلاف pH گل اشباع) با غلظت بی‌کربنات همبستگی معنی‌دار مثبتی داشته و مقدار عددی آن ممکن است کمتر یا بیشتر از pH گل اشباع باشد که بستگی به میزان شوری خاک دارد.

واژه‌های کلیدی: شوری، سدیمی بودن، خاک‌های متأثر از نمک، SAR، ESP، TSS

Salinity and Sodicity Parameters in Some Salt-Effectuated Soils of Tabriz PlainA Farahmand¹, Sh Oustan^{2*}, A Asghar Jafarzadeh³ and N Aliasghar zad³

Received: Accepted:

¹Former Graduate Student, Soil Sci. Depart., Faculty of Agric., Univ. of Tabriz, Iran^{2,3}Assoc Prof., and Prof. Soil Sci. Depart., Faculty of Agric., Univ. of Tabriz, Iran*Corresponding author: E-mail : oustan@hotmail.com**Abstract**

Salinity and sodicity are expressed in a number of ways, depending on the method and purpose of the measurements. Some researchers attempt to estimate the parameters which can be time consuming, expensive and linked with error from easy- to- obtain parameters. However, these relationships are not universal and, may also vary depending on the type of soil. The aim of this study was to find simple equations in order to estimate the salinity and sodicity parameters for the salt-affected soils of Tabriz plain. For this purpose 30 composite soil samples were taken from the area. According to the results, salinity (TSS, ionic strength and concentration of chloride and sodium ions) and even sodicity (SAR and ESP) parameters are in close relation with the EC_e . The following equations are proposed for estimating parameters of ionic strength ($mmol L^{-1}$) TSS ($mmol_e L^{-1}$) and SAR ($mmol L^{-1}$)^{0.5} from EC_e ($dS m^{-1}$): $I=19.1 EC_e$ ($R^2=0.991$, $SEE=57$), $TSS=7.56 EC_e^{1.13}$ ($R^2=0.994$, $SEE=3.9$) and $SAR=1.44 EC_e^{0.925}$ ($R^2=0.916$, $SEE=11.3$). The data showed that there is a significant positive relationship between pH of saturation extract (in contrast to pH of saturation paste) and bicarbonate concentration. Moreover, this pH may be greater or lower than the pH of saturation paste, depending on the degree of salinity.

Key Words: Salinity, Sodicity, Salt-affected soils, SAR, ESP, TSS

اندازه‌گیری شده را تحت تاثیر قرار می‌دهد. معمولاً به دلایل متعدد از قبیل مکانیسم‌های انحلال و رسوب، فرایند تبادل کاتیونی و نیز هم پیوندی یونی¹، تغییرات شوری متناسب با تغییرات مقدار آب خاک نیست. از آنجایی که مقدار آب نگهداری شده خاک در حالت اشباع (درصد اشباع یا SP) با تعدادی از پارامترهای خاک نظیر بافت، سطح ویژه، مقدار رس و ظرفیت تبادل کاتیونی در ارتباط است، لذا تکنیک اندازه‌گیری شوری

مقدمه

شوری بسته به روش و هدف اندازه‌گیری به طرق مختلفی بیان می‌شود. قابلیت هدایت الکتریکی (EC)، کل جامدات محلول (TDS)، کل نمک‌های محلول (TSS) همگی نمودهایی از شوری بوده و پارامترهای شوری نامیده می‌شوند (تنجی 1990). برخی محققان غلظت یون کلراید را نیز به عنوان یک پارامتر شوری به کار گرفته‌اند (حاج رسولیها و همکاران 1991). اندازه‌گیری شوری خاک، برخلاف آب، مستلزم توجهاتی است. مقدار آب خاک بطور معنی‌داری میزان شوری

¹ Ion association

تبادلی (ESP). گرچه سدیمی بودن خاک مستقیماً با درصد سدیم تبادلی (ESP) در ارتباط است ولی به دلایل متعدد پارامتری که اغلب برای مشخص کردن وضعیت سدیمی بودن یک خاک استفاده می‌شود، نسبت جذب سدیم (SAR) می‌باشد. به منظور اطلاع سریع از درجه سدیمی بودن خاکها برخی محققان سعی کرده اند تا پارامترهای مزبور را از ویژگیهای به سهولت قابل اندازه‌گیری خاک برآورد نمایند (رابینز و مایر 1990). به ویژه اطلاع از مقدار عددی ESP خاک‌های سدیمی یا شور- سدیمی برای برآورد مقدار مواد اصلاح کننده این خاکها ضروری است.

هدف از ارائه این مقاله پیشنهاد روابط ساده ای است که با استفاده از آنها بتوان شاخصهای شوری و سدیمی بودن خاک‌های متأثر از نمک دشت تبریز را از EC_e برآورد کرد. با استفاده از روابط ارائه شده می توان پارامترهایی را که اندازه‌گیری مستقیم آنها وقت گیر، پرهزینه و توأم با خطاست با دقت و صحت قابل قبولی برآورد کرد.

مواد و روش‌ها

تعداد 30 نمونه مرکب خاک از عمق 0-20 سانتی‌متری خاکهای دشت تبریز (20 نمونه از خاک‌های ریزبافت مسیر جزیره اسلامی در جنوب دشت و 10 نمونه از خاک‌های درشت و متوسط بافت مسیر صوفیان-تسوج در شمال دشت) جمع‌آوری گردید. خاک‌ها پس از هوا خشک شدن از غربال دو میلی‌متری عبور داده شدند. از خاک‌ها گل اشباع تهیه شده و pH گل اشباع (pH_p) و درصد رطوبت اشباع (SP) اندازه‌گیری گردید. سپس عصاره‌گیری از گل اشباع با استفاده از کیف بوخنر در حداقل زمان ممکن انجام پذیرفت. اندازه‌گیری های EC_e عصاره اشباع (EC_e)، pH عصاره اشباع (pH_e) و غلظت آنیون های کربنات و بی‌کربنات به روش تیتراسیون بلافاصله پس از عصاره‌گیری انجام گرفت. برای جلوگیری از رسوب کربنات کلسیم یک قطره محلول هگزامتافسفات سدیم یکدهم درصد به ازای هر 25 میلی لیتر عصاره و نیز

عصاره گل اشباع خاک به طور گسترده مورد استفاده قرار می‌گیرد. با این وجود چنانچه تنها تغییرات شوری مورد نظر باشد می‌توان از نسبت های کوچکتر خاک به آب نیز استفاده کرد (تنجی 1990).

