

تعیین روابط هدایت الکتریکی عصاره اشباع (EC_e) با برخی پارامترهای شوری خاک در مقایسه با روش جدید تعیین EC_e

حمید زارع ایبانه^۱، مهدی جوزی^۲، علی افروزی^۳، امین غریب زاده^۴

تاریخ دریافت ۱۳۹۲/۰۸/۳

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۰۴/۲۴

مقاله برگرفته از تحقیقی مستقل

چکیده:

در پژوهش پیش‌رو رابطه بین هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک (EC_e) با ترکیب یونی، قدرت یونی و غلظت نمک‌های محلول در عصاره اشباع خاک در دشت سودجان مطالعه شده است. هم‌چنین از روش جدید محاسبه هدایت الکتریکی، ارائه شده توسط مک‌کلسکی و همکاران (۲۰۱۲)، به منظور مقایسه با روابط ارائه شده استفاده شده است. بدین منظور، ۸۰ نمونه خاک از دشت سودجان در استان چهارمحال و بختیاری برداشت و پارامترهای شوری با اندازه‌گیری مقادیر سدیم، منیزیم، کلسیم، پتاسیم، کلر، سولفات، بی‌کربنات، کربنات، اسیدیته و EC_e نمونه‌های خاک مورد تحلیل قرار گرفت. بررسی معنی‌داری ضریب همبستگی پیرسون در سطوح ۱ و ۵ درصد بین پارامترها بیان‌گر عدم همبستگی معنی‌دار کربنات با دیگر پارامترها بود. همبستگی منیزیم و EC_e نیز غیرمعنی‌دار به‌دست آمد. مدل‌های رگرسیونی خطی بین ترکیب یونی، مجموع غلظت یون‌ها، کاتیون‌ها و آنیون‌ها، قدرت یونی و غلظت کل نمک‌های محلول با EC_e برقرار گردید. بیشترین ضریب همبستگی (۰/۹۱) و کم‌ترین جذر میانگین مربع خطا ($0/08 \text{ dSm}^{-1}$) در مدل بین EC_e با ترکیب یونی به‌دست آمد. نتایج در دشت مورد مطالعه نشان داد، مدل ارائه شده در این تحقیق نسبت به مدل جدید مک‌کلسکی و همکاران (۲۰۱۲) خطای کمتر و همبستگی بیشتر را بین داده‌های مشاهداتی را به‌دست می‌دهد. عدم معنی‌داری بین کربنات با EC_e و بررسی مدل‌های رگرسیونی نشان داد که می‌توان در محاسبات EC_e از اندازه‌گیری این یون صرف‌نظر نمود.

واژه‌های کلیدی: استان چهارمحال و بختیاری، ترکیب یونی، رگرسیون، قدرت یونی.

^۱ دانشیار گروه آبیاری و زهکشی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان. پست الکترونیکی: zare@basu.ac.ir

^۲ دانشجوی دکتری گروه آبیاری و زهکشی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان. پست الکترونیکی: jovzimehdi11@yahoo.com

^۳ دانشجوی دکتری گروه آبیاری و زهکشی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان.

پست الکترونیکی: a.afrozi@basu.ac.ir (نویسنده مسئول)

^۴ دانش‌آموخته کارشناسی ارشد گروه آبیاری و زهکشی، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان. پست الکترونیکی: gharibzadeh12@yahoo.com

مقدمه

هدایت الکتریکی املاح یکی از مشخصه‌های کیفی آب می‌باشد که غالباً برای آنالیز شیمیایی آب اندازه‌گیری می‌شود. به‌همین ترتیب مطالعه و بررسی شوری خاک نیز با اندازه‌گیری هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک^۱ (EC_e) پایه‌گذاری شده است. مطالعه و دسته‌بندی خاک‌های شور با توجه به غلظت کل نمک‌های محلول صورت می‌گیرد که این پارامتر را می‌توان با اندازه‌گیری هدایت الکتریکی محلول به کمک هدایت‌سنج الکتریکی تعیین کرد (کروین و لش، ۲۰۰۵). به‌منظور اندازه‌گیری هدایت الکتریکی، محلول خاک در بین دو الکترود با فاصله و هندسه ثابت قرار می‌گیرد (بوهن و همکاران، ۱۹۷۹).

با توجه به اینکه ابزار و وسایل امروزی، امکان اندازه‌گیری سریع، دقیق و قابل اطمینان هدایت الکتریکی را در مزرعه و آزمایشگاه میسر نموده‌اند (مک‌کلسکی و همکاران، ۲۰۱۲) مطالعات بسیاری برای مرتبط ساختن هدایت الکتریکی محلول با سایر پارامترها و مشخصه‌های شیمیایی محلول انجام شده است. از جمله این مطالعات می‌توان به مک‌نیل و همکاران (۱۹۷۹) اشاره کرد که رابطه‌ای بین هدایت الکتریکی و غلظت مولار یون‌های محلول خاک ارائه نمودند. ویسکانتی و همکاران (۲۰۰۴) رابطه خطی برای تخمین غلظت کل املاح از روی هدایت الکتریکی محلول آب با شوری کم تا متوسط ارائه نمودند. باستیدا و همکاران (۲۰۰۴) در پژوهش خود رابطه‌ای بین هدایت الکتریکی و ترکیب یونی ارائه نمودند. زارع ابیانه و همکاران (۲۰۰۵) در مطالعه خود مقدار کلر محلول در آب زیرزمینی را با توجه به هدایت الکتریکی املاح تخمین زدند. جلاه و اسمیث (۲۰۰۸) در تحقیقی ترکیب شیمیایی کاتیون‌های محلول در خاک را با توجه به یکی از پارامترهای هدایت الکتریکی، درصد کاتیون‌های قابل تبادل خاک و یا غلظت کاتیون‌ها تخمین زدند. مک‌کلسکی و همکاران (۲۰۱۲) در یک مطالعه گسترده مجموعه روابطی برای تخمین هدایت الکتریکی با توجه به غلظت هر یک از یون‌های موجود در نمونه‌های طبیعی آب ارائه نمودند.

غلظت کل نمک‌های محلول (TDS) در عصاره اشباع خاک که یکی از پارامترهای مهم در مطالعات شوری اراضی کشاورزی می‌باشد را می‌توان از روی EC_e با دقتی قابل

قبول محاسبه نمود. آزمایشگاه شوری ایالات متحده (۱۹۵۴) رابطه‌ای برای تخمین غلظت کل نمک‌های محلول با توجه به هدایت الکتریکی را در قالب مدل رگرسیون خطی ساده با عرض از مبدأ صفر ارائه نمود.

$$TDS = 640 EC_e \quad (1)$$

در رابطه فوق TDS غلظت کل نمک‌های محلول ($mg\ l^{-1}$) و EC_e بر حسب $dS\ m^{-1}$ می‌باشد.

چانگ و همکاران (۱۹۸۳) برای تخمین غلظت کل نمک‌های محلول و مجموع غلظت کاتیون‌های محلول در عصاره اشباع، روابط رگرسیونی از نوع توانی زیر را ارائه نمودند.

$$TDS = 765.1 EC_e^{1.087} \quad (2)$$

$$\sum_i N_i^+ = 10.61 EC_e^{1.122} \quad (3)$$

که در آن $\sum_i N_i^+$ مجموع غلظت کاتیون‌ها ($meq\ l^{-1}$) می‌باشد.

ماریون و بابکوک (۱۹۷۶) با لگاریتم گرفتن از رابطه توانی قدرت یونی [$I = 10^3 EC_e^b$] رابطه زیر را ارائه کردند.

$$\log I = a + b \log EC_e \quad (4)$$

که در آن a و b به‌ترتیب ثابت و ضریب معادله رگرسیون می‌باشند. ماریون و بابکوک (۱۹۷۶) مقدار b را بین $1/0.09$ و $1/0.55$ گزارش نمودند. محققین بسیاری در مطالعات خود با ارائه روابطی، سعی در برقراری ارتباط بین پارامترهای مختلف شوری خاک داشته‌اند. در استفاده از این روابط می‌بایست به محدودیت‌ها و دامنه اعتبار روابط پیشنهادی دقت نمود.

