حفاظت خاک و بهسازی اراضی

تاثیر شوری و سدیم بر روی ساختمان و هدایت آبی خاک

"شاخص حساسیت خاک نسبت به آبهای شور و سدیمی"

عبدالمجید شامنی*

چکیده

دو پدیده شورشدن و سدیمه شدن خاک با تخریب ساختمان خاک شرایط رشد گیاه را نامساعد ساخته باعث فرسایش خاک و اتلاف آب میگردد.

در عمل مشاهده شده است که آبیاری با آبهای شور و سدیمه باعث هیچگونه تخریب ساختمانی در خاکهای مناطق خشک و نیمه خشک نشده ولی بارش باران و یا آبیاری با آبهای با کیفیت خوب (آبهای شیرین) بر روی این زمینها اثر تخریبی داشته و باعث کاهش در هدایت آبی خاک گردیده است و اصولا" برطبق یک قاعده کلی "هرچه غلظت املاح محلول در آب کمتر و نسبت سدیم قابل تعویض بیشتر بوده باشد کاهش در هدایت آبی خاک نیز زیادتر خواهد بود". بر این اساس ملاحظه میشود که مدیریت خاکهای شور و خاکهای شور و سدیمه کاری بس مشکل و در عین حال حساس و ظریف میباشد.

در بررسی اثر غلظت املاح محلول و نسبت سدیم قابل تعویض بر روی ساختمان خاک و در نتیجه کاهش هدایت آبی از "آزمایشات مجموعه‌های ته‌نشینی" استفاده میگردد. ولی علیرغم بالا بودن دقت و حساسیت روشهای مذکور، این روشها وقت گیر وپرهزینه بوده و نیاز به دستگاههای دقیق و تکنسینهای ماهر و ورزیده داشته و کاربرد آنها را در سطح وسیع و برای

---

* بخش خاکشناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز.

نمونه‌های متعدد عملا" محدود مینماید.

جهت رفع مشکلات فوق‌الذکر، در اینجا مفهوم جدیدی بنام "روش تعیین شاخص حساسیت" خاک در شرائط مختلف شوری و سدیم پیشنهاد میشود که ضمن ساده و کم خرج بودن، در زمانی کوتاه برای تعداد زیادی نمونه قابل انجام میباشد.

مقدمه

تخریب ساختمانی خاکهای شور (Saline-Soils) و خاکهای شور سدیمه (Saline-Sodic Soils) در اثر دو پدیده تورم (Swelling) و از هم پاشیدگی (Dispersion) کانیهای رسی صورت میگیرد(۱۲). بطور کلی این تاثیر متقابل خصوصیات شیمیائی آب مصرفی و خصوصیات خاک است که سیستم آب و خاک را متاثر نموده و حاکم بر شرائطی است که باعث وقوع پدیده‌های تورم و ازهم پاشیدگی ذرات رس و تغییر در ساختمان و هدایت آبی خاکی میگردد. تاثیر غلظت نمک و یون سدیم بر روی کاهش هدایت آبی خاک به این صورت است که "هرچه غلظت املاح محلول در آب کمتر و میزان سدیم قابل تعویض بیشتر بوده باشد کاهش در هدایت آبی خاک نیز زیادتر خواهد بود"(۱۲). و از خصوصیات خاکی عواملی چون نوع رس یا بعبارت دیگر (Clay Mineralogy) و نیز میزان رس و یا در واقع (Soil Texture) عوامل اصلی موثر در تورم و از هم پاشیدگی کانیهای رسی خاک بوده (۱۰) و عوامل دیگری چون ماده آلی خاک (۲) و مواد معدنی چون آهک (۸) و اکسیدهای هیدراته آهن و آلومینیوم (۱۱) اثر تعدیل کننده بر روی دو پدیده فوق اعمال مینمایند.

در عمل مشاهده شده‌است که آبیاری با آبهای شور و سدیمه باعث هیچگونه تخریب ساختمانی در خاکهای مناطق خشک و نیمه‌خشک نشده ولی بارش باران و یا آبیاری با آبهای با کیفیت خوب (آبهای شیرین) بر روی این زمینها اثر تخریبی داشته و کاهش هدایت آبی این خاکها را بدنبال داشته‌است (۸،۱۴). توجه به مطالب فوق نشان میدهد که مدیریت خاکهای شور و خاکهای شور و سدیمه کاری بس مشکل و حساس بوده و هرگونه

مدیریت ناشیانه و عدم رعایت اصول صحیح زراعی و آبیاری نه فقط شرایط مساعد را برای بالا نگاه داشتن قوه باردهی این زمینها فراهم نیاورده بلکه تسریع در تخریب و انهدام و بلااستفاده نمودن آنها نیز خواهد شد.