قابلیت هدایت الکتریکی (EC) پارامتری ارجح در ارزیابی شوری خاک می‌باشد. اندازه‌گیری این پارامتر قابل اعتماد، ارزان و سریع است. لذا اندازه‌گیری EC_e عصاره گل اشباع خاک (EC_e) روشی متداول برای سنجش شوری خاک است (اسپارکس 1995). گرچه هیچ ارتباط دقیقی بین پارامترهای شوری وجود ندارد، ولی برخی محققان سعی کرده‌اند تا بین EC_e و سایر پارامترهای شوری ارتباط قابل قبولی را به دست آورند (تنجی 1990). زیرا آگاهی از این پارامترها می‌تواند در موارد متعددی سودمند باشد. برای مثال، با دانستن مقدار عددی پارامتر کل نمک‌های محلول (TSS) می‌توان غلظت یون سولفات و SAR را برآورد کرده و نیز صحت مجموع کاتیون‌های اندازه‌گیری شده را نیز تحقیق کرد (فرحبخش و توفیقی 1376). قدرت یونی پارامتر مهم دیگری است که در واقع بیانی کمی از محیط یونی محلول می‌باشد (جوریناک 1984). گرچه وجود رابطه بین EC_e و پارامترهای TSS (فرحبخش و توفیقی 1376، ماریون و بباک 1976، ریچاردز 1954، کمپبل و همکاران 1948) و قدرت یونی (بنین و همکاران 1972، گریفین و جوریناک 1973، پونمپروما و همکاران 1966، ماریون و بباک 1976) پیشتر به دفعات گزارش شده است ولی ضرایب معادلات ارائه شده ثابت نبوده و ممکن است بسته به دامنه EC_e (تأثیر بر میزان تحرک یونها و هم پیوندی یونی)، ماهیت گونه های یونی (وزن اکسی و آلانی یون ها) و میزان نسبی آنها متغیر باشد. سدیمی بودن از مهمترین مشخصات خاکهای متأثر از نمک بوده و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آنها را تحت تأثیر قرار می‌دهد. برای ارزیابی درجه سدیمی بودن (میزان نسبی سدیم در مقایسه با کلسیم و منیزیم در مکان‌های تبادلی) معمولاً از چند پارامتر مهم استفاده می‌شود که عبارتند از نسبت جذب سدیم (SAR) نسبت سدیم تبادلی (ESR) و درصد سدیم

درصد رس خاکها نیز به روش هیدرومتری تعیین گردید (بویکاس 1962). برای انجام کارهای آماری و ترسیم نمودارها از برنامه‌های STATGRAPHICS plus و Excel استفاده شد.

نتایج و بحث

ویژگی‌های خاک‌ها

دامنه، میانگین، انحراف معیار و ضریب تغییرات برخی ویژگیهای خاکهای مورد بررسی در این تحقیق در جدول 1 ارائه شده است.

چند قطره تولوئن برای جلوگیری از رشد میکروبی اضافه گردید و عصاره‌ها در ظروف پلاستیکی در دمای 4°C یخچال نگهداری شدند. سپس غلظت کلسیم و منیزیم به روش کمپلکسومتری، غلظت سدیم و پتاسیم به روش فلیم فتومتری، غلظت کلراید به روش موهر و غلظت سولفات به روش استون اندازه‌گیری گردید (ریچاردز 1954). همچنین میزان سدیم تبدلی به روش استات آمونیوم، گچ به روش استون، کربن آلی به روش هضم تر (نلسون و سومرز 1982)، CEC به روش باور (باور 1952) و کربنات کلسیم معادل به روش خنثی‌سازی با اسید (جکسون 1960) اندازه‌گیری شدند.

جدول 1- کمینه، بیشینه، میانگین، انحراف معیار و ضریب تغییرات ویژگی‌های خاک‌های مورد مطالعه (n=30)

ویژگی خاک	کمینه	بیشینه	میانگین	انحراف معیار	ضریب تغییرات
رس (%)	10/2	75/3	37/1	18/5	46
SP (%)	21/9	77/8	46/1	14/2	31
EC_e (dS m^{-1})	0/547	136	49/1	36/1	74
$\text{EC}_{1:1}$ (dS m^{-1})	0/184	74/8	25/9	21/4	83
$\text{EC}_{1:5}$ (dS m^{-1})	0/133	19/1	7/09	5/81	82
pH _p	7/28	8/96	7/65	0/315	4/1
pH _e	7/05	8/53	7/70	0/366	4/7
سدیم محلول ($\text{mmol}_c \text{L}^{-1}$)	1/90	1890	506	452	89
کلسیم محلول ($\text{mmol}_c \text{L}^{-1}$)	0/535	198	70/1	57/4	82
منیزیم محلول ($\text{mmol}_c \text{L}^{-1}$)	1/33	246	71/1	57/8	81
پتاسیم محلول ($\text{mmol}_c \text{L}^{-1}$)	0/333	11/80	4/27	3/76	88
کلراید محلول ($\text{mmol}_c \text{L}^{-1}$)	1/50	2070	583	496	85
سولفات محلول ($\text{mmol}_c \text{L}^{-1}$)	1/38	263	66/5	56/2	84/5
بیکربنات محلول ($\text{mmol}_c \text{L}^{-1}$) [*]	0/100	8/90	2/69	2/16	80
SAR (mmol L^{-1}) ^{0/5}	1/22	484	66/0	87/4	132
TSS (TSC) ($\text{mmol}_c \text{L}^{-1}$) ^{**}	7/04	2271	651	538	83
کربنات کلسیم معادل (%)	10/8	44/2	20/4	6/00	29
گچ ($\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$)	0/003	32	8/29	9/62	116
CEC ($\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$)	7/0	27/5	16/1	6/00	37
کربن آلی (%)	0/352	1/31	0/735	0/259	35

^{*} فقط در یکی از خاکهای مورد بررسی یون کربنات به میزان $6 \text{ mmol}_c \text{L}^{-1}$ اندازه‌گیری گردید.

^{**} TSC : Total soluble cations (کل کاتیونهای محلول)

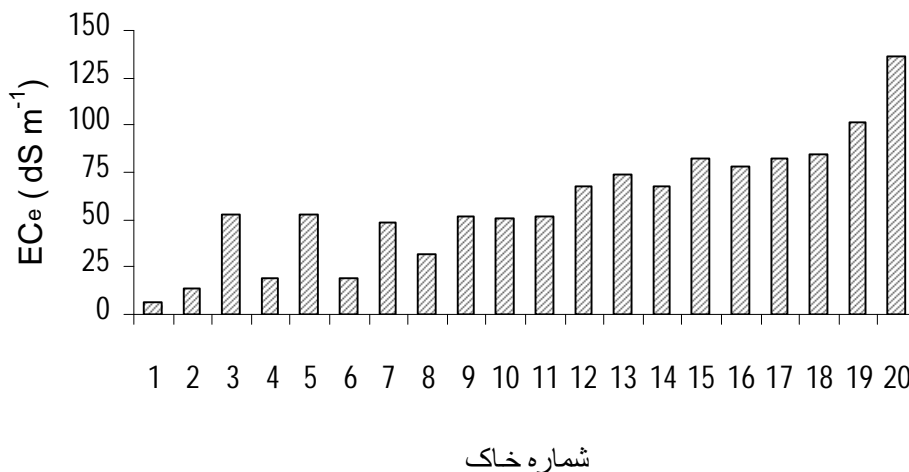
از خاک‌ها مثبت می‌باشد. به طور متوسط تنها 10 درصد از TSS خاک‌ها را سولفات تشکیل می‌دهد و لذا آنیون غالب کلراید است. برابری میانگین غلظت کلسیم و منیزیم در محلول خاک‌های مورد مطالعه قابل توجه