در این مقاله از مدل جدید مک‌کلسکی و همکاران (۲۰۱۲) استفاده شده است، همچنین رابطه بین غلظت یون‌ها، کاتیون‌ها، آنیون‌ها، قدرت یونی و غلظت کل نمک‌های محلول با هدایت الکتریکی همان محلول به‌هدف ارائه روابطی ساده در محدوده $EC_e \leq 1/2\ dS\ m^{-1}$ بررسی شده است. اسمیدما و همکاران (۲۰۰۴) و وئرهوون (۱۹۷۳) اعتقاد دارند اگر مقدار EC_e بین $2 - 0$ دسی‌زیمنس بر متر باشد اثر شوری خاک بر رشد گیاهان

¹ Electrical conductivity of the saturation extract

اسیدیته خاک به روش الکترومتریک با pH متر و هدایت الکتریکی از دستگاه هدایت سنج در دمای آزمایشگاه اندازه گیری و نسبت به دمای مبنای ۲۵ درجه سلسیوس تصحیح شد. کاتیون های محلول بازی شامل کلسیم و منیزیم به روش تیتراسیون کمپلکسومتری، سدیم و پتاسیم محلول به روش نشر اتمی شعله، کلر محلول به روش تیتراسیون رسوب سنجی با نیترات نقره، غلظت کربنات و بی کربنات محلول به روش تیتراسیون رسوب ساده اسید باز اندازه گیری شد. مقدار آهک به روش تیتراسیون برگشتی با استفاده از اسید کلریدریک و سود نرمال و گچ به روش رسوب سنجی با استون اندازه گیری شد (پیچ و همکاران، ۱۹۹۲). مجموع غلظت یون ها، کاتیون ها و آنیون ها، غلظت کل نمک های محلول و قدرت یونی بر اساس غلظت یون های اندازه گیری شده محاسبه گردید. تمامی اطلاعات استخراج شده از نمونه ها در قالب یک ماتریس ۱۵ ستونی به تعداد پارامترهای شیمیایی و ۸۰ ردیفی به تعداد نمونه های خاک ذخیره شدند. کلیه داده ها قبل از استفاده از رابطه زیر که موازنه بار^۱ (CB) را برای هر یک از نمونه های اشباع خاک محاسبه می کند به هدف کنترل کیفیت مورد بررسی قرار گرفت.

$$CB = 100 \frac{|\sum N_i^+ - \sum N_i^-|}{\sum N_i^+ + \sum N_i^-} \quad (5)$$

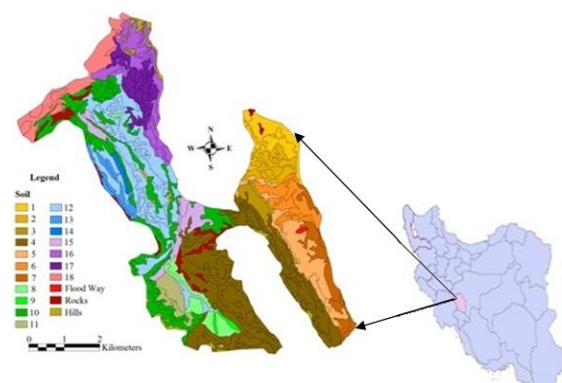
که در آن $\sum N_i^+$ و $\sum N_i^-$ به ترتیب مجموع غلظت کاتیون ها و آنیون ها (meq l^{-1}) می باشند. نوردستروم و مونز (۱۹۹۴) پیشنهاد نموده اند نمونه هایی که CB آن ها کوچکتر از ۵ درصد است برای مطالعه مناسب می باشند. روبینز و میر (۱۹۹۰) و ویسکانتی و همکاران (۲۰۰۴) نمونه های محلولی که CB آن ها بیش از ۱۰ درصد بود را از مطالعه خود حذف نمودند. ولت (۱۹۸۹) نمونه های محلولی که CB آن ها بزرگتر از ۲۰ درصد باشد را دارای اشکال در محاسبه و اندازه گیری می داند. موازنه بار ۳ نمونه محلول عصاره اشباع خاک منطقه مورد مطالعه بزرگتر از ۲۰ و ۱۱ نمونه بزرگتر از ۱۰ درصد محاسبه شد و در نتیجه این نمونه ها پذیرفته نشدند و بدین ترتیب ۶۶ نمونه بررسی گردید.

زراعی بسیار ناچیز است. در این دامنه از EC_e ، بیشتر گیاهان زراعی دارای پتانسیل عملکرد بیش از ۹۰ درصد می باشند (مس، ۱۹۸۴؛ آیرز و وستکات، ۱۹۸۵).

مواد و روش ها

دشت سودجان در مجاورت رودخانه زاینده رود به مساحت ۳۳۰۷ هکتار در استان چهارمحال و بختیاری در فاصله ۷۰ کیلومتری شمال غرب شهرکرد بین عرض شمالی ۳۸° ۲۸' ۳۲" و ۳۴° ۳۴' ۴۱" و طول شرقی ۲۱° ۲۱' ۵۰" و ۲۶° ۴۴' ۵۰" واقع شده است. به طور کلی ارتفاع دشت بین ۲۲۰۰ متر در بخش های شمال شرقی تا ۲۳۰۰ متر از سطح دریا در شمال و شمال غربی شهر سودجان متغیر می باشد. بررسی آمار هواشناسی در یک دوره ۳۶ ساله (۱۳۸۵ - ۱۳۴۹) نشان می دهد که میانگین بارندگی سالیانه در این منطقه ۴۷۰ میلی متر است. میانگین درجه حرارت سالیانه هوا ۹/۴ درجه سلسیوس می باشد و میزان تبخیر و تعرق پتانسیل سالانه ۱۱۶۵ میلی متر اندازه گیری شده است (جهاد کشاورزی چهار محال و بختیاری، ۱۳۸۷).

دشت سودجان در سال ۱۳۸۷ - ۱۳۸۶ توسط سازمان جهاد کشاورزی چهارمحال و بختیاری مورد مطالعه خاک شناسی نیمه تفصیلی دقیق قرار گرفت. در این مطالعه در مجموع ۸۰ مته و پروفیل در عمق صفر تا ۱/۵ متر حفر شد و با استفاده از راهنمای تشریح، پروفیل های خاک مورد ارزیابی قرار گرفت. شکل (۱) سری های مختلف خاک در منطقه تحت مطالعه را نشان می دهد.



شکل (۱): سری های مختلف خاک دشت سودجان.

تجزیه های آزمایشگاهی نمونه خاکها بر مبنای روش متداول تحقیقات آب و خاک و به شرح ذیل صورت گرفت.

^۱ Charge balance

برای بررسی رابطه بین هدایت الکتریکی (dS m^{-1}) و مجموع غلظت یون‌ها از رابطه زیر استفاده گردید. (سی و سه مرده و همکاران، ۲۰۱۰).

$$\sum N_i = k_s EC \quad (9)$$

که در این رابطه، $\sum N_i$ مجموع غلظت یون‌ها (meq l^{-1}) و k_s ضریب رگرسیونی می‌باشد.

به منظور بررسی رابطه بین هدایت الکتریکی (dS m^{-1}) و مجموع غلظت کاتیون‌ها و آنیون‌ها به ترتیب از روابط زیر استفاده گردید.

$$\sum N_i^+ = k_{s1} EC \quad (10)$$

$$\sum N_i^- = k_{s2} EC \quad (11)$$

در روابط فوق، k_{s1} و k_{s2} ضرایب رگرسیونی و سایر پارامترها قبلاً معرفی شده‌اند.