مدیریت صحیح ایجاب مینماید که در مرحله اول زمینهای طبیعی از زمینهای شورو سدیمه متمایز گردد. در این ارتباط مراکز تحقیقاتی دنیا معیارهای مختلفی را ارائه نموده‌اند. منجمله محققان آزمایشگاه شوری وابسته به وزارت کشاورزی آمریکا پس از مطالعات زیادی که روی تعدادی از خاکهای غرب آمریکا انجام دادند رقم ۱۵ را بعنوان حد بحرانی (ESP) یا درصد سدیم قابل تبادل در خاک سدیمه پیشنهاد نموده و اعلام نمودند که هرچه میزان سدیم از این حد بالاتر رود موجب تخریب ساختمان خاک میگردد(۱۳). ولی دانشمندان استرالیا با مطالعه و آزمایش روی هدایت آبی ۷۱ نمونه از خاکهای این کشور برای حد بحرانی سدیم عدد ۵ را بدست آوردند(۹). این اختلاف در حد بحرانی (ESP) در سطح جهانی بویژه برای مدیریت خاکهای حساس بسیار حائز اهمیت است چرا که در مناطق خشک و نیمه خشک خاکهای با ESP= ۵ بسیار زیاد بوده در حالیکه تعداد خاکهای با ESP=۱۵ کم و نادر است. بنابراین برای مدیریت خاکهای حساس اگر حد بحرانی استرالیا را ملاک طبقه‌بندی قرار دهیم بسیاری از خاکهای این نواحی جزء خاکهای سدیمه قرار گرفته و نیاز به مدیریت و اصلاح خواهند داشت. برای مثال برطبق آمار وزارت کشاورزی مساحت خاکهای شور و سدیمه در ایران براساس معیار پیشنهادی امریکا چیزی حدود ۲۵ میلیون هکتار و به عبارتی ۱۵٪ کل مساحت ایران یا ۳۰٪ اراضی مسطح و یا ۵۰٪ اراضی مستعد کشاورزی مملکت میباشد(۶). حال قابل تصور است که با توجه به خصوصیات خاکهای ایران اگر آنها را براساس معیار استرالیا بخواهیم طبقه‌بندی نمائیم زمینهای شورو سدیمه چه درصد زیادی از اراضی مستعد کشاورزی مملکت را شامل خواهند شد.

در بررسی اثر غلظت املاح محلول و نسبت سدیم قابل تعویض بر روی ساختمان خاک و در نتیجه کاهش هدایت آبی از "آزمایشات خاکشوئی یا Leaching Experiments" (۱۸،۱۶،۱۵،۱۲،۵) و نیز "آزمایشات مجموعه‌های تەنشینی Flocculation Series Tests" (۱۹،۱۶،۱۲،۳) استفاده میگردد. ولی

علیرغم بالابودن دقت و حساسیت روشهای مذکور قابل ذکر است که وقت گیر بودن، پرهزینه بودن و نیاز به دستگاههای دقیق و تکنسینهای ماهر و ورزیده داشتن کاربرد این روشها را در سطح وسیع و برای نمونه‌های متعدد عملا" محدود مینماید. برای مثال در آزمایشات خاکشوئی ستونی از خاک را ابتدا با محلول نمکی مشخص (از نظر غلظت و ترکیب) اشباع نموده و سپس این محلول را با محلولهای رقیقتر یا آب خالص جانشین نموده و عمل شستشو را ادامه میدهند. پس از آن از زه آب خروجی در زمانهای مختلف نمونه‌برداری کرده از روی حجم نمونه‌ها تغییرات در هدایت آبی خاک و از تجزیه شیمیائی آنها به تغییرات شیمیائی حاصله در ستون خاک پی میبرند.

با توجه به این مشکلات اخیرا" شامنی (۱۶) روشی پیشنهاد نموده است بنام روش تعیین " شاخص حساسیت یا Sensitivity Index" که ضمن ساده و کم خرج بودن در زمانی کوتاه برای تعداد زیادی نمونه قابل انجام میباشد. این روش که در واقع یک آزمایش ساده خاکشوئی میباشد به این صورت است که:

۱- ستونهائی از یک خاک با محلولهایی با غلظت معین و نسبتهای مختلف سدیم جذبی (یا SARهای متفاوت) اشباع میگردد.

۲- نمونه‌های اشباع شده با آب مقطر شستشو میشود. لازم است که سرعت جریان آب مقطر در ابتدای عمل شستشو برای همه نمونه‌ها یکسان باشد تا بتوان اثرات مقادیر مختلف نسبت سدیم جذبی را با هم مقایسه نمود. سرعت جریان اولیه بنام "سرعت جریان مبنا Base Flow Rate یا (BFR)" نامیده میشود.

۳- در یک مدت زمان معین که لزوما" برای همه نمونه‌ها یکسان انتخاب میشود زه آبهای حاصله از شستشوی هر نمونه جمع‌آوری شده و حجم آن تعیین میگردد. حجم کل زه آب جمع‌آوری شده تقسیم به مدت زمان شستشو بنام "سرعت جریان متوسط Average Flow Rate یا (AFR)"نامیده میشود.

۴- طبق تعریف سرعت جریان متوسط تقسیم به سرعت جریان اولیه بنام " شاخص حساسیت Sensitivity Index یا (SI)" نامیده میشود.

$$SI=AFR/BFR$$

توضیح اینکه در روش تعیین شاخص حساسیت نه تنها اثرات نسبتهای

مختلف سدیم جذبی بر یک خاک قابل مقایسه خواهد بود بلکه چنانچه سرعت جریان مبنا و همچنین مدت زمان شستشو برای خاکهای مختلف یکسان باشد اثر نسبتهای مختلف سدیم بر روی خاکهای متعدد نیز با هم قابل مقایسه خواهد بود.

