

رابطه هدایت الکتریکی عصاره اشباع و غلظت کل املاح محلول در خاکهای متاثر از نمک ایران

محسن فرح بخش و حسن توفیقی

بترتیب دانشجوی سابق کارشناسی ارشد و استادیار دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران

تاریخ پذیرش مقاله ۷۵/۱۲/۸

خلاصه

در این بررسی روابط میان هدایت الکتریکی (EC_e)، غلظت کل املاح محلول (TSS) و غلظت یون کلراید در خاکهای متاثر از نمک کشور مورد مطالعه قرار گرفت. بدین منظور ۹۶ نمونه خاک از نقاط مختلف کشور جمع آوری و در عصاره اشباع آنها pH، EC و غلظت کلسیم + منیزیم، سدیم، پتاسیم و کلراید اندازه گیری گردید. رابطه زیر برای برآورد TSS از EC_e با استفاده از داده های ۹۶ نمونه خاک به دست آمد:

$$\log TSS(\text{mmol}_c \text{l}^{-1}) = 1/0.379 + 1/0.222 \log EC_e(\text{dSm}^{-1}) \quad r^2 = 0.995 \quad SEE = 0.041$$

از این رابطه می توان در دامنه $EC_e (\text{dSm}^{-1}) \geq 3$ استفاده نمود. در این مطالعه نشان داده شد که تنوع در خصوصیات خاکها (از قبیل نوع و غلظت املاح محلول و غیره) بعلاوه تفاوت در شرایط محلی تاثیر قابل ملاحظه ای بر ضرائب این معادله خصوصاً در خاکهای با شوری متوسط تا زیاد ($EC_e > 20 \text{ dSm}^{-1}$) ندارد، که این موضوع مؤید اعتبار این معادله برای استفاده در مناطق مختلف کشور جهت برآورد TSS می باشد. مقایسه این معادله با بعضی از معادلات مشهور نشان می دهد که در خاکهای ایران معادله آزمایشگاه مطالعات شوری ریورساید آمریکا و معادله تصحیح شده ماریون و بیکر در همه مقادیر EC_e ، مقدار TSS را کمتر برآورد می کند، حال آنکه معادله کمپبل و همکاران مقدار TSS را بیشتر برآورد می نماید. در دو سوم خاکهای مورد بررسی یون کلراید آنیون غالب (بیش از ۵۰ درصد) بود که نشان دهنده حضور گسترده املاح کلراید در این خاکهاست. برای خاکهای استان خوزستان معادلات زیر بدست آمد:

$$\log TSS(\text{mmol}_c \text{l}^{-1}) = 0.9009 + 1/0.905 \log EC_e(\text{dSm}^{-1}) \quad r^2 = 0.996 \quad SEE = 0.025$$

از این رابطه می توان در دامنه $EC_e (\text{dSm}^{-1}) \geq 10$ استفاده نمود.

$$\log Cl^-(\text{mmol}_c \text{l}^{-1}) = 0.6454 + 1/1.862 \log EC_e(\text{dSm}^{-1}) \quad r^2 = 0.991 \quad SEE = 0.039$$

از این رابطه می توان در دامنه $EC_e (\text{dSm}^{-1}) \geq 20$ استفاده نمود.

$$\log TSS (\text{mmol}_c \text{l}^{-1}) = 0.2823 + 0.9269 \log Cl^-(\text{mmol}_c \text{l}^{-1}) \quad r^2 = 0.988 \quad SEE = 0.405$$

از این رابطه می توان در دامنه $Cl^- (\text{mmol}_c \text{l}^{-1}) \geq 200$ استفاده نمود.

ضرائب همبستگی بالای دو رابطه اخیر بر این اساس توضیح داده شد که در خاکهای این استان نمک های کلراید املاح محلول غالب این خاکهاست.

واژه های کلیدی: خاکهای متاثر از املاح محلول، غلظت کل املاح محلول، هدایت الکتریکی و غلظت یون کلراید

مقدمه

با وجود کاربرد فزاینده سنسورهای شوری^۱ جهت برآورد میزان نمک در سطح مزرعه، هنوز هم تجزیه آزمایشگاهی عصاره های آبی خاک معمول ترین روش ارزیابی میزان شوری و خطرات بالقوه ناشی از آن می باشد (۶). آب خاک یا محلول خاک، محلول الکترولیت حاوی کاتیونها و آنیونهای مختلف بوده و هادی جریان الکتریکی می باشد. مقدار و نوع این یونها در خاکهای متاثر از نمک^۲ وابسته به مقدار و نوع املاح محلول موجود در این خاکها بوده و بدین جهت اندازه گیری هدایت مخصوص^۳ یا هدایت الکتریکی (EC) محلول خاک در اینگونه خاکها شاخصی از مقدار املاح محلول موجود در آنهاست (۲، ۷، ۹). اندازه گیری هدایت الکتریکی محلولها سهولت با اندازه گیری مقاومت الکتریکی محلول که بین دو الکترود پلاتینی در پل ویستون^۴ قرار داده میشود انجام می گیرد. این مقاومت در شرایطی که ولتاژ و فرکانس جریان در پل ویستون زیاد نباشد از قانون اهم پیروی می کند. هدایت مخصوص اندازه گیری شده به این روش تابع مقدار محلول یا ابعاد سلول حاوی محلول نبوده، بلکه علاوه بر درجه حرارت به غلظت الکترولیت یا الکترولیتهای موجود در محلول و نوع آنها بستگی دارد (۳ و ۱۴). بررسیهای مختلف نشان داده است که بین هدایت الکتریکی عصاره های خاک و یا آبها و غلظت کل املاح محلول موجود در آنها (۴، ۹، ۱۳) و نیز مابین این پارامتر و قدرت یونی محلولها (۵ و ۹) و فشار اسمزی آنها (۴ و ۱۴) همبستگی بالایی وجود دارد. از آنجائیکه اندازه گیری دقیق EC محلولها در مقایسه با غلظت کل املاح محلول یا قدرت یونی و یا فشار اسمزی محلولها بمراتب ساده تر و کم هزینه تر است، این روابط ارزش کاربردی وسیعی یافته است.

از غلظت کل املاح محلول (TSS)^۵ می توان در زمینه های چندی استفاده نمود که ذیلا^۶ به مواردی از آن اشاره می گردد:

۱ - از آنجائیکه اندازه گیری غلظت یون سولفات وقت گیر است، در صورتیکه مجموع غلظت یونهای کلر و کربنات + بیکربنات (بر حسب $\text{mmol}_e 1^{-1}$) در عصاره خاک را از TSS خاک (بر حسب $\text{mmol}_e 1^{-1}$) کم کنیم، معمولا^۶ برآورد نسبتا^۶ خوبی از غلظت یون

سولفات ارائه می دهد.

۲ - در صورتیکه مجموع کاتیونهای اندازه گیری شده در عصاره خاک (بر حسب $\text{mmol}_e 1^{-1}$) خیلی نزدیک به TSS خاک باشد نشان دهنده آن است که کاتیونهای اندازه گیری نشده در عصاره غلظت کمی دارند و لذا در ترکیب یونی و قدرت یونی محلول خاک نیز واجد اهمیت نیستند.

۳ - در خاکهای شور تفاوت غلظت یون سدیم عصاره اشباع (بر حسب $\text{mmol}_e 1^{-1}$) و TSS خاک (بر حسب $\text{mmol}_e 1^{-1}$) معمولا^۶ برآوردی از مجموع غلظت کلسیم + منیزیم می باشد که از این طریق می توان برآوردی از SAR عصاره اشباع خاک بدست آورد.