برای برآورد قدرت یونی از روی هدایت الکتریکی (dS m^{-1}) از رابطه زیر استفاده شد (پونامپروما و همکاران، ۱۹۶۶؛ گریفین و جوریناک، ۱۹۷۳).

$$I = k EC \quad (12)$$

در رابطه فوق k ضریب رگرسیونی معادله و I قدرت یونی (mmol l^{-1}) می‌باشد.

غلظت کل املاح محلول در عصاره اشباع خاک با استفاده از رابطه زیر تعیین گردید.

$$\text{TDS} = k_1 EC \quad (13)$$

در رابطه فوق k_1 ضریب رگرسیونی معادله و TDS غلظت کل املاح محلول (mg l^{-1}) می‌باشد.

معیارهای ارزیابی مدل

به منظور ارزیابی مدل‌های رگرسیونی ارائه شده دو معیار آماری جذر میانگین مربع خطا^۱ (RMSE) و ضریب همبستگی پیرسون^۲ (r) مورد استفاده قرار گرفت.

$$\text{RMSE} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (P_i - O_i)^2}{n}} \quad (14)$$

به منظور محاسبه EC_e از ترکیب یونی، از رگرسیون خطی چندگانه استفاده شد. در این راستا برای به دست آوردن فاصله اطمینان کوچک‌تر و دقیق‌تر ضرایب رگرسیونی، از روش رگرسیون گام به گام استفاده شد.

مک‌کلسکی و همکاران (۲۰۱۲) برای تعیین هدایت الکتریکی محلول از روی ترکیب شیمیایی نمک‌های محلول رابطه زیر ارائه نمودند.

$$EC_{\text{cal}} = 10^{-3} \sum \lambda_i C_i \quad (6)$$

در رابطه فوق EC_{cal} هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک (dS m^{-1}) و λ_i هدایت (الکتریکی) مولال یون نام می‌باشد. برای تعیین هدایت الکتریکی محلول با توجه به رابطه (۶) هدایت مولال و غلظت هر یک از یون‌ها می‌بایست معلوم باشند. دقت تعیین هدایت الکتریکی محلول از این رابطه بستگی به دقت محاسبه در هدایت مولال یون دارد. لاتی (۱۹۲۷) رابطه‌ای برای محاسبه هدایت (الکتریکی) معادل در محلول الکترولیت در دامنه دمایی ۹۵ - ۰ درجه سلسیوس و حداکثر قدرت یونی ۱ (mol l^{-1}) ارائه نمود.

$$\lambda = \lambda_T^\circ - \frac{A_T I^{0.5}}{1 + BI^{0.5}} \quad (7)$$

که I قدرت یونی (mol l^{-1}) می‌باشد. λ_T° و A_T تابع دمایی محلول و B ثابت تجربی است که برای یون‌های متداول محلول در آب با توجه به مک‌کلسکی و همکاران (۲۰۱۲) قابل محاسبه است. برای محاسبه قدرت یونی از رابطه داگلاس و اسکوگ (۲۰۰۴) استفاده گردید (رابطه ۸).

$$I = \frac{1}{2} \sum_i |z_i| C_i \quad (8)$$

که I قدرت یونی (mmol l^{-1})، C_i غلظت مولار یون i (mmol l^{-1}) و z_i بار یون i می‌باشد. مقادیر هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک (EC_{cal}) از رابطه (۶) برآورد گردید و با هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک اندازه‌گیری شده (EC_{obs}) مقایسه گردید. انجام مقایسات به صورت ترسیمی در قالب نمودار ۱:۱ و برازش مدل رگرسیون خطی ساده انجام شد.

¹ Root mean square error

² Pearson correlation coefficient

غلظت یون‌ها، غلظت کل نمک‌های محلول، قدرت یونی و غلظت هر یک از یون‌های موجود در عصاره اشباع خاک در جدول ۱ آورده شده است. نمایه‌های آماری میانه، چارک بالا و پایین، بیشینه و کمینه داده‌ها برای مقادیر یون‌های اندازه‌گیری شده در عصاره اشباع خاک در شکل ۲ نشان داده شده است. این شکل نشان می‌دهد مقادیر میانه و چارک بالا و پایین یون کربنات اندازه‌گیری شده در عصاره اشباع خاک صفر می‌باشد.

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (P_i - \bar{P})(O_i - \bar{O})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (P_i - \bar{P})^2} \sqrt{\sum_{i=1}^n (O_i - \bar{O})^2}} \quad (15)$$

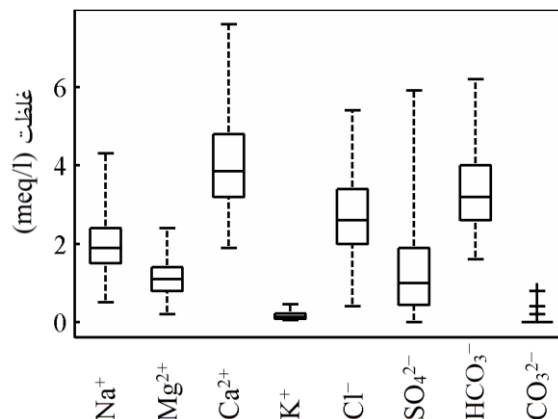
در دو رابطه فوق O_i داده مشاهداتی نام، P_i داده پیش‌بینی شده نام، n تعداد کل مشاهدات و \bar{O} مقدار متوسط O_i با $i = 1, 2, 3, \dots, n$ می‌باشند.

نتایج و بحث

دامنه، میانگین، انحراف معیار، کشفیدگی و چولگی هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک، اسیدیته، مجموع

جدول (۱): مشخصات توصیفی برخی پارامترهای عصاره اشباع خاک.

پارامتر	دامنه	میانگین	انحراف معیار	چولگی	کشفیدگی
EC_e ($dS m^{-1}$)	۰/۳۵ - ۱/۲	۰/۷۴	۰/۱۹	۰/۴۱	۲/۷۵
pH	۷/۲۷ - ۷/۷۶	۷/۵۳	۰/۱۰	۰/۰۹	۳/۲۶
Na^+ ($meq l^{-1}$)	۰/۵۰ - ۴/۳۰	۲/۰۲	۰/۷۶	۰/۷۵	۳/۲۷
Mg^{2+} ($meq l^{-1}$)	۰/۲۰ - ۲/۴۰	۱/۱۲	۰/۴۵	۰/۶۰	۳/۱۲
Ca^{2+} ($meq l^{-1}$)	۱/۹ - ۷/۶	۴/۰۷	۱/۱۱	۰/۷۱	۳/۶۰
K^+ ($meq l^{-1}$)	۰/۰۴۶ - ۰/۴۶۰	۰/۱۱۷	۰/۰۹	۰/۸۱	۳/۰۷
Cl^- ($meq l^{-1}$)	۰/۴۰ - ۵/۴۰	۲/۷۴	۱/۰۸	۰/۴۳	۲/۸۹
SO_4^{2-} ($meq l^{-1}$)	۰ - ۵/۹۲	۱/۲۱	۱/۰۹	۱/۵۸	۶/۹۶
HCO_3^- ($meq l^{-1}$)	۱/۶۰ - ۶/۲۰	۳/۳۹	۰/۹۵	۰/۷۸	۳/۴۸
CO_3^{2-} ($meq l^{-1}$)	۰ - ۰/۸۰	۰/۱۰	۰/۲۲	۲/۳۰	۷/۲۸
$\sum_i N_i$ ($meq l^{-1}$)	۷/۹۷ - ۲۴/۴۳	۱۴/۸۲	۳/۶۲	۰/۴۹	۲/۷۷
$\sum_i N_i^+$ ($meq l^{-1}$)	۳/۹۹ - ۱۲/۲۲	۷/۳۸	۱/۸۲	۰/۵۱	۲/۷۶
$\sum_i N_i^-$ ($meq l^{-1}$)	۳/۹۹ - ۱۲/۲۲	۷/۴۴	۱/۸۱	۰/۴۷	۲/۷۶
TDS ($mg l^{-1}$)	۲۷۳/۱۹ - ۸۳۰/۵۶	۵۱۳/۰۹	۱۲۲/۳۷	۰/۴۰	۲/۵۷
I ($mmol l^{-1}$)	۵/۴۳ - ۱۸/۴۳	۱۰/۶۶	۲/۷۹	۰/۶۰	۲/۹۶



