



ارزیابی شوری خاک

ترجمه:

نادر ابراهیمی بیرنگ

امیرحسین آقائی راد

شهناز عبدالمیشانی

حمید خیابانی

شهریار رضایی

آزاده همامی

حسین دهقانی سانج

ویراستاری:

هوشنگ فروغی

Rhoades, J. D.

رودز

ارزیابی شوری خاک / اردوز؛ ترجمه: امیرحسین آقائی راد، نادر ابراهیمی بیرنگ، حمید خیابانی، شهناز عبدمشانی، حسین دهقانی سانج؛ ویرایش: هوشنگ فروغی. - تهران: کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران، ۱۳۸۳.

۲۵۸ ص: مصور، نمودار

ISBN 964-6668-51-8 ریال: ۱۸۰۰۰

فهرست‌نویسی براساس اطلاعات فیا.

Soil salinity assessment:
Methods and interpretation of electrical
conductivity measurements.

عنوان اصلی:

کتابنامه: ص: ۲۱۳ - ۲۳۰.

۱. خاک - نمک‌ها. ۲. خاک - خواص الکتریکی. الف. آقائی راد، امیرحسین، مترجم. ب. ابراهیمی بیرنگ، نادر، مترجم. ج. خیابانی، حمید، مترجم. د. فروغی، هوشنگ. ه. حسین دهقانی سانج، ویراستار. ه. عنوان.

۶۳۱/۴۱۶

۵۹۵/۹ الف

۱۳۸۴

م ۸۳-۱۷۹۳۳

کتابخانه ملی ایران

نام کتاب: ارزیابی شوری خاک: روش‌های اندازه‌گیری و تفسیر هدایت الکتریکی

مترجمین: امیرحسین آقائی راد، نادر ابراهیمی بیرنگ، حمید فیابانی، شهناز عبدمشانی،

آزاده همایی، شهریار رضایی، مسین دهقانی سانج

ویراستار: هوشنگ فروغی

ناشر: کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران

حروف چینی و صفحه آرایی: کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران

چاپ اول: ۱۳۸۵

تیراژ: ۱۰۰۰ نسخه

شابک: ۹۶۴ - ۶۶۶۸ - ۵۱ - ۸

لینتوگرافی، چاپ و صحافی: چاپ رشیدیه

نشانی: تهران، فیابان شهید دستگردی، فیابان شهید کارگزار، فیابان شهید شهرساز، پلاک ۲۴.

کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران تلفن: ۲۲۲۵۷۳۴۸ نمابر: ۲۲۲۷۲۲۸۵

حق چاپ برای کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران محفوظ است.

فهرست

صفحه	عنوان
۱	فصل اول: مقدمه
۹	فصل دوم: تعیین شوری خاک با استفاده از هدایت الکتریکی محیط آبی
۹	مبانی هدایت الکتریکی عصاره اشباع
۱۲	شوری آب خاک
۲۰	شوری عصاره خاک
	فصل سوم: تعیین شوری با استفاده از نمونه و هدایت
۲۷	الکتریکی توده خاک
۲۷	اصول هدایت الکتریکی خاک و خمیر خاک
۵۵	تعیین شوری خاک از روی هدایت الکتریکی خمیر اشباع شده خاک
۶۲	تعیین شوری خاک از روی هدایت الکتریکی توده خاک
۶۳	حسگرها و وسایل اندازه‌گیری مورد نیاز برای هدایت الکتریکی خاک
۶۳	حسگرهای شوری سنج ۴ الکترودی
۷۲	حسگرهای القایی الکترومغناطیس
۷۶	مراحل اندازه‌گیری هدایت الکتریکی توده خاک
۷۶	اندازه‌گیری در احجام بزرگ خاک
۹۳	اندازه‌گیری در احجام کوچک
۹۵	مراحل تفسیر شوری خاک
۹۵	روش «واسنجی برای نوع بخصوصی از خاک یا مزرعه»
۱۰۴	کاربرد روش «مدل هدایت الکتریکی»
۱۰۸	روش «واسنجی مبتنی بر عدم قطعیت در مزرعه»
۱۱۳	مقایسه روش‌های مختلف اندازه‌گیری شوری خاک
۱۱۸	تعیین موقعیت‌های اندازه‌گیری و واسنجی مکان‌ها

صفحه	عنوان
۱۲۱	فصل چهارم: مثال‌های کاربردی روش‌های ارزیابی شوری
۱۲۱	تشخیص شوری خاک و فرآیند نفوذ شوری
۱۲۵	برداشت اطلاعات شوری خاک
۱۳۰	پایش شوری خاک
۱۳۳	توسعه اطلاعات برای مدیریت ویژه در محل
۱۴۲	ارزیابی کافی بودن و مناسب بودن آبیاری و زهکشی
۱۵۷	ارزیابی بار نمک و میزان آبشویی
۱۶۷	برنامه‌ریزی و کنترل آبیاری‌ها
۱۶۹	اصلاح خاک‌های شور
۱۷۱	فصل پنجم: هزینه‌های سرمایه‌ای و راهبری تجهیزات فنی سنجش شوری
۱۷۳	ویژگی‌ها و هزینه تجهیزات سنجش شوری
۱۷۳	تجهیزات برآورد شوری خاک
۱۷۳	تجهیزات القایی الکترومغناطیسی غیر وابسته- (EM38)
۱۷۴	دستگاه دیجیتال ثبت داده‌ها DL720
۱۷۴	ابزارهای القای الکترومغناطیسی درجا
۱۷۴	سامانه نمایش هدایت الکتریکی SCT-10
۱۷۶	مشخصات فنی تجهیزات و هزینه آنها
۱۷۷	تجهیزات تعیین موقعیت ماهواره‌ای GPS
۱۷۹	سامانه‌های سیار تعیین شوری خاک
۱۷۹	سامانه‌های سیار برای وسایل اندازه‌گیری القایی (EM38)
۱۸۱	سامانه‌های سیار برای تجهیزات اندازه‌گیری درجا
۱۸۳	تجهیزات آزمایشگاهی اندازه‌گیری شوری
۱۸۵	ارزیابی شوری خاک و نرم‌افزارهای تهیه نقشه
۱۸۵	اطلاعات شرکت‌ها

