



وزارت جهاد کشاورزی
سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی
مرکز ملی تحقیقات شوری



طرز کار و روش استفاده از شوری سنج چهار الکترودی



نویسندگان:

محمدحسن رحیمیان و محمدحسین بناکار

نشریه فنی

سال ۱۳۹۳

وزارت جهاد کشاورزی
سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی
مرکز ملی تحقیقات شوری

نشریه فنی

طرز کار و روش استفاده از شوری سنج چهارالکترودی

نویسندگان:

محمدحسن رحیمیان

کارشناس ارشد تحقیقات آبیاری و زهکشی،
مرکز ملی تحقیقات شوری

محمدحسین بناکار

کارشناس ارشد فیزیولوژی گیاهی و عضو هیئت علمی،
مرکز ملی تحقیقات شوری

شماره ثبت

این نشریه به استناد مجوز سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی به ثبت رسیده و توسط مرکز ملی تحقیقات شوری منتشر گردیده است.

۱۳۹۳

فهرست مطالب

۳	مقدمه
۳	رابطه بین هدایت الکتریکی و مقدار نمک موجود در خاک
۴	توضیحات دستگاه
۶	علائم هشداردهنده
۷	کاربردهای دستگاه
۸	طرز کار دستگاه
۹	نحوه استفاده از EC-Probe
۱۰	تعیین فاکتور تصحیح دما
۱۱	محاسبه EC_s و مقاومت زمینی
۱۱	نمودار کالیبراسیون
۱۲	عیب یابی
۱۲	چند نکته
۱۳	نگهداری دستگاه
۱۳	منبع مورد استفاده
۱۴	ضمیمه ۱: فاکتور تصحیح دما و دمای متناظر آن در خاک
۱۵	ضمیمه ۲: کالیبراسیون پروب تعیین هدایت الکتریکی خاک مدل 14.01

شوری‌زائی (salinization) به معنی تجمع نمک در خاک می‌باشد. تجمع نمک در منطقه توسعه ریشه باعث می‌شود که جذب آب توسط گیاه با مشکل مواجه شده و علی‌رغم وجود رطوبت کافی در خاک باعث بروز خشکی در گیاه و کاهش تولید آن گردد. شوری‌زائی معمولاً در مناطق تحت آبیاری و یا اکوسیستم‌هایی که ذاتاً با مشکل شوری مواجهند (مانند مرداب‌ها) اتفاق می‌افتد. تجمع نمک‌ها در خاک به میزان کل نمک و نیز مقدار رطوبت خاک بستگی دارد. این نمک‌ها ممکن است که توسط آب آبیاری انباشته شده باشند. همچنین صعود موئینگی آب زیرزمینی شور کم عمق در مناطق نیمه خشک، ایجاد سیلاب توسط آب‌های شور رودخانه‌ها و دریا، هوازگی مواد بستر و یا آلودگی خاک باعث تجمع نمک در خاک می‌گردد. نمک‌های حاصل از تجمع مواد آلی و یا حاصلخیزکننده‌ها نیز می‌تواند باعث تجمع نمک در خاک شود. عمدتاً نمک‌های حل شده در خاک هستند که بر روی هدایت الکتریکی خاک اثر می‌گذارند. میزان نمک تجمع یافته در خاک که "هدایت الکتریکی (Electrical Conductivity)" نیز نامیده می‌شود با نماد EC نشان داده شده و با واحدهای mS/m یا mmho/cm توصیف می‌شود. هدایت الکتریکی خاک به میزان کل نمک در خاک، میزان رطوبت، نوع نمک و درجه حرارت بستگی دارد. علاوه بر این ساختمان و بافت خاک نیز تاثیر دارند. در زیر هر یک از این عوامل به اختصار تشریح شده‌اند.

- میزان رطوبت: از آنجائی که مواد معدنی عمدتاً مجزا از هم بوده و فضای فی مابین آن‌ها به عنوان عایق محسوب می‌گردد، لذا یک خاک کاملاً خشک نمی‌تواند جریان الکتریسیته را منتقل نماید. وجود نمک در یک خاک کاملاً خشک هیچ صدمه‌ای به گیاه نمی‌زند، زیرا گیاه قادر به جذب نمک‌های غیرمحلول نیست. به محض مرطوب شدن خاک، نمک‌ها در آب خاک حل شده و یون‌ها از هم جدا می‌گردند و خاک از نظر الکتریکی رسانا می‌شود. در این شرایط اندکی رطوبت کافی است که مقادیر زیادی از نمک خاک را حل نموده و باعث صدمه به گیاه گردد. افزایش بیشتر رطوبت در خاک باعث کاهش میزان نمک در حجم مشخصی از محلول گردیده و بالنتیجه باعث کم‌شدن اثرات منفی شوری خاک می‌شود.
- مقدار نمک: افزایش مقدار نمک در میزان مشخصی از رطوبت خاک باعث افزایش تعداد یون‌ها و در نتیجه افزایش هدایت الکتریکی می‌گردد. این رابطه به صورت خطی نبوده و افزایش بیشتر تجمع یون‌ها باعث ایجاد محدودیت‌هایی در حرکت این یون‌ها نیز می‌شود.
- نوع نمک: یون‌های سدیم، پتاسیم، کلسیم، منیزیم، آمونیوم، کلرید، سولفات، منیزیم، آمونیوم، کلرید، سولفات، نوع نمک‌ها (بی‌کربنات و نیترات عمدتاً در هدایت الکتریکی خاک مرطوب نقش موثری دارند. اثر یون‌های یک ظرفیتی، دو ظرفیتی و سه ظرفیتی بر روی هدایت الکتریکی یکسان نیست. قطر (اندازه) یون‌ها بر حرکت آن‌ها تاثیر گذاشته بطوری که یون‌های بزرگ‌تر حرکت کندتر دارند و در نتیجه باعث کاهش EC می‌گردند.
- درجه حرارت: افزایش درجه حرارت باعث افزایش انرژی جنبشی یون‌ها در محلول خاک شده و در نتیجه باعث افزایش مقدار هدایت الکتریکی خاک می‌شود.

رابطه بین هدایت الکتریکی و مقدار نمک موجود در خاک

رابطه بین هدایت الکتریکی و مقدار نمک کل خاک را نمیتوان بطور مستقیم تعیین نمود. زیرا یک محلول خاک غالباً شامل چندین نوع از یون‌های نمک است. همچنین اثر یون‌های تک ظرفیتی بر روی هدایت الکتریکی همانند اثر یون‌های دو ظرفیتی و یا سه ظرفیتی نمی‌باشد. قطر (اندازه) یون‌ها نیز حرکت آن‌را تحت تاثیر قرار می‌دهد. چندین روش برای تعیین میزان نمک بر حسب g/l یا meq/l وجود دارد. تبخیر نمودن آب موجود در محلول خاک و تعیین وزن نمک باقی مانده یکی از این راه حل‌ها است. البته این کار باعث کاهش نسبی در مقدار برخی از نمک‌ها مانند بی‌کربنات‌ها نیز خواهد شد. یکی دیگر از این روش‌ها استفاده از ضرایب تصحیح و روابط موجود بین مقدار EC و میزان نمک خاک در منابع علمی مختلف در این زمینه می‌باشد (USDA, 1954). این روش دقت بیشتری را نسبت به روش قبلی داشته و در بسیاری از موارد نسبتاً دقیق عمل می‌نماید. کمیت "مقاومت الکتریکی (Resistivity)" درست در نقطه مقابل هدایت الکتریکی قرار دارد، بطوری که میزان بالای EC بیان‌گر مقدار کم مقاومت است. علاوه بر مقاومت الکتریکی پارامتر دیگری به نام "مقاومت زمینی (Earth Resistivity)" نیز وجود داشته که از لحاظ تئوری مساوی مقاومت ستونی از خاک بوده و به صورت $\Omega \cdot \text{cm}$ بیان می‌شود. خصوصیات و شرایط خاک

دارای تغییرات مکانی زیادی می‌باشند. در نتیجه مقاومت زمینی خاک نیز در نقاط مختلف و انواع مختلف خاک‌ها متفاوت است. مقدار مقاومت زمینی برای انواع مختلفی از خاک‌ها در جدول شماره ۱ بیان شده است.