یکی از نخستین روابط تجربی میان هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاکها (EC_e) و غلظت کل املاح محلول (TSS) توسط کمپیل و همکاران (۴) بصورت زیر ارائه گردید:

$$\log TSS = 1/0.16 + 1/0.65 \log EC_e \quad \text{یا} \quad TSS = 10/37 EC_e^{1/0.65}$$

در این رابطه EC_e و TSS به ترتیب بر حسب dSm^{-1} در ۲۵ درجه سانتیگراد و $\text{mmol}_e 1^{-1}$ می باشند. همچنین معادله ای برای برآورد TSS از EC_e در کتاب راهنمای عملی کشاورزی شماره ۶۰ وزارت کشاورزی آمریکا^۶ ارائه گردید که بصورت زیر می باشد (۱۴):

$$TSS = 10 \cdot EC_e$$

در این معادله واحدهای EC_e و TSS همانند فوق می باشد. این معادله بصورت گسترده ای در نقاط مختلف دنیا از جمله کشور ما مورد استفاده قرار گرفته است. در همین رابطه ماریون و بیگاک (۹) نیز با بررسی نمونه هایی شامل عصاره خاک، آب رودخانه و محلولهای NaCl, CaCl₂, MgSO₄ معادله زیر را ارائه نمودند:

$$\log TSS = 0/99 + 1/0.55 \log EC$$

در این معادله واحدهای پارامترها مشابه فوق می باشد. هنگامیکه این معادله برای اثرات تشکیل زوج یون و سایر کامپلکس های محلول تصحیح گردید، معادله زیر حاصل شد:

$$\log C = 0/955 + 1/0.39 \log EC$$

1 - Salinity sensors

3 - Specific conductance

4- Wheatstone bridge

5 - Total Soluble Salts

6 - USDA Agriculture Handbook No.60.

۲ - اصطلاح "خاکهای نمک زده" نیز احتمالا^۶ معادل مناسبی برای عبارت Salt affected soils می باشد.

EC عصاره اشباع، تعداد ۹۶ نمونه خاک دارای EC_e بیش از 2 dSm^{-1} (حد پذیرفته شده برای تفکیک خاک شور از غیر شور (۱)) برگزیده شد. در بین نمونه های انتخاب شده، ۴۸ نمونه از استان خوزستان، ۱۷ نمونه از استان کرمان، ۱۵ نمونه از دشت گرگان، ۴ نمونه از شهرستان کرج، ۴ نمونه از استان اصفهان، ۲ نمونه از شهرستان قم، ۳ نمونه از دشت قزوین و ۲ نمونه از مناطق شمال کشور بوده است. تهیه گل اشباع و تعیین pH آن، اندازه گیری درصد رطوبت اشباع و نیز تهیه عصاره اشباع و تعیین هدایت الکتریکی آن با روشهای ارائه شده توسط رودس انجام گردید (۱۱). در عصاره اشباع غلظتهای سدیم و پتاسیم توسط دستگاه فلیم فتومتر (۵) و غلظت مجموع کلسیم و منیزیم با روش کمپلکسومتری (۸) و غلظت یون کلراید توسط دستگاه کلراید آنالیزر^۱ تعیین گردید. آزمون وجود گچ در خاک بر اساس روش ارائه شده در کتاب راهنمای عملی کشاورزی شماره ۶۰ وزارت کشاورزی آمریکا (۱۴) انجام گردید.

نتایج و بحث

خصوصیات خاکهای مورد استفاده:

در این بررسی ۹۶ نمونه خاک متاثر از نمک که از مناطق خوزستان، کرمان، دشت گرگان، کرج، اصفهان، قم، قزوین و شمال کشور نمونه برداری گردیده بود، مورد استفاده قرار گرفت. نمونه ها از لحاظ خصوصیات مورد نظر دارای تفاوت زیادی بودند. بافت خاکها دارای طیف وسیعی از رسی تا شنی بوده و بسیاری از خاکها دارای کربنات کلسیم بودند. بعضی از خصوصیات این خاکها در جدول شماره ۱ ارائه گردیده است.

تعداد قابل ملاحظه ای از خاکها دارای گچ بودند. حداقل در ۷۰ درصد نمونه ها مقدار گچ باندازه ای بود که به آزمون استن پاسخ مثبت داد (۱۴). در خصوص پتاسیم همانطور که جدول فوق نشان می دهد میانگین غلظت این عنصر در عصاره اشباع نسبت به میانگین غلظتهای سدیم و کلسیم + منیزیم ناچیز است و لذا در این خاکها سه کاتیون مزبور را می توان غالب دانست.

رابطه EC_e و TSS در خاکهای کشور:

شکل ۱ رابطه لگاریتم اعشاری غلظت کل نمکهای محلول (TSS) بر حسب $\text{mmol}_e \text{ l}^{-1}$ و لگاریتم اعشاری هدایت الکتریکی

در این رابطه C غلظت کل املاح محلول بر حسب $\text{mmol}_e \text{ l}^{-1}$ در شرایط عدم تشکیل زوج یون و سایر کامپلکس های محلول می باشد. تفاوت این معادله تصحیح شده با معادله فوق چندان زیاد نیست (حدود ۱۰ درصد تفاوت در برآورد TSS در $EC = 5 \text{ dSm}^{-1}$) زیرا EC محلولهای مورد استفاده در این بررسی تا حدود 13 dSm^{-1} بوده و در چنین محلولهایی میزان تشکیل زوج یون چندان زیاد نمی باشد. محققین فوق ملاحظه نمودند که بیشتر نقاط مربوط به محلولهای خالص نمکی زیر خط رگرسیون و بیشتر نقاط مربوط به محلولهای حاوی چند نمک در بالای خط رگرسیون قرار گرفته اند. با این وجود نتیجه گرفتند که معادلات بدست آمده برای برآورد TSS و یا C برای اکثر کارهای عملی به اندازه کافی دقیق و قابل استفاده می باشند (۹).

امتیاز حال با توجه به تفاوت قابل ملاحظه وزنه های اکی والان، هدایت های اکی والان و نیز نسبت متفاوت اجزاء محلول در عصاره های خاک و نمونه های آب، رابطه EC و TSS رابطه ای تقریبی است (۱۰). این موضوع تلویحا "بیانگر آن است که یک معادله جهانی واحد میان EC و TSS که در همه شرایط و مناطق با دقت یکسان صادق باشد نمی توان ارائه داد و به عبارت دیگر برای مناطق مختلف جهان بایستی معادلات خاص بدست آورد.

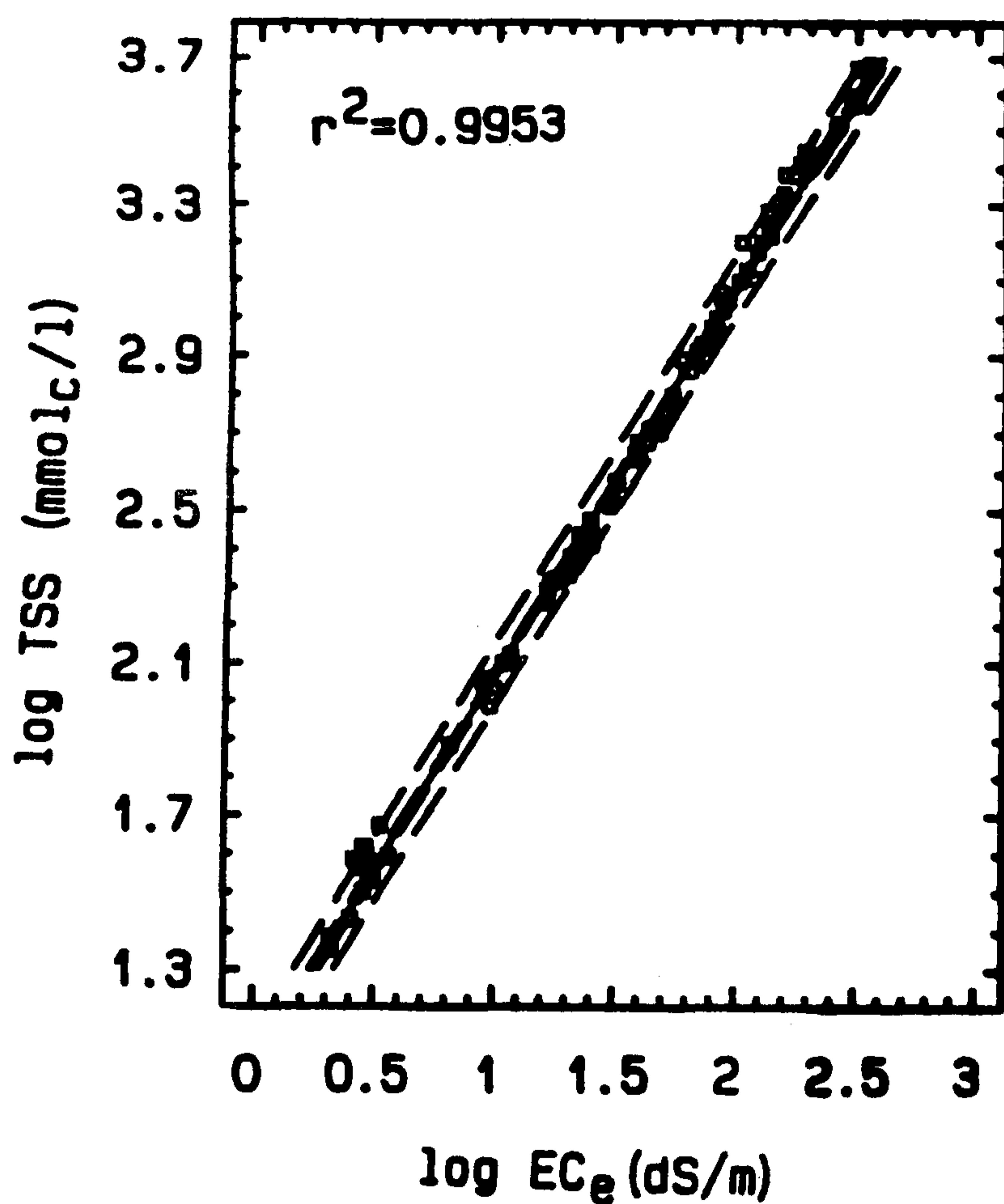
هدف از تحقیق حاضر بررسی رابطه هدایت الکتریکی عصاره اشباع و غلظت کل املاح محلول در خاکهای متاثر از نمک کشور و ارائه معادله ای مناسب برای کشور می باشد. چنین معادله ای تاکنون ارائه نگردیده است. از طرف دیگر از آنجائیکه سطح خاکهای متاثر از نمک استان خوزستان قابل ملاحظه می باشد، روابط میان EC و TSS و غلظت یون کلراید در خاکهای این استان نیز جداگانه مورد بررسی قرار گرفته است.