صفحه	عنوان
۱۸۷	هزینه‌های راهبری سامانه‌های ارزیابی شوری خاک
۱۸۸	هزینه‌های بهره‌برداری در روش نمونه‌گیری متعارف
۱۹۲	هزینه بکارگیری تجهیزات اندازه‌گیری شوری خاک
	هزینه‌های نمونه‌گیری متعارف در مقایسه با استفاده از تجهیزات
۲۰۰	نوین در ارزیابی شوری مزارع بزرگ
۲۰۲	صرفه‌جویی هزینه‌ها در رابطه با متحرک نمودن تجهیزات
۲۱۰	نتیجه‌گیری
۲۱۲	منابع
	پیوست‌ها
۲۳۱	پیوست ۱: روش‌های واسنجی با تابع $EC_e = F(EC_a)$
۲۳۷	پیوست ۲: مدارها و فهرست قطعات دستگاه هدایت‌سنج (EC متر)
	پیوست ۳: معادله‌ای برای محاسبه تأثیر عمق کارگذاری حسگر
۲۳۹	۴ الکترودی
۲۴۱	پیوست ۴: ساخت پروب چهارالکترودی مدفون شونده
	پیوست ۵: مثال‌هایی از کاربردهای ویژه سلول‌های ۴ الکترودی
۲۴۲	و سنجنده‌های آن
۲۴۷	پیوست ۶: استنتاج معادلات EM_{adj}
	پیوست ۷: ابزاری برای حفظ موقعیت شوری‌سنج‌های EM-38
۲۵۱	در اندازه‌گیری‌های دستی
	پیوست ۸: فهرست قطعات و طرح شماتیک پروب خاک در دستگاه
۲۵۳	۴ الکترودی
۲۵۵	پیوست ۹: تشریح آزمون‌های آماری در پایش شوری خاک

لیست اشکال و نمودارها

صفحه	عنوان
۱۳	۱- نمودار عصاره‌گیرهای خلا برای نمونه آب خاک
۱۷	۲- (A) نوع جذبی شوری‌سنج، با فنر، محفظه و خار مربوطه در حالت دمونتاز (B) نمایش اجزاء داخلی شوری‌سنج
۱۸	۳- نوع تجارتي نمایشگر و شوری‌سنج با صفحه سرامیکی و الکترودهایی از جنس پلاتین که روی آن نصب شده است.
۲۰	۴- تغییرات هدایت الکتریکی آب خاک (EC_w) و کشش آب خاک در ناحیه ریشه یک مزرعه یونجه در طول فصل بهار
۲۲	۵- الف- خمیر اشباع شده خاک توسط اختلاط. ب- خمیر اشباع شده توسط خلا. ج- جمع‌آوری خمیر اشباع
۲۳	۶- اندازه‌گیری هدایت الکتریکی عصاره یک خمیر اشباع شده (EC_e) با استفاده از یک سلول آزمایشگاهی «هدایت‌سنج میکرو»
۲۸	۷- مدل القای الکتریکی در خاک (A) جریان سه بعدی در خاک غیر اشباع (B) القای الکتریکی ساده شده در خاک شامل سه عنصر القایی (a-c) که به صورت موازی کار می‌کنند
۲۳	۸- هدایت الکتریکی خاک لومی Waukena به عنوان عملکرد تابعی از هدایت الکتریکی و مقدار حجمی آب خاک می‌باشد.
۳۷	۹- همبستگی بین EC_e و درصد رس برای نمونه‌هایی از خاک دره San Joaquin کالیفرنیا
۲۷	۱۰- رابطه بین ظرفیت حجمی آب خاک در سری θ_{w0} ، تداوم θ_{w0} و ظرفیت کل آب θ_w در خاک‌های کالیفرنیا
۲۹	۱۱- رابطه بین هدایت الکتریکی آب خاک (EC_w) و ظرفیت حجمی آب θ_w و هدایت الکتریکی خمیر اشباع (EC_e)، درصد اشباع SP، وزن مخصوص حجم خاک (pb) در خاک‌های Welton-mohawk پروژه آبیاری و زهکشی منطقه آریزونا USA