شکل (۲): نمودار جعبه‌ای مقادیر اندازه‌گیری شده یون‌ها در عصاره اشباع خاک (خط داخلی جعبه میانه داده‌ها، لبه بالایی و پایینی جعبه به ترتیب چارک‌های بالا و پایین داده‌ها و دنباله‌های جعبه بیشینه و کمینه داده‌ها را نشان می‌دهند)

به دست آمده است. جدول ۲ نشان می‌دهد همبستگی بین غلظت کل نمک‌های محلول، مجموع یون‌ها، کاتیون‌ها و آنیون‌ها و قدرت یونی با EC_e بزرگ‌تر از $0/۸۳$ ($r > 0/۸۳$) می‌باشد. نتایج جدول ۲ نشان می‌دهد که ضریب‌های همبستگی پیرسون بین کربنات (CO_3^{2-}) و سایر پارامترهای شوری مورد مطالعه نزدیک به صفر ($-0/۱۵$) تا $0/۱۵$) بوده و غیرمعنی‌دار می‌باشند لذا در مطالعات شوری خاک می‌توان بدون آنکه خطای قابل ملاحظه‌ای ایجاد شود از تأثیر مقدار یون کربنات بر EC_e صرف‌نظر نمود. در این راستا سیمون و گارسیا (۱۹۹۹)، ویسکانتی و همکاران (۲۰۰۴) و باستیدا و همکاران (۲۰۰۴) نیز کربنات را اندازه نگرفته و در ارتباط با هدایت الکتریکی دخالت نداده‌اند.

بر اساس داده‌های جدول ۱ و تعداد نمونه‌های آنالیز شده، رابطه همبستگی بین پارامترهای مختلف شوری خاک با EC_e مورد بررسی قرار گرفت تا ارتباط بین پارامترهای مختلف شوری خاک و تأثیر این پارامترها بر هدایت الکتریکی بهتر شناخته شود. جدول ۲ ضریب همبستگی پیرسون (r) بین پارامترهای مختلف شوری خاک و معنی‌داری این ضرایب در سطوح ۱ و ۵ درصد را نشان می‌دهد. با مقایسه ضرایب همبستگی بین ترکیب یونی و EC_e در این جدول مشاهده می‌شود که یون‌های کلسیم، سدیم و کلر به ترتیب دارای بیشترین ضرایب همبستگی پیرسون $0/۷۹$ ، $0/۷۸$ و $0/۶۸$ با EC_e می‌باشند و در مقابل همبستگی کربنات و منیزیم با EC_e به ترتیب با کم‌ترین ضرایب همبستگی پیرسون $0/۲۱$ و $0/۰۴$ غیرمعنی‌دار

جدول ۲- مقادیر ضریب همبستگی پیرسون بین پارامترهای مورد بررسی در عصاره اشباع خاک.

پارامتر	EC_e	Na^+	Mg^{2+}	Ca^{2+}	K^+	Cl^-	SO_4^{2-}	HCO_3^-	CO_3^{2-}	$\sum_i N_i$	$\sum_i N_i^+$	$\sum_i N_i^-$	I	TDS
EC_e	۱/۰۰													
Na^+	۰/۷۸**	۱/۰۰												
Mg^{2+}	۰/۲۱	۰/۰۳	۱/۰۰											
Ca^{2+}	۰/۷۹**	۰/۶۳**	۰/۰۹	۱/۰۰										
K^+	۰/۴۷**	۰/۲۴*	۰/۰۶	۰/۴۳**	۱/۰۰									
Cl^-	۰/۶۸**	۰/۷۳**	۰/۰۱	۰/۵۴**	۰/۰۹	۱/۰۰								
SO_4^{2-}	۰/۴۲**	۰/۵۰**	۰/۱۸	۰/۶۳**	۰/۱۸	۰/۰۹	۱/۰۰							
HCO_3^-	۰/۴۲**	۰/۰۹	۰/۳۹**	۰/۴۰**	۰/۵۳**	-۰/۰۱	-۰/۰۹	۱/۰۰						
CO_3^{2-}	۰/۰۴	۰/۱۵	۰/۱۰	-۰/۰۳	۰/۰۰	-۰/۰۵	۰/۱۱	-۰/۱۵	۱/۰۰					
$\sum_i N_i$	۰/۸۸**	۰/۸۱**	۰/۳۳**	۰/۹۱**	۰/۴۴**	۰/۶۴**	۰/۶۳**	۰/۴۳**	۰/۰۷	۱/۰۰				
$\sum_i N_i^+$	۰/۸۸**	۰/۸۲**	۰/۳۳**	۰/۹۲**	۰/۴۳**	۰/۶۴**	۰/۶۵**	۰/۴۱**	۰/۰۷	۰/۹۹**	۱/۰۰			
$\sum_i N_i^-$	۰/۸۹**	۰/۸۱**	۰/۳۳**	۰/۹۱**	۰/۴۵**	۰/۶۴**	۰/۶۲**	۰/۴۵**	۰/۰۸	۰/۹۹**	۰/۹۹**	۱/۰۰		
I	۰/۸۲**	۰/۷۶**	۰/۳۵**	۰/۹۲**	۰/۴۱**	۰/۵۴**	۰/۷۵**	۰/۳۷**	۰/۱۱	۰/۹۸**	۰/۹۸**	۰/۹۸**	۱/۰۰	
TDS	۰/۸۷**	۰/۷۶**	۰/۳۴**	۰/۹۲**	۰/۵۱**	۰/۵۵**	۰/۶۲**	۰/۵۴**	۰/۰۴	۰/۹۹**	۰/۹۸**	۰/۹۹**	۰/۹۷**	۱/۰۰

* معنی‌داری ضریب همبستگی پیرسون در سطح ۵ درصد، ** معنی‌داری ضریب همبستگی پیرسون در سطح ۱ درصد

با هدایت الکتریکی ($dS m^{-1}$) در رابطه (۱۶) جدول ۳ آورده شده است. در بین روابط ارائه شده در جدول ۳ که

رابطه رگرسیون خطی چندگانه بین ترکیب یونی (مقادیر هر یک از یون‌ها بر حسب میلی‌اکی‌والانت بر لیتر)

اندکی بر دقت تخمین EC_e می‌گذارد و این در حالی است که ضرایب رگرسیونی با دقت بالاتری به دست آمده‌اند. رابطه‌های (۱۶) و (۱۷) بدون بررسی معنی‌داری ضرایب رگرسیونی (ضرایب یون‌ها) ارائه شده‌اند. بدین جهت دامنه اطمینان این ضرایب نسبتاً بزرگ می‌باشد. به منظور برآورد هرچه دقیق‌تر این ضرایب و کم‌تر نمودن تعداد یون‌های وارد شده در محاسبه EC_e ، از رگرسیون گام به گام استفاده شد و رابطه (۱۸) به دست آمد. با استفاده از رگرسیون گام به گام معنی‌داری ضرایب هر یک از یون‌ها در سطح ۵ درصد مورد بررسی قرار گرفت و بدین ترتیب ضرایب یون‌های کلسیم، سدیم، بی‌کربنات و کلر معنی‌دار و یون‌های منیزیم، پتاسیم، کربنات و سولفات غیرمعنی‌دار به دست آمدند.

