اندازه گیری قابلیت هدایت الکتریکی ظاهری خاک با استفاده از تکنیک چهار الکترود

سهراب خاکپور و جهانگرد محمدی

به ترتیب کارشناس ارشد فیزیک، دانشگاه شهرکرد، استادیار خاکشناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد

مقدمه

شوری خاکها یکی از مسائل مهم زیست محیطی در مناطق خشک و نیمه خشک محسوب می شود. مدیریت مناسب خاکهای حاوی نمک های محلول فراوان نیازمند در اختیار داشتن اطلاعات دقیق و بهنگام از میزان و پراکنش شوری در چنین خاکهایی است. بکارگیری هدایت الکتریکی (معکوس مقاوت الکتریکی) بعنوان روش استاندارد جهت اندازه گیری غلظت نمکها در محلول شناخته شده است. این روش مستلزم نمونه برداری از خاک و اعمال تیمارهای آزمایشگاهی بوده که منجر به طولانی شدن فرایند اندازه گیری شوری خاک می شود. از سالیان قبل تلاشهای فراوانی جهت ارائه روشها ی اندازه گیری درجا شوری خاک صورت گرفته است. یکی از این روشها استفاده از تکنیک آرایه های ونر(Wenner array)، چهار الکترود، است (۱و۳). این روش نخستین بار توسط متخصصان ژئوفیزیک جهت عمق و محل قرار گیری لایه های زیرین پوسته زمین و همچنین توده های معدنی بکار گرفته شده است (۲). در پیکربندی آرایه های ونر، چهار الکترود بفواصل مساوی از یکدیگر بر روی یک محور افقی قرار گرفته است. جفت الکترود های درونی بمنظور اندازه گیری افت پتانسیل هنگامی که جریان ثابتی از الکترود های بیرونی عبور داده میشود، در نظر گرفته شده است. در چنین آرایش الکترودی عمق نفوذ جریان الکتریکی تقریباً متناسب با فاصله بین الکترود ها است. بدلیل ناهمگنی نیمرخ غالب خاکها، دستگاه چهارالکترود در حقیقت هدایت الکتریکی ظاهری خاک، ECa، را با استفاده از معادله زیر اندازه گیری میکند (۳):

$$EC_a = \frac{1}{2\pi aR} \qquad [1]$$

که در آن a فاصله بین الکترودها (سانتیمتر)، R مقاومت بر حسب اهم (ohm) و ECa عبارت از هدایت الکتریکی ظاهری خاک (mho/cm) است. هدف از تحقیق حاضر اندازه گیری شوری خاک به روش چهار الکترود و ارزیابی نتایج حاصل از طریق مقایسه آنها با روشهای معمول اندازه گیری شوری خاک میباشد.

مواد و روشها

یک حس گر چهار الکترود با استفاده از پیکربندی آرایه ونر طراحی شد. مقدار مناسبی از خاک مزرعه دانشگاه و از عمق ۳۰-۰ سانتیمتر نمونه برداری و پس از آماده سازی و عبور آن از الک دو میلیمتری در ظروف پلاستیکی با قطر ۱۵ سانتیمتری و ارتفاع ۲۰ سانتیمتر ریخته شد. محلولهایی با غلظت های مختلف کلرورسدیم بمنظور شورساختن مصنوعی نمونه های خاک تهیه گردید. ده غلظت مختلف از محلول فوق الذکر شامل ۰/۱، ۰/۲، ۰/۳، ۰/۴، ۰/۵، ۰/۶، ۰/۷، ۰/۸، ۰/۹ و ۱/۰ مولار تهیه شد. آزمایش با قرار دادن ظروف در یک طرح آزمایشی کاملاً تصادفی با ۱۱ تیمار (از محلول فاقد نمک، آب مقطر، بعنوان شاهد استفاده شد) و در سه تکرار انجام شد. محلولها به آرامی به ظروف حاوی خاک اضافه شد و پس از رسیدن پیشانی حرکتی محلول تا نیمه ستون خاک، افزودن محلول متوقف و سطح ظرف با لایه پلاستیکی، دارای چند سوراخ بسیار ریز، پوشانده و پس از ۲۴ ساعت اقدام به قرائت هدایت الکتریکی توسط سنسور چهار الکترود گردید. برای سنجش هدایت الکتریکی نمونه ها توسط سنسور چهارالکترود جریان یکنواختی توسط دستگاه مولد الکتریسته اعمال و افت پتانسل توسط ولت متر اندازه گیری شد. هدایت الکتریکی نمونه ها با آماده سازی نسبت های ۱:۱ و ۱:۵ توسط دستگاه هدایت سنج مورد سنجش قرار گرفت.