عنوان

صفحه

- ۱۲- رابطه بین شیب‌های EC_e ، EC_a برای خاک‌های مختلف و درصد اشباع (SP) آنها و وزن مخصوص (pb) خاک ۴۱
- ۱۳- همبستگی بین شیب‌های EC_e بعنوان تابعی از EC_a که برای خاک‌های مختلف و درصد اشباع آنها از طریق واسنجی بدست آمده‌اند ۴۱
- ۱۴- رابطه پیدا شده بین درصد اشباع و درصد رس برای برخی از خاک‌های کالیفرنیا ۴۲
- ۱۵- رابطه بین شیب‌های EC_e بعنوان تابعی از EC_a و مقادیر درصد رس خاک که برای برخی از خاک‌های مونتانا در آمریکا از طریق واسنجی بدست آمده‌اند ۴۲
- ۱۶- همبستگی بین شیب‌های EC_e بعنوان تابعی از EC_a که برای خاک‌های مختلف و مقادیر رطوبت «ظرفیت مزرعه» آنها از طریق واسنجی بدست آمده‌اند ۴۳
- ۱۷- (A) چاله استوانه‌ای احاطه شده با آب شور مورد استفاده برای آبخوئی خاک و تنظیم آن تا سطح شوری موردنظر، (B) گودال دسترسی ایجاد شده در خاک با لوله نمونه‌برداری از نوع Oakfield به منظور وارد کردن میله شوری‌سنج (C) میله شوری‌سنج وارد شده در خاک شور شده تا درجه معین، برای تعیین EC_e و (D) نمونه خاک شور جمع‌آوری شده برای تعیین EC_e (شوری) ۴۴
- ۱۸- گروه چهارتایی الکترودها در خاک دست نخورده جهت اندازه‌گیری EC_e ، پس از جابجایی خاک برای اندازه‌گیری EC_e در آزمایشگاه استفاده می‌گردد. ۴۵
- ۱۹- رابطه بین هدایت الکتریکی توده خاک و هدایت الکتریکی عصاره خمیر اشباع برای خاک «دیتلند» در شرایط رطوبتی ظرفیت مزرعه ۴۶
- ۲۰- روابط بین هدایت الکتریکی توده خاک و هدایت الکتریکی آب خاک برای اکثر خاک‌های پروژه آبیاری «ولتون-موهاوک» در آریزونا، آمریکا ۴۷

- ۲۱- رابطه بین هدایت الکتریکی خاک Fall brook و هدایت الکتریکی
جذب سدیم SAR آب خاک ۴۸
- ۲۲- حساسیت هدایت الکتریکی به آبیاری‌ها و تبخیر و تعرق، پس
از چندین دوره آبیاری ۵۰
- ۲۳- رابطه تنوری بین درصد اشباع (SP) و وزن (بر حسب گرم)
مربوط به ۵۰ سانتیمتر مکعب خمیر اشباع، با فرض اینکه چگالی
ذرات برابر $2/65 \text{ g/cm}^3$ باشد ۵۴
- ۲۴- رابطه بین درصد اشباع اندازه‌گیری شده و برآورد شده
مجموعه خاک‌های کالیفرنیا ۵۵
- ۲۵- همبستگی بین هدایت الکتریکی فاز جامد خاک (EC_s) و درصد
اشباع SP برای برخی از خاک‌های دره San Joaquin کالیفرنیا ۵۶
- ۲۶- رابطه بین مقدار حجمی رطوبت خمیر اشباع که در مسیر پیوسته
انتقال جریان الکتریکی وجود دارد ($\theta_w - \theta_{ws}$) و درصد اشباع (SP)
در برخی از خاک‌های دره «سن ژواکین» ایالت کالیفرنیا آمریکا ۵۶
- ۲۷- (A) ترازوی قابل حمل مورد استفاده در مزرعه برای تعیین
وزن خمیر اشباع خاک که در قوطی ویژه دفتر آزمایشگاه خاک
پر شده است، (B) قوطی پر از خمیر اشباع و متصل به
هدایت‌سنج؛ و (C) نمای نزدیک قوطی ویژه دفتر آزمایشگاه خاک ۵۸
- ۲۸- رابطه بین EC_p ، EC_e و SP در نمونه خاک‌های زمین‌های خشک ۵۹
- ۲۹- رابطه بین EC_p ، EC_e برای خاک مرطوب ۵۹
- ۳۰- رابطه بین شوری خاک اندازه‌گیری شده و برآورد
شده خاک‌های دره USA San Joaquin ۶۰
- ۳۱- چهار الکتروود واقع شده در کنار صفحه نمایش سطحی نوع «ونر»
و ترکیبی از مولد الکتریکی و مقاومت‌سنج ۶۴