ارتباط میان پارامترهای مختلف شوری را با EC_e تعیین می‌نمایند، رابطه (۱۶) با توجه به مقادیر r و $RMSE$ ، رابطه‌ای مناسب برای تعیین EC_e از روی ترکیب یونی می‌باشد. در استفاده از این رابطه باید به فاصله اطمینان نسبتاً بزرگ ضرایب هر یک از یون‌ها که از مقادیر منفی تا مثبت متغیر است، توجه داشت. با توجه به فاصله اطمینان ضرایب رگرسیون در رابطه (۱۶) و غیرمعنی‌دار بودن ضرایب همبستگی پیرسون بین کربنات و منیزیم با EC_e در جدول ۲، می‌توان در محاسبه EC_e از روی ترکیب یونی، یون‌های کربنات و منیزیم را در رابطه (۱۶) در نظر نگرفت. بدین ترتیب رابطه (۱۷) بدون در نظر گرفتن این دو یون ارائه شده است. مقایسه معیارهای ارزیابی $RMSE$ و r در رابطه‌های (۱۶) و (۱۷) در جدول ۳ نشان می‌دهد که در این مطالعه حذف کربنات و منیزیم از رابطه (۱۶) تأثیر

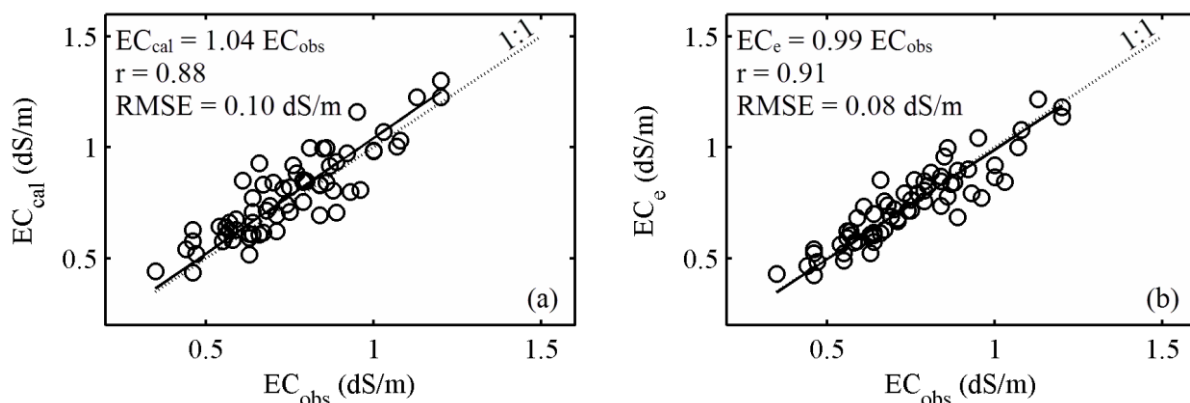
جدول (۳): روابط رگرسیونی خطی و چندگانه پیشنهادی در نمونه خاک‌های دشت سودجان.

رابطه	فاصله اطمینان ضرایب (در سطح ۵ درصد)	RMSE (dS/m)	r (-)	شماره
$EC_e = 0.070N_{Na^+} + 0.024N_{Mg^{2+}} + 0.035N_{Ca^{2+}} + 0.238N_{K^+} + 0.065N_{Cl^-} + 0.020N_{SO_4^{2-}} + 0.055N_{HCO_3^-} + 0.044N_{CO_3^{2-}}$	$Na^+ = -0.168 - 0.098$, $Mg^{2+} = -0.163 - 0.115$, $Ca^{2+} = -0.204 - 0.064$, $K^+ = -0.544 - 0.069$, $Cl^- = -0.190 - 0.102$, $SO_4^{2-} = -0.181 - 0.072$, $HCO_3^- = -0.197 - 0.068$, $CO_3^{2-} = -0.160 - 0.120$	۰/۰۷۷	۰/۹۱۳	(۱۶)
$EC_e = 0.062N_{Na^+} + 0.018N_{Ca^{2+}} + 0.214N_{K^+} + 0.079N_{Cl^-} + 0.038N_{SO_4^{2-}} + 0.072N_{HCO_3^-}$	$Na^+ = -0.071 - 0.035$, $Ca^{2+} = -0.122 - 0.002$, $K^+ = -0.478 - 0.051$, $Cl^- = -0.108 - 0.036$, $SO_4^{2-} = -0.129 - 0.029$, $HCO_3^- = -0.088 - 0.11$	۰/۰۷۸	۰/۹۱۱	(۱۷)
$EC_e = 0.098N_{Na^+} + 0.057N_{Ca^{2+}} + 0.043N_{Cl^-} + 0.057N_{HCO_3^-}$	$Na^+ = -0.084 - 0.030$, $Ca^{2+} = -0.142 - 0.054$, $Cl^- = -0.078 - 0.037$, $HCO_3^- = -0.072 - 0.15$	۰/۰۸۱	۰/۹۰۳	(۱۸)
$EC_e = 0.05 \sum_{i=1}^n N_i$	۰/۰۴۹ - ۰/۰۵۱	۰/۰۸۹	۰/۸۸۴	(۱۹)
$EC_e = 0.10 \sum_{i=1}^n N_i^+$	۰/۰۹۷ - ۰/۱۰۳	۰/۰۹۱	۰/۸۸۰	(۲۰)
$EC_e = 0.10 \sum_{i=1}^n N_i^-$	۰/۰۹۷ - ۰/۱۰۳	۰/۰۸۸	۰/۸۸۶	(۲۱)
$I = 14.51 EC_e$	۱۴/۰۰ - ۱۵/۰۵	۰/۱۱۱	۰/۸۳۱	(۲۲)
$TDS = 692.56 EC_e$	۶۷۲/۲۰ - ۷۱۴/۱۹	۰/۰۹۳	۰/۸۷۱	(۲۳)

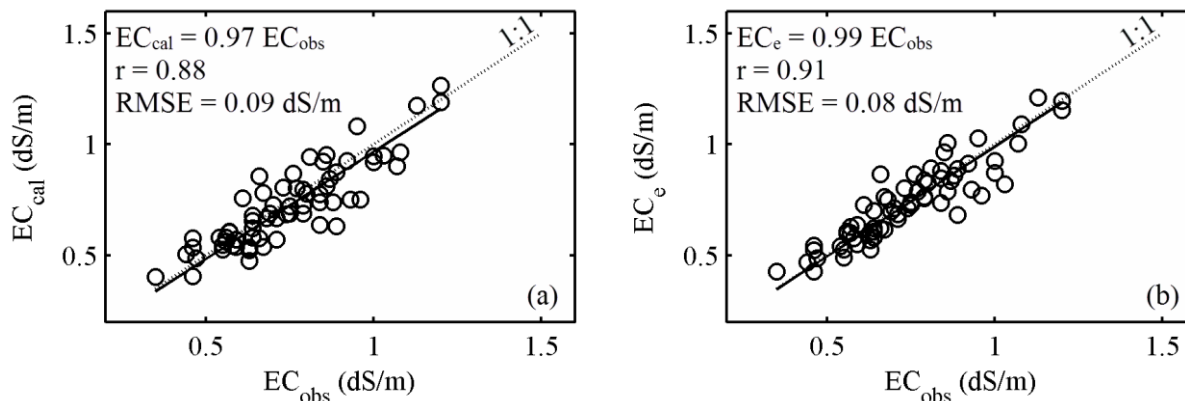
ندارند، این دو یون در رابطه (۶) جایگذاری نشدند تا مقایسه بین نتایج روابط (۶) و (۱۷) امکان پذیر گردد. در شکل‌های (a) ۴ و (b) ۴ می‌توان نتایج روابط (۶) و (۱۷) را مقایسه نمود. به ترتیبی که برای مقایسه روابط (۶) و (۱۷) گفته شد، مقادیر یون‌های منیزیم، پتاسیم، سولفات و کربنات در رابطه (۶) جایگذاری نگردید تا امکان مقایسه بین روابط (۶) و (۱۸) برای حالتی که تنها مقادیر یون‌های سدیم، کلسیم، کلر و بی‌کربنات اندازه‌گیری شده است فراهم گردد. شکل‌های (a) ۵ و (b) ۵ نتایج قابل مقایسه بین روابط (۶) و (۱۸) را نشان می‌دهد. مقایسه متناظر بین شکل‌های (a) ۳، (a) ۴ و (a) ۵ و شکل‌های (b) ۳، (b) ۴ و (b) ۵ نشان می‌دهد که روابط (۱۶)، (۱۷) و (۱۸) نتایج مناسب‌تری نسبت به رابطه (۶) در محاسبه EC_e به دست داده‌اند. شکل‌های (a) ۳، (a) ۴ و (a) ۵ نشان می‌دهند که هرچه از تعداد یون‌های اندازه‌گیری شده کاسته شود در مقابل از دقت رابطه (۶) نیز کاسته می‌شود. در محلول عصاره اشباع خاک یون‌های دیگری نیز وجود دارند که به دلیل کاستن از هزینه‌های مطالعاتی اندازه‌گیری نمی‌شوند. بدین ترتیب دقت رابطه (۶) بستگی به این مسئله دارد که غلظت چه انواعی از یون‌ها در محلول عصاره اشباع خاک غالب بوده و اینکه غلظت این یون‌ها اندازه‌گیری شده باشد.