هدف از این آزمایش مقایسه دو روش "آزمایشات خاکشوئی" و "تعیین شاخص حساسیت خاک" بوده و بدین منظور ابتدا قانونمندی اثرات شوری و سدیم بر ساختمان و هدایت آبی خاک از طریق روش "آزمایشات خاکشوئی" مورد بررسی قرار گرفته و نتایج حاصله با نتایجی که از طریق روش "تعیین شاخص حساسیت خاک" بدست آمده است مقایسه شده است.

مواد و روشها

در یک سری آزمایشات خاکشوئی ستونهائی از دو خاک "دنسچ ورث" و سه خاک "گولت" که کانی رس غالب همگی آنها "مونت موری لونایت" بود با محلولهائی با غلظت ۱۰۰ میلی اکی والان در لیتر (کلرور سدیم + کلرور کلسیم) و نسبتهای سدیم جذبی ۵، ۱۰، ۱۵ و ۲۰ اشباع شده و متعاقبا" با آب مقطر شسته شدند. بلافاصله بعد از شروع شستشو در مقاطع زمانی ۱، ۲، ۴ و ... دقیقه زهاب خروجی جمع‌آوری شده از حجم آنها در تعیین تغییرات هدایت آبی خاک استفاده گردید. خصوصیات شیمیائی زهاب‌ها از قبیل Ec، pH، میزان رس و نوع کانی رس تعیین گردید. بعلاوه از اختلاف ارتفاع ستون خاک در حالتهای قبل و بعد از خاکشوئی میزان انبساط خاک محاسبه شد. تغییرات در HC بعنوان شاخصی در میزان تخریب ساختمان، مقدار رس بعنوان معیاری از میزان ازهم پاشیدگی ذرات رس (Dispersion)، و مقدار افزایش در ارتفاع ستون خاک بعنوان معیاری از میزان انبساط و تورم ذرات رس (Swelling) مورد استفاده قرار گرفته است.

برای ارائه نتایج در قالب "شاخص حساسیت خاک" یک مدت زمان قراردادی ۱۶ دقیقه‌ای را برای کلیه تیمارها درنظر گرفته، حجم کل زهاب

جمع‌آوری شده در این مدت زمان را اندازه‌گیری نموده و بر اساس آن سرعت جریان متوسط (AFR) برای هر تیمار محاسبه گردید. با توجه به سرعت جریان مبنا (BFR) و (AFR) در هر تیمار اعداد شاخص حساسیت (SI) برای هر تیمار محاسبه گردید.

از آنجا که این آزمایش بر روی ۵ نمونه خاک از یک منطقه مرطوب انجام گرفته بود برای تثبیت جامعیت روش "تعیین شاخص حساسیت خاک" آزمایش بر روی ۲۰ نمونه خاک از منطقه خشک گاریزات در استان یزد نیز تکرار گردید.

نتایج و بحث

در شکل (۱) اجزاء یک دستگاه خاکشوئی ملاحظه میشود. اصولا" مبنای "آزمایشات خاکشوئی" بررسی دقیق و کامل خصوصیات فیزیکی و شیمیائی زهاب خروجی از دستگاه خاکشوئی میباشد. برای مثال در جدول شماره (۱) تغییرات در حجم کل (EV)، شدت جریان نسبی (RFR)، هدایت الکتریک (EC) و واکنش (pH) زهاب خاک "گولت سفلی یا GL" که ابتدا با محلولی با غلظت ۱۰۰ میلی اکی والان در لیتر (NaCl+NaCl2) و نسبت سدیم جذبی (SAR) برابر با ۵ اشباع شده و متعاقبا" با آب مقطر شسته شده‌است دیده میشود. همانگونه که در جدول شماره (۱) ملاحظه میشود کلیه اندازه‌گیریها و محاسبات برای ۱۳ نمونه زهاب و هر نمونه در دو تکرار انجام گرفته است و با استفاده از ارقام این جدول میتوان تغییرات (RFR), (EC) و (pH) را در مقابل تغییرات حجم کل زهاب یا (EV) ترسیم نمود. البته قابل ذکر است که برای هرکدام از این خصوصیات ارقام این جدول فقط یک منحنی میدهد و برای ۵ خاک و چهار نسبت سدیم جذبی نیاز به ۲۰ جدول و حداقل انجام ۴۰ آزمایش خاکشوئی میباشد. برای مثال در شکل شماره (۲) که ترکیبی از ۲۰ منحنی مختلف میباشد تغییرات شدت جریان نسبی در مقابل حجم زهاب برای خاکها و محلولهای مختلف مورد آزمایش نشان داده شده‌است. برای تغییرات در (EC) و یا (pH) نیز منحنی‌های ترکیبی مشابهی میتوان رسم نمود. همچنین نیاز به جداول مشابهی

است که اطلاعاتی در خصوص میزان رس و نوع رس هر نمونه زهاب خاک را در اختیار گذارده تا بتوان درجه از هم پاشیدگی ذرات رس یا پدیده (Dispersion) را مورد مطالعه قرار داده و یا جداولی که نشانه‌دهنده میزان انبساط ستون خاک مورد آزمایش باشد تا بتوان درجه تورم ذرات رس یا پدیده (Swelling) را مورد مطالعه قرار داد.

انجام این آزمایشات دقیق و کامل و وقت گیر آن هم تنها بر روی ۵ نمونه خاک برای تحقیق و بررسی شدت تخریب ساختمانی در شرائط مختلف شوری و سدیمی و میزان دخالتی که هر کدام از دو پدیده (Dispersion) و (Swelling) در این تخریب دارند کاری بسیار با ارزش و ضروری میباشد. ولی علیرغم دقت و حساسیت آن، این روش برای نمونه‌های متعدد و در طول زمانی کوتاه و نیز در جائی که مواد لازمه، دستگاههای اندازه‌گیری پیچیده و یا تکنسینهای ماهر و ورزیده وجود ندارد عملی نبوده و حتی آخرالامر نتایج حاصله یک مقایسه نسبتا" کیفی و نه کمی و در قالب عدد و رقم را نشان میدهد. دراین ارتباط مجددا" به منحنی ترکیبی تغییرات شدت جریان نسبی در مقابل حجم کل زهاب دقت مینمائیم. این منحنی نشان میدهد که شستشوی نمونه‌ها با آب مقطر باعث رقیقتر شدن محلول خاک و پائین آمدن غلظت املاح شده و در نتیجه باعث مسدود شدن مجاری انتقال دهنده آب و نهایتا" کاهش در هدایت آبی خاک میگردد و همچنین هر قدر نسبت سدیم جذبی بیشتر باشد کاهش در هدایت آبی خاک نیز افزایش می‌یابد.

با توجه به نکات فوق و به جهت استفاده از روش سهل الوصول "تعیین شاخص حساسیت خاک" بازمیگردیم به تعریف این شاخص:

$$SI=AFR/BFR$$

یا

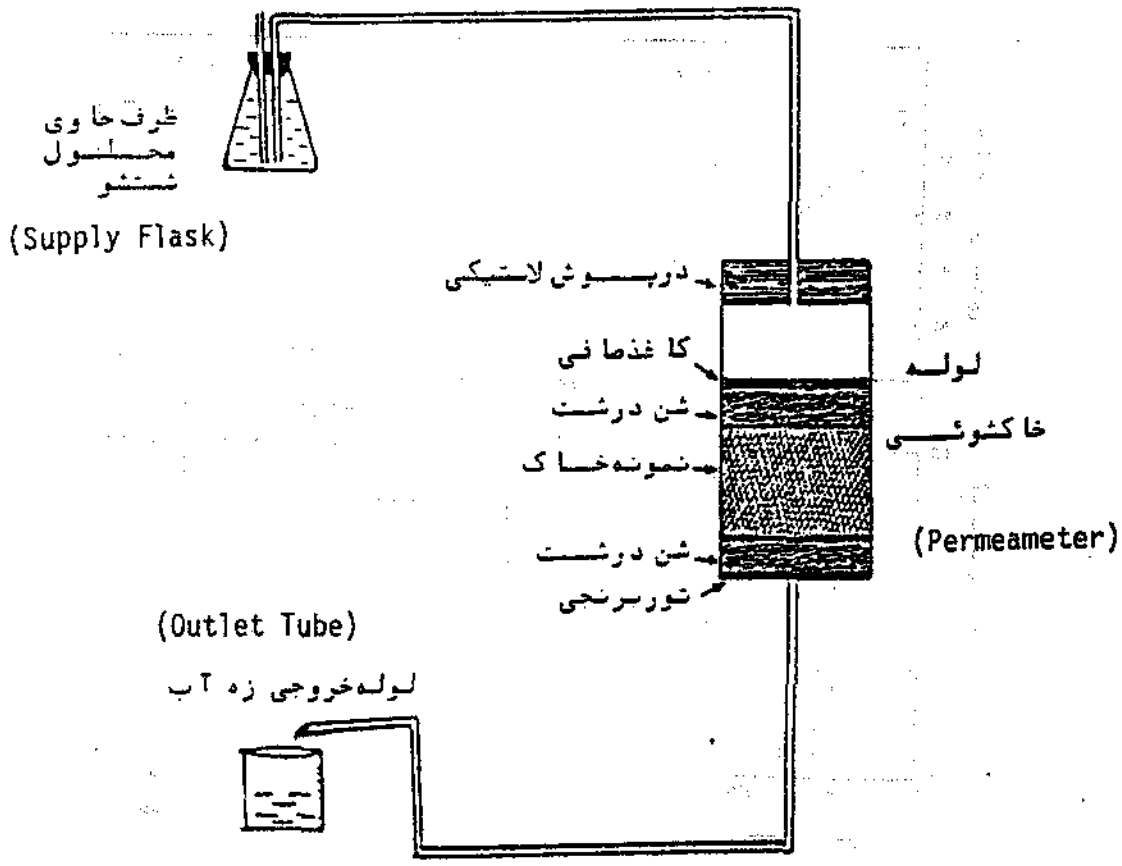
$$\text{شاخص حساسیت} = \frac{\text{زمان کل شستشو / حجم کل زهاب}}{\text{سرعت جریان مبنا}}$$

دقت در جدول شماره (۱) نشان میدهد که برای این تیمار بخصوص زمان کل شستشو برابر با ۳۶ دقیقه حجم کل زهاب ۵۱۱ میلی لیتر و سرعت جریان مبنا برابر با ۱۵/۱۰ میلی لیتر در دقیقه میباشد. این اطلاعات

برای کلیه تیماره در جدول شماره (۲) نشان داده شده‌است. همانگونه که ملاحظه میشود این جدول شامل دو قسمت بوده و علاوه بر ارقام اصلی مقادیر انتخابی نیز نوشته شده‌است. از آنجا که خصوصیات خاکهای مختلف متفاوت میباشد بنابراین عکس العمل آنان نیز در مقابل شستشوی با محلولهای شور و سدیمه مختلف متفاوت بوده برای مثال یکی بعد از ۱۶ دقیقه خاصیت هدایت آبی خود را از دست داده و دیگری تا بیش از ۶۰ دقیقه هنوز قادر به عبور آب از مجاری عبوری خود بوده‌است، و از آنجا که لازم است برای قابل مقایسه شدن نتایج زمان شستشو برای همه تیمارها یکسان باشد بنابراین زمان انتخابی حداقل مدت زمانی است که مشترک بین همه تیمارها بوده‌است. (دقت در ستون LT اصلی، عدد ۱۶ را نشان میدهد). در نتیجه (LV) انتخابی نیز مقدار زهابی است که در مدت زمان ۱۶ دقیقه جمع‌آوری شده‌است. همچنین از آنجائی که بعلت مشکلات فنی (بخاطر تفاوت در خصوصیات خاکهای آزمایشی) انتخاب یک (BFR) برای کلیه خاکها کاری غیرعملی میباشد برای استاندارد کردن تیمارهای هر خاک (BFR) مربوط به کمترین نسبت سدیم جذبی (یا در واقع SAR=۵) بعنوان (BFR) انتخابی برای دیگر تیمارهای (SAR) در همان خاک درنظر گرفته شده‌است. با استفاده از این ارقام انتخابی (AFR/BFR) برای هر تیمار محاسبه شده جدول (۳) و این مقادیر (یا در واقع ارقام شاخص حساسیت) در جدول (۴) خلاصه شده‌است. دقت در این جدول نه تنها نشان دهنده این قانون کلی است که هرقدر نسبت سدیم جذبی بیشتر شود عدد شاخص حساسیت کمتر میشود (یا در واقع حساسیت زیادتری از خود نشان داده و در عمل بیشتر تخریب شده‌است) بلکه میزان این کاهش را در قالب اعداد هم بما میدهد. نظیر این نتایج عیناً برای خاکهای منطقه خشک گاریزات یزد نیز در جدول (۵) دیده میشود.

در نهایت نتایج حاصله نشان میدهد که مفهوم جدید "شاخص حساسیت خاک" که با آبی با غلظت ۱۰۰ میلی اکی والان در لیتر (یا هدایت الکتریکی تقریباً "10dSm-1") و طیف وسیعی از مقادیر (SAR) از ۵ تا ۲۰ تعیین میگردد، میتواند بعنوان یک منبای سهل الوصول در طبقه‌بندی حساسیت خاکهای مختلف نسبت به شرائط شوری و سدیمی متفاوت مورد استفاده قرار گرفته، و کمک فراوانی به انتخاب مدیریت صحیح و روش

مناسب جهت اصلاح آنها بنمایید.



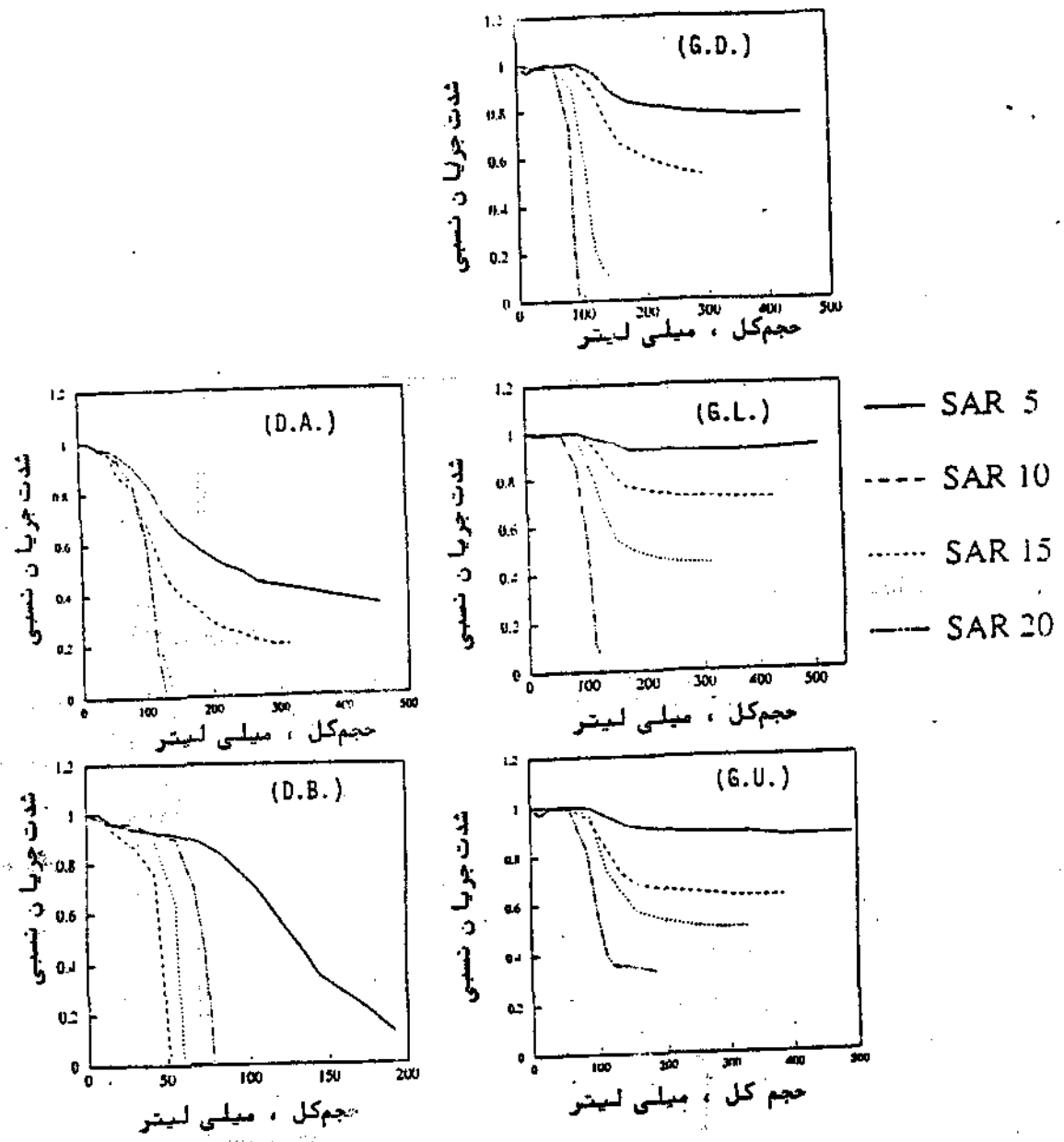
شکل شماره (۱)ـ شمائی از دستگاه خاکشوئی

(Leaching Aparatus) شامل :

ظرف حاوی محلول شستشو ، لوله خاکشوئی و لوه خروجی زه آب می‌باشد.

این شکل از منبع زیر گرفته شده است :

مشکوه، محمد علی، ۱۳۷۱ - تعیین شاخص حساسیت خاکهای منطقه کاریزات در استان یزد نسبت به آبهای شور و سدیم- پایان نامه فوق لیسانس در رشته خاکشناسی، دانشگاه شیراز



شکل (۲). تغییرات در شدت جریان نسبی آب درون ستونهائی از خاکهای مختلف که با محلولهائی با نسبتهای سدیم جذبی ۵، ۱۰، ۱۵ و ۲۰ با غلظت ۱۰۰ میلی اکی والان در لیتر (NaCl+NaCl2) شسته شده‌اند.

جدول شماره ۱

تغییرات در حجم کل(EV)، شدت جریان نسبی(RFR)، هدایت الکتریکی (EC)، واکنش (pH) زهاب خاک "گولت سفلی یا GL" که ابتدا با محلولی با غلظت ۱۰۰ میلی اکی والان در لیتر ($NaCl+NaCl_2$) و نسبت سدیم جذبی (SAR) برابر با ۵ اشباع شده و متعاقبا" با آب مقطر شسته شده است. ارقام میانگین دون نمونه است. (شماره زهاب = LN، زمان جمع‌آوری =CT ، حجم زهاب =LV و شدت جریان =FR).

LN	CT (min)	LV (ml)	FR ($ml\ min^{-1}$)	EV (ml)	RFR	EC ($mS\ cm^{-1}$)	pH
عدد مبنا	1	15.10	15.10	15.10	1.000	9.050	7.095
1	1	15.00	15.00	15.00	0.995	9.050	7.055
2	1	14.85	14.85	29.85	0.985	9.075	7.135
3	1	15.00	15.00	44.85	0.995	9.075	7.015
4	1	15.00	15.00	59.85	0.995	8.875	7.080
5	2	30.10	15.05	89.95	0.995	4.300	7.210
6	2	29.30	14.65	119.25	0.970	1.800	7.420
7	2	28.70	14.35	147.95	0.950	1.175	7.575
8	2	27.90	13.95	175.85	0.920	0.870	7.585
9	4	55.65	13.91	231.50	0.920	0.675	7.765
10	4	55.50	13.88	287.00	0.919	0.530	7.850
11	4	55.45	13.86	342.45	0.918	0.420	8.000
12	4	55.35	13.84	397.80	0.917	0.345	8.125
13	8	113.20	14.15	511.00	0.937	0.295	8.235
جمع	36	-	-	511.00	-	-	-

جدول شماره ۲

خصوصیات محلولهای شستشو درون ستونهائی از خاکهای مختلف

زمان شستشو (LT)، حجم محلول شستشو (LV) و سرعت جریان مبنا (BFR)، ارقام میانگین دو نمونه است.