- ۳۲- نمایش عمومی افزایش عمق و حجم اندازه‌گیری EC_0 با افزایش فاصله الکترودی C_1-C_4 . (عمق مؤثر اندازه‌گیری تقریباً برابر یک سوم (C_1-C_2)). علامت الکترود جریان و P علامت الکترود اندازه‌گیری پتانسیل است ۶۴
- ۳۳- الف) تغییرات شدت جریان با عمق در صفحه واقع شده در نقطه وسط بین الکترودهای جریان ب) تغییرات شدت جریان در «عمق واحد» به عنوان تابعی از فاصله میان الکترودهای جریان ۶۵
- ۳۴- دستگاه چهار الکترودی با صفحه نمایش ثابت، واحد مولد و اندازه‌گیری جریان الکتریکی ۶۶
- ۳۵- سیستم سیار (نصب روی تراکتور) چهار الکترودی با «صفحه نمایش» به همراه تیر مخصوص آنتن ۶۹
- ۳۶- الف) نمای نزدیک از سیستم چهار الکترودی با صفحه نمایش ثابت بکار رفته به صورت متحرک و نصب روی تراکتور ب) عایق‌های مورد استفاده برای جدا کردن قسمت حسگر از سایر قسمت‌های تراکتور ۷۰
- ۳۷- ث) نمای نزدیک از پوشش قابل تعویض در زیر الکترود دو نوع شوری‌سنج چهار الکترودی تجاری (در اندازه‌های کوچک و استاندارد) و واحد مولد، اندازه‌گیر و ثبت‌کننده جریان الکتریکی ۷۱
- ۳۸- ۴ الکترود اندازه‌گیر هدایت الکتریکی برای مشاهده تغییرات هدایت الکتریکی در خاک ۷۱
- ۳۹- شمای نشان‌دهنده اساس کار هدایت‌سنج القاء الکترومغناطیس ۷۲
- ۴۰- سنسور الکترو مغناطیس هدایت‌سنج خاک EM-38 در (A) موقعیت افقی (B) موقعیت عمودی ۷۲
- ۴۱- سامانه سیار ارزیابی شوری در ترکیب با حسگرهای چهار الکترودی و حسگر EM-38 و تیر مخصوص نصب آنتن GPS، در حالیکه هر دو حسگر در وضعیت انتقال "up" قرار دارند. ۷۴

صفحه	عنوان
	۴۲- واحد ثابت با ۴ الکتروود در (A) موقعیت حرکت (B) نصب شده در خاک
۷۶	۴۳- شمای فاصله بین الکترودهای پتانسیل و جریان در آرایه چهار الکتروودی برای استفاده در معادله (۱۹)
۷۹	۴۴- سهم نسبی تجمعی هدایت الکتریکی تمام خاکها (R_e) زیر اعماق مختلف اندازه‌گیری شده بوسیله دستگاه EM-38 در زمانیکه کوئل‌های آن روی سطح خاک به صورت افقی (موازی) و عمودی (ایستاده) قرار گرفته باشند
۸۲	۴۵- نسبت عمودی و افقی سنجش با واحد EM-38 به عنوان تابعی از افزایش عمق
۸۳	۴۶- قرائت‌های EM-38 در پروفیل‌های همگن خاک به عنوان تابعی از مقادیر EC_e پروفیل
۸۴	۴۷- رابطه تئوری بین ($\ln EM_{II}$) و اختلاف ($\ln EM_{II} - \ln EM_V$) برای پروفیل‌های یکنواخت EC_e
۸۸	۴۸- رابطه بین هدایت الکتریکی خاک (EC_e) با فاصله داخلی بین الکتروودها و شوری متوسط EC_e برای خاک رسی واقع در USA, Montana
۹۶	۴۹- رابطه بین هدایت الکتریکی خاک (EC_e) و شوری EC_e برای نمونه خاک‌های دشت‌های بزرگ شمالی USA
۹۷	۵۰- رابطه بین EC_x (محاسبه شده از معادله ۲۵) و شوری خاک (EC_e) در اعماق ۳۰، ۶۰، ۹۰، ۱۲۰ و ۱۵۰ سانتیمتری خاک‌های رسی در USA, Montana
۱۰۲	۵۱- نمودارهای پروفیل‌های عمق - EC_e اندازه‌گیری شده و محاسبه شده (با سه روش مختلف) در سه ناحیه از ایالت کالیفرنای آمریکا
۱۰۲	

عنوان

صفحه

- ۵۲- روابط بین هدایت الکتریکی توده خاک (EC_d)، هدایت الکتریکی
عصاره خمیر اشباع (EC_e)، رطوبت نسبی خاک به صورت
درصدی از رطوبت ظرفیت مزرعه، و درصد رس خاک،
۱۰۶ برای خاک‌های اراضی خشک
- ۵۳- رابطه بین هدایت الکتریکی توده خاک (EC_d) و آرایه الکترودهای
اندازه‌گیری نوع و نر: یک منطقه نفوذ شوری، یک ناحیه مستعد
شوری و یک ناحیه عدم تأثیر شوری، در ایالت مونتانا آمریکا
۱۲۲
- ۵۴- رابطه بین هدایت الکتریکی توده خاک (EC_d) در عمق ۳۰-۰
سانتیمتری خاک و عمق آب زیرزمینی در خاک‌های زراعی نمونه
در مونتانا آمریکا
۱۲۴
- ۵۵- نقشه‌های مربوط به (A) توپوگرافی و موقعیت خزش شوری،
(B) خطوط هم‌شوری EC در عمق ۳۰-۰ سانتیمتری خاک و
(C) منحنی‌های هم‌شوری EC_x در عمق ۶۰-۲۰ سانتیمتری خاک
۱۲۴
- ۵۶- آنتن و باتری و درجه برای تعیین نقاط شوری در یک منطقه،
با روش لوران
۱۲۷
- ۵۷- نقشه‌های نقاط هم‌شوری: (A) اندازه‌گیری شده و
(B) پیشگویی شده، در مساحت ۱۵ مایل مربع در بخش مرکزی
کالیفرنیا، آمریکا
۱۲۷
- ۵۸- نقشه‌های اندازه‌گیری و نمونه‌گیری موقعیت‌ها و پیشگویی
شوری خاک در مزرعه در منطقه کالیفرنیا
۱۳۰
- ۵۹- نقشه سه بعدی هدایت الکتریکی توده خاک (EC_d) در یک مزرعه
تحت تأثیر نمک در دره «کوچلا»، کالیفرنیا
۱۳۵
- ۶۰- شوری برآورد شده (EC_e) برحسب (dS/m) در عمق ۶۰-۰
سانتیمتری خاک در یک مزرعه تحت تأثیر شوری در
دره «کوچلا» کالیفرنیا
۱۳۵