مقادیر r و RMSE در رابطه (۱۶) کمی بهتر از مقادیر متناظر آن در رابطه (۱۸) می‌باشند، اما دامنه ضرایب یون‌ها در رابطه (۱۶)، نسبت به دامنه ضرایب متناظر آن در رابطه (۱۸) بسیار بزرگ‌تر است. با پذیرش مقدار $(dS\ m^{-1})$ $RMSE = 0.081$ و $r = 0.903$ در رابطه (۱۸) به جای $(dS\ m^{-1})$ $RMSE = 0.077$ و $r = 0.913$ در رابطه (۱۶) دامنه ضرایب یون‌ها بسیار محدودتر می‌گردد که بدین ترتیب دقت بیش‌تر ضرایب رگرسیونی در رابطه (۱۸) نسبت رابطه (۱۶) حاصل می‌شود. هم‌چنین با توجه به اینکه تعداد یون‌های وارد شده در رابطه (۱۸) نصف رابطه (۱۶) می‌باشد، استفاده از رابطه (۱۸) باعث صرفه‌جویی در زمان و هزینه‌ها می‌گردد و در مواقعی که تنها یون‌های سدیم، کلسیم، کلر و بی‌کربنات اندازه‌گیری شده است قابل استفاده است.

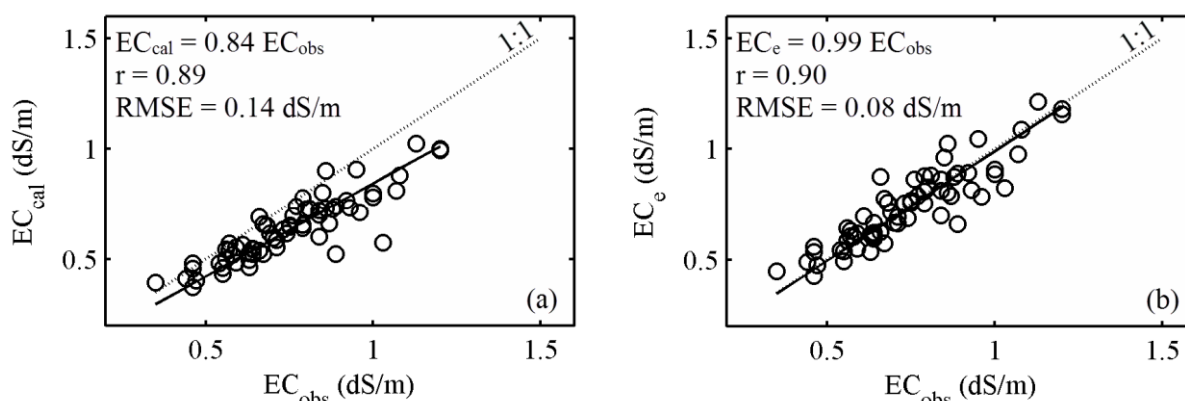
نتایج رابطه‌های (۱۶)، (۱۷) و (۱۸) در محاسبه EC_e در شکل‌های (b) ۳، (b) ۴ و (b) ۵ نشان داده شده است. نتایجی که این روابط به دست می‌دهند را می‌توان با نتایجی که رابطه (۶) ارائه می‌دهد مقایسه کرد. با توجه به رابطه (۶) مقدار EC_e از روی ترکیب یونی محلول محاسبه شد و شکل (a) ۳ که قابل مقایسه با شکل (b) ۳ می‌باشد به دست آمد. در ترسیم شکل (a) ۳ همه هشت یون اندازه‌گیری شده در رابطه (۶) جایگذاری شده است. با توجه به اینکه در رابطه (۱۷) مقادیر یون‌های منیزیم و کربنات دخالت



شکل ۳ - مقایسه نتایج EC_e برآوردی با EC_e مشاهداتی (a) از رابطه (۶) و (b) از رابطه (۱۶)



شکل - ۴. مقایسه نتایج EC_e برآوردی با EC_e مشاهداتی (EC_{obs}) از رابطه (۶) (با حذف یونهای Mg^{2+} و CO_3^{2-}) و (b) از رابطه (۱۷)



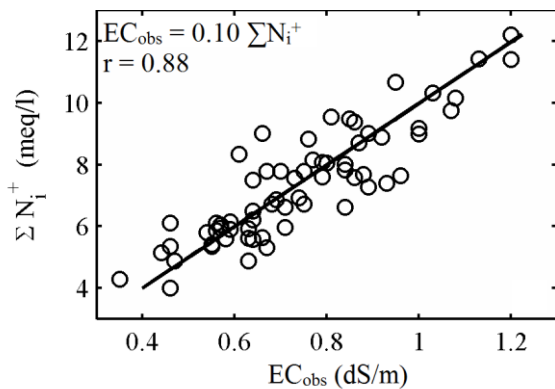
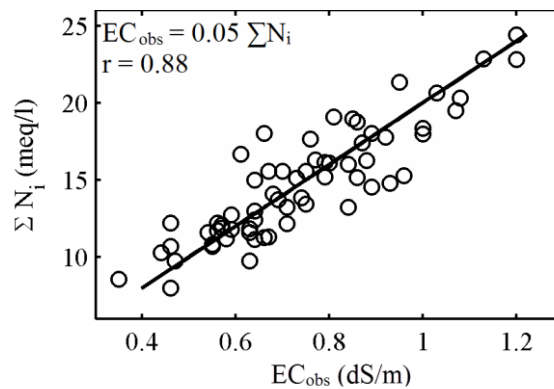
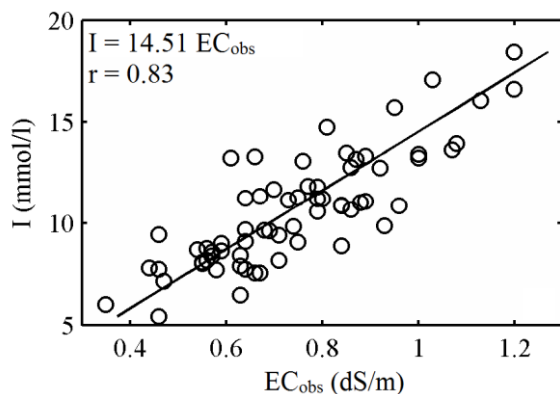
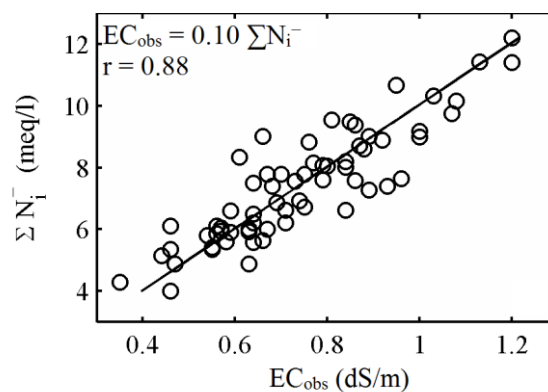
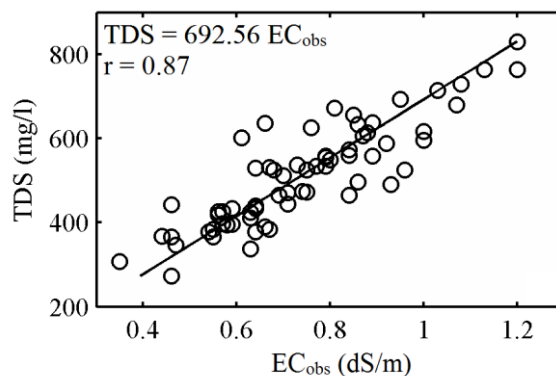
شکل - ۵. مقایسه نتایج EC_e برآوردی با EC_e مشاهداتی (EC_{obs}) از رابطه (۶) (با حذف یونهای SO_4^{2-} و K^+ ، Mg^{2+} ، CO_3^{2-}) و (b) از رابطه (۱۸)

در جدول ۳، علاوه بر ارائه روابطی که محاسبه EC_e از روی ترکیب یونی را ممکن می‌سازند، با استفاده از رگرسیون خطی روابط (۱۹) تا (۲۳) برای محاسبه $dS m^{-1}$ EC_e از روی مجموع غلظت یونها، آنیونها و کاتیونها ($meq l^{-1}$)، قدرت یونی ($mmol l^{-1}$) و غلظت کل نمکهای محلول ($mg l^{-1}$) ارائه شده است. در رابطه (۱۹) ضریب مجموع غلظت یونها (k_s) در سطح ۵ درصد بین ۰/۰۵۱ - ۰/۰۴۹ به دست آمد. سی و سه مرده و همکاران (۲۰۱۰) ضریب فوق را برای استان خوزستان ۰/۰۶۱ تا ۰/۰۸۱ محاسبه نمودند. اسمیدما و همکاران (۲۰۰۴) مقدار ضریب مجموع غلظت کاتیونها و یا آنیونها (k_{s1} و k_{s2}) را در رابطه‌های (۲۰) و (۲۱) بین ۰/۱۰۰ - ۰/۰۸۳ ارائه کرده‌اند که در این مطالعه دامنه این دو ضریب در سطح ۵ درصد بین ۰/۱۰۳ - ۰/۰۹۷ به دست آمد. ضریب هدایت الکتریکی (k) در رابطه‌ی (۲۲) در سطح ۵ درصد بین ۱۵/۰۵ -

۱۴/۰۰ محاسبه گردید. گریفین و جوریناک (۱۹۷۳) برای نمونه‌های آب رودخانه و عصاره اشباع خاک (که در آنها یونهای تک ظرفیتی کلر و سدیم غالب بودند) این ضریب را ۱۳ محاسبه کردند و سیمون و گارسیا (۱۹۹۹) در مطالعه خود این مقدار را ۱۷ به دست آوردند. به همین ترتیب ضریب هدایت الکتریکی (k_1) در رابطه‌ی (۲۳) در سطح ۵ درصد بین ۷۱۴/۱۹ - ۶۷۲/۲۰ به دست آمد که با مقدار ۶۴۰ پیشنهادی آزمایشگاه شوری ایالات متحده (۱۹۵۴) قابل مقایسه است.

شکل‌های ۶ تا ۱۰ به ترتیب نتایج روابط رابطه‌های (۱۹) تا (۲۳) را نشان می‌دهند. در این اشکال نتایج خط برازش شده برای هر رابطه با داده‌های اندازه‌گیری شده قابل مقایسه است.

شکل‌های ۶ تا ۱۰ به ترتیب نتایج روابط رابطه‌های (۱۹) تا (۲۳) را نشان می‌دهند. در این اشکال نتایج خط برازش شده برای هر رابطه با داده‌های اندازه‌گیری شده قابل مقایسه است.

شکل (۷): رابطه بین مجموع مقادیر کاتیون‌ها با EC_{obs} شکل (۶): رابطه بین مجموع مقادیر یون‌ها با EC_{obs} شکل (۹): رابطه بین قدرت یونی با EC_{obs} شکل (۸): رابطه بین مجموع مقادیر آنیون‌ها با EC_{obs} شکل (۱۰): رابطه بین غلظت کل محلول با EC_{obs}

مانند (۱۸) مقدار EC_e را با دقت نسبتاً مناسبی محاسبه نمود. همچنین با اندازه‌گیری سریع مقدار EC_e با هدایت‌سنج الکتریکی و استفاده از روابط (۱۹) تا (۲۳) می‌توان پارامترهای شوری شامل مجموع غلظت یون‌ها، کاتیون‌ها و آنیون‌ها، قدرت یونی و غلظت کل نمک‌های محلول را با دقت قابل قبولی برآورد نمود.

به عنوان یک نتیجه کلی می‌توان اظهار داشت که اندازه‌گیری غلظت هر یک از یون‌های موجود در عصاره اشباع خاک برای برآورد EC_e از رابطه‌هایی چون (۱۶) و (۶) هزینه‌بر و وقت‌گیر می‌باشد (هرچند که دقت آن بیش‌تر است)، اما می‌توان با اندازه‌گیری تعداد کمتری از یون‌های موجود در عصاره اشباع خاک و استفاده از روابطی

عصاره اشباع خاک اندازه‌گیری می‌شود، استفاده از این دست روابط توصیه نمی‌شود. در مطالعات مشابهی که دامنه هدایت الکتریکی آن‌ها کوچک‌تر از $1/2$ دسی‌زیمنس بر متر می‌باشد، روابط ارائه شده در این پژوهش قابل مقایسه است و می‌تواند سودمند واقع گردد. رابطه قدرت یونی با EC_e در این مطالعه بیشترین مقدار RMSE برابر $0/11$ ($dS m^{-1}$) را به دست داد که بدین ترتیب در میان روابط رگرسیونی مورد بررسی ضعیف‌ترین نتیجه را ارائه می‌کند. غیرمعنی‌دار بودن رابطه همبستگی بین یون کربنات با سایر پارامترهای شوری نشان داد که می‌توان از مقدار این یون در برآورد EC_e صرف نظر نمود.

تقدیر و تشکر

از سازمان جهاد کشاورزی چهارمحال و بختیاری و دانشگاه بوعلی سینا به دلیل حمایت‌هایشان از این پژوهش سپاسگذاری می‌گردد.

نتیجه‌گیری

در روابط مورد بررسی، بیشترین ضریب همبستگی ($r = 0/91$) و کم‌ترین جذر میانگین مربع خطا ($dS m^{-1}$) $0/08$ (RMSE) بین EC_e با ترکیب یونی در مقابل کم‌ترین ضریب همبستگی ($r = 0/83$) و بیشترین جذر میانگین مربع خطا ($0/11 dS m^{-1}$) (RMSE) بین قدرت یونی با EC_e به دست آمد. به‌طور کلی با توجه به مقادیر RMSE و r در روابط رگرسیونی، بهترین نتیجه هنگامی به دست می‌آید که غلظت هر یک از یون‌ها در تخمین EC_e آورده شده باشد (روابط (۱۶)، (۱۷) و (۱۸)). در تعیین EC_e از روی ترکیب یونی محلول، استفاده از رابطه (۱۸) به جای رابطه (۱۶) نتایجی بسیار نزدیک به نتایج رابطه (۱۶) را به دست می‌دهد و با تعداد کمتر یون اندازه‌گیری شده در هزینه مطالعات شوری خاک صرفه جویی می‌نماید. دقت رابطه‌های عمومی چون رابطه (۶) بستگی به تعداد یون‌های اندازه‌گیری شده با غلظت غالب در محلول دارد و در مواقعی که غلظت تعداد کمی از یون‌های محلول در

منابع

1. سازمان جهاد کشاورزی چهارمحال و بختیاری. ۱۳۸۷. مطالعات خاک‌شناسی نیمه‌تفصیلی دقیق اراضی کشاورزی سودجان. ۱۶۳ ص.
2. Ayers, R.S. and D.W. Westcot. 1985. Water quality for agriculture. Irrigation and Drainage Paper 29, Rev. 1. FAO, Rome. 174 pp.
3. Bastidaa, J.A., N. Vela De Oro and R. Ortiz Silla. 2004. Electrolytic conductivity of semiarid soils (Southeastern Spain) in relation to ion composition. Arid Land Research and Management. 18: 265-281.
4. Bohn H., B. McNeal and G. O'Connor. 1979. Soil Chemistry. New York, USA: Wiley.
5. Chang, C., T.G. Sommerfeldt, J.M. Carefoot and G.B. Schaalje. 1983. Relationship of electrical conductivity with total dissolved salts and cation concentration of sulfate-dominant soil extracts. Canadian Journal of Soil Science. 63: 79-86.
6. Corwin, D. and S. Lesch. 2005. Apparent soil electrical conductivity measurements in agriculture. Computers and Electronics in Agriculture. 46: 11-43.
7. Douglas, A.S. 2004. Fundamentals of Analytical Chemistry. Saunders golden sunburst series. Thomson-Brooks/Cole.
8. Griffin R. and J. Jurinak. 1973. Estimation of activity coefficients from the electrical conductivity of natural aquatic systems and soil extracts. Soil Science. 116: 26-30.
9. Jallaha J.K. and T.J. Smyth. 1995. Predicting soil solution chemical attributes from more easily measured soil and soil solution parameters. Communications in Soil Science and Plant Analysis. 26: 3315-3333.
10. Lattey, R.T. 1927. On the dilution law for strong electrolytes. Philos. Mag. 7: 831-836.
11. Marion, G. and K. Babcock. 1976. Predicting specific conductance and salt concentration in dilute aqueous solutions. Soil Science. 122: 181-187.
12. Maas, E.V. 1984. Salt tolerance of plants. The handbook of plant science in agriculture. BR Christie. CRC Press, Boca Raton, Florida.
13. McCleskey, R.B. 2011. Electrical conductivity of electrolytes found in natural waters from (5 to 90) °C. J. Chem. Eng. Data. 56: 317-327.
14. McCleskey, R.B., D.K. Nordstrom, J.N. Ryan and J.W. Ball. 2012. A new method of calculating electrical conductivity with applications to natural waters. Geochimica et Cosmochimica Acta. 77: 369-382.

15. McNeal, B., J. Oster and J. Hatcher. 1970. Calculation of electrical conductivity from solution composition data as an aid to in-situ estimation of soil salinity. *Soil Science*. 110: 405-414.
16. Nordstrom, D.K. and J.L. Munoz. 1994. *Geochemical Thermodynamics*, (second ed.) Blackwell Scientific Publications, Caldwell, New Jersey.
17. Page, A.L., R.H. Miller and D.R. Keeney. 1992. *Method of soil Analysis. Part II: Chemical and Mineralogical Properties* (Second Edition ed.). Madison, Wisconsin: SSSA.
18. Ponnamperna, F., E. Tianco and T. Loy. 1966. Ionic strengths of the solutions of flooded soils and other natural aqueous solutions from specific conductance. *Soil Science*. 102: 408-413.
19. Robbins, C.W. and W.S. Meyer. 1990. Calculating pH from EC and SAR values in salinity models and SAR from soil and bore water pH and EC data. *Australian Journal of Soil Research*. 28: 1001-1011.
20. Simón, M. and I. García. 1999. Physico-chemical properties of the soil-saturation extracts: estimation from electrical conductivity. *Geoderma*. 90: 99-109.
21. Siosemarde, M., F. Kave, E. Pazira, H. Sedghi and S.J. Ghaderi. 2010. Determine of constant coefficients to relate total dissolved solids to electrical conductivity. *World Academy of Science, Engineering and Technology*. 70: 258-260.
22. Smedma, L.K., W.F. Vlotman and D. Rycroft. 2004. *Modern land drainage: planning, design and management of agricultural drainage systems*. Taylor & Francis. 449 P.
23. U.S. Salinity Laboratory Staff. 1954. *Diagnosis and improvement of saline and alkali soils*. U.S. Dep. Agric. Handb.
24. Verhoeven, B. 1973. Salty soils. In *ILRI, Drainage Principles and Application* (Vol. 1). Wageningen: International Institute for Land Reclamation and Improvement.
25. Visconti, R.F., J.M. de Paz Becares, R.D. Zapata Hernandez and J. Sanchez Diaz. 2004. Development of an equation to relate electrical conductivity to soil and water salinity in a Mediterranean agricultural environment. *Australian Journal of Soil Research*. 42: 381-388.
26. Wolt, J.D. 1989. SOILSOLN: A program for teaching equilibria modeling of soil solution composition. *J. Agron. Educ*. 18: 40-42.
27. Zare Abyaneh, H., A.H. Nazemi, M.R. Neyshabari, K. Mohammadi and G.H. Majzoobi. 2005. Chloride estimation in ground water from electrical conductivity measurement. *Tarim Bilimleri Dergisi*. 11: 110-114.

Determination of electrical conductivity of the saturation extract (EC_e) relationships with a few soil salinity parameters in comparison with the new method of calculating EC_e

Hamid Zare Abyaneh¹, Mehdi Jovzi², Ali Afruzi³, Amin Gharibzadeh⁴

Abstract:

In this study, relationships of electrical conductivity of the soil saturation extract (EC_e) with the ionic composition, the ionic strength and the total dissolved salts are studied in the Sudjan plain; also, the general new method of electrical conductivity calculation that has been presented by McCleskey et al. (2012) is used in order to compare with the proposed equations. Therefore, the 80 soil samples were taken from the Sudjan Plain in Chaharmahal va Bakhtiyari Province and soil salinity parameters by measuring sodium, magnesium, calcium, Potassium, chloride, sulphate, bicarbonate, carbonate, pH and EC_e were determined and analyzed. The Pearson's correlation coefficient at the significance levels 5 and 1 percent between the salinity parameters showed that the carbonate isn't significantly correlated with other parameters. Also, the correlation of magnesium and EC_e was insignificant. The linear model regressions between the ionic composition, sum of ions, cations and anions concentration, ionic strength and total dissolved salts were generalized. The greatest correlation coefficient (0.91) and the lowest root mean square error (0.08 dS m^{-1}) were obtained in the model between the EC_e and the ionic composition. The results of research in the studying plain showed that the presented model in this investigation in comparison with the new model of McCleskey et al. (2012) give smaller error and greater correlation. The insignificance between the carbonate and EC_e and the regression models showed that this ion can be neglected in the calculation of EC_e .

Keywords: Ionic composition, Ionic strength, Regression, Chaharmahal va Bakhtiyari Province.

¹ Associated Professor, Irrigation and Drainage Dept, Faculty of Agriculture, Buali Sina University, Hamedan, E-mail: zare@basu.ac.ir

² Ph.D. Student, Water Engineering Dept., Faculty of Agriculture, Buali Sina University, Hamedan, E-mail: jovzimehdi11@yahoo.com

³ Ph.D. Student, Water Engineering Dept., Faculty of Agriculture, Buali Sina University, Hamedan, E-mail: a.afruzi@basu.ac.ir (Corresponding author)

⁴ Irrigation Dept, Faculty of Agriculture, Isfahan University of Technology, Isfahan, E-mail: gharibzadeh12@yahoo.com