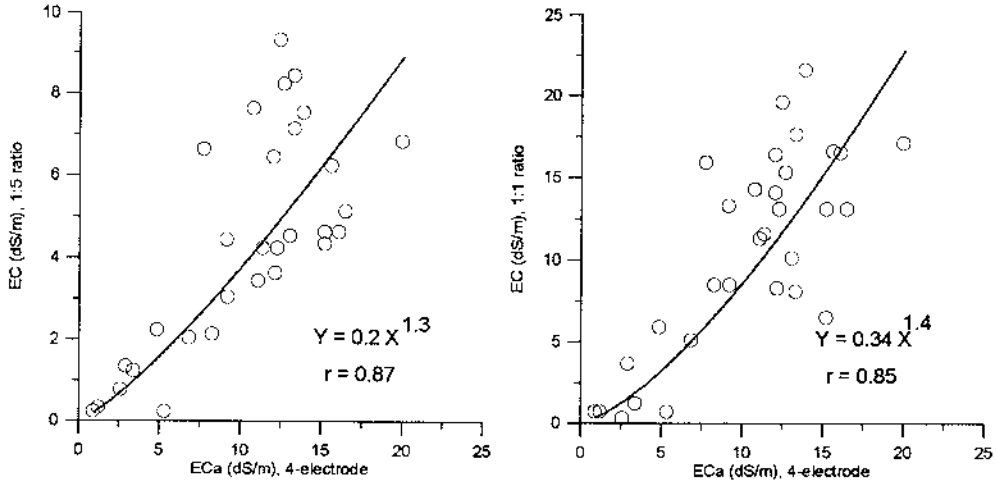
نتایج و بحث

جدول ۱ تعدادی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مورد آزمایش (لایه سطحی ۳۰-۰ سانتیمتر) را نشان میدهد. همانگونه که ملاحظه میشود میزان شوری کمتر از حد آستانه ۱ دسی زیمنس بر متر میباشد.

جدول ۱- برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مورد آزمایش

خصوصیات	
رس (درصد)	۲۴/۷۷
شن (درصد)	۱۳/۳۱
سیلت (درصد)	۶۱/۹۲
رطوبت اشباع (درصد)	۴۰/۷۳
رطوبت ظرفیت مزرعه (درصد)	۲۰
هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر)	۰/۵۱
واکنش گل اشباع	۷/۴

نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل واریانس روش چهار الکترود نشان داد که تفاوت بین تیمارها از نقطه نظر آماری کاملاً معنی دار می باشد. نتایج مشابه ای برای روشهای اندازه گیری هدایت الکتریکی با نسبت های ۱:۱ و ۱:۵ بدست آمد. بمنظور مطالعه همبستگی بین نتایج حاصل از روشهای مختلف اندازه گیری هدایت الکتریکی خاک مدل های خطی به داده های حاصل برازش داده شد. از میان مدلهای مختلف خطی، مدل توانی، $Y=aX^b$، که در آن X عبارت از هدایت الکتریکی ظاهری خاک به روش چهارالکترود، Y هدایت الکتریکی خاک به روش نسبت های مختلف خاک و آب، و a و b ضرایب مدل است، بدلیل نتایج بهتر انتخاب گردید. پراکنش داده ها به همراه مدل های برازش داده شده در شکل ۱ نمایش داده شده است.



شکل۱- نمودار واسنجی مقادیر هدایت الکتریکی ظاهری خاک، اندازه گیری شده توسط روش الکترود و هدایت الکتریکی عصاره نسبت های خاک به آب ۱:۵ (سمت چپ) و ۱ : ۱ (سمت راست)

نتایج حاکی از نتایج آماری بهترمدل برازش داده شده بر داده های هدایت الکتریکی ظاهری و هدایت الکتریکی نسبت خاک - آب ۵ : ۱ میباشد. این در حالی است که پراکندگی داده ها در مدل بین هدایت الکتریکی ظاهری و هدایت الکتریکی نسبت خاک - آب ۱ : ۱ حول خط برگشت (رگرسیون) بمراتب بیشتر از حالت قبل است. از سوی دیگر همانگونه که در مدل بین هدایت الکتریکی ظاهری و هدایت الکتریکی نسبت خاک -

آب ۵ : ۱ ملاحظه می شود در محدوده شوری های کمتر از ۵ دسی زیمنس بر متر، رابطه کاملاً خطی و یک بیک بوده لیکن با افزایش شوری رابطه ای حدوداً غیر خطی برقرار میشود. از آنجایی که شوری های موجود در شرایط مزرعه عموماً در دامنه فوق الذکر قرار میگیرد، بدین ترتیب نتایج حاصل نشان میدهد که به کمک تکنیک چهارالکترود میتوان اقدام به تخمین نسبتاً موفقیت آمیزی از شرایط خاک از نقطه نظر شوری کرد. اگرچه آزمایش مزبور بر اساس نمونه برداری و شور ساختن مصنوعی خاک مزرعه استوار بوده است لیکن از این روش میتوان جهت ارزیابی درجا شوری در مزرعه بمنظور تشخیص شدت مسئله و دیگر اهداف مساحی و مدیریت اراضی که بنحوی با مشکل شوری روبرو هستند استفاده نمود (۴). در این شرایط میتوان اظهار نمود که روش چهارالکترود ساده، سریع و هنگامی که عملیات واسنجی بخوبی انجام شود، اندازه گیری شوری خاک بصورت درجا و بدون نیاز به نمونه برداری و تجزیه های آزمایشگاهی صورت می گیرد.

منابع مورد استفاده

1. Halvorsor, A.D. and J.D. Rhoades. 1974. Assessing soil salinity and identifying potential salinc-seep areas with field soil resistance measurements. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 38 : 576-581.
2. Meidav, T. 1960. An electrical resistivity survey for fround water. Geophysics 25 : 1077-1093.
3. Rhoades, J.D. and R.D. Ingvalson. 1971. Determining salinity in field soils with soil resistance measurements. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 35 : 54-60.
4. Utset, A., Ruiz, M.E., Herrera, J. and D. P. de Leon. 1998. A geostatistical method for salinity sample site spacing. Geoderma 86 : 143-151.