- ۶۱- برآورد میزان سدیک بودن خاک (بر مبنای SAR_e) در عمق
- ۱۲۶ ۶۰- سانتیمتری خاک در یک مزرعه در دره Coachella کالیفرنیا
- ۶۲- نسبت «شوری به سدیمی» برآورد شده در عمق ۶۰-،
- ۱۲۸ سانتیمتری خاک یک مزرعه شور شده در منطقه «کوچلا»، کالیفرنیا
- ۶۳- نقشه سه بعدی هدایت الکتریکی خاک EC_n در اثر نمک
- ۱۴۰ مزرعه سودانگراس Coachella
- ۶۴- رابطه بین هدایت الکتریکی خاک (EC_n) و فاصله عرضی در
- ۱۴۰ سیستم زهکش‌های عمقی در مزرعه سودانگراس Coachella
- ۶۵- رابطه بین قرائت‌های سنسور EM-38، EC_n ، ارتفاع محصول
- ۱۴۱ و فاصله عرض زهکش‌ها در مزرعه سودانگراس Coachella، USA
- ۶۶- نقشه سه بعدی مربوط به پیش‌بینی محصول گیاه
- «سودان گرس» (برحسب ارتفاع) که از اطلاعات اشکال (۶۴) و (۶۵) در
- تأثیر نمک روی محصول در یک مزرعه دره «کوچلا»
- ۱۴۱ کالیفرنیا گرفته شده است
- ۶۷- رابطه بین (a) هدایت الکتریکی خاک با روش اندازه‌گیری چهار
- الکترودی سیار و سامانه الکترومغناطیسی سیار و (b) شوری
- اندازه‌گیری شده و پیش‌بینی شده و فواصل جویچه‌های آبیاری گیاه
- ۱۴۲ چغندر قند در یک مزرعه واقع در دره امپریال کالیفرنیا
- ۶۸- هماهنگی بین پیشگویی‌های شوری خاک بر مبنای اندازه هدایت
- الکتریکی بدست آمده با سیستم سیار ارزیابی شوری، در طول یک
- برش عرضی (فارو) در آبیاری سطحی یک مزرعه یونجه در
- ۱۴۵ دره امپریال کالیفرنیا
- ۶۹- رابطه بین هدایت الکتریکی خاک (EC_n) و فاصله بین دو مجموعه
- زهکش عمقی در یک مزرعه تحت شرایط شوری واقع در
- ۱۴۶ دره «کوچلا»، کالیفرنیا

صفحه

عنوان

- ۷۰- پیش‌گویی متوسط شوری خاک در ناحیه ریشه در یک سیستم زهکش عمقی ۱۴۷
- ۷۱- رابطه بین توزیع شوری و سطح متوسط شوری در پروفیل خاک یک مزرعه با زهکش عمقی ۱۴۸
- ۷۲- توزیع شوری در پروفیل خاک یک مزرعه با زهکش عمقی با متوسط سطح شوری (۵/۰-۰) متر ۱۴۹
- ۷۳- توزیع شوری متوسط در پروفیل‌های خاک در طول برش عرضی در سطح یک مزرعه یونجه تحت جویچه‌های آبیاری مزرعه یونجه که با زهکش‌های عمقی زهکشی شده‌اند (دره امپریال کالیفرنیا) ۱۵۰
- ۷۴- رابطه بین شاخص نسبت شوری پروفیل و ضریب آبشویی ۱۵۳
- ۷۵- (A) شوری پیش‌گویی شده خاک EC_e و (B) شاخص پروفیل شوری در یک مزرعه با زهکش عمقی ۱۵۴
- ۷۶- الگوی تناوب هدایت الکتریکی خاک EC_a در میان جویچه‌ها ۱۵۶
- ۷۷- رابطه بین هدایت الکتریکی آب خاک و شاخص آبشویی در رودخانه Coacrado مورد استفاده در پروژه آبیاری ۱۶۳
- Welton-Mohawk آریزونا USA ۱۶۳
- ۷۸- واسنجی‌های بین ضرائب آبشویی (L_r) و هدایت الکتریکی خاص (EC_a) برای انواع خاک در محدوده آبیاری و زهکشی (Welton Mohawk) صحرای آریزونا ۱۶۴
- ۷۹- همبستگی بین هدایت الکتریکی آب خاک (EC_w) و شاخص غلظت کلراید آب خاک (Cl_w) در پایین‌تر از ناحیه ریشه در زمین‌های آبیاری شده با آب رودخانه «کلرادو» در ۴ منطقه مطالعاتی با خاک سیلتی لوم، در محدوده آبیاری و زهکشی Welton-Mohawk صحرایی آریزونا ۱۶۵
- ۸۰- نتایج حاصل از اندازه‌گیری با چهار الکتروود پس از آبیاری کم ۱۶۸