مواد و روشها

۳۰۰ نمونه خاک از عمقهای مختلف و عمدتاً "عمق سطحی (۰-۲۵cm)" مناطقی از کشور که به لحاظ وسعت خاکهای متاثر از نمک دارای اهمیت هستند، جمع آوری و پس از هوا خشک کردن، کوبیدن و عبور از الک ۲ میلی متری از آنها عصاره ۱:۵ تهیه گردید. از بین این نمونه ها بر اساس رابطه تقریبی EC عصاره مذکور و

جدول ۱ - بعضی از خصوصیات ۹۶ نمونه خاک مورد استفاده در این تحقیق

نام خصوصیت خاک	واحد	دامنه تغییر	میانگین	انحراف معیار
هدایت الکتریکی عصاره اشباع	dSm^{-1}	۲/۱۴-۳۵۹/۸۰	۶۶/۸۷	۷۴/۹۷
SP	%	۲۰/۶۱-۷۹/۳۵	۵۰/۱۷۶	۱۳/۲۱
pH	-	۶/۲۵-۸/۵۳	۷/۶۱	۰/۵۳
غلظت سدیم در عصاره اشباع	$mmolCl^{-1}$	۰/۶۲-۳۰۹۶/۶۹	۶۰۹/۶۳۷	۷۷۷/۷۰
غلظت کلسیم + منیزیم در عصاره اشباع	$mmolCl^{-1}$	۳/۵۸-۱۹۳۷/۸۶	۲۲۱/۲۳۱	۳۱۳/۹۴۴
غلظت پتاسیم در عصاره اشباع	$mmolCl^{-1}$	۰/۰۱۸-۳۵/۳۸۰	۳/۷۱۳	۵/۵۴
غلظت کلراید در عصاره اشباع	$mmolCl^{-1}$	۰/۴۸-۳۷۳۹/۴۴	۶۹۴/۵۷۸	۹۳۷/۹۶



عصاره اشباع (EC_e) بر حسب dSm^{-1} در ۲۵ درجه سانتیگراد را در ۹۶ نمونه خاک نشان میدهد.

معادله خط رگرسیون به همراه ضریب تشخیص (r^2) و خطای معیار برآورد (SEE) به صورت زیر می باشد:

$$\log TSS = ۱/۰۳۷۹ + ۱/۰۲۲۲ \log EC_e \quad r^2 = ۰/۹۹۵ \quad SEE = ۰/۰۴۱$$

فرم غیر لگاریتمی معادله فوق بصورت زیر است:

$$TSS = ۱۰/۹۱۱ EC^{۱/۰۲۲۲}$$

معادله فوق نشان دهنده یک رابطه غیر خطی بین EC_e و TSS می باشد. این مدل بهتر از یک مدل خطی ($y=a+bx$) بر داده ها برازش می یابد، زیرا رابطه بین TSS و EC_e ماهیتاً خطی نیست. علت غیر خطی بودن این رابطه آن است که با افزایش غلظت املاح محلول هم تحرک یونها^۲ کاهش می یابد و هم درصد تشکیل زوج یون^۳ و یا کاملکسهای محلول افزایش می یابد.

حدود اعتماد و پیش بینی^۴ ۹۵ درصد برای میانگین TSS برآورد

شده و TSS پیش بینی شده یا مشاهده شده به قرار زیر است (۱۲).

حدود اعتماد:

$$\log TSS_m = \log TSS_e \pm ۱/۹۸۸ \times ۰/۰۴۱ \left(۱ + \frac{(\log EC_e - ۱/۵۳)^2}{۹۶} + \frac{۱}{۳۲/۴۰} \right)^{1/2}$$

حدود پیش بینی:

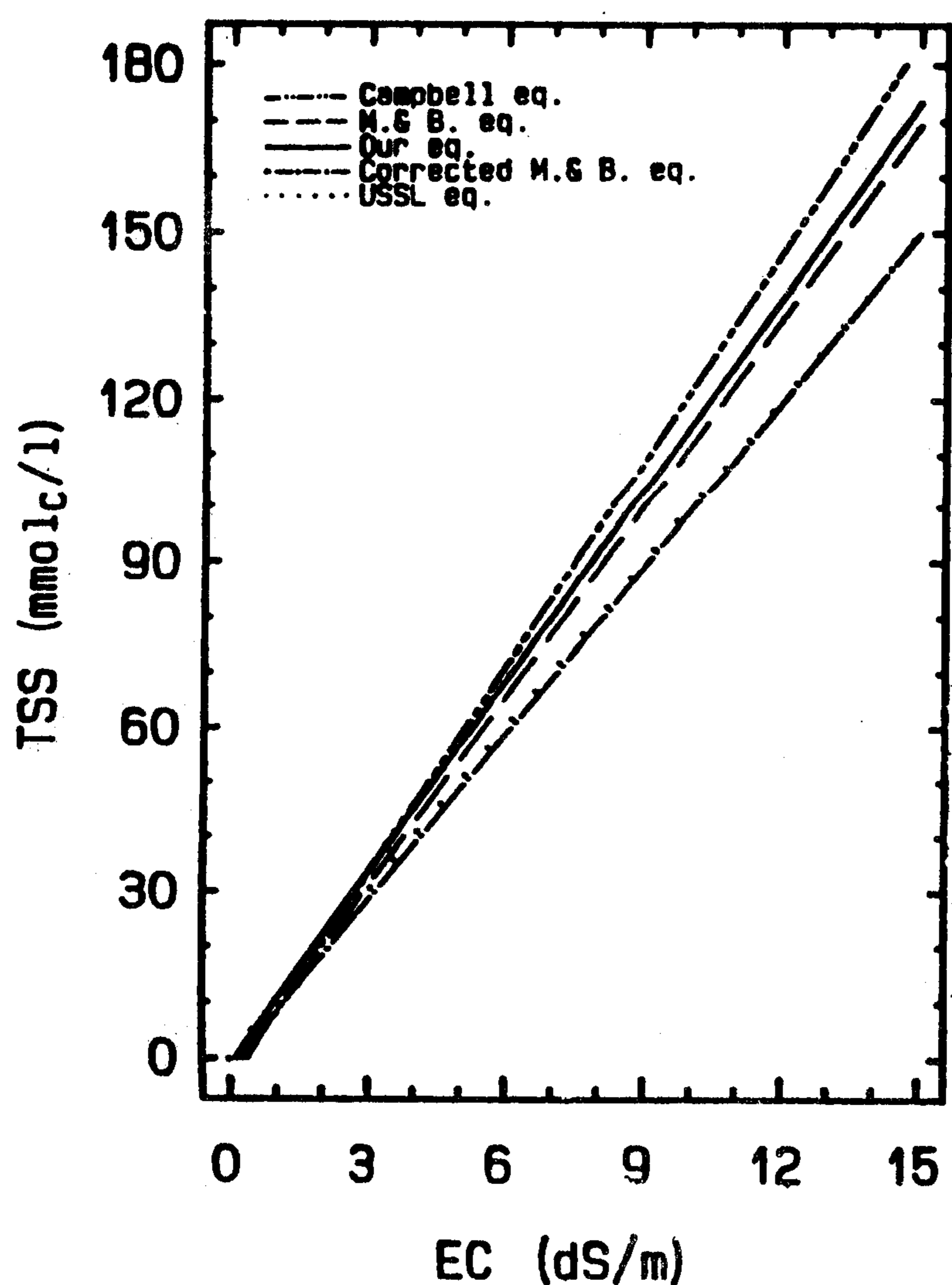
$$\log TSS_o = \log TSS_e \pm ۱/۹۸۸ \times ۰/۰۴۱ \left(۱ + \frac{۱}{۹۶} + \frac{(\log EC_e - ۱/۵۳)^2}{۳۲/۴۰} \right)^{1/2}$$