جدول ۱- مقاومت الکتریکی انواع مختلف خاک‌ها بر حسب $\Omega.cm$

Soil type	Earth resistivity ($\Omega.cm$)
Gravel	40.000 - 200.000
Coarse gravel	40.000 - 200.000
Humus	1.000 - 4.000
Clay	500 - 2.000
Silted clay	3.000 - 5.000
Lime	20.000 - 300.000
Loam	3.000 - 10.000
Slate	30.000 - 70.000
Loess	3.000 - 10.000
Marshy ground	1.000 - 3.000
Marl	1.000 - 10.000
Silt	1.000 - 2.000
Silt (fine)	2.000 - 10.000
Peat	8.000 - 12.000
Sand	10.000 - 500.000

دستگاه EC-probe استاندارد مجموعه‌ای است که شامل دو وسیله به نامهای پروب تعیین هدایت الکتریکی (EC-probe) و مقاومت‌سنج (Resistivity meter) است. این دستگاه برای اندازه‌گیری هدایت الکتریکی به عنوان شاخصی برای نمایش میزان شوری خاک استفاده می‌شود. امروزه استفاده از این دستگاه به عنوان روشی سریع، آسان و نسبتاً ارزان در آمده که برای اهداف مختلف به ویژه پروژه‌های آبیاری و نیز تحقیقات اکوهیدرولوژیک مناسب می‌باشد. این دستگاه می‌تواند تا عمق ۱۱۰ سانتی متری از سطح خاک به خوبی عمل نماید.

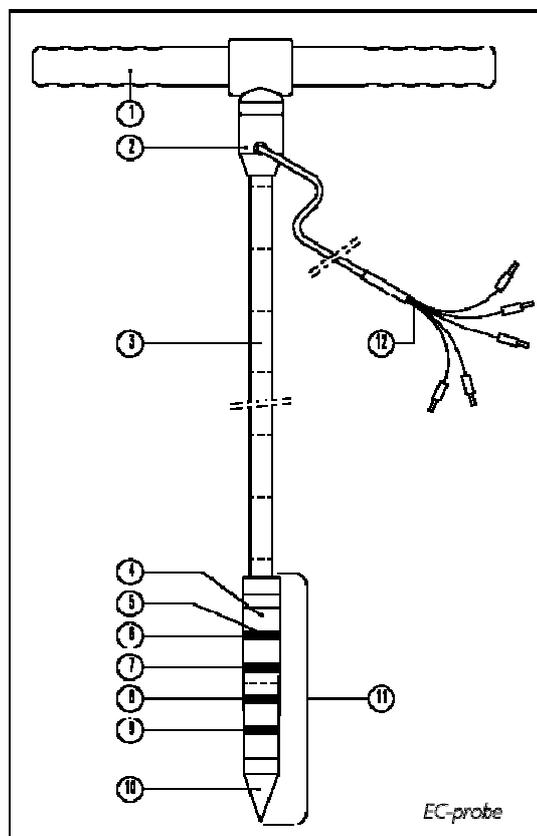
توضیحات دستگاه

دستگاه EC-probe استاندارد شامل یک پروب EC همراه با دسته جدا شونده، مقاومت‌سنج، اگر اسکانه‌ای، کاردک خمیده و کیف برای حمل وسایل است. شکل زیر کلیه متعلقات این دستگاه را نشان می‌دهد.



شکل ۱ - متعلقات یک دستگاه EC-probe استاندارد

پروب EC تا عمق ۱۱۰ سانتی متری قادر به اندازه‌گیری می‌باشد. شکل شماره ۲ اجزای مختلف این وسیله را نشان می‌دهد. این وسیله شامل یک میله از جنس استیل (۳) همراه با یک پروب در انتهای آن (۱۱) است. قسمت بالایی این وسیله از نوع مدور (گردان) بوده (۲) که به یک دسته جداشونده (۱) متصل است.



شکل ۲- اجزای مختلف EC-Probe

پروب انتهایی قادر به اندازه‌گیری شوری در پروفیلی با عمق ۲۰ سانتی متر است. شکل این قسمت مخروطی بوده تا به راحتی قابل نصب باشد. قطرش حدود ۳۰ میلی‌متر در قسمت بالایی و ۲۸ میلی‌متر در پایه آن می‌باشد. این پروب شامل ۴ چهار الکتروده حلقه مانند بوده (۶، ۷، ۸ و ۹) که هر یک با فاصله ۲۵ میلی‌متر از یکدیگر قرار دارند. این الکترودها توسط دو نوع حلقه به نامهای حلقه های درزگیری (۵) و حلقه های عایق (۴) از یکدیگر مجزا شده اند. الکترودهای بیرونی (۶ و ۹) الکترودهای جریان بوده و الکترودهای داخلی (۷ و ۸) الکترودهای اندازه‌گیری می‌باشند. قسمت مخروطی شکل انتهایی پروب (۱۰) یک سنسور حرارتی را در خود جای داده است.

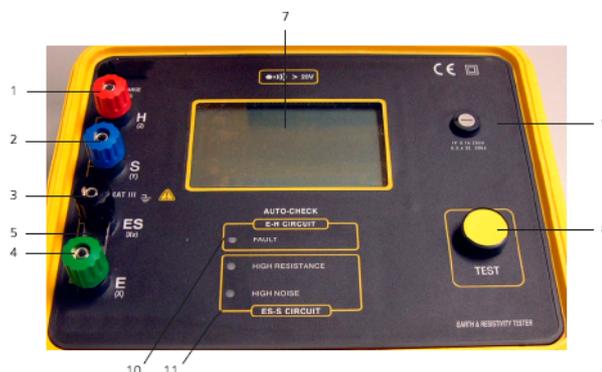
هر کدام از این الکترودها به یک سیم جریان وصل شده اند (جدول ۲ را ببینید). سنسور حرارتی به سیم خاکستری رنگ متصل شده است. این سیمها (۱۲) از قسمت مدور (گردان) بالایی پروب بیرون می‌آیند. در هر یک از سیمها سرشاخه های موزی شکلی قرار دارند که باعث اتصال بهتر آنها به دستگاه مقاومت‌سنج می‌گردند.

جدول ۲- رنگ سیم‌های متصل به الکترودهای مختلف دستگاه EC-Probe

رنگ سیم متصل به الکتروده	شماره الکتروده (بر اساس شکل ۲)
سبز	۶
سفید	۷
قهوه ای	۸
زرد	۹

* مقاومت سنج

مقاومت سنج شامل یک محفظه ضد آب و ضد ضربه همراه با صفحه کنترل می باشد که در یک جعبه قابل حمل قرار می گیرد. شکل شماره ۳ نشان دهنده اجزای مختلف این دستگاه است. این دستگاه با ۸ عدد باتری ۱/۵ ولتی از نوع آلکالین و یا باتری های قابل شارژ کار می کند. به منظور رعایت مسائل ایمنی یک فیوز ۰/۱ آمپری ۲۵۰ ولت (۹) نیز نصب شده است.