صفحه	عنوان
	۸۱- نفوذ آب بعد از آبیاری متعادل، نتیجه‌گیری شده از EC_e با
۱۶۹	شوری سنج‌های چهار الکترودی
	۸۲- ترسیم هدایت الکتریکی خاک بازااء عمق نفوذ در حین آبهشونی
۱۷۰	خاک شور شده
	اشکال پیوست‌ها
	۱-۱ سری لوله‌های ۴ الکترودی، حاوی خاک دست نخورده که
۲۳۴	پس از خارج شدن از مغزه نمونه‌گیر به قطعاتی تقسیم می‌شود.
	۱-۲ دیاگرام ساده شده یک مدار EC_e سنج، R_y مقاومت پتانسیومتر
۲۳۵	تنظیم‌کننده قطب منفی، تا معادل R_e تنظیم شده.
	۱-۲ دیاگرام ساده نشده مدار EC_e متر، R_y مقاومت
۲۳۷	صفر کردن پتانسیومتر و....
	۲-۲ دیاگرام جزئیات یک مدار ارزان قیمت برای سنسورهای
۲۳۸	۴ الکترودی
	۴-۱- پروب چهار الکترودی مدفون‌شونده در حالات قبل و بعد از مونتاژ
۲۴۱	۱-۵ طرح شماتیک ابزاری که همراه با تجهیزات ۴ الکترودی
	برای اندازه‌گیری هدایت الکتریکی در خاک‌های با محتوی
۲۴۴	آب مختلف مورد استفاده قرار می‌گیرد.
	۲-۵ چند نوع از سلول‌های ۴ الکترودی که برای اندازه‌گیری مقدار
	هدایت الکتریکی در خاک‌های متفاوت از نظر ترکیبات گوناگون و
۲۴۴	میزان محتوی آب
	۳-۵ تصویر شماتیک یک دستگاه ۴ الکترودی که برای مطالعه تأثیر
	محلول‌های مختلف و مقادیر متفاوت محتوی آب خاک بر روی
۲۴۵	مقدار هدایت الکتریکی اندازه‌گیری شده ساخته شده است.

صفحه	عنوان
۲۴۵	۴-۵ دستگاهی با تجهیزات ۴ الکترودی که با کف سرامیک ساخته شده است و با تغییر فشار می‌توان محتوی آب خاک آن را تغییر داد.
۲۴۵	۵-۵ شوری‌سنج‌های ۴ الکترودی کوچک که برای اندازه‌گیری هدایت الکتریکی در پروفیل خاک و با عمق کم مورد استفاده قرار می‌گیرد.
۲۴۶	۶-۵ نوع کوچکی از تجهیزات آرایه ۴ الکترودی که هدایت الکتریکی خاک را در خاک‌های کم عمق نمایش می‌دهد.
۲۴۹	۶-۱ همبستگی بین هدایت الکتریکی مغناطیسی خاک اندازه‌گیری شده توسط EM-38 در موقعیت افقی، $EM_{0,H}$ اندازه‌گیری شده سطح خاک، هدایت الکتریکی مغناطیسی اصلاح شده و $EM_{0,H}$ اصلاح شده برای عمق‌های مختلف ترکیبی
۲۵۱	۷-۱ سنجنده EM-38 (نقطه وسط سیم‌پیچ) نصب شده در فاصله ۱۰ سانتیمتری بالای خاک در دو حالت به ترتیب (A) عمودی و (B) افقی
۲۵۲	۷-۲ سنجنده EM-38 (نقطه وسط سیم‌پیچ) نصب شده در ۵۰ سانتیمتری بالای سطح خاک در دو حالت به ترتیب (A) عمودی و (B) افقی
۲۵۲	۷-۳ ابزار چوبی که سنجنده EM-38 در حالات ۱۰ و ۵۰ سانتیمتر بالای خاک بر روی آن قرار می‌گیرد.
۲۵۳	۸-۱ تصویر شماتیک طرح و فهرست قطعات برای ساخت پروب یک دستگاه ۴ الکترودی برای اندازه‌گیری هدایت الکتریکی
۲۵۴	۸-۲ (A) دستگاه باز شده و (B) دستگاه مونتاژ (سوار) شده پروب EC سنج ۴ الکترودی

لیست جداول

صفحه	عنوان
۹۰	جدول ۱- روابطی برای پیش‌بینی هدایت الکتریکی خاک در طبقات مختلف خاک با استفاده از قرائت‌های EM-38 الف
	جدول ۲- مقادیر ECa برای تشخیص موقعیت خاک‌های تأثیر نیافته از شوری، شروع شوری و توسعه شوری در نمونه خاک‌های دشت‌های بزرگ شمالی آمریکا
۱۲۳	جدول ۳- توزیع شوری در حوزه آبریز رودخانه «کینگ»
۱۲۶	جدول ۴- درصد‌های مزارع دارای میزان شوری خاک (ECe) در دامنه‌های به خصوص
۱۵۱	جدول ۵- درصد‌های مزارع (برحسب مساحت) با شوری‌های گوناگون (بر پایه ECe) از نظر نوع پروفیل خاک
۱۵۲	جدول ۶- مشخصات و قیمت دستگاه‌های EM38 و DL720
۱۷۶	جدول ۷- مشخصات و قیمت دستگاه 10-SCT
۱۷۷	جدول ۸- قیمت‌های تفکیک شده برای ساختن یک خودرو هیدرولیکی حمل و نقل تجهیزات اندازه‌گیری چند منظوره شوری
۱۸۱	جدول ۹- هزینه تقریبی تجهیزات ساخت سامانه متحرک شنسورهای هدایت الکتریکی افقی
۱۸۲	جدول ۱۰- مشخصات و هزینه‌های سامانه «وریس-۳۱۰۰»
۱۸۳	جدول ۱۱- نوع تجهیزات، ویژگی‌ها و بهای دستگاه هدایت‌سنج «هک-۱۵۰»
۱۸۴	جدول ۱۲- آدرس شرکت‌های تولیدکننده تجهیزات شوری
۱۸۶	جدول ۱۳- هزینه‌های انجام تجزیه و تحلیل شوری در یک مزرعه
۱۸۹	۶۴ هکتاری به روش سنتی
	جدول ۱۴- تحلیل هزینه‌های استفاده از روش اندازه‌گیری شوری
۱۹۱	گل اشباع