شکل ۱ - رابطه بین هدایت الکتریکی عصاره اشباع (EC_e) در ۲۵C و غلظت کل املاح محلول (TSS) و رسم نوارهای اعتماد ۹۵ درصد

در این روابط $\log TSS_m$ میانگین $\log TSS$ های برآورد شده به ازای هر $\log EC_e$ ، $\log TSS_o$ عبارتست از لگاریتم

از این میان معادله آزمایشگاه مطالعات شوری ریورساید چه در سطح جهان و چه در کشور ما مورد استفاده وسیع قرار گرفته است. مقایسه این معادلات با معادله پیشنهادی در شکل ۲ ارائه گردیده است.

همانطوریکه این شکل نشان می دهد معادله پیشنهادی، TSS را کمتر از معادله کمپیل و بیشتر از معادلات دیگر از جمله معادله آزمایشگاه مطالعات شوری ریورساید آمریکا برآورد می نماید. دو معادله USSL و ماریون و بیگاک برای EC های کم (در حدود ۱۰ تا ۱۵ دسی زیمنس بر متر) ارائه گردیده است و استفاده از آنها در EC های بالا با خطای برآورد حتی بیشتری همراه خواهد بود. خطای برآورد معادله USSL در EC های ۲، ۲۰، ۴۰، ۸۰ و ۲۵۰ دسی زیمنس بر متر به ترتیب در حدود ۱۰، ۱۴، ۱۵/۵، ۱۷ و ۱۹ درصد می باشد. حسن معادله پیشنهادی این است که در دامنه وسیعی از EC قابل استفاده است.



شکل ۲ - مقایسه معادلات مختلف در برآورد TSS از EC

TSS برآورد شده (از معادله) بازای یک $\log EC_e$ معین و $\log TSS_e$ عبارتست از لگاریتم TSS پیش بینی شده یا مشاهده شده بازای یک $\log EC_e$ معین. مثلاً رابطه فوق نشان می دهد که در $EC_e = 40 \text{ dSm}^{-1}$ میانگین TSS برآورد شده به احتمال ۹۵ درصد بین ۴۶۴/۰۸ تا ۴۸۲/۳۹ خواهد بود. در این TSS_e, EC_e برآورد شده از معادله برابر $473/15 \text{ mmol.l}^{-1}$ می باشد. بر اساس روابط فوق نوارهای اعتماد ۹۵ درصد برای میانگین $\log TSS$ های برآورد شده (نوار داخلی) و $\log TSS$ پیش بینی شده (نوار خارجی) در شکل ۱ رسم گردیده است. با توجه به عرض کم نوارها که بیانگر همبستگی زیاد بین $\log TSS$ و $\log EC_e$ می باشد ($r^2 = 0.9953$) میتوان نتیجه گرفت که از معادله ارائه شده می توان در زمینه عملی و کاربردی برای برآورد مقدار کل املاح محلول عصاره اشباع خاکهای متأثر از نمک کشور استفاده نمود و خطای برآورد در حد قابل قبولی پایین خواهد بود. بدیهی است میزان خطای برآورد در اطراف میانگین ($\log EC_e = 1/53$) حداقل بوده و در فواصل دورتر افزایش خواهد یافت. از این رابطه می توان در دامنه $EC_e (dSm^{-1}) \geq 3 > 250$ استفاده نمود. استفاده از این رابطه و روابط رگرسیونی بعدی در خارج از دامنه ارائه شده توصیه نمی گردد.

مقایسه رابطه منتج از این بررسی با روابط مشهور ارائه شده در جهان؛ همانطوریکه در مقدمه اشاره گردید، در گذشته برای برآورد TSS از EC معادلاتی توسط کمپیل و همکاران (۴)، آزمایشگاه مطالعات شوری ریورساید وابسته به وزارت کشاورزی آمریکا (USSL) (۱۴) و ماریون و بیگاک در دو حالت تصحیح نشده و تصحیح شده برای تشکیل زوج یون (۹) ارائه گردیده است. این معادلات بصورت زیر می باشند:

$$TSS = 10/37 EC_e^{1/065} \quad (\text{کمپیل و همکاران})$$

$$TSS = 10 EC_e \quad (\text{آزمایشگاه مطالعات شوری ریورساید})$$

$$(\text{ماریون و بیگاک تصحیح نشده برای تشکیل زوج یون})$$

$$TSS = 9/772 EC_e^{1/055}$$

$$(\text{ماریون و بیگاک تصحیح شده برای تشکیل زوج یون})$$

$$TSS = 9/016 EC_e^{1/039}$$

در این معادلات EC و TSS به ترتیب بر حسب dSm^{-1} و $mmol.l^{-1}$ می باشند.

بعبارت دیگر در یک TSS معین EC_e در محلولی که نسبت یون کلراید آن بیش از ۰/۵ می باشد، بیشتر است.

با افزایش EC_e ، از یک طرف ضریب اکتیویتی یونهای دو ظرفیتی بیشتر از یونهای یک ظرفیتی کاهش یافته و از طرف دیگر در این خاکها با افزایش EC_e نسبت غلظت یون کلراید به سایر آنیونها و عمدتاً یون سولفات افزایش می یابد. این دو عامل موجب میگردند که با افزایش EC_e نسبت غلظت زوجهای یونی دارای یون کلراید به سایر زوج های یونی افزایش یابد. این امر یکی از عوامل عمده ای است که باعث می گردد این دو خط دارای شیب متفاوت بوده و در EC_e های بالا همدیگر را قطع نمایند. عامل دیگر احتمالاً تغییر متفاوت در کاهش تحرک یونها با افزایش غلظت یا EC_e می باشد. رابطه بین TSS و EC_e در خاکهای استان خوزستان و سایر مناطق کشور:

بین EC_e بر حسب dSm^{-1} و TSS بر حسب $mmol/l$ در ۴۸ نمونه خاک متأثر از نمک استان خوزستان رابطه زیر وجود دارد:

$$\log TSS = 0.9009 + 1.0905 \log EC_e \quad r^2 = 0.996 \quad SEE = 0.025$$

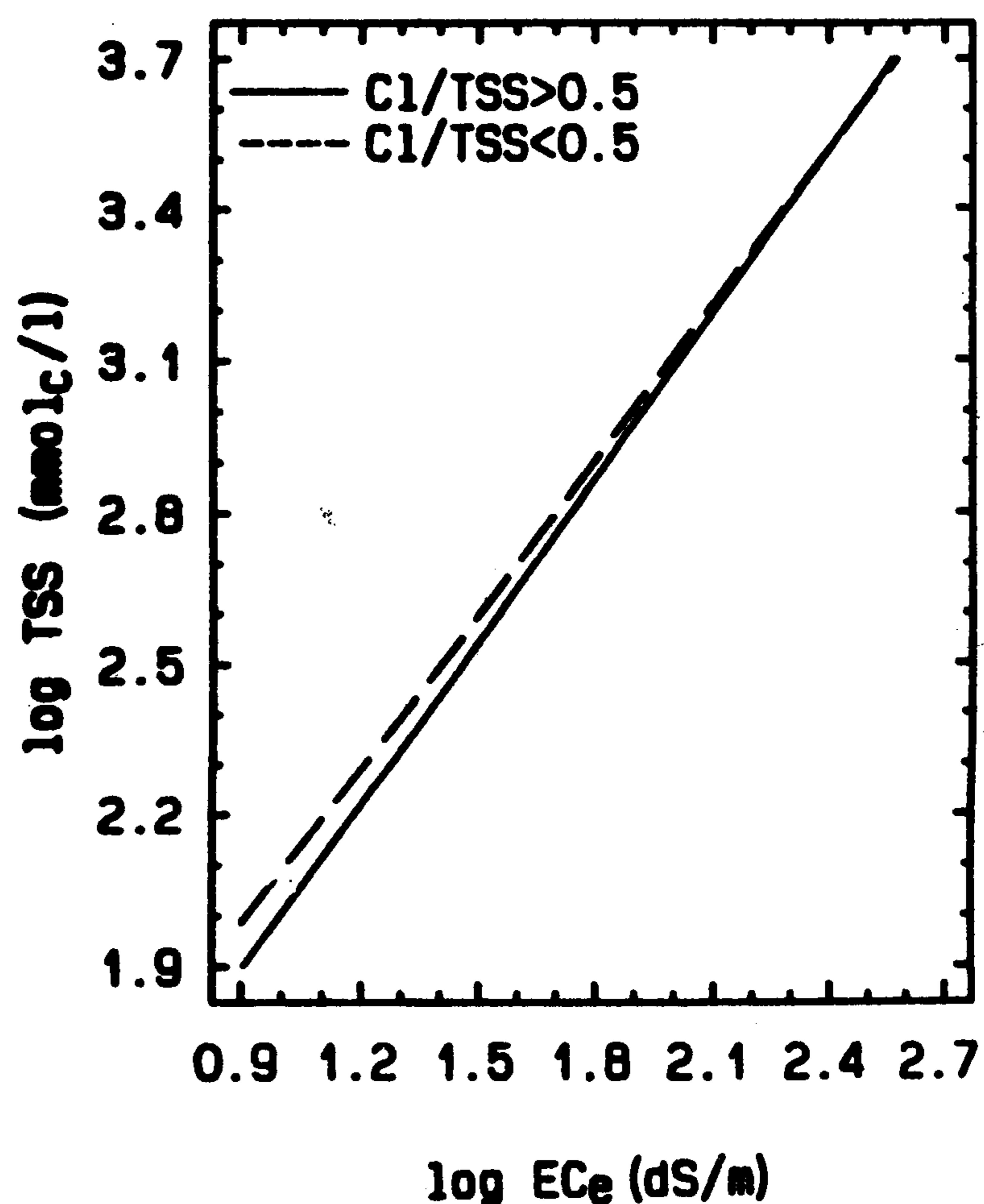
از این رابطه می توان در دامنه $10 \geq EC_e (dSm^{-1}) > 250$ برای خاکهای استان خوزستان استفاده نمود. البته در $EC_e > 60 dSm^{-1}$ می توان بجای رابطه فوق از رابطه ارائه شده برای خاکهای کل کشور نیز استفاده نمود. زیرا در این صورت اختلاف برآورد دو رابطه کمتر از ۳/۵ درصد خواهد بود و این اختلاف با افزایش EC_e کاهش خواهد یافت (شکل ۴). مقایسه روابط مربوط به سایر نقاط کشور با رابطه کلی ارائه شده برای کل کشور نشان می دهد که برآورد TSS از روابط مربوط به خاکهای استان کرمان و سایر نقاط کشور در $5 dSm^{-1} > EC_e$ بترتیب کمتر از ۲/۵ درصد و ۶ درصد با رابطه کلی تفاوت دارند که این تفاوت با افزایش EC_e تدریجاً کاهش و به کمتر از ۱ درصد

می رسد (شکل ۴). این موضوع نشان دهنده آن است که اثرات شرایط منطقه ای بر رابطه TSS- EC_e در خاکهای متأثر از نمک کشور خصوصاً در $20 dSm^{-1} > EC_e$ چندان قابل ملاحظه نیست. این امر مؤید اعتبار کاربردی رابطه کلی ارائه شده برای کشور می باشد. رابطه غلظت یون کلراید در عصاره اشباع با EC_e و TSS:

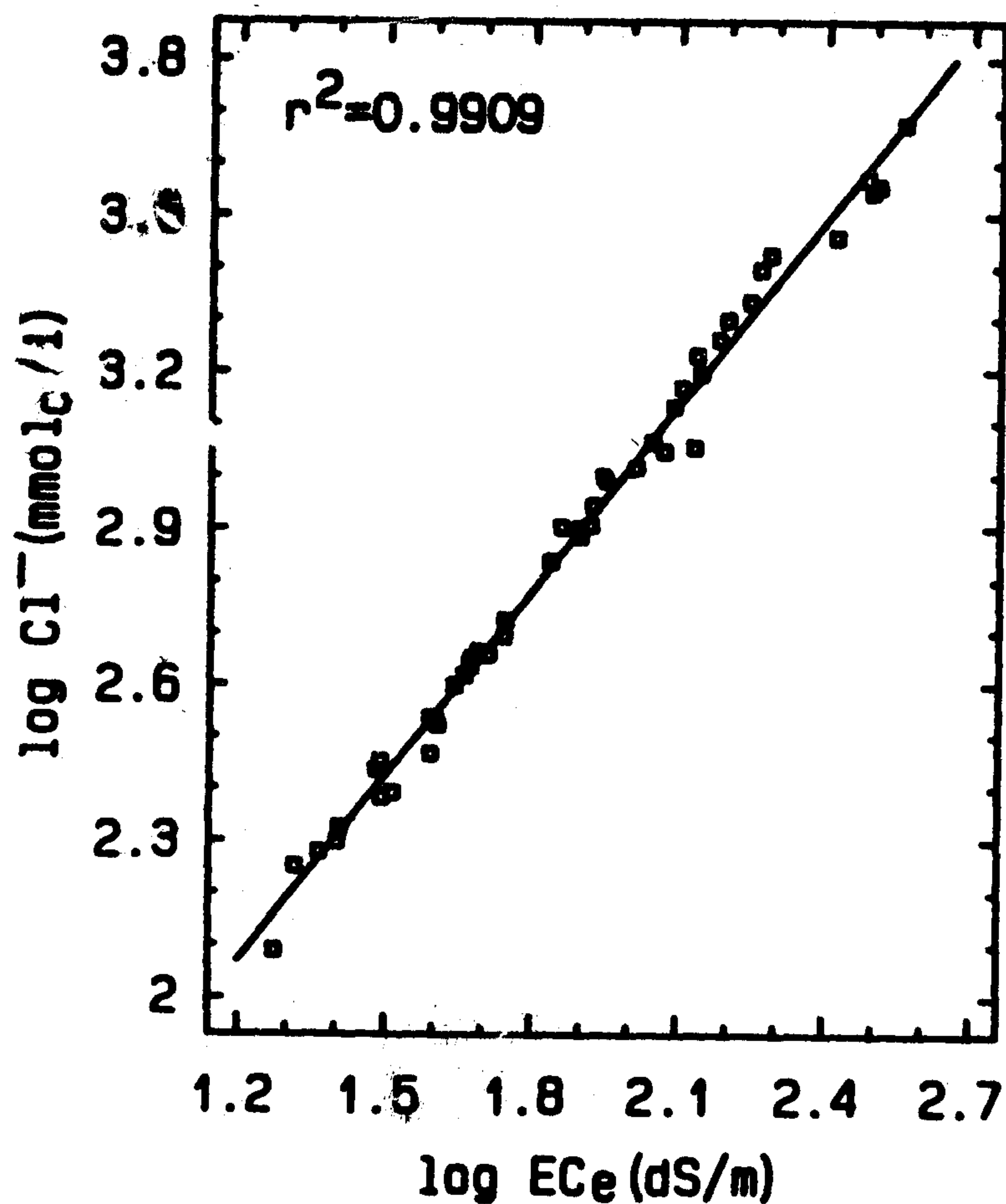
یون کلراید در بیش از دو سوم خاکهای مورد بررسی در این تحقیق، افزون بر نیمی از آنیونهای محلول خاک را تشکیل داده و در