شکل ۳- اجزای مختلف دستگاه مقاومت سنج

همانطوری که مشاهده می شود در سمت چپ صفحه کنترل چهار نقطه (۱، ۲، ۳، و ۴) به عنوان محل اتصال سیم های الکترودهای EC-probe وجود دارند. یک قطعه فلزی (۵) برای اتصال این نقاط به یکدیگر وجود داشته که این قطعه متحرک بوده و قابل برداشته شدن و یا گذاشتن در بین هر یک از جفت نقطه ها می باشد. قرائت های این دستگاه با فشار دادن دکمه "TEST" (۸) آغاز می شود. صفحه نمایش گر دیجیتال (۷) مقدار مقاومت قرائت شده (حداکثر تا ۲۰۰۰ اهم) و نیز وضعیت باتری دستگاه را نشان می دهد.

جدول ۳- مشخصات فنی دستگاه مقاومت سنج

دمای استاندارد	۲۳ درجه سانتیگراد ± 3 کلین
رطوبت نسبی استاندارد	بین ۴۵ و ۵۵ درصد
ولتاژ	۹/۵ ولت ± 0.2 ولت
میدان الکتریکی	کمتر از ۱ ولت بر متر
میدان مغناطیسی	کمتر از ۴۰ آمپر بر متر
مقاومت قابل اندازه گیری	۰ تا ۲۰۰۰ اهم
زمان پاسخ دستگاه	۴ تا ۸ ثانیه
مشخصات منبع تغذیه	۸ عدد باتری ۱/۵ ولتی از نوع LR 14 و یا باتری های شارژی با همان اندازه از نوع NiMH یا NiCd
طول عمر باتری	۴۵۰۰ قرائت (باتری های آلکالین) و ۱۱۸۰ قرائت (باتری های شارژی)
شرایط محیط در هنگام استفاده	دما از -۱۰ تا +۵۵ درجه سانتیگراد و رطوبت نسبی از ۲۰ تا +۹۰ درصد
شرایط محیط نگهداری دستگاه	دما از -۴۰ تا +۷۰ درجه سانتیگراد و رطوبت نسبی از ۲۰ تا +۹۰ درصد

علائم هشداردهنده

به منظور بازدید از عملکرد دستگاه، علائم هشداردهنده مختلفی بر روی صفحه نمایش گر و یا در قسمت پایین آن (۱۰ و ۱۱) ظاهر می شوند که بایستی مورد توجه قرار گیرند. این علائم معمولاً هنگامی که سیم ها به خوبی متصل نباشند و یا باتری ها ضعیف شده باشند در حالت چشمک زن قرار خواهند گرفت. ذیلاً به هر یک از آن ها اشاره شده است.

(۷): $\text{---} + \text{P}$ باتری ها ضعیفند (به صورت درشت نمایش داده می شود).

(۷): اگر علامت "minus" به صورت درشت نمایش داده شود بیان گر نقض شرایط اندازه‌گیری است. جهت جریان مخالف شده است.

(۱۰): چنانچه در قسمت مدار E-H گزینه "FAULT" روشن شود نشانه این است که مقاومت مدار خیلی زیاد بوده و یا فیوز معیوب است.

(۱۱): چنانچه در قسمت مدار ES-S گزینه "HIGH RESISTANCE" روشن شود نشانه این است که اندازه‌گیری‌ها تحت تاثیر خیلی زیاد مقاومت مدار ES-S قرار گرفته است. چنانچه در این قسمت گزینه "HIGH NOISE" روشن شود یعنی اینکه تداخل خیلی زیاد ولتاژ در مدار ES-S رخ داده و نشانه این نکته است که اشباع الکترونیکی اتفاق افتاده و اندازه‌گیری‌ها دیگر معتبر نمی‌باشند.

* اگر اسکنه‌ای

اگر اسکنه‌ای (منقاری) شامل یک نیم استوانه با لبه های تیز در دو طرف بوده و ۱۲۰ سانتی متر طول دارد. عمق موثر این اگر در هر بار نمونه‌برداری ۵۰ سانتی‌متر است. قطر خارجی آن ۲۴ میلی‌متر بوده که کمی از قطر پروب باریکتر می‌باشد. دسته جدا شونده این اگر باعث کمتر شدن حجم وسیله شده و کمک می‌نماید که بتوان آن‌را به خوبی در کنار سایر وسایل دستگاه جاسازی نمود. این اگر از استیل منگنز آهن ساخته شده، غیرسمی و فاقد لعاب جداره است.

چند نکته مهم:

- ❗ قبل از اقدام به حفر سوراخ و نصب پروب کلیه کابل‌ها، لوله‌ها و اتصالات را بازدید نمایید.
- ❗ پروب EC را به صورت عمودی به داخل سوراخ حفر شده پایین برده و یا از آن خارج نمایید. از چرخاندن پروب در هنگام نصب و یا خارج کردن آن اجتناب کنید. چرخاندن ممکن است باعث شود تا رینگهای قرار گرفته در وسط الکترودها در جهات مختلف بچرخند و موجب قطع شدن و یا خرابی سیم‌های جریان در داخل پروب گردند.
- ❗ برای تعمیر دستگاه از افراد و نمایندگان مجاز کمک گرفته و هنگام تعویض قطعات از قطعات یدکی اصلی آن استفاده کنید.
- ❗ قبل از باز نمودن دستگاه و تعویض باطری‌های مقاومت‌سنج، تمامی سیم‌های متصل به پروب را قطع نمایید.
- ❗ باطری‌های دستگاه مقاومت‌سنج را به صورت همزمان تعویض نمایید. هرگز از ترکیب باطری‌های قدیمی و نو با یکدیگر استفاده نکنید.

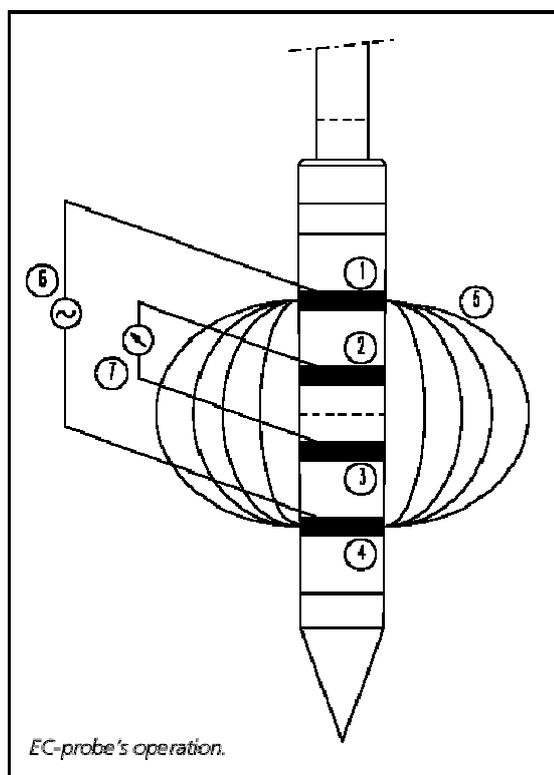
کاربردهای دستگاه

عمق موثر اندازه‌گیری این دستگاه اجازه می‌دهد که مقدار نمک در منطقه‌ای از خاک که ریشه‌ها وجود دارند و نیز زیر عمق شخم و یا در لایه‌های مجزای خاک نیز قابل تعیین باشد. مجموعه دستگاه EC-probe به منظور اندازه‌گیری، پایش و پیمایش شوری خاک در زمینه‌های تحقیقاتی زیر به کار می‌رود:

- * بررسی مشکلات شوری‌زائی بواسطه آبیاری اراضی
- * مطالعه ترکیبات شیمیائی و کیفیت آب زیرزمینی در تحقیقات اکوهیدرولوژیک و به منظور تامین آب شرب
- * انجام تحقیقات شوری‌زائی در مناطق حفاظت شده طبیعی
- * ارزیابی اثر شوری بر روی انواع مختلف گیاهان
- * مطالعه میزان شوری‌زائی که بواسطه استفاده از کودها بوجود می‌آید.
- * اندازه‌گیری میزان شوری خاک در حاشیه جاده‌ها که بدلیل پاشش نمک در سطح جاده در زمستان رخ می‌دهد.
- * اندازه‌گیری میزان نمک موادی که برای پرکردن سازه‌ها در مهندسی عمران به کار می‌روند.