صفحه	عنوان
	جدول ۱۵- هزینه‌های متوسط اندازه‌گیری شوری با دستگاه
۱۹۴	SCT-10 در مزرعه ۶۴ هکتاری
	جدول ۱۶- هزینه‌های اندازه‌گیری شوری در یک مزرعه ۶۴ هکتاری
۱۹۵	با استفاده از دستگاه SCT-10 با ۴ پروب عمودی
	جدول ۱۷- هزینه‌های اندازه‌گیری شوری در یک مزرعه ۶۴ هکتاری
۱۹۶	با استفاده از دستگاه SCT-10 با آرایه افقی
	جدول ۱۸- هزینه‌های انجام عملیات واسنجی دستگاه‌های
۱۹۸	SCT-10 و EM-38
	جدول ۱۹- هزینه کل سنجش شوری به روش‌های مختلف و
۱۹۹	هزینه واسنجی دستگاه‌های مربوطه
	جدول ۲۰- مقایسه بین هزینه ارزیابی در روش‌های متعارف
۲۰۱	و تجهیزات مدرن
	جدول ۲۱- هزینه‌های راهبری نمونه‌گیری برای واسنجی مربوط
۲۰۲	به ارزیابی شوری یک مزرعه ۶۴۰۰ هکتاری تشریح شده در جدول ۲۰
	جدول ۲۲- هزینه‌های مقدماتی نمونه برای سه نوع تجهیزات
۲۰۵	متحرک ارزیابی شوری
	جدول ۲۳- هزینه‌های ارزیابی شوری یک مزرعه با تجهیزات
۲۰۸	متحرک دوتائی EM-38
	جدول ۲۴- هزینه‌های ارزیابی شوری یک مزرعه با سامانه متحرک
۲۰۸	آرایه‌های افقی
	جدول ۲۵- هزینه‌های ارزیابی شوری یک مزرعه ۶۴ هکتاری با
۲۰۹	سامانه متحرک تجهیزات ترکیبی
	جدول ۲۶- خلاصه هزینه ارزیابی شوری با تجهیزات تشریح شده
۲۱۱	در جداول ۱۲ تا ۲۵

علائم

ε	خطای تصادفی
B	پارامتر برازش
α	حجم وزنی متوسط به عنوان بخشی از ظرفیت حجمی خاک بیش از عمق Z در خاک
λ	شاخص / غلظت محلول در عمق Z به غلظت متوسط
ρ_b	وزن مخصوص حجم خاک
C°	دما به درجه سلسیوس
θ_c	ظرفیت حجمی خمیر اشباع آب خاک
θ_{fc}	ظرفیت حجمی آب خاک در حالت «ظرفیت مزرعه»
θ_m	ظرفیت حجمی متوسط آب خاک بیش از عمق Z
P_s	وزن مخصوص ذرات خاک
θ_s	ظرفیت حجمی فاز جامد خاکی که شامل لایه ضمیمه نباشد
θ_{sc}	ظرفیت حجمی فاز جامد خاکی که شامل لایه ضمیمه در یک مسیر الکتریکی جامد پیوسته قرار دارد
θ_{ss}	ظرفیت حجمی فاز جامد خاکی که شامل لایه ضمیمه در یک مسیر الکتریکی جامد و سری قرار دارد
Δs_{sw}	تغییر محلول شوری خاک در عمق توسعه ریشه
θ_w	ظرفیت حجم کل آب خاک
θ_{wc}	ظرفیت حجمی آب خاک در مسیر پیوسته سیال ضرورتاً در تخلخل پیوسته و غشاء آب تغییر یافته
θ_{ws}	ظرفیت حجمی آب خاک در مسیر سری زوج، در محیط متخلخل کوچک و غشاء آب تغییر نیافته
b_z	بخشی از آب کاربردی به عنوان جریان عبوری از عمق Z خاک
C	غلظت محلول ردیاب در آب آبیاری

غلظت نمک در آب زهکشی منطقه ریشه	C_{dw}
غلظت نمک در آب زیرزمینی کم عمق	C_{gw}
غلظت نمک در آب آبیاری	C_{iw}
غلظت رواناب سطحی	C_{tw}
هدایت الکتریکی در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد	EC_{25}
هدایت الکتریکی خاک	EC_a
ارزش EC_a در عمق	EC_a^*
هدایت الکتریکی عصاره خمیر اشباع خاک	EC_c
هدایت الکتریکی لایه سطحی خاک	EC_s
هدایت الکتریکی فاز جامد لایه ضخیم خاک	EC_{sc}
هدایت الکتریکی لایه سطحی و لایه ضخیم خاک	EC_{ss}
هدایت الکتریکی θ_{wc}	EC_l
هدایت الکتریکی θ_{ws}	EC_{ws}
قرائت دوره‌ای EC_a با آرایه ۴ الکترودی	EC_x
القای الکترومغناطیس	EM
اندازه‌گیری EM در حالت افقی	EM_H
بخشی از جریان ایجاد شده در آب غلیظ خاک	f_z
مقدار متوسط آبیاری خارج از دوره اندازه‌گیری	I
جریان آب شوئی خارج از دوره اندازه‌گیری	L
ضریب آبشوئی V_{dw}/V_{inf}	L_f
لگاریتم بر مبنای ۱۰	Log
مقدار نمک جابه‌جا شده از متوسط محلول خاک به وسیله گیاه	S_c
مقدار نمک اضافه شده به محلول خاک به واسطه کوددهی، تجزیه و اصلاح	S_f
مقدار نمک آورده شده به محلول خاک به واسطه عناصر هوازده معدنی	S_m
متوسط غلظت محلول ذخیره شده بیش از عمق Z	S_m