علت تفاوت شیب خطوط مربوط به معادلات، تاثیر شرایط منطقه ای (از قبیل نوع املاح محلول، نسبت کاتیونها و آنیونهای محلول به یکدیگر و EC_e خاکها) می باشد که در هدایت اکی والان عصاره ها و نهایتاً در ضرائب این معادلات تاثیر می گذارد. اثر آنیون غالب بر رابطه EC_e - TSS:

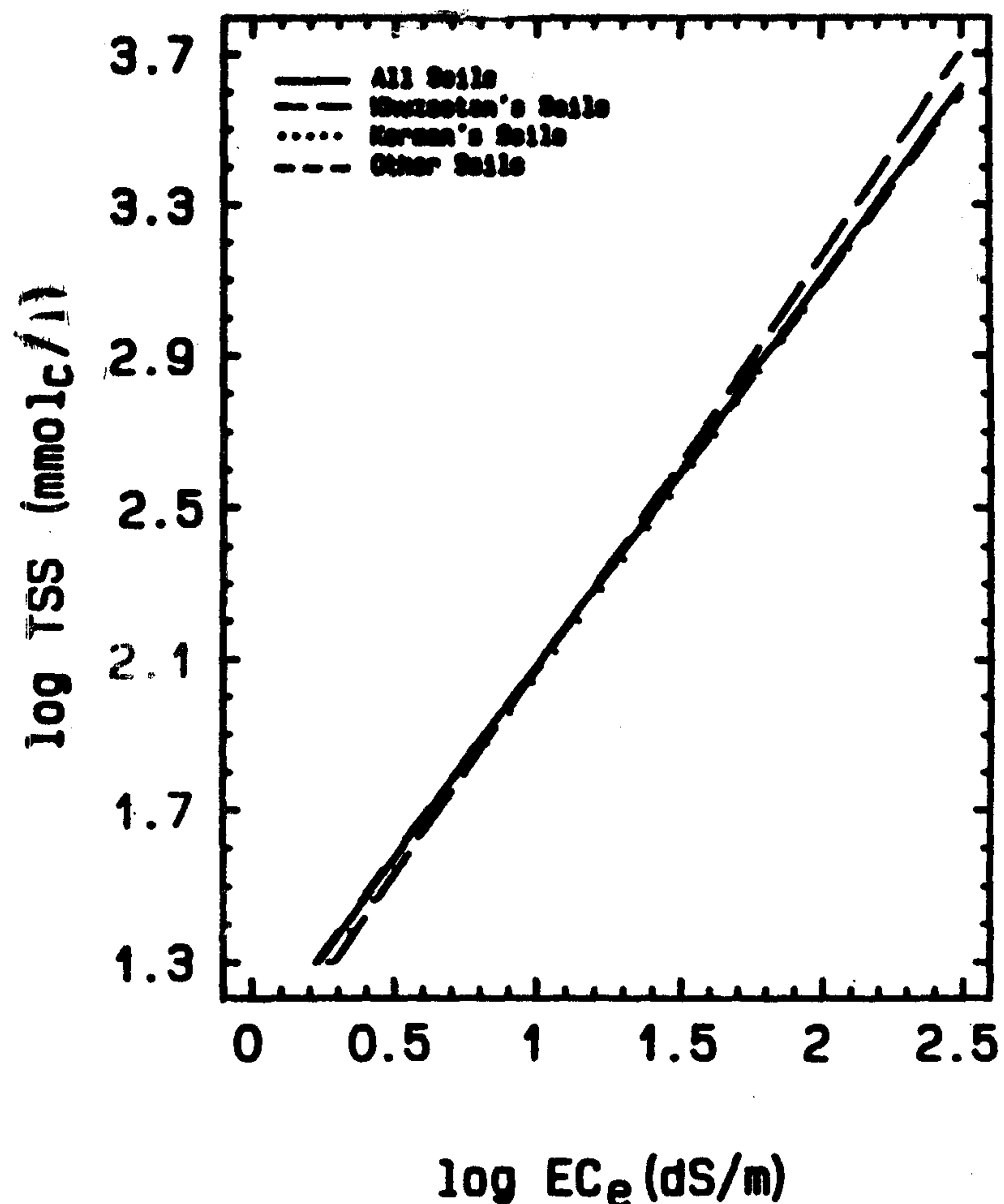
بمنظور بررسی اثر نوع آنیون بر رابطه بین هدایت الکتریکی عصاره اشباع و غلظت کل نمکهای محلول، پس از تفکیک ۹۶ نمونه خاک به دو دسته دارای نسبت یون کلراید به غلظت کل نمکهای محلول بیش از ۰/۵ و کمتر از ۰/۵، رابطه بین EC_e و TSS برای این دو دسته مطابق شکل ۳ بدست آمده است. همانطوریکه این شکل نشان می دهد دو خط حاصله دارای شیب متفاوت بوده و مقایسه آماری این خطوط نشان می دهد که اختلاف شیب ها در سطح یک درصد معنی دار است. این شکل گویای آن است که تا هدایت الکتریکی نزدیک $160 dSm^{-1}$ در یک EC_e معین، در خاکهای دارای نسبت یون کلراید به غلظت کل نمکهای محلول کمتر از ۰/۵، غلظت بالاتری از نمک محلول وجود دارد.



شکل ۳- مقایسه رابطه بین EC_e و TSS در دو نسبت $C1/TSS > 0.5$ و $C1/TSS < 0.5$



شکل ۵ - رابطه بین هدایت الکتریکی عصاره اشباع (EC_e) در $25^\circ C$ و غلظت یون کلراید در خاکهای استان خوزستان



شکل ۴ - مقایسه اثرات منطقه‌ای بر رابطه EC_e و TSS

اما در همه خاکهای متاثر از نمک سایر مناطق کشور، آنیون کلراید الزاما آنیون غالب نیست.

