

وزارت جهاد کشاورزی
سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی
موسسه تحقیقات خاک و آب کشور
بخش آزمایشگاه ها

روش عملیاتی استاندارد تجزیه خاک

تعیین قابلیت هدایت الکتریکی (EC) عصاره های خاک

SWRI-S-103

شماره ثبت:

Rev-01-1403/10

ویرایش اول:

۱۴۰۳



روش عملیاتی استاندارد تجزیه خاک		موسسه تحقیقات خاک و آب	
SWRI-S- 103	شماره ثبت		
Rev-01-1403/10	ویرایش اول		
		تعیین قابلیت هدایت الکتریکی (EC) عصاره‌های خاک	دفتر آزمایشگاه‌ها

روش عملیاتی استاندارد تجزیه خاک

تعیین قابلیت هدایت الکتریکی (EC) عصاره‌های خاک

نقل مطالب با ذکر منبع بلامانع است.

نشانی: کرج، میدان استاندارد، جاده مشکین‌دشت، بلوار امام خمینی (ره)، موسسه تحقیقات خاک و آب کشور

صندوق پستی: ۳۱۱-۳۱۷۸۵

کد پستی: ۳۱۷۷۹۹۳۵۴۵

تلفن: ۰۲۶-۳۶۲۰۱۹۰۰

نمابر: ۰۲۶۳۶۲۱۰۱۲۱

پست الکترونیکی: info@swri.ir

وبسایت: <http://www.swri.ir>

مسئولیت صحت مطالب به عهده نگارندگان است.

روش عملیاتی استاندارد تمیزیه خاک		موسسه تحقیقات خاک و آب	
SWRI-S- 103	شماره ثبت		
Rev-01-1403/10	ویرایش اول		
		تعیین قابلیت هدایت الکتریکی (EC) عناصرهای خاک	دفتر آزمایشگاهها

فهرست مطالب

- ۱- مقدمه ۱
- ۲- اصول ۲
- ۳- وسایل ۳
- ۴- مواد و/یا واکنشگرها ۴
- ۵- روش کار ۴
- ۶- منابع مورد استفاده ۶

روش عملیاتی استاندارد تمیزیه خاک		موسسه تحقیقات خاک و آب	
SWRI-S- 103	شماره ثبت		
Rev-01-1403/10	ویرایش اول		
صفحه ۱ از ۱۱	تعیین قابلیت هدایت الکتریکی (EC) عصاره‌های خاک		بخش آزمایشگاه‌ها

۱- مقدمه

اصطلاح شوری^۱ در نمونه‌های آبی به صورت کلی به وجود مواد معدنی محلول و به‌طور خاص به حضور یون‌های سدیم، پتاسیم، کلسیم، منیزیم، کلر، سولفات، کربنات و بی‌کربنات اشاره دارد و در نمونه‌های خاک، بیانگر مجموع نمک‌هایی است که به آسانی در عصاره آبی استخراج شده از خاک، حل می‌شوند. تعاریف بالا توصیفی کیفی از شوری هستند و از نظر کمی، شوری را می‌توان به‌عنوان غلظت کل نمک‌های موجود در محلول خاک تعریف کرد [۱].

عامل‌های بسیاری باعث شور شدن منابع خاک می‌شوند، این عامل‌ها را می‌توان به دو گروه تقسیم نمود: (۱) عامل‌های اولیه یا طبیعی (۲) عامل‌های ثانویه یا ناشی از فعالیت‌های انسانی. بیش‌تر اراضی متأثر از نمک در اثر عامل‌های طبیعی به وجود می‌آیند. هوازگی سنگ‌های مادری که نمک‌های محلول آزاد می‌کنند، انتقال و رسوب نمک‌ها توسط باد و باران، بالا آمدن سطح آب زیرزمینی در اثر صعود موئینگی، نفوذ آب دریا و زهکشی ضعیف اراضی از جمله عامل‌های اولیه‌ای هستند که باعث شور شدن خاک‌ها می‌شوند. شور شدن ثانویه در نتیجه عملیات کشاورزی نادرست ایجاد می‌شود که عمدتاً مربوط به مدیریت نامناسب آب و خاک (آبیاری، زهکشی، خاکورزی و غیره) است. این مشکل زمانی بوجود می‌آید که نمک‌های اضافه شده با آب آبیاری به دلیل شست و شوی ناکافی یا محدودیت زهکشی در خاک تجمع پیدا می‌کنند [۲].

کارکرد خاک‌های متأثر از نمک در مقایسه با سایر خاک‌ها به شدت کاهش می‌یابد، به‌طوری که کاهش قابل‌توجه در بهره‌وری کشاورزی، کیفیت خاک، تنوع زیستی و افزایش فرسایش در این خاک‌ها مشاهده می‌شود. شوری عملکرد بافری خاک به عنوان یک فیلتر در برابر آلاینده‌ها را کاهش می‌دهد. تخریب ساختمان خاک، هدررفت خاک و مختل شدن کارکرد سیستم‌های زیست‌محیطی مانند چرخه‌های هیدرولوژیکی، مواد غذایی و بیوژئوشیمیایی در خاک‌های شور، نابسامانی در ارائه خدمات اکوسیستم که پشتوانه حیاتی زندگی بشر و تنوع زیستی است، را به دنبال دارد. شوری به عنوان تهدیدی برای خاک می‌تواند اثرهای نامطلوبی بر رشد اغلب گیاهان بگذارد. زیاد بودن غلظت املاح محلول در

^۱ Salinity

روش عملیاتی استاندارد تمیزیه خاک		موسسه تحقیقات خاک و آب	
SWRI-S- 103	شماره ثبت		
Rev-01-1403/10	ویرایش اول		
صفحه ۲ از ۱۱	تعیین قابلیت هدایت الکتریکی (EC) عصاره‌های خاک		
		بخش آزمایشگاه‌ها	

خاک می‌تواند با افزایش مکش اسمزی، سمیت ویژه یون‌ها و به‌وسیله اختلال در فرآیندهای متابولیکی گیاه باعث کاهش عملکرد آن شود [۳].

شور و سدیمی شدن خاک‌ها به دلیل تأثیر سوء بر بهره‌وری کشاورزی، یک مسئله مهم جهانی است. در مناطق خشک و نیمه‌خشک مانند استرالیا، آفریقا، غرب و جنوب غربی آمریکا، خاورمیانه و آسیای مرکزی، تجمع نمک‌ها در خاک و به دنبال آن وقوع پدیده شوری به دلیل بارندگی کم و نامنظم، تبخیر-تعرق زیاد و غلظت زیاد نمک‌های محلول به عنوان یک مشکل اساسی مطرح است. در ایران نیز همانند دیگر مناطق جهان شوری خاک یک تهدید جدی برای تولید محصولات کشاورزی، امنیت غذایی و پایداری^۱ محسوب می‌شود.

استفاده از مقاومت الکتریکی یا عکس آن؛ قابلیت هدایت یا رسانایی الکتریکی، سال‌های زیادی است که به عنوان روش مرجع برای اندازه‌گیری غلظت املاح در محلول‌ها به کار می‌رود. این روش بر مبنای تجزیه الکترولیت‌ها به ذرات باردار (یون‌ها) در آب، استوار است. یون‌ها جریان الکتریکی را حمل می‌کنند. هرچه غلظت یون‌ها بیشتر باشد، قابلیت هدایت الکتریکی محلول نیز بیشتر خواهد بود [۳-۵]. به‌طور کلی قابلیت هدایت الکتریکی نشان‌دهنده غلظت کل املاح بوده و می‌تواند به عنوان یک بیان کمی از غلظت نمک‌های محلول استفاده شود.

۲- اصول

قابلیت هدایت الکتریکی به معنی بیان توانایی یک محلول آبی برای عبور جریان الکتریکی، در قالب مقدار عددی است و به‌طور کلی نشان‌دهنده غلظت کل املاح بوده و می‌تواند به عنوان یک بیان کمی از غلظت املاح محلول استفاده شود. قابلیت هدایت الکتریکی به میزان تحرک، ظرفیت و غلظت نسبی یون‌های منفرد موجود در محلول بستگی دارد.

^۱ Sustainability

روش عملیاتی استاندارد تجزیه خاک		موسسه تحقیقات خاک و آب	
SWRI-S- 103	شماره ثبت		
Rev-01-1403/10	ویرایش اول		
صفحه ۳ از ۱۱	تعیین قابلیت هدایت الکتریکی (EC) عصاره‌های خاک		
		بخش آزمایشگاه‌ها	

تعیین EC به‌طور کلی شامل اندازه‌گیری فیزیکی مقاومت^۱ (R) برحسب اهم^۲ است. مقاومت یک ماده رسانا (مانند محلول نمکی) با سطح مقطع آن رابطه معکوس و با طول آن رابطه مستقیم دارد. از این‌رو، مقدار R اندازه‌گیری شده به ویژگی‌های (ابعاد و فاصله) سلول رسانا و الکترودها بستگی دارد. مقاومت ویژه^۳ (R_s) عبارت است از مقاومت مکعبی از نمونه که طول هر ضلع آن یک سانتی‌متر است. بیش‌تر الکترودهای تجاری دارای اندازه یک سان نیستند و تنها کسر معینی از R_s را اندازه‌گیری می‌کنند، این کسر ($\frac{R}{R_s}$) معمولاً ثابت سلول (K) نامیده می‌شود.

$$EC = \frac{1}{R_s} = \frac{K}{R} \quad (۳)$$

مقابل مقاومت یا R، قابلیت هدایت (C) قرار دارد که برای سادگی برحسب عکس واحد مقاومت (ohm) یعنی mho بیان می‌شود. در گذشته، قابلیت هدایت الکتریکی به‌طور معمول بر حسب میکروموس بر سانتی‌متر (μmho/cm) یا میلی‌موس بر سانتی‌متر (mmho/cm) گزارش می‌شد. در سیستم بین‌المللی واحدها^۴ (SI) به جای موس از زیمنس^۵ استفاده می‌شود. در این سیستم، EC بر حسب زیمنس بر متر (S/m) یا دسی‌زیمنس بر متر (dS/m) گزارش می‌شود. واحدهای قابلیت هدایت الکتریکی و نحوه تبدیل آن‌ها به صورت زیر است:

$$1 \text{ S} = 1 \text{ mho} \rightarrow \frac{1 \text{ S}}{\text{cm}} = \frac{1 \text{ mho}}{\text{cm}} = 1000 \text{ mmho/cm} \quad (۴)$$

$$\frac{1 \text{ dS}}{\text{m}} = \frac{1 \text{ mmho}}{\text{cm}} = \frac{1 \text{ mS}}{\text{cm}} = \frac{1000 \text{ } \mu\text{S}}{\text{cm}} \quad (۵)$$

۳- وسایل

(۱) EC متر.

(۲) آبفشان.

(۳) دستمال کاغذی.

(۴) بشر ۱۰۰ میلی‌لیتری.

^۱ Resistance

^۲ Ohms

^۳ Specific resistance

^۴ International system

^۵ Siemen

روش عملیاتی استاندارد تمیزیه خاک		موسسه تحقیقات خاک و آب	
SWRI-S- 103	شماره ثبت		
Rev-01-1403/10	ویرایش اول		
صفحه ۴ از ۱۱		تعیین قابلیت هدایت الکتریکی (EC) عصاره‌های خاک	بخش آزمایشگاه‌ها

۴- مواد و/یا واکنشگرها

برای تهیه محلول استاندارد KCl ۰/۰۱ نرمال، ۰/۷۴۵۶ گرم نمک KCl بی‌آب با عیار آزمایشگاهی را در آب مقطر حل کرده و به حجم یک لیتر برسانید. قابلیت هدایت الکتریکی این محلول در دمای ۲۵ درجه سلسیوس ۱/۴۱۳ دسی‌زیمنس بر متر است. بهتر است این نمک قبل از استفاده، دو ساعت در آون در دمای ۱۰۵ درجه سلسیوس قرار داده شده و پس از خنک شدن در دسیکاتور توزین گردد.

همچنین محلول استاندارد ۱/۴۱۳ دسی‌زیمنس بر متر به صورت تجاری و آماده در بازار قابل تهیه می‌باشد.

۵- روش کار

الف- تهیه عصاره آبی: عصاره آبی (عصاره گل اشباع، عصاره ۱:۱ و غیره) بر اساس روش استاندارد عملیاتی SWRI-S-101 و SWRI-S-102 تهیه نمایید.

الف- واسنجی کردن دستگاه EC متر

- دستگاه EC متر باید بر پایه روش زیر با استفاده از محلول KCl استاندارد به صورت روزانه واسنجی شود.
- دمای محلول استاندارد KCl ۰/۰۱ نرمال را اندازه‌گیری نمایید.
- الکتروود پلاتین دستگاه را در محلول KCl ۰/۰۱ نرمال قرار دهید. دستگاه در دمای ۲۵ درجه سلسیوس باید عدد ۱/۴۱۳ دسی‌زیمنس بر متر را نشان دهد. اگر عدد خوانده شده بیش‌تر یا کم‌تر از عدد ۱/۴۱۳ بود دکمه ثابت سلول دستگاه را تغییر داده تا دستگاه عدد ۱/۴۱۳ را نشان دهد. برای مقدار EC محلول KCl ۰/۰۱ نرمال در دماهای دیگر به جدول ۱ مراجعه شود. در جدول ۲ نیز EC محلول KCl با غلظت‌های مختلف در دمای ۲۵ درجه سلسیوس ارائه شده است.

۴) الکتروود دستگاه را با آب مقطر شسته و با دقت با دستمال کاغذی خشک کنید.

جدول ۱- رابطه بین EC محلول KCl ۰/۰۱ نرمال و دما.

دما (درجه سلسیوس)	۲۰	۲۱	۲۲	۲۳	۲۴	۲۵	۲۶	۲۷	۲۸	۲۹	۳۰
EC ($\frac{dS}{m}$)	۱/۲۷۸	۱/۳۰۵	۱/۳۳۲	۱/۳۵۹	۱/۳۸۶	۱/۴۱۳	۱/۴۴۰	۱/۴۶۷	۱/۴۹۴	۱/۵۲۰	۱/۵۴۹

روش عملیاتی استاندارد تمیزیه خاک		موسسه تحقیقات خاک و آب	
SWRI-S- 103	شماره ثبت		
Rev-01-1403/10	ویرایش اول		
صفحه ۵ از ۱۱		تعیین قابلیت هدایت الکتریکی (EC) عصاره‌های خاک	بخش آزمایشگاه‌ها

جدول ۲- EC محلول KCl با غلظت‌های مختلف در دمای ۲۵ درجه سلسیوس

غلظت KCl (نرمال)	۰/۰۰۱	۰/۰۱	۰/۰۲	۰/۰۵	۰/۱	۰/۲	۰/۵
EC ($\frac{dS}{m}$)	۰/۱۴۷	۱/۴۱۳	۲/۷۶۷	۶/۶۶۸	۱۲/۹	۲۴/۸۲	۵۸/۶۴

ب- اندازه‌گیری EC نمونه

پس از واسنجی دستگاه EC متر، EC عصاره‌ها را قرائت کنید. پس از اندازه‌گیری EC هر نمونه، الکتروود را با آب مقطر شسته و با دستمال کاغذی خشک کنید سپس نمونه‌ی بعدی قرائت شود. اگر دستگاه به شکل خودکار تصحیح دمایی را انجام نمی‌دهد، بر اساس دمای عصاره و فاکتور تصحیح دمایی (در ادامه توضیح داده می‌شود)، EC قرائت شده را به EC در دمای ۲۵ درجه سلسیوس تبدیل نمایید.

- نتایج حاصل از قرائت هدایت الکتریکی را بر حسب دسی‌زیمنس بر متر (میلی‌زیمنس بر سانتی‌متر) با یک رقم اعشار گزارش نمایید.

روش عملیاتی استاندارد تمیزیه خاک		موسسه تحقیقات خاک و آب	
SWRI-S- 103	شماره ثبت		
Rev-01-1403/10	ویرایش اول		
صفحه ۶ از ۱۱		تعیین قابلیت هدایت الکتریکی (EC) عصاره‌های خاک	بخش آزمایشگاه‌ها

۶- منابع مورد استفاده

۱. شهبازی، ک.، مارزی، م.، محمدی، م. ح.، اسدی، ح.، فتحی گردلیدانی، ا.، هاشمی نسب زواره، ک.، طلوعی، ر.، بهشتی، م.، آویژگان، ا.، چراغی، م. ۱۴۰۳. روش‌های تجزیه خاک: نمونه برداری، روش‌های شیمیایی و فیزیکی. موسسه تحقیقات خاک و آب. ۱، ۱-۱۰۷۴.
2. Bresler, E., B.L. McNeal, and D.L. Carter, *Saline and sodic soils: principles-dynamics-modeling*. Vol. 10. 2012: Springer Science & Business Media.
3. Rhoades, J., *Salinity: Electrical conductivity and total dissolved solids*. Methods of soil analysis: Part 3 Chemical methods, 1996. 5: p. 417-435.
4. Corwin, D.L. and K. Yemoto, *Salinity: Electrical conductivity and total dissolved solids*. Methods of soil analysis, 2017. 2.
5. Estefan, G., R. Sommer, and J. Ryan, *Methods of soil, plant, and water analysis*. A manual for the West Asia and North Africa region, 2013. 3.

روش عملیاتی استاندارد تجزیه خاک		موسسه تحقیقات خاک و آب	
SWRI-S- 103	شماره ثبت		
Rev-01-1403/10	ویرایش اول		
		تعیین قابلیت هدایت الکتریکی (EC) عناصرهای خاک	بخش آزمایشگاهها

تهیه و تدوین:

ایوب آویژگان

دانشجوی دکتری دانشگاه تهران، گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکدگان کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران.

مصطفی مارزی

عضو هیات علمی بخش آزمایشگاهها (بخش تحقیقات شیمی و فیزیک خاک و فناوری کود)، موسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات ترویج و آموزش کشاورزی، کرج، ایران.

کریم شهبازی

رئیس بخش آزمایشگاهها (بخش تحقیقات شیمی و فیزیک خاک و فناوری کود)، موسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات ترویج و آموزش کشاورزی، کرج، ایران.

میثم رضایی

عضو هیات علمی بخش آزمایشگاهها (بخش تحقیقات شیمی و فیزیک خاک و فناوری کود)، موسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات ترویج و آموزش کشاورزی، کرج، ایران.

سپاس‌گزاری

بدینوسیله از کلیه کارشناسان محترم بخش آزمایشگاهها (بخش تحقیقات شیمی و فیزیک خاک و فناوری کود) بویژه سرکار خانم فاطمه منصوری و آقایان دکتر میثم چراغی و دکتر سجاد بیات که تجربیات سالیان متمادی کار در آزمایشگاه را سخاوتمندانه در اختیار مولفان قرار دادند، تشکر و قدردانی می‌گردد. این روش عملیاتی استاندارد تجزیه خاک با حمایت مالی سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی و محل موسسه تحقیقات خاک و آب کشور تهیه شده است و بدین وسیله نویسندگان از آن مجموعه محترم تقدیر می‌نمایند.



MINISTRY OF AGRICULTURE - JAHAD
Agricultural Research, Education and Extension Organization
Soil and Water Research Institute of Iran
Laboratories Division

Standard Operation Procedure for Soil Analysis

Determination of Electrical Conductivity (EC) of Soil Extracts

Record No: SWRI-S-103

Version: Rev-01-1403/10

2025