$S_{m(0)}$	متوسط غلظت محلول ذخیره شده بیش از عمق Z در زمان صفر
S_p	مقدار تمک جابه جا شده از محلول خاک توسط ریزش نمک‌های معدنی
SP	درصد اشباع ظرفیت آب ثقیلی خمیر عصاره اشباع
S_z	متوسط غلظت محلول ردیاب در عمق Z خارج از پریود اندازه‌گیری در مبنای ظرفیت حجمی آب
T	دما به درجه سلسیوس
t	پریود زمانی اندازه‌گیری یا محاسبه
t_0	زمان اولیه اندازه‌گیری یا مبنای زمان برای شروع محاسبه
V_{cu}	حجم آب ذخیره شده توسط محصول در تبخیر و تعرق
V_{dw}	حجم آب زهکشی شده از منطقه ریشه
V_{gw}	حجم آب زیرزمینی که به خاک منطقه ریشه جریان می‌یابد
V_{inf}	حجم آب فیلتر شده
V_{iw}	حجم آب آبیاری مورد استفاده
V_i	حجم خالص آبشویی ($V_{dw}-V_{gw}$)
V_{iw}	حجم رواناب سطحی
W	کشش سطحی ماتریکس بر اساس اندازه سه بعدی
x	پتانسیل ماتریکس تبدیل یافته و قرائت شوری سنج‌های اصلاح شده
Y	بردار مقادیر شوری خاک
Z	عمق پروفیل خاک

پیشگفتار

رشد روزافزون جمعیت جهانی و محدودیت منابع تامین‌کننده مواد غذایی بشر امروزی را با چالش بزرگ عدم امنیت غذایی و بعضاً با بحران‌های منطقه‌ای و بین‌المللی روبرو کرده است. پیشرفت‌ها و توسعه فناوری‌های مختلف در امور کشاورزی هم نتوانسته است بهره‌وری از این منابع محدود را به صورتی بهبود بخشد که این عدم توازن به تعادل پایدار بیانجامد. آبیاری و زراعت آبی به عنوان محور اصلی برنامه‌های از بین بردن فقر غذایی جهانی توجه پژوهشگران، اندیشمندان و سیاست‌گذاران ملی و بین‌المللی را به خود معطوف داشته است. در این راستا بهره‌گیری از منابع حاشیه‌ای و غیرمتعارف از جمله منابع آب و خاک شور در دستور کار اغلب کشورهای جهان که دارای این منابع بوده قرار گرفته است.

توسعه اراضی آبی در مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان با محدودیت شوری اراضی روبرو است. علاوه بر این تداوم آبیاری در این مناطق خود سبب توسعه اراضی شور بوده و پیوسته قابلیت کاربری منابع خاک را محدودتر می‌سازد. شناسایی و طبقه‌بندی این اراضی زیربنای هرگونه برنامه‌ریزی توسعه و اصلاح این منابع خاک بوده و بستر را برای فعالیت‌های بعدی آماده می‌سازد. دستیابی به روش‌های جدید ارزیابی خاک‌های شور و قلیایی که بتواند سرعت کافی برای این گونه مطالعات و طبقه‌بندی منابع خاک را فراهم آورد در چند دهه اخیر مورد توجه دانشمندان و محققین بوده است. کتاب حاضر در واقع بیانگر بخشی از این تلاش‌ها توسط کارشناسان ارشد جهانی است.

کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران نیز با توجه به اهمیت منابع خاک‌های شور در کشور و نیاز به استفاده از روش‌ها و فناوری‌های نوین در ارزیابی سریع این منابع اقدام به ترجمه کتاب حاضر تحت عنوان "Soil salinity assessment" که توسط آقای رودز و همکاران تهیه و منتشر شده است نموده است.

مطالب این کتاب علاوه بر نگرشی علمی و جدی بر مقوله ارزیابی خاک‌های شور و قلیایی به عنوان راهنمای کاربری علمی و سریع تجهیزات و ابداعات جدید نظیر

شوری سنج‌های سیار و سامانه‌های ماهواره‌ای نیز می‌تواند مورد استفاده کارشناسان مرتبط قرار گیرد.

امید است این مجموعه بتواند به کارشناسان و متخصصین این فن در جهت توسعه و پایداری اراضی کشاورزی این مرز و بوم کمک مؤثری نموده و اقدامی هر اندازه کوچک در جهت اعتلای دانش و بینش جامعه مهندسی آبیاری و زهکشی کشور باشد.

سیداسدالله اسدالهی

دبیرکل کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران