

بررسی ریاضی آب شویی بدون کاربرد ماده اصلاح کننده در دو منطقه دشت شاوور استان خوزستان

پیوند پاپن^{1*} و منا گلابی²

(تاریخ دریافت: 89/8/21 تاریخ پذیرش: 89/9/15)

چکیده

مناطق خشک، چون ایران دارای بارندگی کم و تبخیر زیاد می‌باشند، لذا تجمع املاح در سطح خاک، امری اجتناب ناپذیر خواهد بود. بنابراین اعمال یک روش عملی جهت برآورد آب مورد نیاز به منظور اصلاح خاک برای کشاورزی امری ضروری است. هدف از این تحقیق، مدل سازی ریاضی شوری و سدیم زدایی در 2 منطقه بدون کاربرد ماده اصلاح کننده (اسید سولفوریک) در شمال شرق استان خوزستان می باشد. آزمایش در دو منطقه 1 و 2 با چهار تیمار، تیمار اول 25 سانتی متر، تیمار دوم 50 سانتی متر، تیمار سوم 75 سانتی متر و تیمار چهارم 100 سانتی متر آب و چهار تکرار تا عمق 150 سانتی متر در کرت های 1×1 متر انجام گرفت. با استفاده از داده های هدایت الکتریکی و درصد سدیم قابل تبادل و تعادلی بدست آمده نرم افزار SPSS12.0 یازده مدل ریاضی استخراج گردید. نتایج حاصل از برازش مدل های ریاضی بیانگر این مطلب است که در منطقه یک معادله درجه سه برای هدایت الکتریکی و درصد سدیم قابل تبادل بیشترین همبستگی و معادلات اس و لجستیک کمترین همبستگی را داشته است. در منطقه دو برای هدایت الکتریکی معادلات مرکب، رشد و نمایی بیشترین همبستگی و معادلات اس و لجستیک کمترین همبستگی را دارا می باشند. در مورد درصد سدیم قابل تبادل نیز نتایج مانند منطقه یک بوده است.

واژه های کلیدی: آبشویی، شوری زدایی، سدیم زدایی، اصلاح کننده، خوزستان

1- کارشناس ارشد خاکشناسی سازمان آب و برق خوزستان

2- دکتری آبیاری و زهکشی و کارشناس سازمان آب و برق خوزستان

*مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: payvand_p2006@yahoo.com

مقدمه

علمی، معقول و مدبرانه از منابع فیزیکی تولید (آب و خاک) می‌باشد. اعمال این مدیریت در کشاورزی و آبیاری از طریق پی‌گیری اهدافی نظیر؛ صرفه‌جویی در مصرف آب، کاهش خسارات کم‌آبی از طریق توزیع مناسب، توسعه وسایل بهره‌برداری مرکزی به منظور آبیاری مطلوب‌تر و بالاخره کاهش مسائلی شوری و زه‌کشی خاک و اراضی عملی می‌باشد (8).

در طرح‌های مطالعاتی بررسی امکانات اصلاح فیزیکی و شیمیایی خاک‌های شور و یا شور و سدیمی، تعیین میزان آب لازم برای آب‌شویی املاح محلول از نیم‌رخ خاک‌ها از طریق آزمون‌های مزرعه توصیه گردیده است. نتایج حاصل از اجرای آزمایش‌ها با استفاده از مدل‌های تجربی و نظری این امکان را فراهم می‌آورد تا بتوان نسبت به تهیه و ارزیابی منحنی‌های شوری و سدیم زدایی اقدام نمود. مدل‌های تجربی، حاصل داده‌های مشاهداتی و اندازه‌گیری (آزمایشگاهی و میدانی) می‌باشند که بر نوعی معادله ریاضی برآزش داده می‌شوند. بنابراین در به دست آوردن آن‌ها هیچ‌گونه پیش‌فرض فیزیکی و ریاضی اعمال نگردیده است. هر چند مدل‌های تجربی قلمرو محدودی دارند و در محل یا در مورد مشکل خاصی مورد استفاده قرار می‌گیرند، لیکن دارای مزایای زیر می‌باشند:

کاربرد آن‌ها در برآوردهای مقدماتی و تقریبی می‌تواند جهت دست‌یابی به اطلاعات مورد نیاز برنامه‌های اصلاح خاک و اراضی سودمند باشند. این نوع مدل‌ها می‌توانند بخش مهمی از یک مدل پیچیده عددی را تشکیل دهند.

هر چند این روابط تجربی در مقایسه با نتایج مطالعات پایه‌ای حرکت توأم آب و املاح محدودیت‌هایی را نشان دهند اما از نظر کاربردهای عملی در برنامه‌های اجرایی اصلاح خاک و اراضی بر مدل‌های نظری برتری دارند (5).

بهره‌برداری از اراضی در مناطق خشک و نیمه‌خشک ممکن است با یک یا مجموعه‌ای از مسایل مانند؛ تجمع املاح در نیم‌رخ خاک، نفوذ پذیری کم خاک‌ها، کم بودن نسبی سرعت حرکت آب در خاک و تخریب ساختمان خاک رو به رو باشد. تجمع املاح در نیم‌رخ خاک که از آن به شور شدن خاک تعبیر می‌گردد، فرآیندی است که طی آن تجمع املاح محلول در قشر سطحی خاک به حدی رسیده است که در اثر آن لایه سطحی پتانسیل خود را به عنوان محل رشد و نمو گیاه از دست می‌دهد (1). کاهش میزان شوری خاک و تولید عمل کرد پتانسیل تنها با اجرای عملیات نمک زدایی مسیر می‌گردد. بهترین راه نمک زدایی شستشوی خاک با آب است، قرار دادن آب روی خاک و فرصت دادن به آب برای نفوذ در خاک و انتقال زه‌آب شور به درون زه‌کش و یا لایه‌های تحتانی که به آن آب‌شویی گویند. نخستین اقدام برای بهره‌برداری از منابع خاک‌های شور و قلیا، مستلزم انجام مطالعاتی در زمینه اصلاح و به‌سازی خاک و مطالعات آب‌شویی به منظور برآورد میزان آب مورد نیاز برای شستشوی املاح محلول و متعادل نمودن میزان نمک در منطقه رشد گیاهان زراعی می‌باشد (2).

کشاورزی به عنوان محور توسعه پایدار در کشور و آب به عنوان یک عامل محدود کننده محسوب می‌شود همچنین با توجه به تبخیر زیاد از سطح تجمع املاح و شور شدن خاک‌های ایران یک امر طبیعی و دور از انتظار نمی‌باشد. در سال 1349 حدود 50 درصد کل اراضی تحت آبیاری کشور به درجات مختلف با مشکلات شوری، سدیمی بودن، حالت زه‌داری و شرایط ماندآبی رو به رو بوده است که انتظار می‌رود هم‌اکنون گسترش بیشتری یافته باشد (4). در هر شرایطی افزایش عمل کرد در واحد سطح اراضی فاریاب و یا گسترش سطح کشت فعلی در گرو اعمال مدیریت صحیح، بهره‌برداری و مصرف

هافمن (9) از ارقام و اطلاعات حاصل از اجرای آزمایش های مزرعه ای در کشور آمریکا و سایر نقاط جهان رابطه ی تجربی را به شرح زیر ارائه نمود:

$$\frac{D_w}{D_s} = K \frac{EC_i - EC_{eq}}{EC_f - EC_{eq}} \quad (3)$$

که در آن EC_i و EC_f به ترتیب هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک قبل و پس از آب شویی، D_w عمق آب کاربردی آب شویی، D_s ضخامت لایه خاک مورد آب شویی و K ضریب تجربی بدون بعد.

پذیرا و کاواچی (11) براساس مطالعات و آزمون های متعددی که طی سال های متمادی در بخش مرکزی استان خوزستان انجام داده اند، برای خاک منطقه که به طور عمده دارای بافت سیلتی رسی تا رسی سیلتی، با میزان هدایت الکتریکی 65 تا 80 دسی زیمنس بر متر تا عمق 1/5 متری و روش آب شویی غرق آب متناوب رابطه ی تجربی و هذلولی شکل زیر را ارائه دادند:

$$\frac{EC_f - EC_e}{EC_i - EC_e} = \frac{0.070}{\frac{D_{lw}}{D_s}} + 0.023 \quad (4)$$

D_{lw} عمق ناخالص آب (آب آبیاری بر حسب سانتی متر) و D_s عمق ناخالص آب (آب آبیاری بر حسب سانتی متر) و EC_e هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک می باشد.

1- شرایط غرق آب دائم

$$\frac{EC_f - EC_e}{EC_i - EC_e} = 0.099 * \left(\frac{D_{lw}}{D_s}\right)^{-1.27} \quad (5)$$

2- شرایط غرق آب متناوب

$$\frac{EC_f - EC_e}{EC_i - EC_e} = 0.09 * \left(\frac{D_{lw}}{D_s}\right)^{-1.63} \quad (6)$$

بر طبق نظر ریو و همکاران (13) و ریو (14) منحنی آب شویی املاح در نیم رخ خاک ها از شکل عمومی خاصی تبعیت می نماید. تحقیقات انجام شده در این مورد بر روی نوعی خاک با بافت رسی سیلتی لومی که میزان هدایت الکتریکی اولیه آن تا عمق 30 سانتی متری معادل 40 دسی زیمنس بر متر و روش آب شویی غرق آب داریم بوده موجب حصول معادله تجربی هذلولی به شرح زیر بوده است:

$$\frac{D_w}{D_s} = \frac{1}{5 \left(\frac{EC_f}{EC_i}\right)} + 0.15 = \frac{1}{5} \left(\frac{EC_i}{EC_f}\right) + 0.15$$

که در آن: D_w عمق آب کاربردی و D_s عمق خاک (هر دو بر حسب سانتی متر) و EC_i و EC_f به ترتیب هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک قبل و پس از آب شویی می باشد.

بر پایه بررسی ها و آزمون های مزرعه ای که در منطقه هانسا-هارایانا کشور هندوستان توسط لافلر و شارما (10) به انجام رسید، آن ها اعلام نمودند که نتایج حاصل از کاربرد مدل ریو (15)، عمق آب آب شویی را برای خاک های با بافت سبک (شنی لومی تا سیلتی لومی) بسیار زیادتر از میزان مورد نیاز برآورد می نماید. لافلر و شارما آزمایش های مربوطه را با دو روش غرق آب داریم و متناوب در خاکی که میزان هدایت الکتریکی اولیه آن تا عمق 80 سانتی متری حداکثر معادل 30 دسی زیمنس بر متر بود و رابطه ی تجربی مشابهی را به صورت هذلولی به دست آوردند.

$$\frac{EC_f - EC_e}{EC_i - EC_e} = \frac{0.062}{\frac{D_{lw}}{D_s}} + 0.034 \quad (2)$$

پارامترهای این معادله هم مانند معادله ریو بوده و EC_e هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک می باشد.

مواد و روش‌ها

تحقیق حاضر در دشت شاور از دشت‌های استان خوزستان انجام شده است. منطقه مورد مطالعه به مساحت 77706 هکتار در 40 کیلومتری شمال اهواز و در مسیر جاده اهواز - هفت تپه قرار دارد. از جنوب به کانال توانا در جنوب روستای الهایی، از شمال به روستای شاور، از شرق به راه آهن تهران - اهواز و از غرب به رودخانه کرخه منتهی می‌شود. از نظر موقعیت جغرافیایی در 48°15' تا 48°40' طول شرقی و 30°31' تا 32°31' عرض شمالی واقع گردیده است. میانگین درجه حرارت سالانه هوا 25/6 درجه سانتی‌گراد و میانگین بارندگی سالانه 233/7 میلی‌متر است. بر اساس اقلیم نمای آمبرژه، منطقه مورد نظر بیابانی گرم متوسط می‌باشد. رژیم حرارتی خاک منطقه هایپرترمیک و رژیم رطوبتی یوستیک و آکوئیک می‌باشد.

آزمایش در دو منطقه از دشت شاور انجام شده است. خصوصیات عمومی این دو منطقه در جدول (1) ارائه شده است.

پذیرا و کشاورز (12) برای اراضی شور و سدیمی بخش جنوب شرقی استان خوزستان از طریق آزمایش‌های صحرایی بر خاک‌های دارای بافت لومی رسی تا رسی سیلتی با هدایت الکتریکی اولیه 38/2 تا 46/5 دسی‌زیمنس بر متر تا عمق یک متری و آب شویی به روش غرق آبی متناوب معادله تجربی زیر را ارائه دادند.

(7)

$$\frac{EC_f - EC_e}{EC_i - EC_e} = 0.0764 \times \left(\frac{D_{lw}}{D_s}\right)^{-0.864}$$

به طور کلی مدل‌های تجربی موجود و معرفی شده را می‌توان از نظر ریاضی طبقه‌بندی و بررسی نمود. مدل‌های تجربی ریو (13)، لافلر و شارما (10)، هافمن (9) و پذیرا و کاواچی (11) به شکل معادله ریاضی هذلولی (معکوس)، مدل‌های ورما و گوپتا (3) و پذیرا و کشاورز (12) به شکل معادله توانی و مدل دیلمان (7) به صورت تابع نیمه لگاریتمی می‌باشند. در این مقاله با استفاده از داده‌های صحرایی مدل‌های ریاضی برآزش داده شده و در نهایت بهترین مدل جهت منطقه مورد مطالعه از نظر شوری و سدیم زدایی معرفی می‌گردد.

جدول 1- خصوصیات عمومی مناطق مورد مطالعه

منطقه	کلاس قبل و بعد از آبشویی	بافت خاک	نفوذ پذیری (cm/h)	هدایت هیدرولیکی (m/day)	عمق لایه محدود کننده (m)	عمق سطح ایستابی (m)
1	S ₃ A ₁ /S ₄ A ₂	سیلتی لوم و سیلتی رسی لوم	6/55	1/30	3<	2/85
2	S ₂ A ₂ /S ₄ A ₃	سیلتی رسی لوم	0/87	2/77	3<	1/44

کرت‌ها بعد از افزودن 25 سانتی‌متر آب صورت گرفت. بعد از نوبت چهارم آب شویی نمونه خاک تعادلی نیز از عمق 0-5 سانتی‌متری خاک از کرت‌های مربوطه به منظور اندازه‌گیری EC, ESP تهیه و به آزمایشگاه ارسال شد. قبل از شروع

منطقه یک در مجاورت روستای سید غضبان شاور و منطقه دو در شمال روستای مزرعه دو واقع شده است. در منطقه اول هشت کرت به ابعاد 1×1 متر ایجاد شد، سپس در همه کرت‌ها 100 سانتی‌متر آب در چهار تناوب مصرف شد و نمونه برداری از

125 سانتی متری تهیه گردید. مشخصات شیمیایی آب و خاک دو منطقه قبل از انجام آزمایش در جداول 2 تا 6 آمده است.

آب شویی به منظور تعیین میزان املاح از محلی نزدیک به کرت ها نمونه خاک شاهد از اعماق 0-25 ، 25-50 ، 50-75 ، 75-100 ، 100-125 و 150- عمق نمونه برداری

جدول 2- کیفیت شیمیایی خاک قبل از کاربرد آب آب شویی در منطقه 1

ESP**	ESP*	SAR	EX.Na (cmol/kgsoil)	C.E.C (meq/100gsoil)	گچ (meq/100gsoil)	pH	EC _e (ds/m)	عمق نمونه برداری (سانتی متر)
21/16	20/90	19/05	3/01	14/4	25/3	7/73	56/84	0-25
15/88	15/23	13/65	2/33	15/3	18/2	7/77	29/68	25-50
5/93	6/88	5/13	1/06	15/4	9/1	7/70	10/18	75-50
5/17	6/15	4/55	0/96	15/6	8/2	7/56	6/87	100-75
0/35	2/74	1/09	0/43	15/7	7/8	7/63	4/57	100-150

$$ESP = \frac{100(-0.0126 + 0.01475SAR)}{1 + (-0.0126 + 0.01475SAR)}^{**}, \quad ESP = \frac{Ex \cdot Na}{C \cdot E \cdot C} \times 100^*$$

جدول 3- کیفیت شیمیایی خاک قبل از کاربرد آب آب شویی در منطقه 2

ESP	ESP	SAR	EX.Na (cmol/kgsoil)	C.E.C (meq/100gsoil)	گچ (meq/100gsoil)	pH	EC _e (ds/m)	عمق نمونه برداری (سانتی متر)
31/47	33/64	31/99	5/08	15/1	36/8	7/78	66/44	0-25
30/05	31/82	29/98	4/90	15/4	29/1	7/77	28/60	25-50
23/59	23/23	21/78	3/67	15/8	11/2	7/88	14/81	75-50
22/33	21/21	20/35	3/33	15/7	9/3	7/80	10/54	100-75
21/00	19/74	18/88	3/08	15/6	7/1	7/96	9/72	100-150

سانتی متر خاک و آب کاربرد می تا میزان 100 سانتی متر اقدام به آب شویی و نمونه برداری نموده و نمونه ها پس از خشک شدن در هوای آزاد به آزمایشگاه جهت اندازه گیری هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک، اسیدیته، گچ و آهک، ظرفیت تبادل کاتیونی، میزان سدیم قابل تعویض کاتیون ها و آنیون های محلول عصاره اشباع خاک، سدیم و در نهایت برآورد درصد سدیم تبادلی خاک ارسال شدند. اسیدبه منظور جلوگیری از قلیایی شدن خاک و شستشوی سدیم اضافه می گردد که در منطقه

در دور اول به هر کدام از کرت ها 25 سانتی متر یا 250 لیتر آب اضافه و به طور تصادفی از هر کدام از تکرارها یک کرت انتخاب گردید، پس از خروج آب ثقلی از عمق 25 سانتی متری با استفاده از آگر خاکشناسی اقدام به نمونه برداری گردید. کرت های نمونه برداری شده از دور آزمایش حذف، 250 لیتر آب دیگر به کرت های باقی مانده اضافه شده و پس از خروج آب ثقلی از هر کدام از تکرارها به طور تصادفی از عمق 50 سانتی متری اقدام به نمونه برداری گردید. به همین ترتیب تا عمق 150

جدول 4- خصوصیات فیزیکی خاک (کمبود رطوبت لایه‌های مختلف خاک منطقه 1)

عمق (سانتی‌متر)	ضخامت لایه (سانتی‌متر)	درصد رطوبت وزنی		وزن مخصوص ظاهری $r_d (\frac{g}{cm^3})$	کمبود رطوبت هر لایه (d) (سانتی‌متر)	تجمعی (سانتی‌متر)
		q_{mFC}	q_{mc}			
0-25	25	19/85	18/60	1/42	0/44	0/44
25-50	25	21/43	20/20	1/46	0/45	0/89
75-50	25	21/87	20/45	1/48	0/53	1/42
100-75	25	22/00	21/90	1/49	0/04	1/46
100-150	50	22/32	22/10	1/51	0/00	1/46

$$d = \frac{(q_{mc} - q_{mFC}) \times r_d \times D}{100}$$

جدول 5- خصوصیات فیزیکی خاک (کمبود رطوبت لایه‌های مختلف خاک منطقه 2)

عمق (سانتی‌متر)	ضخامت لایه (سانتی‌متر)	درصد رطوبت وزنی		وزن مخصوص ظاهری $r_d (\frac{g}{cm^3})$	کمبود رطوبت هر لایه (d) (سانتی‌متر)	تجمعی (سانتی‌متر)
		q_{mFC}	q_{mc}			
0-25	25	21/61	14/75	1/50	2/57	2/57
25-50	25	21/93	21/12	1/51	0/31	2/88
75-50	25	23/02	21/27	1/54	0/67	3/55
100-75	25	22/71	21/52	1/53	0/46	4/01
100-150	50	22/63	20/13	1/53	1/78	5/79

جدول 6- مشخصات کیفیت آب آبیاری

SAR	Na ⁺ (meq/l)	Ca ²⁺ +Mg ²⁺ (meq/l)	pH	EC (μmohs/cm)	تاریخ نمونه برداری
3/16	4/9	4/8	7/40	898	1385/12/18

نتایج و بحث

با توجه به جداول 4 و 5 از 100 سانتی‌متر آب داده شده به خاک به عنوان آب آبیاری به علت کمبود رطوبت تا عمق 150 سانتی‌متری در مناطق یک و دو به ترتیب به میزان 1/46 و 5/79 سانتی‌متر، عمق دبی آب که عملاً صرف شستشوی املاح گردیده برابر 98/54 و 94/21 سانتی‌متر خاک می‌باشد. لذا بایستی از میزان آب اضافه شده به مقدار کمبود رطوبت کسر گردد، تا آن مقدار آبی که باعث شستشوی املاح گردیده در محاسبات وارد شود. در منطقه یک بدون کاربرد ماده اصلاح کننده

اول در یک تیمار به مقدار پنج تن در هکتار اسید سولفوریک غلیظ اضافه شد. بدین ترتیب به هر کدام از کرت‌ها که به ابعاد 1×1 متر می‌باشند 0/27 لیتر اسید اضافه گردید. به منظور بدست آوردن مدل‌های مختلف ریاضی از برنامه SPSS12.0 استفاده شد. عمق خالص آب آبیاری به عمق خاک را به عنوان X (متغیر مستقل) و اختلاف هدایت الکتریکی نهایی با هدایت الکتریکی تعادلی به اختلاف هدایت الکتریکی اولیه با هدایت الکتریکی تعادلی $(\frac{EC_f - EC_{eq}}{EC_i - EC_{eq}})$ به عنوان (متغیر وابسته) Y وارد گردید. سپس یازده مدل ریاضی توسط برنامه استخراج شد.

جدول 7- اعداد شوری و سدیم زدایی خاک در منطقه 1

(X, Y)				ضخامت نیمرخ خاک (سانتی متر)	
3/982	2/982	1/982	0/982	DI_w/D_s	
0/146	0/501	0/636	0/819	$(EC_f-EC_{eq})/(EC_i-EC_{eq})$	0-25
0/374	0/694	0/694	0/704	$(ESP_f-ESP_{eq})/(ESP_i-ESP_{eq})$	
1/982	1/482	0/982	0/482	DI_w/D_s	
0/321	0/656	0/849	1/026	$(EC_f-EC_{eq})/(EC_i-EC_{eq})$	25-50
0/436	0/762	0/771	0/777	$(ESP_f-ESP_{eq})/(ESP_i-ESP_{eq})$	
1/314	0/981	0/648	0/314	DI_w/D_s	
0/502	0/874	1/071	1/170	$(EC_f-EC_{eq})/(EC_i-EC_{eq})$	50-75
0/532	0/881	0/914	0/893	$(ESP_f-ESP_{eq})/(ESP_i-ESP_{eq})$	
0/985	0/735	0/485	0/235	DI_w/D_s	
0/706	0/972	1/188	1/226	$(EC_f-EC_{eq})/(EC_i-EC_{eq})$	75-100
0/689	0/951	1/001	0/964	$(ESP_f-ESP_{eq})/(ESP_i-ESP_{eq})$	
0/788	0/588	0/388	0/188	DI_w/D_s	
0/987	1/127	1/414	1/428	$(EC_f-EC_{eq})/(EC_i-EC_{eq})$	100-125
0/893	1/061	1/183	1/132	$(ESP_f-ESP_{eq})/(ESP_i-ESP_{eq})$	
0/657	0/490	0/324	0/157	DI_w/D_s	
0/941	1/043	1/317	1/307	$(EC_f-EC_{eq})/(EC_i-EC_{eq})$	125-150
0/872	0/984	1/156	1/057	$(ESP_f-ESP_{eq})/(ESP_i-ESP_{eq})$	

در عمق ذکر شده به طور متوسط شوری خاک به 13/95 دسی‌زیمنس بر متر کاهش پیدا کرده است. تا عمق 150 سانتی‌متری خاک با اضافه کردن 100 سانتی‌متر آب آبیاری به صورت میانگین از 37/07 به 16/36 دسی‌زیمنس بر متر کاهش پیدا کرده است. درصد سدیم تبادلی نیز به طور میانگین تا عمق 150 سانتی‌متری از 28/86 به 20/02 کاهش داشته است. به طور کلی در منطقه یک هدایت الکتریکی 6/34 دسی‌زیمنس بر متر کاهش داشته، به علاوه در همین مناطق و تحت شرایط مذکور درصد سدیم قابل تبادل به ترتیب 3/07 و 4/16 کاهش داشته است. همچنین در منطقه دو هدایت الکتریکی 20/71 دسی‌زیمنس بر متر کاهش داشته، به علاوه در همین مناطق و تحت شرایط مذکور درصد سدیم قابل تبادل به ترتیب 8/79 و 8/84 کاهش وجود داشته است.

قبل از اعمال آب شویی بیشترین هدایت الکتریکی مربوط به عمق 0-25 سانتی‌متری یعنی 56/84 دسی‌زیمنس بر متر بوده که پس از انجام آب شویی در عمق ذکر شده به طور متوسط شوری خاک به 23/22 دسی‌زیمنس بر متر کاهش پیدا کرده است. تا عمق 150 سانتی‌متری خاک با اضافه کردن 100 سانتی‌متر آب آبیاری به صورت میانگین شوری از 32/63 به 26/29 دسی‌زیمنس بر متر کاهش پیدا کرده است. در مورد درصد سدیم تبادلی نیز به طور میانگین تا عمق 150 سانتی‌متری میزان درصد سدیم تبادلی از 14/05 به 9/89 کاهش داشته است.

همچنین در منطقه دو مورد مطالعه قبل از اعمال آب شویی بیشترین هدایت الکتریکی مربوط به عمق 0-25 سانتی‌متری یعنی 64/44 دسی‌زیمنس بر متر بوده که پس از انجام آب شویی

جدول 8- اعداد شوری و سدیم زدایی خاک در منطقه 2

(X, Y)				ضخامت نیم‌رخ خاک (سانتی متر)	
3/897	2/897	1/897	0/897	D_{I_w}/D_s	0-25
0/142	0/304	0/356	0/534	$(EC_f - EC_{eq}) / (EC_i - EC_{eq})$	
0/419	0/577	0/676	0/937	$(ESP_f - ESP_{eq}) / (ESP_i - ESP_{eq})$	
1/942	1/442	0/942	0/442	D_{I_w}/D_s	25-50
0/310	0/480	0/574	0/709	$(EC_f - EC_{eq}) / (EC_i - EC_{eq})$	
0/447	0/600	0/699	0/944	$(ESP_f - ESP_{eq}) / (ESP_i - ESP_{eq})$	
1/286	0/953	0/619	0/286	D_{I_w}/D_s	50-75
0/389	0/648	0/714	0/747	$(EC_f - EC_{eq}) / (EC_i - EC_{eq})$	
0/596	0/741	0/816	0/991	$(ESP_f - ESP_{eq}) / (ESP_i - ESP_{eq})$	
0/960	0/710	0/460	0/210	D_{I_w}/D_s	75-100
0/481	0/711	0/740	0/768	$(EC_f - EC_{eq}) / (EC_i - EC_{eq})$	
0/643	0/792	0/852	1/003	$(ESP_f - ESP_{eq}) / (ESP_i - ESP_{eq})$	
0/761	0/561	0/361	0/161	D_{I_w}/D_s	100-125
0/554	0/777	0/807	0/836	$(EC_f - EC_{eq}) / (EC_i - EC_{eq})$	
0/718	0/856	0/914	1/041	$(ESP_f - ESP_{eq}) / (ESP_i - ESP_{eq})$	
0/628	0/461	0/295	0/128	D_{I_w}/D_s	125-150
0/546	0/736	0/763	0/789	$(EC_f - EC_{eq}) / (EC_i - EC_{eq})$	
0/750	0/861	0/903	1/021	$(ESP_f - ESP_{eq}) / (ESP_i - ESP_{eq})$	

جدول 9- مدل های ریاضی در منطقه 1 شوری و سدیم زدایی

نام مدل	معادله شوری زدایی	R^2	معادله سدیم زدایی	R^2
خطی	$Y = -0/3257X + 1/2536$	0/784	$Y = -0/1840X + 1/0340$	0/628
لگاریتمی	$Y = -0/3829 \ln X + 0/8007$	0/876	$Y = -0/2149 \ln X + 0/7786$	0/693
معکوس	$Y = 0/1685/X + 0/6069$	0/606	$Y = 0/0931/X + 0/6726$	0/465
درجه دوم	$Y = 0/1014X^2 - 0/6997X + 1/4441$	0/887	$Y = 0/0559X^2 - 0/3903X + 1/1390$	0/706
درجه سوم	$Y = -0/0529X^3 + 0/4070X^2 - 1/1355X + 1/5802$	0/913	$Y = -0/0372X^3 + 0/2708X^2 - 0/6967X + 1/2348$	0/739
توانی	$Y = 0/7013X^{-0/5453}$	0/749	$Y = 0/7449X^{-0/2870}$	0/665
مرکب	$Y = 1/4267 * 0/5894^X$	0/871	$Y = 1/0636 * 0/7704^X$	0/680
اس	$Y = e^{(0/2147/X - 0/5830)}$	0/415	$Y = e^{(0/1183X - 0/4247)}$	0/404
لجستیک	$Y = 1 / ((1/1/429) + 0/0621 * 4/0827^X)$	0/470	$Y = 1 / ((1/1/184) + 0/0849 * 2/6470^X)$	0/315
رشد	$Y = e^{(-0/5286X + 0/3554)}$	0/871	$Y = e^{(-0/2608X + 0/0617)}$	0/680
نمایی	$Y = 1/4267e^{-0/52866X}$	0/871	$Y = 1/0636e^{-0/2608X}$	0/680

جدول 10- مدل های ریاضی در منطقه 2 شوری و سدیم زدایی

نام مدل	معادله شوری زدایی	R ²	معادله سدیم زدایی	R ²
خطی	$Y = -0/7872X + 0/1931$	0/838	$Y = -0/1634X + 0/9411$	0/708
لگاریتمی	$Y = -0/2020 \ln X + 0/5219$	0/838	$Y = -0/1868 \ln X + 0/7104$	0/847
معکوس	$Y = 0/0707/X + 0/4529$	0/485	$Y = 0/0728/X + 0/6310$	0/608
درجه دوم	$Y = 0/0481X^2 - 0/3655X + 0/8709$	0/906	$Y = 0/0600X^2 - 0/3781X + 1/0453$	0/833
درجه سوم	$Y = -0/0123X^3 + 0/1174X^2 - 0/4606X + 0/8989$	0/910	$Y = -0/0327X^3 + 0/2437X^2 - 0/6306X + 1/1196$	0/867
توانی	$Y = 0/4746X^{-0/4253}$	0/758	$Y = 0/6892X^{-0/2576}$	0/812
مرکب	$Y = 0/8653 * 0/6377^X$	0/928	$Y = 0/9596 * 0/7877^X$	0/762
اس	$Y = e^{(0/1366/X - 0/8649)}$	0/369	$Y = e^{(0/0951/X - 0/4705)}$	0/522
لجستیک	$Y = 1 / ((1/0/837) + 0.0790 * 4/0405^X)$	0/567	$Y = 1 / ((1/1/042) + 0/0715 * 29875^X)$	0/398
رشد	$Y = e^{(-0/4498X - 0/1447)}$	0/928	$Y = e^{(-0/2386X - 0/0412)}$	0/762
نمایی	$Y = 0/8653e^{-0/4498X}$	0/928	$Y = 0/9596e^{-0/2386X}$	0/762

نتیجه گیری

برای شستشوی املاح خاک لازم است به مقدار مناسب به خاک آب و با توجه به شرایط موجود ماده اصلاح کننده اضافه نمود تا خاک اصلاح گردد. زیرا اگر کمتر از عمق مناسب آب اضافه شود عمل شستشو کم است و مشکل شوری را مرتفع نخواهد شد و اگر بیشتر از عمق مورد اصلاح باشد باعث افزایش هزینه، بدون کاهش چشم گیر املاح می گردد. در منطقه یک به دلیل پایین بودن سطح ایست آبی و سبک بودن نسبی بافت خاک در مقایسه با منطقه دو املاح موجود در خاک به راحتی از پروفیل خاک خارج می گردند. نتایج حاصل از برازش مدل های ریاضی بیانگر این مطلب است که در منطقه یک بدون کاربرد ماده اصلاح کننده معادله درجه سه برای هدایت الکتریکی و درصد سدیم قابل تبادل بیشترین همبستگی و معادلات اس و لجستیک کمترین همبستگی را داشته است. همچنین نتایج در منطقه دو بدون کاربرد ماده اصلاح کننده نیز برای درصد سدیم قابل تبادل مشابه منطقه یک می باشند. اما در همین منطقه بدون کاربرد ماده اصلاح کننده برای هدایت الکتریکی معادلات مرکب، رشد و نمایی بیشترین

در مناطق مورد مطالعه یک و دو هدایت الکتریکی تعادلی خاک به ترتیب بدون کاربرد ماده اصلاح کننده 6/13 و 6/34 دسی زیمنس بر متر به دست آمده که در مقایسه با هدایت الکتریکی آب مصرفی (898 میکروموس بر سانتی متر) مشخص می شود که دیگر نمی توان شوری خاک را از این مقدار کاهش داد (هدایت الکتریکی تعادلی خاک را 1/5 تا 2 برابر هدایت الکتریکی آب آبیاری در نظر می گیرند) (6).

با کاربرد داده های جداول 7 و 8 مدل های مختلف ریاضی با استفاده از نرم افزار SPSS 12.0 به صورت جداگانه برای دو حالت شوری و سدیم زدایی استخراج گردید. معادلات به دست آمده در جدول های 9 و 10 آمده است.

معادلات ارائه شده شامل؛ خطی، لگاریتمی، معکوس، درجه دو، درجه سه، توانی، مرکب، اس، معکوس، درجه دو، درجه سه، توانی، مرکب، اس، لجستیک، رشد و نمایی بوده که به منظور انتخاب بهترین معادله، ضریب تعیین (R²) هر فرمول نیز استخراج شده است.

سیاسگزاری

همبستگی و معادلات اس و لجستیک کمترین همبستگی را دارا می‌باشند. در پایان نویسندگان این مقاله از سازمان آب و برق خوزستان و دفتر تحقیقات و استانداردهای شبکه‌های آبیاری و زهکشی تشکر و قدردانی می‌نمایند.

منابع

- 1- بای‌بوردی، م و کوهستان، ا. 1360. خاک، تشکیل و طبقه‌بندی. دانشگاه تهران.
- 2- بی نام، گزارش آزمایشات صحرایی و مطالعات آبشویی و اصلاح اراضی شبکه‌های آبیاری و زهکشی دشت شاوور استان خوزستان، مهندسین مشاور تاک سبز (1386)، ص 2.
- 3- پذیرا، ا. 1380. معضل گرایش کیفیت منابع تولید (خاک و آب) به شوری و سدیمی شدن و آثار آن در کشاورزی. کمیته امور آب وزارت جهاد سازندگی.
- 4- درویش، م. 1384. نگاهی اجمالی به بخش تحقیقات بیابان. گزارش پژوهشی نشریه شماره 28.
- 5- سازمان مدیریت منابع آب ایران، راهنمای کاربرد مدل‌های تجربی و نظری آبشویی نمک‌های خاک‌های شور (1385) نشریه شماره 359.
- 6- محسنی فر، ک، پذیرا، ا و پ، نجفی. 1385. بررسی انواع مدل‌های آبشویی در دو منطقه جنوب شرق استان خوزستان. اولین همایش منطقه‌ای بهره‌برداری بهینه از منابع آب حوضه‌های کارون و زاینده‌رود شهرکرد، دانشگاه شهرکرد.
- 7- Dieleman, P. J. 1963. Reclamation of salt affected soils in Iraq. Venman, Wageningen, 175 P.
- 8- Ghassemi. F., A. Jakeman and H. Nix. 1991. Human induced salinization and the use of quantitative methods. *Environment – International*. 17(6): 581 – 594.
- 9- Hoffman, G, J., 1980. Guideline for reclamation of salt –affected soils. *Proceeding of International American Salinity and Water Management, Technical Conference. Juar. Mecxico*. PP: 49-64.
- 10- Leffelaar, P, A., and P., Sharma. 1977. Leaching of a highly saline-sodic soil. *Journal of Hydrology* 32:203-218
- 11- Pazira, E., and T., Kawachi. 1981. Studies on appropriate depth of leaching water, Iran. A Case study. *Journal of Intergrate Agricultural Water Use and Freshing Reservoirs, Kyoto University Japan*, 6: 39-49.
- 12- Pazira, E., Keshavarz, A., and K., Torii . 1998. Studies on appropriate depth of leaching water, *International Workshop on Use of Saline and Brackish-Water for Irrigation, Indonesia*.
- 13- Reeve, R, C., Pillsbury, A. F., and L. V., Wilcox. 1955. Reclamation of saline and high boron soil in the Coachella Valley of California. *Hilgardia* 24: 69-91.
- 14- Reeve, R, C., 1957. The relation of salinity to irrigation and drainage requirements. *Third Congress of International Commission on Irrigation and Drainage, Transactions* 5:10.175-10.187.