با توجه به بزرگی ضریب تغییرات اکثر ویژگی‌ها می‌توان چنین استنباط کرد که خاک‌های مورد بررسی دارای تنوع زیادی می‌باشند. جدول 1 بیانگر آن است که خاک‌های متأثر از نمک دشت تبریز فوق‌العاده شور و سدیمی می‌باشند. همچنین تست گچ 77 درصد

از 30 نمونه خاک جمع‌آوری شده 3 خاک غیر متاثر از نمک (یا نرمال با $EC_e < 4 \text{ dSm}^{-1}$ و $SAR < 13$) و 27 خاک شور-سدیمی ($EC_e > 4 \text{ dSm}^{-1}$ و $SAR > 13$) می‌باشند. همچنین در یکی از خاک‌های شور-سدیمی $pH_p > 8/5$ است. تغییرات EC_e در 20 نمونه ای که از مسیر جاده جزیره اسلامی به فواصل یک کیلومتری جمع‌آوری شده بودند، در شکل 1 نشان داده شده است. به طوری که ملاحظه می‌شود، تغییرات EC_e در ابتدای این جاده که زمین‌های زراعی در آن قرار دارند نا منظم بوده ولی به طور کلی با نزدیک شدن به دریاچه ارومیه شوری خاک افزایش می‌یابد.

بوده و حاکی از تاثیر شوری این خاک‌ها از شوری دریاچه ارومیه است. همچنین وجود مقادیر ناچیز پتاسیم در مقایسه با سایر کاتیون‌ها حاکی از امکان استفاده از معادلات تبادل کاتیونی است که بر مبنای غالبیت سه یون سدیم، کلسیم و منیزیم در محلول خاک ارائه شده اند. ظرفیت تبادل کاتیونی خاک‌های مورد مطالعه علیرغم وجود مقادیر قابل ملاحظه‌ای رس، کم است که لزوم انجام مطالعات کانی شناسی رس را در این خاک‌ها می‌طلبد.

طبقه‌بندی خاکها



شکل 1- تغییرات EC_e در 20 نمونه خاک از مسیر جاده جزیره اسلامی

روابط مربوط به محلول خاک

شاخص خشی بودن بار الکتریکی

این شاخص از رابطه‌ی زیر قابل محاسبه است (آپیلو و پوستما 1999):

$$EN(\%) = \frac{\text{مجموع میلی مول بر لیتر آنیون ها} - \text{مجموع میلی مول بر لیتر کاتیون ها}}{\text{مجموع میلی مول بر لیتر آنیون ها} + \text{مجموع میلی مول بر لیتر کاتیون ها}} \times 100$$

عددی این شاخص می‌توان چنین استنباط کرد که غلظت سایر یون‌های اندازه‌گیری نشده در محلول ناچیز می‌باشد. چنانچه قدر مطلق مقدار عددی این شاخص کم‌تر از 5 درصد باشد، نتایج مربوط به غلظت کاتیون‌ها و

شاخص EN^1 بیانگر میزان صحت تجزیه‌های شیمیایی انجام گرفته روی نمونه‌های محلول خاک است. به عبارت دیگر در صورت کوچک بودن قدر مطلق مقدار

¹ Electroneutrality

$$TSS = 7/56 EC_e^{1/12}$$

($R^2 = 0/994$, $SEE = 30/9$, $EC_e < 100 dSm^{-1}$) [2]
از آنجایی که مقادیر SEE دو رابطه 1 و 2 مقیاس های متفاوتی دارند، لذا قابل مقایسه نمی باشند. چنانچه SEE رابطه 1 با استفاده از رابطه:

$$SEE = \sqrt{\frac{SS_{resid}}{N-2}}$$

که در آن SS_{resid} مجموع مربعات باقیمانده ها و $N-2$ درجه آزادی است، برحسب TSS (و نه \log TSS) محاسبه شود، مقدار عددی 61 به دست می آید که قابل مقایسه با SEE رابطه 2 بوده و به طوری که ملاحظه می شود بزرگتر از آن است، لذا با توجه به یکسان بودن مقادیر ضرایب تبیین رابطه 2 پیشنهاد می شود.

رابطه زیر توسط ریچاردز (1954) پیشنهاد شده است:

$$TSS = 10 EC (EC_e < 5 dSm^{-1})$$

این رابطه بدون توجه به مقدار عددی EC_e و صرفاً به دلیل سادگی بیش از سایر روابط مورد استفاده قرار می گیرد. با کنار گذاشتن 5 نمونه خاک که EC_e آنها در دامنه استفاده از رابطه مزبور قرار نمی گیرد، این رابطه TSS خاک های مورد بررسی را بین 0/5 تا 27 درصد (به طور متوسط 18 درصد) کمتر از رابطه 2 برآورد می کند. به طور کلی، به دلیل تاثیر غلظت و نیز ترکیب یونی محلول خاک بر ضرایب معادلات فوق برخی محققان توصیه کرده اند که برای هر منطقه خاص از معادله به دست آمده برای همان منطقه استفاده شود (جوریناک 1984).

برآورد قدرت یونی

قدرت یونی (I) عصاره اشباع خاک ها از 16 تا 1907 mmol L^{-1} (با میانگین 841 mmol L^{-1}) متغیر بود. شکل 3 رابطه ی خطی بین قدرت یونی به دست

آنیون ها در محلول قابل قبول بوده و چنانچه کمتر از 2 درصد باشد، نتایج خوب است (آپیلو و پوستما 1999). دامنه ی مقدار عددی این شاخص در خاک های مورد بررسی از 4/2 - تا 4/9 + متغیر بوده و بطور متوسط 0/44 درصد بود.