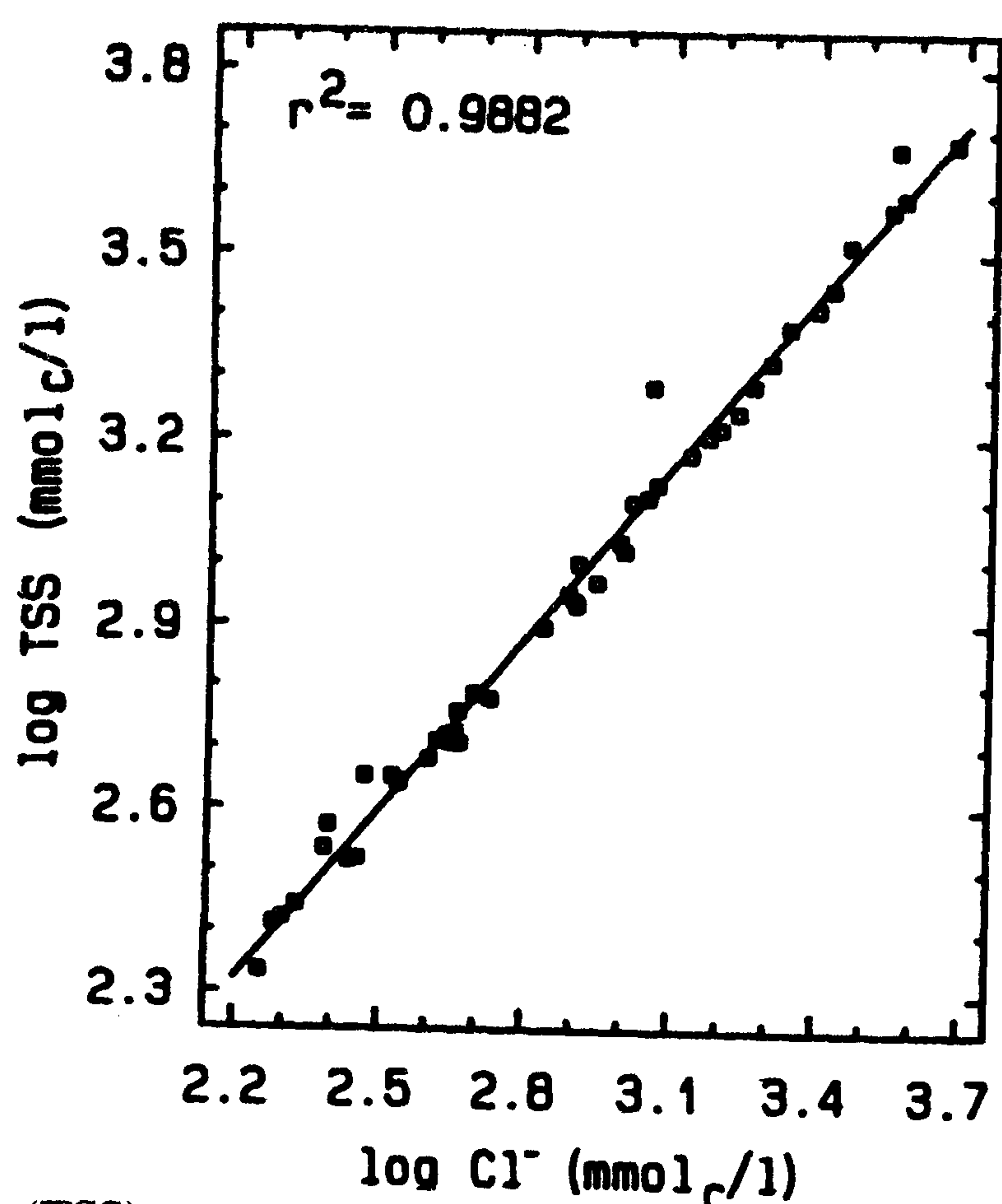
در بررسی همبستگی این دو پارامتر در خاکهای کل کشور (۹۶ نمونه) رابطه‌ای با ضریب تشخیص نسبتا بالا ($r^2 = 0.9835$) به دست آمد. علت بالا بودن ضریب تشخیص این رابطه این است که اولاً از ۹۶ نمونه مورد بررسی ۴۸ نمونه مربوط به استان خوزستان بوده و ثانياً در تقریبا ۵۰ درصد نمونه‌های مربوط به مناطق دیگر کشور نیز آنیون کلراید بیش از ۵۰ درصد غلظت آنیونهارا تشکیل می‌داد. اما اگر این همبستگی در خاکهایی که آنیون کلراید در آنها آنیون غالب نباشد بررسی شود، مشاهده می‌گردد که ضریب همبستگی بطور قابل ملاحظه‌ای کاهش می‌یابد (شکل ۶). در نمونه‌های مورد استفاده برای رسم این شکل، غلظت یون کلراید کمتر از ۳۰ درصد غلظت کل آنیونها بوده است. با کاهش این درصد و افزایش نسبت سایر آنیونها در محلول خاکها، این همبستگی بازم کاهش بیشتری خواهد یافت. بدیهی است که استفاده از رابطه کلی یاد شده (هرچند با ضریب تشخیص بالا) در چنین خاکهایی باخطای برآورد قابل ملاحظه‌ای همراه خواهد بود و لذا می‌توان

خاکهای استان خوزستان آنیون غالب تشخیص داده شد.

در بررسی ۴۸ نمونه خاک استان خوزستان، رابطه رگرسیونی زیر برای برآورد غلظت یون کلراید از هدایت الکتریکی عصاره اشباع بدست آمد (شکل ۵):

$$\log Cl^- = 0.6454 + 1.1862 \log EC_e \quad r^2 = 0.991 \quad SEE = 0.039$$

در این رابطه غلظت یون کلراید بر حسب EC_e و $mmol\ l^{-1}$ بر حسب dSm^{-1} می‌باشد. ضریب تشخیص بالای این رابطه مبین همبستگی قوی بین این دو پارامتر می‌باشد. از این رابطه می‌توان در دامنه $20 \leq EC_e (dSm^{-1}) < 250$ در خاکهای استان خوزستان استفاده نمود. از آنجائیکه بین EC_e و غلظت یون کلراید رابطه‌ای ذاتی وجود ندارد (زیرا EC یک محلول الکترولیت به نوع و غلظت مجموع کاتیونها و آنیونها موجود در آن محلول بستگی داشته و الزاما تابع غلظت فقط یکی از کاتیونها و یا آنیونها نیست)، این همبستگی بالا در صورتی محقق می‌شود که در خاکهای خوزستان، املاح کلراید املاح غالب بوده و یا به عبارت دیگر آنیون کلراید در این خاکها آنیون غالب باشد. هرچه درصد این آنیون نسبت به غلظت کل آنیونها محلول بیشتر باشد این همبستگی نیز بالاتر خواهد بود.

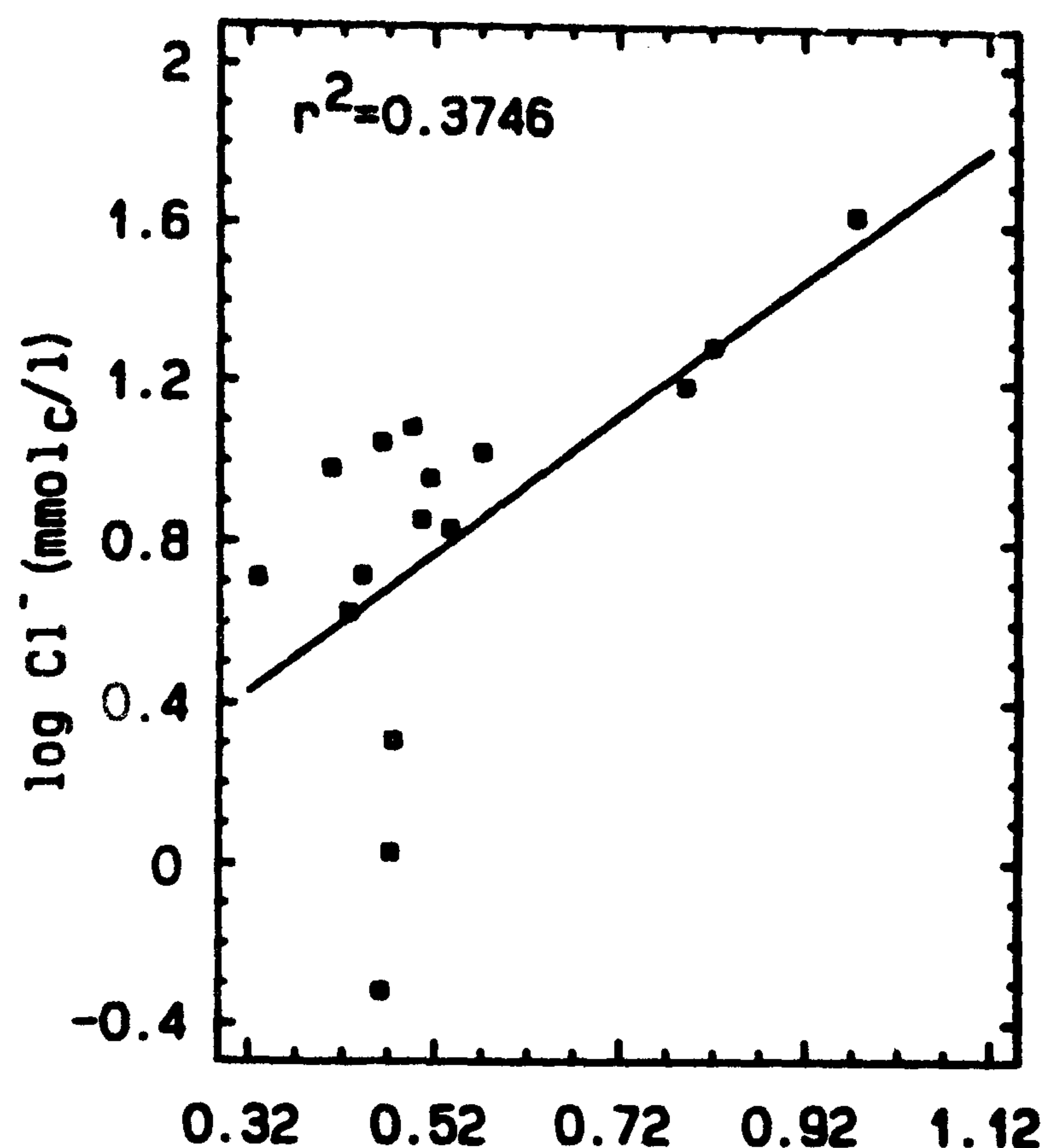


شکل ۷ - رابطه بین غلظت یون کلراید و غلظت کل املاح محلول (TSS) در خاکهای استان خوزستان

معادله خط رگرسیون بصورت زیر است:

$$\log TSS = 0.2823 + 0.9269 \log Cl^- \quad r^2 = 0.988 \quad SEE = 0.405$$

در این رابطه TSS و غلظت یون کلراید هر دو بر حسب $mmol\ l^{-1}$ می باشد. این همبستگی بالا معلول و مؤید آن است که در خاکهای استان خوزستان، املاح کلراید املاح غالب می باشند. از این رابطه می توان در دامنه $Cl^- (mmol\ l^{-1}) \geq 200 > 3900$ در خاکهای استان خوزستان استفاده نمود.



شکل ۶ - رابطه بین EC_e و غلظت کلراید در خاکهای با نسبت $Cl/TSS < 0.3$

نتیجه گرفت که ارائه رابطه ای مابین EC_e و غلظت یون کلراید برای کل کشور که در همه مناطق خطای برآورد قابل قبولی داشته باشد عملاً میسر نبوده و در صورت ارائه، از ارزش کاربردی پایینی برخوردار خواهد بود.

در خاکهای خوزستان همچنین همبستگی نسبتاً بالایی بین غلظت یون کلراید و غلظت کل نمکهای محلول مشاهده گردید (شکل ۷).

REFERENCES

- 1 - Bohn, H.L., B.L. McNeal, & G.A. O'Connor . 1985. Soil chemistry. 2nd ed. John Wiley & Sons , New York :341 pp.
- 2 - Bower, C.A., & L.V. Wilcox. 1965. Soluble salts .In Black et al. (ed.) Methods of soil analysis. Agronomy 9: 933-951. Am. Soc. of Agron., Inc., Madison , Wis.
- 3 - Bresler, E., B.L. McNeal, & D.L. Carter .1982. Saline and sodic soils (Principles- Dynamic Modeling). Springer - Verlag. Berlin :236 pp.
- 4 - Campbell, R.B., C. A. Bower and L. A. Richards .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.
- 5 - Griffin, C. A., & J.J. Jurinak. 1973. Estimation of activity coefficients from the electrical

conductivity of natural aquatic systems and soil extracts. Soil Sci.116: 26-30.

- 6 - Jurinak, J.J. 1990. The chemistry of salt affected soils and waters. p.42-63. In:K.K. Tanji (ed.) Agricultural salinity assessment and management. ASCE No 71.New York.
- 7 - Knight,W.G.1991. Chemistry of arid region soils. p.111-171. In:J. Skujins (ed.) Semiarid lands and deserts. Marcel decker.New York.
- 8 - Lanyon, L.E., & W.R. Heald. 1982. Magnesium ,Calcium ,Strontium & Barium .p.247-262. In : A.L. Page (ed.) Methods of soil analysis. Part 2. Chemical and microbiological properties Agronomy monograph no.9. 2nd ed.Am. Soc. of Agron. Inc., Madison , Wis.
- 9 - Marion, G.M., & K.L. Babcock. 1976. Predicting specific conductance and salt concentration of dilute aqueous solution. Soil Sci. 122:181-187.
- 10- Rhoades, J. D.,& S.Miyamoto .1990. Testing soils for salinity and sodicity .p. 299-336. In: R.L. Westerman(ed.)Soil testing and plant analysis. SSSA Book series . no.3, 3rd ed. Soil Sci. Soc. Am. Madison, Wis.
- 11- Rhoades, J.D., & J.D. Oster. 1986. Solute content .p. 985-1006.In:A.Klute (ed.) Methods of Soil analysis. part 1.Physical and mineralogical method. Agronomy monograph no.9.2nd ed. Am. Soc. of Agron. Inc. Madison.Wis.
- 12- Steel, R.G. D., & J.H. Torrie. 1960. Principles and procedures of statistics. p.169-177. McGraw-Hill.New York.
- 13- Tanji, K.K., & J.W. Biggar.1972. Specific conductance models for natural waters and soil solutions of limited salinity levels. Water Resource Res. 8:145-153.
- 14 - U.S. Salinity laboratory staff. 1954. Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. USDA. Agric. Handbook no. 60. U.S. Gov.Print. Office, Washington ,DC.

**Relationship Between Electrical Conductivity and Total Soluble Salts
Content in Salt Affected Soils of Iran.**

M.FARAHBAKHSI AND H.TOWFIGHI

**Former Graduate Student and Assistant Professor,
Department of Soil Science College of Agriculture,
University of Tehran, Karaj, Iran.**

Accepted 26 Feb.1997

SUMMARY

In this study, the relationships among electrical conductivity (EC), concentration of total soluble salts (TSS), and chloride ion concentration in salt affected soils of Iran were investigated. For this purpose 96 soil samples from different areas of the country were collected and EC_e , pH and concentrations of Ca+Mg, Na, K and Cl in the saturation extracts of soils were determined. The following relation for estimation of TSS from EC_e of the soils was found using all 96 soils data:

$$\log TSS(\text{mmol}_e\text{L}^{-1}) = 1.0379 + 1.0222 \log EC_e (\text{dSm}^{-1}) \quad r^2 = 0.995 \text{ SEE} = 0.041$$

This equation is applicable in the range of $250 > EC_e (\text{dSm}^{-1}) \geq 3$. It was indicated that, diversity in soil properties (i.e. type and concentration of soluble salts etc.) due to the effects local conditions did not have significant effect on the coefficients of this equation especially in moderately to high saline soils ($EC_e > 20 \text{ dSm}^{-1}$), supporting the validity of the equation for TSS estimation in different parts of the country. Comparison of this equation with some popular equations indicate that, in our soils the US Salinity Laboratory and the corrected Marion & Babcock equations give a lower estimate of TSS at all EC_e 's, while the Campbell et.al. give a higher estimate at different soil salinities. Chloride ion was the dominant (>50%) anion in two thirds of the soil samples indicating the widespread presence of chloride salts in these soils.

The following empirical equations were found for soils of Khuzestan:

$$\log TSS(\text{mmol}_e\text{L}^{-1}) = 0.9009 + 1.0905 \log EC_e (\text{dSm}^{-1}) \quad r^2 = 0.996 \text{ SEE} = 0.025$$

This equation is applicable in the range of $250 > EC_e (\text{dSm}^{-1}) \geq 10$.

$$\log Cl^-(\text{mmol}_e\text{L}^{-1}) = 0.6454 + 1.1862 \log EC_e (\text{dSm}^{-1}) \quad r^2 = 0.991 \text{ SEE} = 0.039$$

This equation is applicable in the range of $250 > EC_e (\text{dSm}^{-1}) \geq 20$.

$$\log TSS(\text{mmol}_e\text{L}^{-1}) = 0.2823 + 0.9269 \log Cl^-(\text{mmol}_e\text{L}^{-1}) \quad r^2 = 0.988 \text{ SEE} = 0.405$$

This equation is applicable in the range of $3900 > Cl^- (\text{mmol}_e\text{L}^{-1}) \geq 200$.

It was argued that the presence of chloride salts in these soils is responsible or could explain the high correlation coefficients of the last two equations.