طرز کار دستگاه

اندازه‌گیری مقاومت خاک توسط این چهار الکتروود بر اساس روش ونر بوده که توسط Rhoades و Van Schilfhaarde (۱۹۷۶) بر روی دستگاه EC-probe انجام شده است. شکل شماره ۴ طرز کار این روش را بیان می‌کند.



شکل ۴- طرز کار EC-probe

بر اساس شکل فوق منبع تغذیه (۶) جریان متناوبی را بین دو الکتروود جریان (۱ و ۴) ایجاد می‌نماید و بالنتیجه باعث ایجاد یک میدان الکتریکی می‌شود. شدت این میدان بستگی به شدت جریان الکتریکی ورودی و نیز فاصله بین این چهار الکتروود دارد. مقاومت خاک باعث کاهش ولتاژ بین الکتروودهای جریان می‌شود. دستگاه مقاومت‌سنج (۷) اختلاف پتانسیل بین الکتروودهای اندازه‌گیرنده (۲ و ۳) را تعیین می‌نماید. خارج قسمت اختلاف پتانسیل ثبت شده و شدت جریان ورودی برابر عددی به نام مقاومت است. دستگاه EC-probe مقدار مقاومت در یک حجم بیضی شکل ۸۰ سانتی‌متر مکعبی از خاک اطراف پروب را تعیین می‌نماید.

از آنجا که EC نسبت به دما حساس است، دمای خاک توسط سنسور موجود در پروب قرائت می‌شود و برای تبدیل مقادیر EC و مقاومت به مقادیر آن‌ها در دمای استاندارد به کار می‌رود.

با استفاده از یک مقدار ثابت تجربی یا ثابت سلولی (Cell constant) که توسط شکل و فاصله بین الکتروودها تعیین می‌گردد، مقادیر مقاومت به هدایت الکتریکی خاک (ECs) و همچنین در صورت نیاز به مقاومت زمینی تبدیل می‌شوند. مقدار عددی این ضریب برای دستگاه مورد استفاده تعیین شده است.

دستگاه EC-probe مقدار ECs را بطور مستقیم در مزرعه اندازه‌گیری می‌نماید. اما میزان نمک خاک به طور مرسوم به صورت هدایت الکتریکی گل اشباع (ECe) بیان می‌گردد. اندازه‌گیری مقدار ECe در آزمایشگاه و توسط اضافه نمودن آب به نمونه‌ها تا موقعی که به حد سیالیت برسد و سپس اندازه‌گیری EC گل اشباع شده انجام می‌شود. مقدار ECe به صورت mS/cm و در دمای ۲۵ درجه سانتیگراد بیان شده و به عنوان استاندارد جهانی تعیین شوری خاک شناخته شده است.

مقدار ECs که به خاک مربوط می‌شود و ارتباطی به محلول خاک ندارد قابل تبدیل به ECe بوده و این کار از طریق یک نمودار کالیبراسیون انجام می‌شود. این نمودار با تعیین ECs در نقاط مختلف یک مزرعه و نیز نمونه‌گیری از خاک همان نقاط و تعیین ECe آن‌ها در آزمایشگاه قابل ترسیم می‌باشد. نمودار کالیبراسیون ترسیم شده بر روی تمامی خاک‌هایی که دارای بافت

مشابه و مقدار یکسان نگهداری آب در نقطه ظرفیت زراعی دارند قابل اعمال خواهد بود. با انجام این کار میتوان گفت که توسط دستگاه مورد نظر مقدار ECE به صورت مستقیم در مزرعه قابل تعیین خواهد شد. در صورت نیاز مقادیر ECE برای تعیین مقدار کل نمک‌های حل شده در خاک نیز مورد استفاده واقع خواهد شد. همانطوری که قبلاً نیز اشاره شد این کار می‌تواند با تبخیر کردن آب یک نمونه از خاک و یا استفاده از روابط موجود بین ECE و میزان نمک‌های خاک تحقق یابد.

نحوه استفاده از EC-Probe

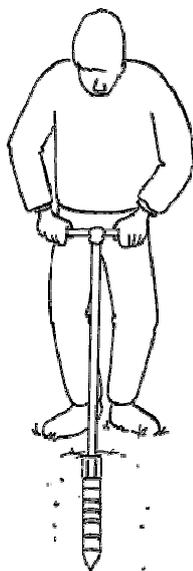
قبل از بکارگیری دستگاه لازم است که به چندین نکته اشاره شود. همانطوری که قبلاً هم اشاره شد، قرائت‌های دستگاه بایستی در شرایط یکسان رطوبتی انجام شود.

اندازه‌گیری‌های شوری و کالبراسیون نمونه‌های خاک تحت شرایط یکسان رطوبتی کار بسیار مشکلی است.

به منظور بدست آوردن مقادیر یکسان رطوبت در تمام نمونه‌گیریها پیشنهاد می‌گردد که تمامی قرائتها در نقطه ظرفیت زراعی خاک انجام شود. این نقطه دو یا سه روز پس از آبیاری و یا یک باران سنگین رخ خواهد داد. همچنین قابل اشاره است که وجود فاصله ۲۵ میلی‌متری بین الکترودها اجازه می‌دهد که اندازه‌گیری‌ها در پروفیل‌های ۱۵ سانتی‌متری از خاک قابل انجام شوند. این موضوع باعث می‌شود که قادر باشیم تا مقادیر EC را در لایه‌های مجزای خاک تعیین نماییم. در هر بار قرائت این دستگاه حجم اندازه‌گیری‌ها نسبتاً کوچک است (۸۰ سانتی‌متر مکعب)، لذا چندین بار اندازه‌گیری به منظور میانگین‌گیری از تغییرات شوری خاک امری ضروری به نظر می‌رسد. برای استفاده از دستگاه EC-Probe به منظور اندازه‌گیری مقاومت زمین (earth Resistivity) مراحل زیر را انجام دهید:

- دسته‌ها را به اگر اسکنه‌ای و پروب EC متصل نمایید.

قبل از انجام عملیات حفر، کابل‌ها و لوله‌های دستگاه را بازدید نمایید.



۲- از اگر اسکنه‌ای برای حفر تا عمق مورد نظر (و نه بیشتر) استفاده نموده تا بتوانید مقدار مقاومت در آن عمق را توسط پروب EC قرائت کنید.

۱-۲- اگر اسکنه‌ای را عمودی به داخل خاک برده و هیچگاه آنرا نچرخانید. حداکثر عمق فرو بردن اگر در هر بار نمونه‌برداری باید ۵۰ سانتی متر باشد. چنانچه با سختی و مقاومت شدید خاک مواجه شدید باید طول نمونه‌ها را کوتاه تر گرفته و یا اگر را به اندازه یک دایره کامل بچرخانید.