نوع خاک و نسبت سدیم جذبی	ارقام اصلی			ارقام انتخابی		
	LT (min)	LV (ml)	BFR (ml min^{-1})	LT (min)	LV (ml)	BFR (ml min^{-1})
D.A., 5	60	454.85	14.95	16	184.65	14.95
,10	60	313.30	14.85	16	155.10	14.95
,15	28	137.30	15.00	16	127.05	14.95
,20	28	127.85	15.00	16	121.50	14.95
D.B., 5	60	191.60	7.50	16	103.55	7.50
,10	16	51.65	8.00	16	51.65	7.50
,15	20	59.95	8.00	16	59.65	7.50
,20	20	77.05	7.50	16	76.85	7.50
G.A., 5	36	454.45	15.10	16	218.85	15.10
,10	28	291.10	15.00	16	193.25	15.10
,15	24	140.25	15.00	16	127.35	15.10
,20	16	92.30	15.00	16	92.30	15.10
G.L., 5	36	511.00	15.10	16	231.50	15.10
,10	36	433.50	15.00	16	209.95	15.10
,15	36	315.80	15.15	16	179.50	15.10
,20	16	117.00	15.10	16	117.00	15.10
G.U., 5	36	490.85	15.00	16	226.45	15.00
,10	36	384.30	15.00	16	194.30	15.00
,15	28	269.30	15.00	16	185.90	15.00
,20	24	184.25	15.00	16	143.85	15.00

جدول شماره ۳

خصوصیات سیستمهای شستشو برای خاکها و محلولهای مختلف

ارتفاع اولیه (IH)، وزن مخصوص ظاهری اولیه (BD)، ارتفاع نهائی (FH)، درجه انبساط (EX) و شاخص حساسیت (AFR/BFR)

ارقام میانگین دو نمونه است.

نوع خاک، نسبت سدیم جذبی	IH	BD	FH	EX	AFR/BFR
D.A., 5	3.30	1.40	4.40	33.33	0.772
,10	3.30	1.40	4.40	33.33	0.648
,15	3.30	1.40	4.40	33.33	0.531
,20	3.30	1.40	4.40	33.33	0.508
B.D., 5	3.30	1.40	4.10	24.24	0.863
,10	3.30	1.40	4.20	27.27	0.431
,15	3.30	1.40	4.20	27.27	0.497
,20	3.30	1.40	4.40	33.33	0.640
G.D., 5	3.80	1.22	4.40	15.79	0.906
,10	3.80	1.22	4.60	21.05	0.800
,15	3.80	1.22	4.80	26.32	0.527
,20	3.80	1.22	5.00	31.58	0.382
G.L., 5	4.00	1.16	4.40	10.00	0.958
,10	4.00	1.16	4.40	10.00	0.869
,15	4.00	1.16	4.50	12.50	0.743
,20	4.40	1.16	4.60	15.00	0.484
G.U., 5	4.00	1.16	4.40	10.00	0.943
,10	4.00	1.16	4.50	12.50	0.809
,15	4.00	1.16	4.55	13.75	0.775
,20	4.00	1.16	4.60	15.00	0.599

جدول شماره ۴

نسبت AFR/BFR تیمارهای مختلف تحت تاثیر نسبت سدیم جذبی محلول شستشو و نوع خاک

نسبت سدیم جذبی / نوع خاک	5	10	15	20	میانگین
D.A.	0.772	0.648	0.531	0.508	0.615
D.B.	0.863	0.431	0.497	0.640	0.608
G.D.	0.906	0.800	0.527	0.382	0.653
G.L.	0.958	0.869	0.743	0.484	0.764
G.U.	0.943	0.809	0.775	0.599	0.782
میانگین	0.888	0.711	0.615	0.523	

جدول شماره ۵

نتایج شاخص حساسیت خاکهای مختلف تحت تاثیر شستشو با محلولهایی با نسبتهای مختلف سدیم جذبی

شماره خاک	SAR *				میانگین
	۵	۱۰	۱۵	۲۰	
۱	۰/۹۰	۰/۸۴	۰/۸۰	۰/۷۴	۰/۸۲ de**
۲	۰/۹۵	۰/۹۰	۰/۷۸	۰/۷۶	۰/۸۵ de
۳	۰/۸۹	۰/۸۸	۰/۷۸	۰/۷۱	۰/۸۲ de
۴	۰/۹۰	۰/۸۲	۰/۷۷	۰/۷۰	۰/۸۰ e
۵	۰/۷۷	۰/۶۶	۰/۶۲	۰/۵۴	۰/۶۵ hi
۶	۰/۸۵	۰/۷۵	۰/۷۰	۰/۶۲	۰/۷۳ f
۷	۰/۷۶	۰/۷۱	۰/۶۴	۰/۶۰	۰/۶۸ gh
۸	۰/۹۶	۰/۹۴	۰/۸۲	۰/۷۵	۰/۸۷ c
۹	۰/۹۶	۰/۹۴	۰/۸۲	۰/۷۵	۰/۷۸ e
۱۰	۰/۷۴	۰/۵۲	۰/۳۶	۰/۳۱	۰/۴۸ j
۱۱	۰/۹۶	۰/۹۴	۰/۹۴	۰/۸۲	۰/۹۲ b
۱۲	۰/۹۸	۰/۹۷	۰/۹۴	۰/۷۹	۰/۹۲ b
۱۳	۰/۹۸	۰/۹۲	۰/۹۱	۰/۸۸	۰/۹۲ b
۱۴	۰/۹۷	۰/۹۸	۱/۰	۱/۰	۰/۹۹ a
۱۵	۰/۸۵	۰/۸۰	۰/۷۹	۰/۷۰	۰/۷۹ e
۱۶	۰/۹۹	۰/۹۸	۰/۹۴	۰/۷۵	۰/۹۲ b
۱۷	۰/۸۴	۰/۷۴	۰/۶۶	۰/۸۵	۰/۷۰ fg
۱۸	۰/۹۴	۰/۹۳	۰/۸۲	۰/۸۸	۰/۸۹ bc
۱۹	۰/۴۰	۰/۳۲	۰/۳۲	۰/۳۲	۰/۳۴ k
۲۰	۰/۷۶	۰/۷۳	۰/۵۵	۰/۴۸	۰/۶۳ i
میانگین	۰/۸۶d	۰/۸۰c	۰/۷۴b	۰/۶۸a	

* هر عدد میانگین دو تکرار است.

** اعدادی که حروف مشترک دارند در سطح ۱% اختلاف معنی‌داری ندارند.

این جدول از منبع زیر گرفته شده است.

مشکوه، محمد علی - ۱۳۷۱ تعیین شاخص حساسیت خاکهای منطقه کاریزات در استان یزد نسبت به آبهای شور و سدیمه - پایان نامه فوق لیسانس در رشته خاکشناسی دانشگاه شیراز

فهرست منابع

1. Allison, L.E. 1964. Salinity in relation to irrigation. Advances in Agronomy. 16: 139-178.

2. Allison, F.E. 1968. Soil aggregation-some facts and fallacies as seen by a microbiologist. Soil Science. 106: 136-143.

3. Arora, H.S. , Coleman, N.T. 1979. The influence of electrolyte concentration of clay suspensions. Soil Science. 127: 131-139.

4. Bresler, E., McNeal, B.L. and Carter, D.L. 1982. Saline and Sodic Soils. Principles-Dynamics-Modelling. Advanced Series in Agricultural Science 10. Springer Verlag. Berlin, Heidelberg, Germany.

5. Chiang, S.C., Radcliffe, D.E., Miller, W.P. and Newman, K.D. 1987. Hydraulic conductivity of three southeastern soils as a affectes by sodium, electrolyte concentration and pH. Soil Science Society of America Journal. 51: 1293-1299.

6. Dewan, M.L., Famouri, J. 1964. The soils of IRAN. FAO, Rome, Italy.

7. FAO/UNESCO: 1973. Irrigation, Drainage and Salinity, An Internatianal Source Book. Rome, Italy.

8. Keren, R., Shainberg, I., Frenkel, H. and Kalo, Y. 1983. The effect of exchangeable sodium and gypsum on surface run off from loess soil. SoilScience Society of Americ Journal. 47: 1001-1004.

9. McIntyre, D.S. 1979. Exchangeable sodium, subplasticity and hydraulic conductivity of some Australian soils. Australian Journal of Soil Research, 17: 115-120.

10. McNeal, B.L., Coleman, N.T. 1966. Effect of solution composition on soil hydraulic conductivity. Soil Science Society of America Procedding. 30:308-312.

11. McNeal, B.L., Layfield, D.A., Norvell, W.A. and Rhoades, J.D. 1968. Factors influencing hydraulic conductivity of soils in the presence of mixed-salt solutions. Soil Science Society of America proceedinfs, 32: 187-190.

12. Quirk, J.P., Schofiels, R.K. 1955. The effect of electrolyte concentration on soil permeability. The Journal of Soil Science. 6: 163-178.

13. Richards, L.A. 1954. Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils. United States Department of Agriculture Handbook No. 60. USA.

14. Rowell, D.L. 1985. The reduction in sodicity during the-NaCL displacement of mixed CaCL Irrigation2 salts from soils by water. Science, 6: 11-18.

15. Rowell, D.L., Parne, D. and N.Ahmad. 1969. "The effect of the concentration and movement of solution on the swelling, dispersion and movement of clay in saline and alkali soils". The journal of soil Science, 20:176-183.

16. Sameni, A.M. 1989. "The effect of salinity and sodicity on the structure and hydraulic conductivity of soils". Thesis submitted for the degree of Doctor of Philosophy, Reading University.

17. Shainberg, I., Letey, J. 1984. "Response of soils to sodic conditions". Hilgardic. 52:1-57.

18. Shainberg, I., Rhoades, J.D. and R.J.Prather. 1981. "Effect of low electrolyte concentration on clay dispersion and hydraulic conductivity of a sodic soil". Soil Science Society of America Journal. 45:273-277.

19. Yousaf, M., Ali, O.M. and Rhoades, J.D. 1987. "Clay dispersion and hydraulic conductivity of some saltaffected arid land soils". Soil Science Society of Americ Journal, 51:905-907.