برآورد TSS

نظر به اینکه لحاظ کردن دو خاک با $dS m^{-1}$ $EC_e > 100$ خطای معیار برآورد (SEE) را در روابط رگرسیونی برآورد TSS و به ویژه قدرت یونی افزایش داد، لذا این دو خاک کنار گذاشته شده و روابط حاصله (1 تا 9) برای دامنه $EC_e < 100 dSm^{-1}$ ارائه گردیدند. شکل 2 رابطه ی بین لگاریتم TSS و لگاریتم EC_e را در 28 نمونه خاک مورد بررسی نشان می دهد:

$$\log TSS = 1/049 + 1/028 \log EC_e$$

$$(R^2 = 0/996, SEE = 0/036, EC_e < 100 dSm^{-1}) [1]$$

روابط مشابهی نیز توسط سایر محققان گزارش شده است:

کمپبل و همکاران (1948) برای عصاره های خاک:

$$\log TSS = 1/016 + 1/065 \log EC$$

ماریون و بیکن (1976) برای محلول های آبی رقیق:

$$\log TSS = 0/990 + 1/055 \log EC$$

$$(R^2 = 0/993, SEE = 0/062, EC < 15 dSm^{-1})$$

فرح بخش و توفیقی (1376) برای عصاره های اشباع خاک:

$$\log TSS = 1/038 + 1/022 \log EC_e$$

$$(R^2 = 0/996, SEE = 0/025, EC_e < 250 dSm^{-1})$$

به طوری که ملاحظه می شود، رابطه 1 بیشترین مشابهت را با رابطه ارائه شده توسط فرح بخش و توفیقی (1376) برای برخی خاک های متاثر از نمک ایران دارد. رابطه توانی بین TSS و EC_e در خاک های مورد بررسی در این تحقیق به صورت زیر به دست آمد:

شدت کاهش داد. شکل 4 رابطه‌ی بین لگاریتم غلظت یون کلراید عصاره‌ی اشباع و لگاریتم EC_e را در 26 نمونه خاک مورد بررسی نشان می‌دهد:

$$\log Cl^- (mmol_e L^{-1}) = 0/795 + 1/150 \log EC_e (dSm^{-1})$$

$$(R^2 = 0/993, SEE = 0/035)[5]$$

رابطه‌ی مشابهی توسط فرح بخش و توفیقی (1376) گزارش شده است:

$$\log Cl^- = 0/645 + 1/186 \log EC_e$$

$$(R^2 = 0/991, SEE = 0/039)$$

رابطه توانی بین غلظت یون کلراید عصاره اشباع و EC_e پس از کنار گذاشتن چهار خاک با $EC_e > 80 dSm^{-1}$ (26 نمونه خاک) برازش خوبی را به داده‌ها نشان داد:

$$Cl^- = 4/45 EC_e^{1/23}$$

$$(R^2 = 0/994, SEE = 28/3, EC_e < 80 dSm^{-1})[6]$$

حاج رسولیها و همکاران (1991) یک رابطه چند جمله‌ای را بین غلظت یون کلراید عصاره‌ی اشباع و EC_e برای خاک‌های منطقه اصفهان گزارش کرده‌اند. این رابطه برای 26 نمونه خاک دشت تبریز به صورت زیر است:

$$Cl^- = -7 + 8/7 EC_e + 0/046 EC_e^2$$

$$(R^2 = 0/994, SEE = 27/7, EC_e < 80 dSm^{-1})[7]$$

که با توجه به برابری مقادیر R^2 و SEE دو رابطه توانی و چند جمله‌ای، رابطه توانی به دلیل سادگی پیشنهاد می‌شود.

برآورد غلظت یون سدیم

رابطه‌ی غلظت یون سدیم عصاره‌ی اشباع و EC_e در 30 نمونه خاک مورد مطالعه به شکل زیر بود:

$$\log Na^+ = 0/490 + 1/278 \log EC_e$$

$$(R^2 = 0/986, SEE = 0/088)[8]$$

از رابطه‌ی مذکور غلظت یون سدیم عصاره‌ی اشباع از EC_e برآورد می‌شود. گرچه SEE این رابطه خیلی بیشتر از روابط برآورد TSS و غلظت یون کلراید است.

آمده از معادله‌ی $I = \frac{1}{2} \sum C_i Z_i^2$ و EC_e را در 28 نمونه خاک مورد بررسی نشان می‌دهد:

$$I = 19/1 EC_e$$

$$(R^2 = 0/991, SEE = 57, EC_e < 100 dSm^{-1})[3]$$

رابطه مشابهی توسط پونمپروما و همکاران (1966) پیشنهاد شده است:

$$I = 16 EC_e (EC_e > 6 dSm^{-1})$$

این رابطه قدرت یونی را 16 درصد کمتر از رابطه 3 برآورد می‌کند.

رابطه توانی بین قدرت یونی و EC_e به شکل زیر به دست آمد:

$$I = 22/7 EC_e^{0/96}$$

$$(R^2 = 0/991, SEE = 56)(EC_e < 100 dSm^{-1})[4]$$

رابطه مشابه ارائه شده توسط بنین و همکاران (1972) قدرت یونی را به طور متوسط 13 درصد بیشتر از رابطه 4 نشان می‌دهد:

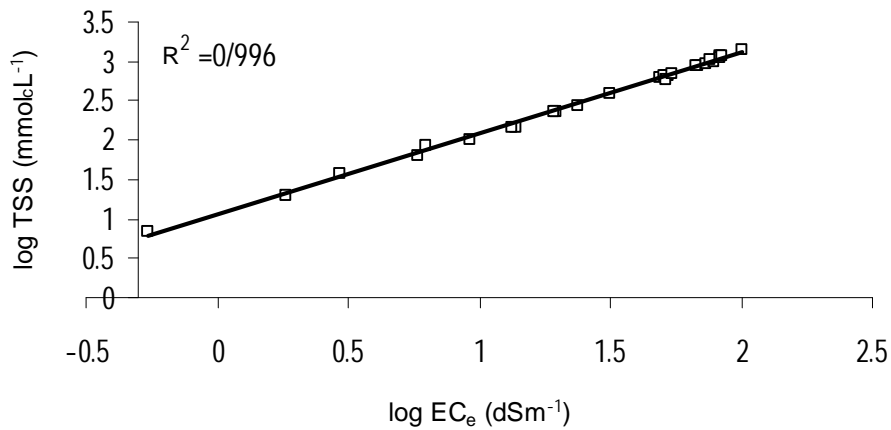
$$I = 23/3 EC_e^{0/99} (R^2 = 0/966)$$

مقادیر R^2 و SEE دو رابطه 3 و 4 یکسان هستند ولی رابطه 3 به علت سادگی پیشنهاد می‌شود. با توجه به نتایج به دست آمده به نظر می‌رسد که غلظت و ترکیب یونی محلول تاثیر مسطلی بر رابطه بین قدرت یونی و EC_e دارد. علیرغم گزارش برخی محققان مانند عبد الغفور و مرتضی (2000)، رابطه بین قدرت یونی به

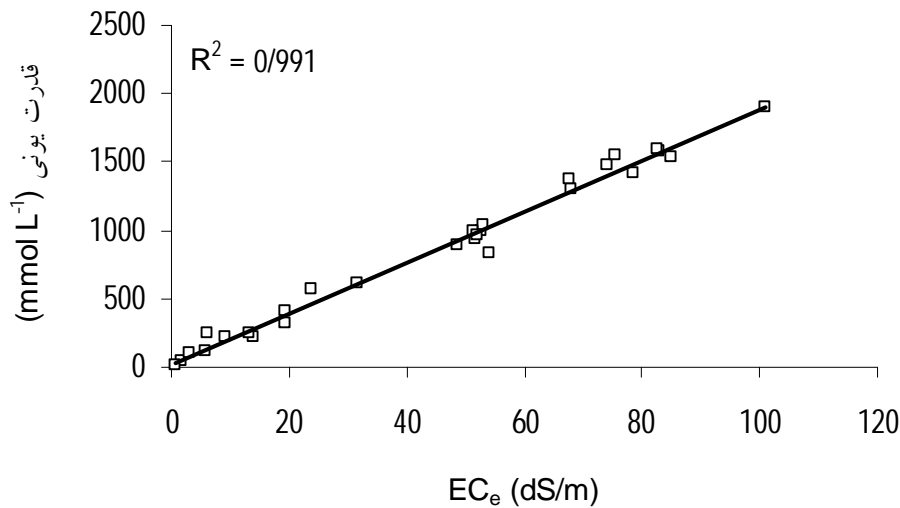
دست آمده از معادله $I = \frac{1}{2} \sum C_i Z_i^2$ و EC_e با روابط ارائه شده توسط گریفین و جوریناک (1973) قابل مقایسه نیست، زیرا روابط اخیر بر خلاف رابطه اول برای زوج‌های یونی تصحیح شده‌اند.

برآورد غلظت یون کلراید

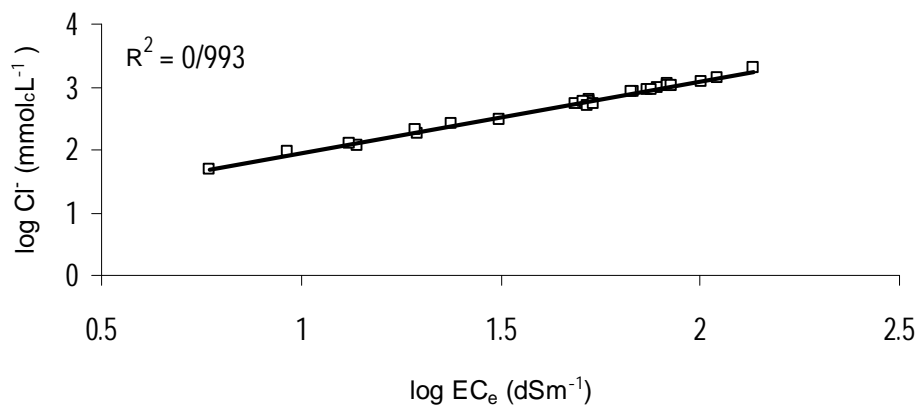
برخلاف رابطه $\log\text{-}\log$ بین TSS و EC_e ، کنار گذاشتن چهار خاک با $EC_e < 6 dSm^{-1}$ ، SEE رابطه $\log\text{-}\log$ برای برآورد غلظت یون کلراید را به



شکل 2- رابطه‌ی بین $\log EC_e$ و $\log TSS$ در 28 خاک مورد مطالعه.



شکل 3- رابطه‌ی بین قدرت یونی (I) و EC_e در 28 خاک مورد مطالعه



شکل 4- رابطه‌ی بین $\log EC_e$ و $\log Cl^-$ در 26 خاک مورد مطالعه

$$SAR = 1/44EC_e^{0/925}$$

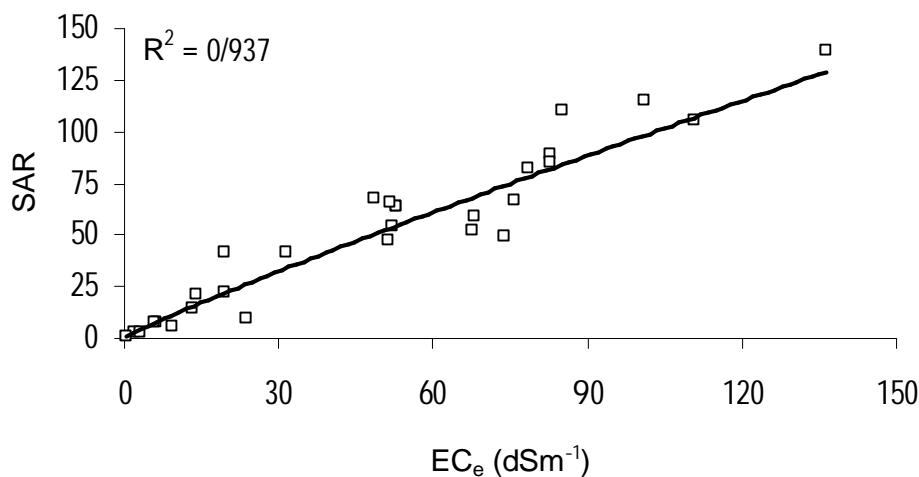
$$(R^2 = 0/916, SEE = 11/3)[9]$$

رابطه‌ی فوق حاکی از آن است که می‌توان SAR خاک-های مورد بررسی را از EC_e آنها به طور قابل قبولی برآورد کرد. علت مشاهده‌ی چنین رابطه‌ای را می‌توان به وجود یک همبستگی مثبت قوی ($r=0/98^{***}$) بین غلظت یون سدیم و EC_e در این خاک‌ها نسبت داد. در حالی که این همبستگی در مورد یون‌های منیزیم ($r=0/84^{***}$) و بویژه کلسیم ($r=0/65^{***}$) ضعیف‌تر است.

غلظت یون سولفات عصاره‌ی اشباع و EC_e در خاک‌های مورد بررسی همبستگی مثبت معنی‌داری ($r=0/792^{***}$) را نشان می‌دهند. غلظت یون پتاسیم عصاره‌ی اشباع و EC_e نیز همبستگی مثبت و معنی‌داری ($r=0/83^{***}$) دارند. همبستگی مزبور از EC_e ‌های بزرگتر از $50dSm^{-1}$ کاهش می‌یابد. این همبستگی در EC_e ‌های کوچکتر از این مقدار بیشتر است ($r=0/95^{***}$). به طوری که ملاحظه می‌شود دقت برآورد غلظت یون‌های سولفات و پتاسیم از EC_e کافی نیست.

برآورد SAR

شکل 5 رابطه‌ی غیر خطی SAR و EC_e را برای 29 خاک مورد مطالعه (با کنار گذاشتن یک خاک با $pH_p=8/96$) نشان می‌دهد:



شکل 5- رابطه‌ی SAR و EC_e در 29 خاک مورد مطالعه

گرچه برخی محققان یک رابطه خطی با عرض از مبدا صفر را بین این دو گزارش کرده‌اند:

$$EC_e = 2/2EC_{1:1} \quad \text{لاندون (1991)}$$

$$EC_e = 2/2EC_{1:1}$$

شیروکاوا و همکاران (2000)

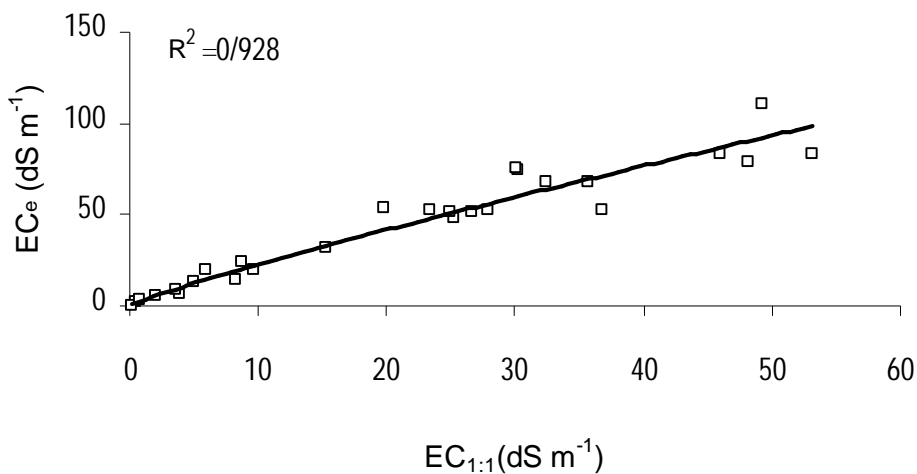
$$EC_e = 3/64EC_{1:1}(R^2 = 0/92)(EC_{1:1} < 15dSm^{-1})$$

رابطه $EC_{1:1}$ و EC_e

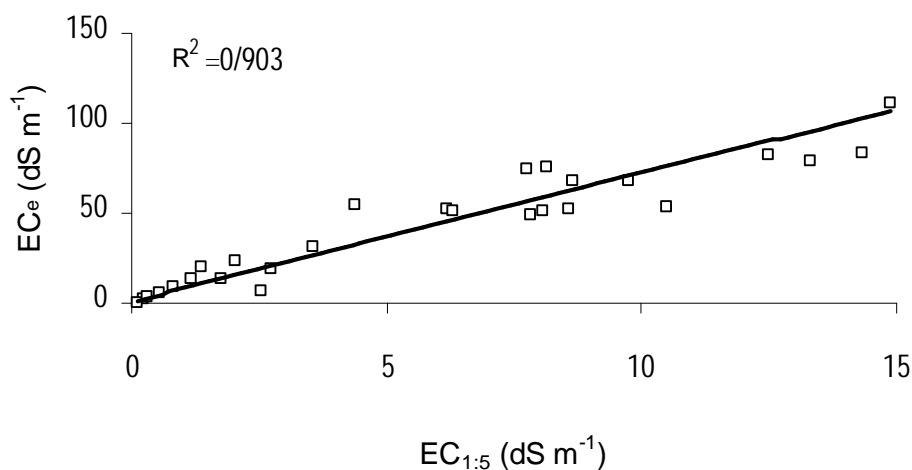
در خاک‌های مورد بررسی بین $EC_{1:1}$ عصاره سوسپانسیون 1:1 ($EC_{1:1}$) و EC_e (با کنار گذاشتن سه خاک با $EC_{1:1} > 60 dSm^{-1}$) رابطه توانی زیر به دست آمد (شکل 6):

$$EC_e = 3/99EC_{1:1}^{0/798}$$

$$(R^2 = 0/928, SEE = 8/4, EC_{1:1} < 60dSm^{-1})[10]$$



شکل 6- رابطه‌ی EC_e و $EC_{1:1}$ در 27 خاک مورد مطالعه



شکل 7- رابطه‌ی EC_e و $EC_{1:5}$ در 27 خاک مورد مطالعه

گرچه روابط خطی با عرض از مبدا صفر نیز گزارش شده است:
لاندون (1991)

$$EC_e = 6/4EC_{1:5}$$

با این حال شیروکاو و همکاران (2000) همبستگی ضعیفی را بین این دو مشاهده کرده‌اند. برخی محققان گزارش کرده‌اند که رابطه $EC_{1:5}$ و EC_e تابعی از بافت خاک است. سالویچ و پیترسون (1993) معادله زیر را

با حذف پنج خاک دیگر با $EC_{1:1} > 35 \text{ dSm}^{-1}$ رابطه خطی زیر به دست می‌آید:

$$EC_e = 2/14EC_{1:1} (R^2 = 0/954, SEE = 56) \\ (EC_{1:1} < 35 \text{ dSm}^{-1}) [11]$$

با حذف سه خاک با $EC_{1:5} > 15 \text{ dSm}^{-1}$ رابطه توانی بین $EC_{1:5}$ و EC_e در خاک‌های مورد بررسی به شکل زیر به دست آمد (شکل 7):

$$EC_e = 11/69EC_{15}^{0/773} (R^2 = 0/903, SEE = 9/7) \\ (EC_{15} < 15 \text{ dSm}^{-1}) [12]$$

برای به دست آوردن ضریب تبدیل $EC_{1:5}$ به EC_e پیشنهاد کرده‌اند:

$$EC_e = 5/81 + 6/27 EC_{1:5} \\ (R^2 = 0/890, SEE = 10/3) [13]$$

$$EC_e = 28/1 + 7/36 EC_{1:5} - 0/643 SP \\ (R^2 = 0/928, SEE = 8/3) [14]$$

برآورد ESP

مقادیر ESP خاکهای مورد مطالعه از 0/93 درصد تا 65/4 درصد (به طور متوسط 25/3 درصد) تغییر می‌کند. شکل 8 رابطه‌ی ESP و SAR را برای 29 خاک مورد مطالعه (با کنار گذاشتن یک خاک با 8/96 $pH_p =$ نشان می‌دهد:

$$ESP = \frac{1}{0/0127 + \left(\frac{1/21}{SAR} \right)} \\ R^2 = 0/901, SEE = 4/2 \quad [17]$$

که در آن SP درصد اشباع است. در تحقیق حاضر منظور کردن پارامتر SP در رابطه خطی $EC_{1:5}$ و EC_e ضریب تبیین و خطای معیار برآورد را به ترتیب قدری افزایش و کاهش داد:

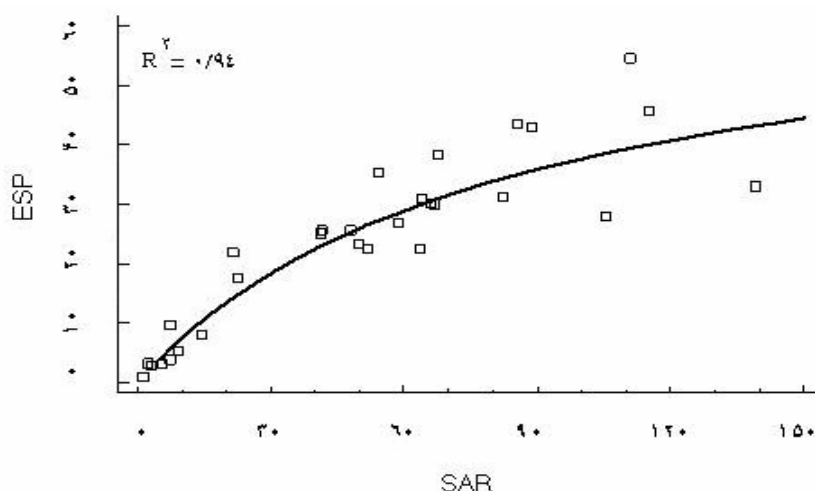
با توجه به سهولت بیشتر اندازه‌گیری $EC_{1:1}$ در مقایسه با EC_e می‌توان از رابطه زیر SAR را از $EC_{1:1}$ برآورد کرد:

$$SAR = 4/42 EC_{1:1}^{0/775} \\ (R^2 = 0/911, SEE = 11/4) [15]$$

رابطه TSS و SAR در 29 خاک مورد بررسی (با کنار گذاشتن یک خاک با 8/96 $pH_p =$ به شکل زیر به دست آمد:

$$TSS = 5/05 SAR^{1/21} \\ (R^2 = 0/906, SEE = 167) \quad [16]$$

در بررسی‌های آزمایشگاهی و گلخانه‌ای که نیاز به اعمال متناظر شوری و سدیمی بودن (مطابق با شرایط واقعی در خاک‌های مورد بررسی) وجود دارد، می‌توان از رابطه فوق به طور خیلی تقریبی استفاده کرد.



شکل 8 - رابطه‌ی ESP و SAR در 29 خاک مورد مطالعه

گزارش کرده‌اند. به طوری که ملاحظه می‌شود بین ESP و SAR در خاک‌های مورد بررسی در این تحقیق یک رابطه‌ی غیر خطی حاکم می‌باشد. با توجه به اینکه SAR خاک‌های مورد بررسی را نیز می‌توان به

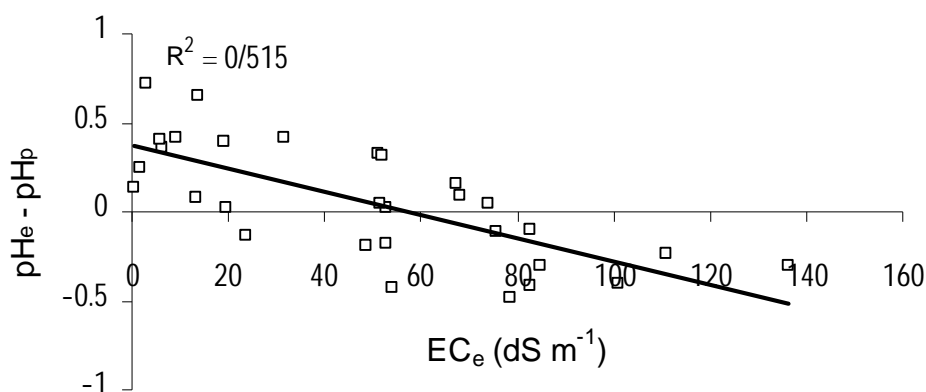
مسکویتا و همکاران (2005) نیز رابطه‌ای از نوع معادله‌ی فروندلیچ $[ESP = K \times (SAR)^m]$ را بین ESP و SAR گزارش کرده‌اند. با این حال، السیوی و همکاران (1977) رابطه‌ای خطی را بین این دو پارامتر

$pH_e <$ برقرار است. یکی از علل مشاهده چنین حالتی می تواند این باشد که اصولاً باید به دلیل حذف اثر سوسپانسیون رابطه $pH_e > pH_p$ برقرار باشد ولی به نظر می رسد که در شوری های زیاد که غلظت یون سدیم حتی به بیش از یک مولار افزایش می یابد، گزینش پذیری غشای الکتروود شیشه ای نسبت به یون های سدیم در عصاره اشباع (و نه در گل اشباع) باعث می شود که pH کمتر از مقدار واقعی اندازه گیری شود. لذا حداقل در خاک های خیلی شور نمی توان ارجحیتی بین دو روش قائل شد.

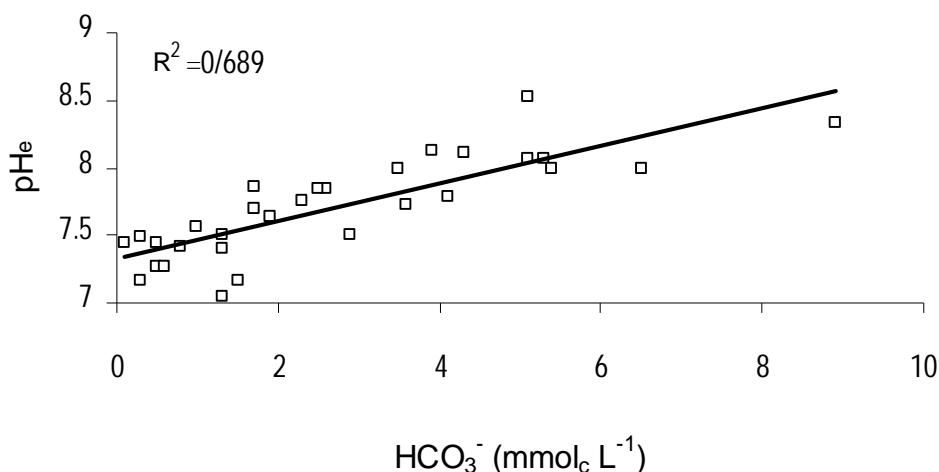
طور قابل قبولی از EC_e آنها برآورد کرد، لذا رابطه ی زیر برای محاسبه ی ESP این خاک ها پیشنهاد می گردد:

$$ESP = \frac{1}{\left[0/0127 + \frac{1/21}{1/44 EC_e^{0/925}} \right]} \quad [18]$$

رابطه pH گل اشباع (pH_p) و عصاره اشباع (pH_e) مقادیر pH_p خاکها با هیچ یک از ویژگی های خاک همبستگی معنی داری نداشت. با این حال مقادیر pH_e خاکها همبستگی مثبت معنی داری ($r=0/84^{***}$) را با غلظت بی کربنات عصاره اشباع نشان داد (شکل 9). بعلاوه بین مقادیر تفاضل دو pH ($pH_e - pH_p$) و EC_e یک همبستگی منفی معنی دار ($r=-0/72^{***}$) مشاهده گردید (شکل 10). به عبارت دیگر، در EC_e های کوچک رابطه $pH_e > pH_p$ و در EC_e های بزرگ رابطه $pH_p > pH_e$



شکل 9- رابطه pH_e و غلظت بی کربنات در خاکهای مورد مطالعه



شکل 10 - رابطه $pH_e - pH_p$ و EC_e در خاکهای مورد مطالعه

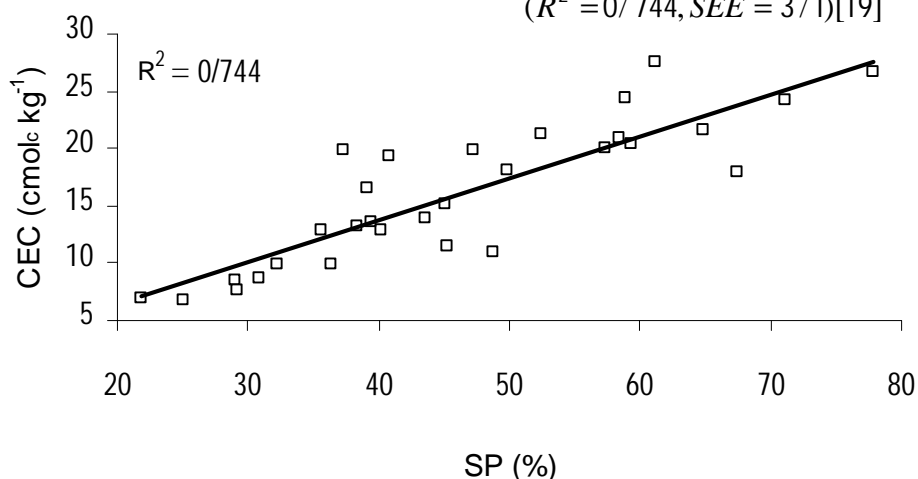
وجود یک همبستگی قوی بین این دو پارامتر در خاک های متأثر از نمک دشت تبریز حاکی از آن است که احتمالاً با توجه به مقدار کم ماده آلی، کانی های رس این خاک ها از تنوع چندانی برخوردار نیستند.

رابطه CEC و SP

رابطه CEC و SP در خاک های مورد بررسی در این تحقیق به صورت زیر به دست آمد (شکل 11):

$$CEC = -0/88 + 0/366SP$$

$$(R^2 = 0/744, SEE = 3/1)[19]$$



شکل 11- رابطه ی CEC و SP در 30 خاک مورد مطالعه

بزرگ است. بعلاوه نتایج حاکی از آن بود که استفاده از برخی روابط ارائه شده در منابع علمی برای برآورد این پارامترها از EC_e در منطقه مورد بررسی ممکن است توأم با بیش برآوردی یا کم برآوردی باشد. لذا، توصیه می شود صحت این یافته ها در سایر مناطق نیز تحقیق شود.

نتیجه گیری کلی

نتایج تحقیق حاضر نشان داد که در خاک های منطقه مورد مطالعه پارامترهای شوری (TSS، قدرت یونی، غلظت یون های کلراید و سدیم) و حتی سدیمی بودن (ESP و SAR) با EC_e در ارتباط نزدیک هستند. گرچه در برخی روابط علیرغم R^2 بزرگ SEE نیز

منابع مورد استفاده

- فرح بخش م و توفیقی ح، 1376. رابطه هدایت الکتریکی عصاره اشباع و غلظت کل املاح محلول در خاکهای متاثر از نمک ایران. مجله علوم کشاورزی ایران، جلد 28، شماره 2. صفحه های 87 تا 96.
- Abdul Ghafoor S and Murtaza G, 2000. Estimation of ionic strength from electrical conductivity of Punjab ground waters. *Pak J Agric Sci* 37:113-115.
- Appelo CAJ and Postma D, 1999. *Geochemistry, Groundwater and Pollution*. Balkema Publishers. The Netherlands.
- Banin A, Shaked D and Chen Y, 1972. Measurements of ionic activity in soils and in soil extracts by means of ion selectivity electrodes. Hebrew University, Jerusalem, Faculty of Agriculture, Rehovot, Final Report, Project 05.8290.
- Bouyoucos GJ, 1962. Hydrometer method improved for making particle size analysis of soils. *Agron J* 54: 464-465.
- Bower C A, 1952. Exchangeable cation analysis of saline and alkali soils. *Soil Sci* 73:251-261.
- Campbell RB, Bower CA, and Richards AL, 1948. Change in electrical conductivity with temperature and the relation of osmotic pressure to electrical conductivity and ion concentration for soil extracts. *Soil Sci Soc Am J* 13:66-69.
- Elseewi AA, Elattar HA and Daoud A M, 1977. Relationship between soluble and exchangeable sodium in some soils of the Nile delta: An examination of the SAR concept. *Soil Sci* 124:249-254.
- Griffin RA and Jurinak JJ, 1973. Estimation of acidity coefficients from the electrical conductivity of natural aquatic systems and soil extracts. *Soil Sci* 116:26-30.
- Hajrasuliha S, Cassel DK, and Rezainejad Y, 1991. Estimation of chloride ion concentration in saline soils from measurement of electrical conductivity of saturated soil extracts. *Geoderma* 49:117-127.
- Jackson ML, 1960. *Soil Chemical Analysis*. Prentice-Hall, Inc.
- Jurinak JJ, 1984. Salt-affected Soils, Thermodynamic Aspects of the Soil Solution. In Shainberg I and Shalhevet J (eds). *Soil Salinity under Irrigation*. Springer-verlag.
- Landon JR, 1991. *Booker Tropical Soil Manual*, Booker Tate Limited.
- Marion GM and Babcock KL, 1976. Predicting specific conductance and salt concentration of dilute aqueous solution. *Soil Sci* 122:181-187.
- Mesquta ME, Goncalves MC, Goncalves AR, and Neves MJ, 2005. Effect of electrolyte concentration on sodium adsorption: Application of competitive extended Freundlich isotherms. *Arid land Rese and Manag* 19:161-172.
- Nelson W and Sommers L, 1982. Total carbon, organic carbon and organic matter. Pp. 535-581. In: Page, AL, Keeny, DR, (eds). *Methods of Soil Analysis*. Part 2. Chemical and microbiological

- properties. Second edition. America Society of Agronomy, Soil Science Society of America, Madison, WI.
- Ponamperuma FN, Tianco EM and Loy TA, 1966. Ionic strengths of the solutions of flooded soils and other natural aqueous solutions from specific conductance. *Soil Sci* 102:408-413.
- Richards LA , 1954. *Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils*. Agric. Handbook 60, USDA, Washington DC.
- Robbins CW and Meyer WS, 1990. Calculating pH from EC and SAR values in salinity models and SAR from soil and bore water pH and EC data. *Aust J Soil Res* 28:1001-1011.
- Salvich PG and Petterson GH, 1993. Estimation the electrical conductivity of saturated paste extracts from 1:5 soil:water suspensions and texture. *Aust J Soil Res* 31:73-81.
- Shirokova Y, Forkutsa I and Sharafutdinova N, 2000. Use of electrical conductivity instead of soluble salts for soil salinity monitoring in central Asia. *Irrigation and Drainage Systems* 14:199-205.
- Sparks DL, 1995. *Environmental Soil Chemistry*. Academic Press, INC.
- Tanji KK, 1990. *Agricultural Salinity Assessment and Management* Am Soc of Civil Engineers. New York.