۲-۲- بدون اعمال فشار بر روی اگر، آنرا یک دایره کامل چرخانده تا نمونه قطع شود (این کار بیرون کشیدن اگر را راحت تر کرده و مانع از ریختن نمونه از اگر بدون چاهک می‌گردد). همزمان با انجام چرخش تمام اگر را بیرون بیاورید.

۲-۳- از کاردک خمیده (که انحنای آن رو به بالا باشد) برای در آوردن نمونه خاک از بدنه اگر استفاده نمایید.

۳- پروب EC را به صورت عمودی و بدون هیچ گونه چرخشی وارد سوراخ حفر شده توسط اگر کنید. به منظور کسب نتایج مناسب لازم است که پروب با خاک اطراف در تماس کامل باشد. همچنین برای تنظیم سریع درجه حرارت قسمت مخروطی شکل پروب نیز بایستی در تماس مستقیم با خاک باشد.

عملیات نصب یا خارج کردن EC-probe از داخل سوراخ حفر شده را به صورت عمودی و

بدون هیچ گونه چرخش انجام دهید. چرخاندن ممکن است باعث شود تا رینگ‌های روی دستگاه در جهات مختلف بچرخند و موجب قطع شدن و خرابی سیم جریان داخل پروب گردد.

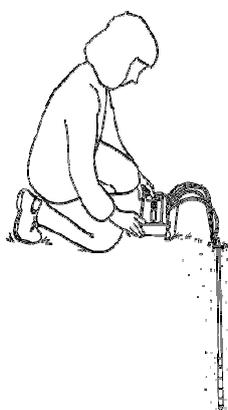
۴- قطعات فلزی اتصال دهنده بین نقاط E-ES و S-H روی دستگاه مقاومت‌سنج بایستی برداشته شده باشند. اگر چنین نیست، این کار را انجام دهید.

۵- سرشاخه های موزی شکل متصل به سر سیم‌های پروب EC را به نقاط روی دستگاه مقاومت‌سنج متصل نمایید. این کار را بر اساس رنگ سیم‌ها و به صورت جدول شماره ۴ انجام دهید.

جدول ۴- رنگ سیم‌های متصل به نقاط مختلف دستگاه مقاومت‌سنج

رنگ سیم	نقاط روی دستگاه مقاومت‌سنج
زرد	E
قهوه ای	ES
سفید	S
سبز	H
خاکستری	به جایی وصل نشود

۱/ از اتصال کامل سیم‌ها به دستگاه مقاومت‌سنج اطمینان حاصل نمایید. برای این کار از علائمی که در صورت بروز اشکال بر روی دستگاه مقاومت‌سنج ظاهر می‌شوند استفاده کنید.



۶- اندازه‌گیری را آغاز نمایید. دکمه "Test" دستگاه مقاومت‌سنج را فشار داده و تا زمانی که عدد اندازه‌گیری را روی صفحه نمایش گر نشان دهد نگهدارید. علائم اختصار را مجدداً چک کنید. چنانچه لازم باشد وضعیت موجود را تغییر داده و قرائت را تکرار نمایید. به محض رها کردن دکمه، دستگاه فوراً خاموش می‌شود. لذا لازم است که مقاومت اندازه‌گیری شده را یادداشت کنید. این عدد بیان‌گر مقاومت اندازه‌گیری شده در دمای غالب موجود خواهد بود که با R_t و بر حسب اهم (Ω) نشان داده می‌شود.

۷- در گام بعدی فاکتور تصحیح دما را تعیین نمایید. روش تعیین این فاکتور در ادامه آمده است.

تعیین فاکتور تصحیح دما

- ۱- تمامی سیم‌های پروب EC که به دستگاه مقاومت‌سنج متصلند را باز کنید.
- ۲- قطعه اتصال فلزی بین نقاط E-ES و S-H را مجدداً نصب نمایید.
- ۳- سیم‌های زرد و خاکستری پروب EC را بر اساس جدول زیر به دستگاه مقاومت‌سنج متصل کنید.

جدول ۵- سیم‌های متصل به دستگاه مقاومت‌سنج در هنگام تعیین فاکتور تصحیح دما

رنگ سیم	نقاط روی دستگاه مقاومت‌سنج
زرد	ES
خاکستری	S

۴- دکمه "Test" را فشار داده تا زمانی که مطمئن شوید تا عدد نشان داده شده بر روی صفحه نمایش گر ثابت شده است. این کار بین ۱ تا ۳ دقیقه از زمان وارد کردن پروب EC به داخل سوراخ حفر شده طول می‌کشد (بستگی به اختلاف دما بین پروب و خاک دارد). به عدد نمایش داده شده توجه کنید.

۵- این عدد را بر ۱۰۰۰ تقسیم نموده تا فاکتور تصحیح دما (f_t) محاسبه شود. برای تعیین دمای خاک متناظر با این عدد به بخش ضمیمه مراجعه کنید.

مثال: فاکتور تصحیح دما برای عدد قرائت شده ۱۲۴۷ برابر با $1/247$ می‌باشد (دمای خاک مورد نظر ۱۵/۰ درجه سانتیگراد بوده است).

محاسبه EC_s و مقاومت زمینی

۱- به محض اندازه‌گیری مقاومت و تعیین فاکتور تصحیح دما، هدایت الکتریکی خاک بر اساس فرمول ذیل قابل تعیین است:

$$EC_s = k \cdot f_t / R_t$$

که در این فرمول EC_s : هدایت الکتریکی خاک بر حسب mS/cm یا $mmho/cm$ در دمای استاندارد ۲۵ درجه سانتیگراد است.

$$(1mS/m = 1mmho/cm)$$

K : ثابت بدست آمده به صورت تجربی یا "ثابت سلولی" است که بر حسب cm^{-1} بیان می‌شود. این عدد برای پروب EC از نوع Eijkelkamp برابر $17/5cm^{-1}$ می‌باشد.

f_t : فاکتور تصحیح دما به منظور تبدیل مقدار اندازه‌گیری شده EC_s به مقدار استاندارد آن در دمای ۲۵ درجه سانتیگراد است.

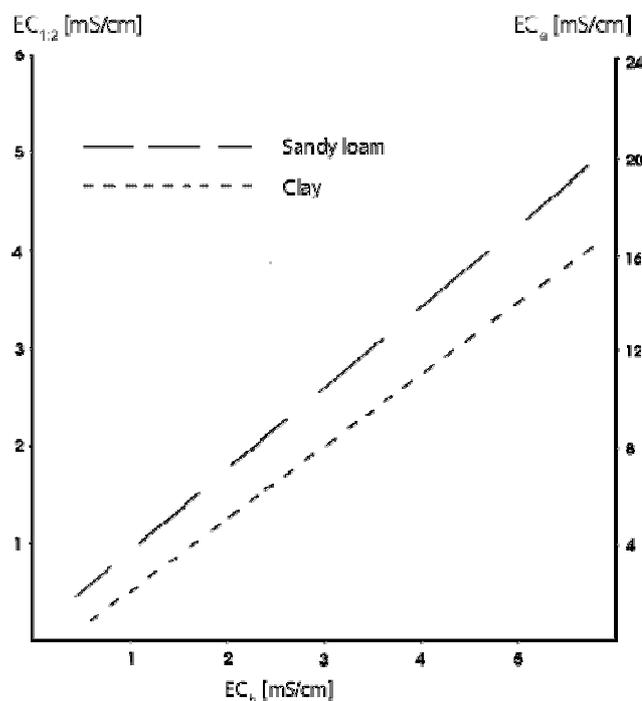
R_t : مقاومت اندازه‌گیری شده در دمای غالب خاک بر حسب اهم (Ω) می‌باشد.

۲- چنانچه لازم باشد مقدار مقاومت زمینی (Earth Resistivity) را با محاسبه معکوس EC_s یعنی $1/EC_s$ تعیین نمایید. واحد مقاومت زمینی کیلو اهم سانتی متر ($k\Omega.cm$) می‌باشد.

مثال: چنانچه مقاومت اندازه‌گیری شده توسط دستگاه ۵۰۳ اهم و فاکتور تصحیح دما $1/247$ باشد مقدار EC_s بدین صورت محاسبه می‌گردد که $EC_s = 17.5 \cdot 1.247 / 5.3 = 0.04mS/cm$ at $25^\circ C$ و مقدار مقاومت زمینی برابر با $1/0.04 = 25k\Omega.cm$ است.

نمودار کالیبراسیون

مقدار EC_s بستگی به ساختمان، بافت خاک، میزان رطوبت و مقدار نمک موجود در این رطوبت دارد. برای تبدیل مقدار EC_s به مقدار استاندارد ECE بایستی نمودار کالیبراسیون مانند شکل ۵ ترسیم گردد.



شکل ۵- یک نمونه از نمودار کالیبراسیون برای دو نوع خاک مختلف

همانطوری که قبلاً نیز تاکید شد انجام اندازه‌گیری‌های این دستگاه تحت شرایط یکسان رطوبتی ضروری است. همچنین برای هر خاکی بایستی یک نمودار کالیبراسیون مجزا ترسیم شود. مراحل انجام این کار به شرح زیر است.

- ۱- از آگر اسکنه‌ای برای سوراخ کردن خاک استفاده کنید.
- ۲- با استفاده از آگر اسکنه‌ای از عمق‌های مورد نظر نمونه خاک تهیه کنید.
- ۳- مقدار ECs را در همان عمق‌ها تعیین نمایید.
- ۴- مراحل ۱ تا ۳ را اینقدر تکرار کنید تا تعداد نمونه کافی برای ترسیم نمودار کالیبراسیون بدست آید.
- ۵- مقدار ECE نمونه‌ها را تعیین نمایید (چنانچه لازم است مقدار مشابه ECE مانند $ECE_{1,2}$ را تعیین نمایید).
- ۶- نمودار کالیبراسیون را با قرار دادن مقادیر ECs بر روی محور x ها و ECE بر روی محور y ها و سپس گذراندن یک خط رگرسیونی مستقیم از بین این نقاط ترسیم نمایید.
- ۷- از معادله نمودار ترسیم شده برای خاک مورد نظر برای تبدیل سایر مقادیر ECs به ECE استفاده نمایید.
- ۸- مراحل ۱ تا ۷ را برای سایر انواع خاک‌ها تکرار نمایید.

عیب یابی

- در هنگام بروز این علائم هشدار دهنده زیر به آن‌ها دقت نموده و برای رفع عیب دستگاه اقدام نمایید.
- علامت " - " (معکوس شدن جهت جریان)
- این علامت که بیان‌گر یک مقدار منفی برای جریان است در صورتی ظاهر می‌شود که سیم‌های H و E (سبز و زرد) و یا E و S (زرد و سفید) به خوبی متصل نشده باشند. بایستی این سیم‌ها به طور مطمئن و مناسبی به دستگاه وصل شده باشند.
- بروز خطا در مدار E-H
- روشن شدن چراغ موجود در قسمت مدار E-H مقاومت‌سنج نشان می‌دهد که ولتاژ بین نقاط E و H خیلی زیاد شده و ولتاژ خروجی به حداکثر ۳۰ ولت رسیده است. این علامت وقتی ظاهر می‌شود که :
- مدار E-H دارای مقاومت خیلی زیادی شده و یا فیوز خراب شده است.
- بایستی پروب EC، سیم‌های جریان، اتصالات و فیوز بازدید شوند. برای بازدید فیوز لازم است که ابتدا مدار کوتاه بین E و H یا همان اتصال فلزی بین ایندو (۵) برداشته شود. چنانچه چراغ قرمز چشمک‌زن شد، بایستی فیوز تعویض شود.
- بروز خطا در مدار اندازه‌گیری ES-S
- روشن شدن چراغ موجود در قسمت مدار ES-S مقاومت‌سنج نشان می‌دهد که مقاومت بالای ۵۰ کیلو اهم است و بیان‌گر این نکته است که اندازه‌گیری‌ها تحت تاثیر مقاومت مدار ES-S قرار گرفته اند. در هنگام اندازه‌گیری وقتی که مقاومت به زیر ۵۰ کیلو اهم برسد این علامت به حالت چشمک‌زن باقی خواهد ماند. در این شرایط پروب، سیم‌ها و اتصالات را بازدید نمایید.
- بروز مشکل تداخل در مدار اندازه‌گیری ES-S
- این علامت نشان دهنده تداخل ولتاژ در مدار اندازه‌گیری است. نوسانات ولتاژ بین نقاط ES و E از ۱۳ ولت تجاوز می‌کند و مانع از اندازه‌گیری می‌گردد. برای حل این مشکل باید نقطه دیگری بر روی زمین برای اندازه‌گیری EC انتخاب شود.
- علامت \oplus (ضعیف بودن باتری)
- هنگامی که این علامت به صورت چشمک‌زن قرار می‌گیرد بیان‌گر این است که باتری‌های دستگاه مقاومت‌سنج ضعیف شده اند و از این لحظه به بعد تعداد محدودی قرائت را می‌تواند انجام دهد (حدود ۵۰ قرائت برای باتری‌های آلکالین و ۲۰ قرائت برای باتری‌های قابل شارژ). در این صورت باتری‌ها را سریعاً تعویض نمایید.
- علامت "1--"
- بیان‌گر این است که مقاومت از حد قابل اندازه‌گیری (۲۰۰۰ اهم) زیادتر شده است. در این حالت اتصالات را بررسی نمایید.

چند نکته

- همزمان با انجام اندازه‌گیری‌ها، باتری‌های قابل شارژ دستگاه مقاومت‌سنج به سرعت تخلیه می‌شوند. باتری‌های قابل شارژ بر خلاف باتری‌های آلکالین انرژی کمتری داشته و حتی در هنگامی که قرائتی انجام نمی‌شود نیز تخلیه می‌شوند.
- نمونه‌برداری توسط آگر اسکنه‌ای نیازمند مصرف زیادی انرژی است. بنابراین نمونه‌های کوتاه‌تری را برداشت نمایید. بدین منظور آگر را یک دور کامل چرخانده تا نمونه‌ها قطع شده و سپس نمونه‌برداری را ادامه دهید.

-ریختن خاک نمونه‌ها در حین نمونه‌برداری در دو صورت اتفاق می‌افتد. یا عمل قطع کردن نمونه‌ها در حین نمونه‌برداری به دفعات زیادی انجام و باعث کم شدن چسبندگی خاک به آگر شده است و یا اینکه نوع خاک محل نمونه‌برداری دارای چسبندگی کمی است.

نگهداری دستگاه

مقاومت سنج

-تمیز نمودن این دستگاه باید با استفاده از یک پارچه مرطوب انجام شود. هرگز از الکل، پارافین و یا سایر مواد هیدروکربنی برای این کار استفاده نکنید.

-باتری‌ها را هنگامی تعویض کنید که خالی شده باشند. برای این کار چهار عدد گیره پائین جعبه دستگاه را باز کنید. سپس قسمت محافظ به همراه صفحه جلویی محفظه زرد رنگ را در آورید. سپس دو عدد گیره مربوط به پوشش باتری‌ها را باز کرده و هشت عدد باتری را در آورده و تعویض نمایید. در هنگام تعویض به جهت قرارگیری باتری‌ها توجه کنید. پس از تعویض این قسمت را ببندید.

توجه: تعویض باتری‌های دستگاه با باتری‌های قابل شارژ نیز امکانپذیر است. بدین منظور قطعه اتصال زیر باتری‌ها را برداشته و سویچ را در موقعیت NiCd/NiMH قرار دهید. قطعه اتصال را مجدداً در جای خود قرار داده و بر روی آن هشت عدد باتری قابل شارژ بگذارید.

-به منظور بازدید فیوز، اتصال کوتاه بین نقاط H و E ایجاد نموده و قرائت را انجام دهید. چنانچه چراغ علامت "FAULT" روشن شد به مفهوم اینست که فیوز پریده است. فیوز در جلو صفحه دستگاه قرار گرفته است. با پیچ‌گشتی پیچ این قسمت را به اندازه 1/4 چرخانده و قسمت نگارنده فیوز را بیرون آورید. فیوز (FF 0.1 A-250 V-6.3*32-30 kA) را تعویض نموده و مجدداً جا سازی نمایید و پیچ را سفت کنید.

-در صورت عدم استفاده طولانی از دستگاه مقاومت‌سنج، باتری‌ها را در آورده و دستگاه را در شرایط مناسبی نگهداری نمایید. قبل از هر بار استفاده، باتری‌ها را شارژ کنید.

آگر اسکنه‌ای و پروب EC

-پیشنهاد می‌گردد که تجهیزات این دستگاه را در شرایط مناسبی نگهداری نموده و به محض استفاده آن‌ها را با آب بشویید.
-آگر و پروب EC را بعد از استفاده با آب شستشو داده و خشک کنید و آن‌ها را در کیف حمل وسایل جاسازی نمایید.
- آگر اسکنه‌ای را در شرایط مرطوب نگهداری نکنید. استفاده اصولی از آن باعث می‌شود که لبه‌های آن همیشه تیز باقی بمانند. وقوع اکسیداسیون بر روی بدنه آگر در شرایط عادی ضرری نداشته و این مواد به محض استفاده از آگر ناپدید خواهند شد.

منبع مورد استفاده

OPERATING INSTRUCTIONS, 14.01 EC-PROBE SET FOR SOIL CONDUCTIVITY MEASUREMENTS,
www.eijklkamp.com

ضمیمه ۱: فاکتور تصحیح دما و دمای متناظر آن در خاک

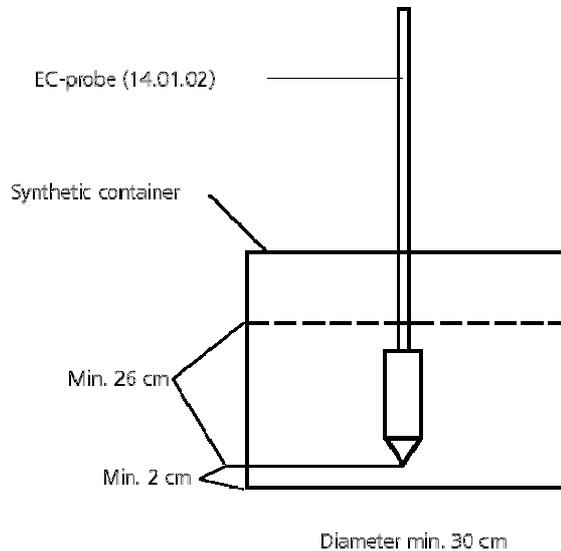
به منظور بدست آوردن فاکتور تصحیح دما (f_t) بلیستی عدد نشان داده شده بر روی نمایش گر مقاومت سنج بر ۱۰۰۰ تقسیم شود. جدول ۶ دمای خاک متناظر با فاکتورهای تصحیح دمای مختلف را نشان می دهد.

جدول ۶- تعیین دمای خاک ($^{\circ}\text{C}$) با استفاده از مقدار فاکتور تصحیح دما (f_t)

$^{\circ}\text{C}$	f_t	$^{\circ}\text{C}$	f_t	$^{\circ}\text{C}$	f_t
3.0	1.709	22.0	1.064	29.0	0.925
4.0	1.660	22.2	1.060	29.2	0.921
5.0	1.613	22.4	1.055	29.4	0.918
6.0	1.569	22.6	1.051	29.6	0.914
7.0	1.528	22.8	1.047	29.8	0.911
8.0	1.528	23.0	1.043	30.0	0.907
9.0	1.448	23.2	1.038	30.2	0.904
10.0	1.411	23.4	1.034	30.4	0.901
11.0	1.375	23.6	1.029	30.6	0.897
12.0	1.341	23.8	1.025	30.8	0.894
13.0	1.309	24.0	1.020	31.0	0.890
14.0	1.277	24.2	1.016	31.2	0.887
15.0	1.247	24.4	1.012	31.4	0.884
16.0	1.218	24.6	1.008	31.6	0.880
17.0	1.189	24.8	1.004	31.8	0.877
18.0	1.163	25.0	1.000	32.0	0.873
18.2	1.157	25.2	0.996	32.2	0.870
18.4	1.152	25.4	0.992	32.4	0.867
18.6	1.147	25.6	0.988	32.6	0.864
18.8	1.142	25.8	0.983	32.8	0.861
19.0	1.136	26.0	0.979	33.0	0.858
19.2	1.131	26.2	0.975	34.0	0.870
19.4	1.127	26.4	0.971	35.0	0.829
19.6	1.122	26.6	0.967	36.0	0.815
19.8	1.117	26.8	0.964	37.0	0.801
20.0	1.112	27.0	0.960	38.0	0.788
20.2	1.107	27.2	0.956	39.0	0.775
20.4	1.102	27.4	0.953	40.0	0.763
20.6	1.097	27.6	0.950	41.0	0.750
20.8	1.092	27.8	0.947	42.0	0.739
21.0	1.087	28.0	0.943	43.0	0.727
21.2	1.082	28.2	0.940	44.0	0.716
21.4	1.078	28.4	0.936	45.0	0.705
21.6	1.073	28.6	0.932	46.0	0.694
21.8	1.068	28.8	0.929	47.0	0.683

ضمیمه ۲: کالیبراسیون پروب تعیین هدایت الکتریکی خاک مدل 14.01

به منظور اطمینان از عملکرد صحیح دستگاه EC-Probe میتوان فرایند کالیبراسیون بیان شده در این ضمیمه را برای تعیین مقدار دقیق K یا ثابت سلولی (Cel-Constant) انجام داد. انجام عملیات کالیبراسیون به کاربران این دستگاه اجازه می‌دهد که دقت اندازه‌گیری توسط این دستگاه را تعیین و از کارکرد آن اطمینان حاصل نمایند.



شکل ۶- کالیبراسیون پروب EC

برای انجام کالیبراسیون دستگاه بایستی فرایندهای کالیبراسیون شماره ۱، ۲ و ۳ که در زیر بیان شده اند را دنبال نمایید:

کالیبراسیون ۱:

- * همانند شکل بالا، پروب را در سطل پلاستیکی با قطر بزرگ‌تر یا مساوی ۳۰ سانتی‌متر قرار دهید.
- * سطل پلاستیکی را آب شیر پر کنید. ارتفاع آب درون سطل ۳۰ سانتی‌متر باشد.
- * با استفاده از یک EC متر دقیق (که نسبت به دما کالیبره شده است) مقدار EC آب درون سطل را تعیین نمایید. چنانچه تصحیح دما به صورت دستی انجام می‌گردد باید سنسور دمایی هم به طور همزمان درون آب قرار داده شده و دمای آب قرائت گردد. مقدار EC آب را بر حسب میلی‌زیمنس بر سانتی‌متر تعیین و یادداشت کنید.
- * اکنون EC آب را توسط پروب شوری سنج خاک (EC-Probe) مدل 14.01 تعیین نمایید. سرشاخه‌های موزی شکل سیم‌های پروب را به محل‌های مربوطه بر روی مقاومت‌سنج متصل نمایید. در این مرحله به رنگ سیم‌ها و نوشته‌های روی آن‌ها دقت نمایید تا درست متصل گردند. قطعات فلزی اتصال دهنده نقاط روی مقاومت‌سنج بایستی در این حالت باز شده باشند. دقت کنید که در این مرحله چهار سیم الکتروود به دستگاه متصل می‌شوند ولی سیم خاکستری متصل نمیشود. سپس دکمه "Test" را فشار داده و عدد نمایش داده شده را قرائت و یادداشت کنید.
- * اکنون فاکتور تصحیح دما باید تعیین شود. بدین منظور تمامی سیم‌های متصل به دستگاه را قطع کرده و قطعات اتصال دهنده فلزی را وصل نمایید. سیم‌های زرد و خاکستری را به محل‌های مربوطه متصل نموده و دکمه "Test" را فشار دهید و عدد نشان داده شده را یادداشت کنید. این عدد را بر ۱۰۰۰ تقسیم نموده تا فاکتور تصحیح دما (f_t) محاسبه شود.

کالیبراسیون ۲ و ۳:

- * دو مرتبه دیگر بایستی فرایند کالیبراسیون بیان شده در بالا را تکرار نمایید. اما قبل از انجام این کار باید شوری آب را با افزودن مقداری نمک NaCl به آن افزایش دهید. پیشنهاد می‌گردد که اضافه کردن نمک در دو مرحله تا جایی

ادامه یابد که هدایت الکتریکی آب درون سطل به ترتیب تا مقادیر ۱/۵ و ۴ میلی زمینس بر سانتی متر افزایش یابد. چنانچه اعداد دیگری هم بدست آمد مشکلی ایجاد نخواهد شد.

* به منظور چک نمودن مقدار اصلی K مربوط به دستگاه EC-Probe مدل 14.01 (یعنی $17/5 \text{ cm}^{-1}$) باید اطلاعات جمع آوری شده در کالیبراسیون های شماره ۱، ۲ و ۳ را در فرمول زیر قرار دهید :

$$EC = k * f_i / R_i$$

که در این فرمول EC: هدایت الکتریکی آب درون سطل که توسط EC متر بدست آمده است.

f_i : فاکتور تصحیح دما که توسط مقاومت سنج متصل به EC-Probe بدست آمده است.

R_i : مقاومت اندازه گیری شده توسط مقاومت سنج هنگامی که EC-Probe درون آب قرار داشته است.

* اکنون مقدار K را با جایگزینی اعداد بدست آمده در کالیبراسیون شماره ۱ بدست آورید.

* سپس مقدار K را با جایگزینی اعداد بدست آمده در کالیبراسیون شماره ۲ بدست آورید.

* همچنین مقدار K را با جایگزینی اعداد بدست آمده در کالیبراسیون شماره ۳ بدست آورید.

* نهایتاً مقدار میانگین K بدست آمده در کالیبراسیون های ۱، ۲ و ۳ را محاسبه کنید.

* میانگین بدست آمده را با مقدار اصلی ثابت سلولی دستگاه یعنی ۱۷/۵ مقایسه نمایید.

* چنانچه عدد بدست آمده بین ۲۰-۲٪ \pm مقدار اصلی باشد، توصیه می گردد که اندازه گیریهای مربوطه توسط این دستگاه را

بر اساس همان مقدار اصلی یعنی ۱۷/۵ انجام دهید.

* چنانچه عدد بدست آمده بین ۲۰-۲٪ \pm مقدار اصلی باشد (یا بین ۱۴ و ۲۱ باشد)، توصیه می گردد که ثابت سلولی

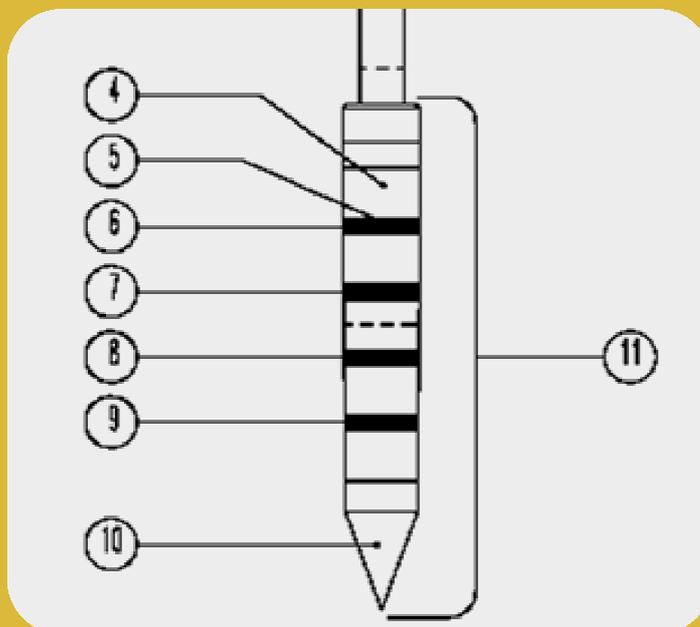
دستگاه را تغییر داده و برابر مقدار میانگین بدست آمده توسط عملیات کالیبراسیون قرار دهید.

* چنانچه عدد بدست آمده از محدوده ۲۰٪ \pm عدد اصلی دستگاه نیز فراتر شد توصیه می گردد که عملیات

کالیبراسیون مجددی توسط شرکت سازنده دستگاه انجام شود.

معرفی نامه:

دستگاه شوری سنج چهارالکترودی که برای اندازه‌گیری هدایت الکتریکی خاک به عنوان شاخص شوری استفاده می‌شود، شامل دو قطعه پروب تعیین هدایت الکتریکی (EC-probe) و مقاومت‌سنج (Resistivity meter) است. امروزه استفاده از این دستگاه به عنوان روشی سریع، آسان و نسبتاً ارزان درآمده که برای اهداف مختلف و به‌ویژه در پروژه‌های آبیاری و تحقیقات اکوهیدرولوژیک مناسب می‌باشد. این وسیله که می‌تواند در مزرعه مورد استفاده قرار گیرد، باید در تماس مستقیم با خاک باشد و از سطح تا عمق ۱۱۰ سانتی‌متری خاک به خوبی عمل نماید. از مزایای این دستگاه، عدم نیاز به نمونه‌برداری خاک و انجام آنالیزهای آزمایشگاهی برای تعیین شوری آن است. محققین، دانشجویان، دانشگاہیان، تکنسین‌ها و بهره‌برداران پیشرو که قصد استفاده از این وسیله در مزرعه و یا کرت آزمایشی خود را دارند، از مخاطبان این نشریه به شمار می‌آیند.



انتشارات مرکز ملی تحقیقات شوری

آدرس: یزد، انتهای بلوار آزادگان، مرکز ملی تحقیقات شوری، صندوق پستی ۳۱۵-۸۹۱۹۵

تلفن: ۷۲۱۲۳۱۱ فاکس: ۷۲۱۲۳۱۲ ۰۳۵۱ وبگاه: shoori.arei.ir