

## بررسی و ارزیابی معادله‌های تجربی شوری و سدیم زدایی خاک‌های شور در منطقه ملاتانی-استان خوزستان

مجید بهزاد<sup>۱</sup> و علی محمد آخوندعلی

### چکیده

به منظور بررسی و مقایسه معادله‌های شوری زدایی بدست آمده از استوانه‌های نفوذسنج با معادله‌های شوری زدایی بدست آمده در شرایط مزرعه، در تابستان سال ۱۳۷۶ آزمایش‌های شوری زدایی در سطح حدود ۲۰ هکتار از اراضی آزمایشی مجتمع عالی آموزشی و پژوهشی کشاورزی ملاتانی انجام گردید و سپس نتایج حاصل با معادله شوری زدایی سری خاک ملاتانی و معادله ترکیبی شوری زدایی حاصل از تلفیق ده سری خاک منطقه شمال اهواز (شرق و غرب)، که با استفاده از استوانه‌های نفوذسنج بدست آمده بود، مقایسه گردید. نتایج بدست آمده نشان می‌دهد که برای شستشوی حدود ۷۵ درصد املاح از هر واحد عمق خاک به  $0/20$ ،  $0/50$  و  $0/98$  و برای شستشوی حدود ۸۵ درصد املاح به  $0/60$ ،  $1/06$  و  $1/34$  واحد عمق آب به ترتیب با معادله‌های شوری زدایی سری خاک ملاتانی، ترکیبی شمال اهواز (بدست آمده از استوانه‌های نفوذسنج) و معادله ترکیبی مزرعه آزمایشی نیاز است. در نتیجه مقدار آب خالص مصرفی در شرایط مزرعه بیش از مقدار آب محاسبه شده از معادله‌های مستخرج از نتایج شستشوی املاح در استوانه‌های نفوذسنج می‌باشد. لیکن این اختلاف برای هر دو معادله یکسان نبوده و نتایج معادله ترکیبی شمال اهواز به نتایج مزرعه‌ای نزدیک‌تر است. بنابراین پیشنهاد می‌گردد که در منطقه ملاتانی نیز برای برآورد مقدار آب مورد نیاز شستشوی املاح، از معادله ترکیبی شمال اهواز و یا معادله ترکیبی مزرعه آزمایشی استفاده شود.

**واژه‌های کلیدی:** شوری زدایی، خاک‌های شور، اصلاح خاک‌های شور، زهکشی.

### مقدمه

معمولاً برای برآورد آب مورد نیاز شوری و سدیم زدایی خاک در طرح‌های بزرگ آبیاری و زهکشی به علت تنوع و گستردگی اراضی و عدم امکان اجرای آزمایش‌های شستشوی املاح در کرت‌های بزرگ، از روش استوانه‌های نفوذسنج (با قطر داخلی ۲۵ و قطر خارجی ۵۰ سانتی‌متر) استفاده می‌نمایند [۳ و ۴]. لیکن به دلیل کوچکی سطح داخلی این استوانه‌ها در مقایسه با کرت‌های بزرگ لازم است که در تعدادی از کرت‌ها در حین اجرای برنامه‌های شستشوی املاح مقدار آب مصرفی و تغییرات شوری اندازه‌گیری شده و نتایج آن با نتایج شستشوی املاح در استوانه‌های نفوذسنج مقایسه گردد تا بتوان نسبت به اصلاح و یا تعدیل آنها اقدام نمود. با توجه به این ضرورت

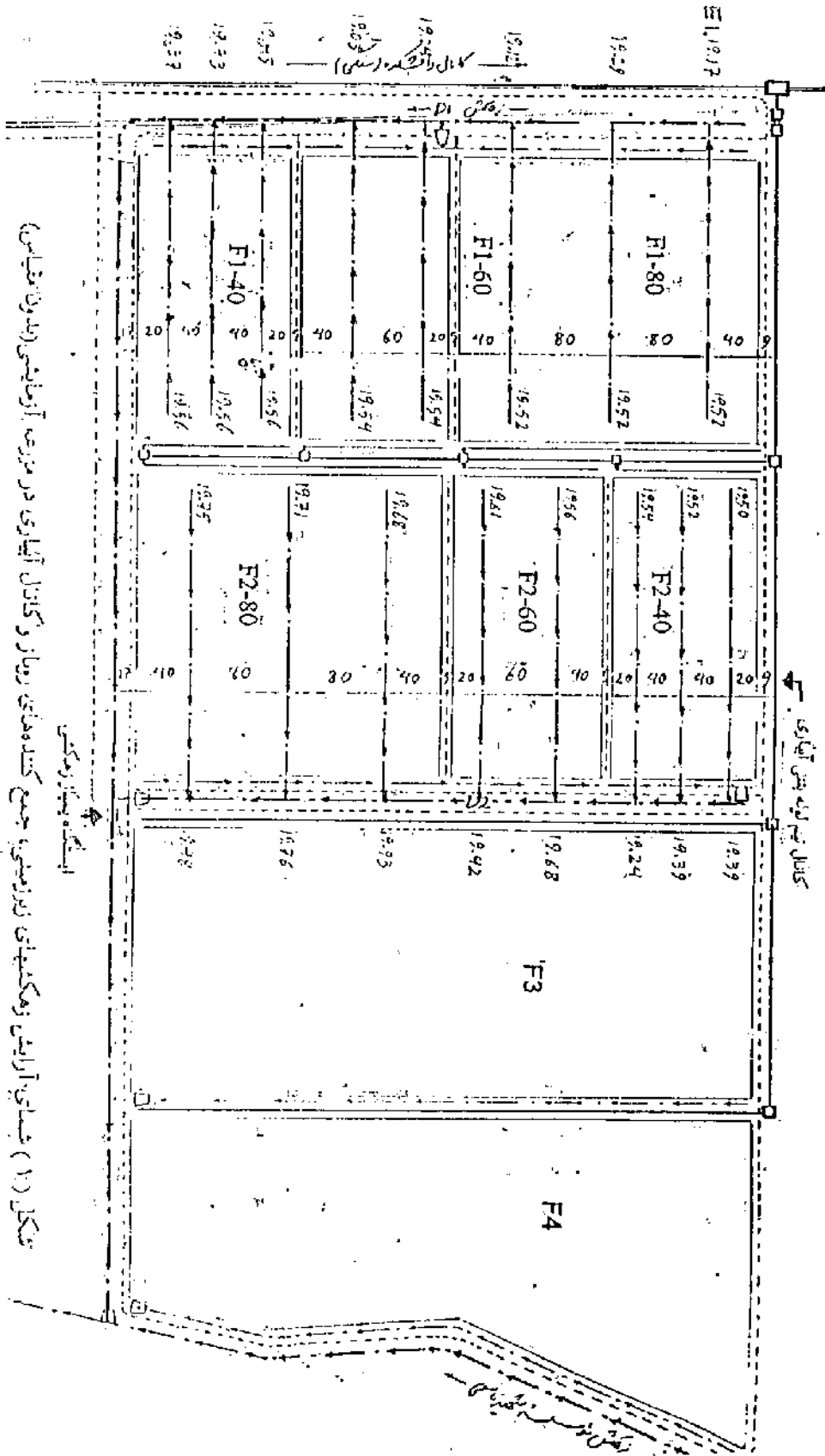
آزمایش‌های شستشوی املاح در سطح حدود ۲۰ هکتار از اراضی مجتمع عالی آموزشی و پژوهشی کشاورزی ملاتانی، به منظور آماده‌سازی اراضی برای کشت پاییزه، از اواخر مرداد تا اوایل آبان ماه سال ۱۳۷۶ در کرت‌هایی به مساحت حدود ۴۸۰۰ مترمربع اجرا گردید و سپس نتایج حاصل با معادله شوری زدایی سری خاک ملاتانی و معادله ترکیبی شوری زدایی حاصل از تلفیق ده سری خاک منطقه شمال اهواز (شرق و غرب)، که با استفاده از استوانه‌های نفوذسنج توسط مهندسین مشاور مهتاب قدس [۶] بدست آمده بود، مقایسه گردید که نتایج آن در این مقاله ارائه می‌گردد.

برای اصلاح خاک‌های شور از آب و برای اصلاح خاک‌های سدیمی و یا شور و سدیمی، در صورت

تاریخ دریافت: ۷۹/۱۱/۹

تاریخ پذیرش: ۸۱/۴/۱۰

<sup>۱</sup>- استادیار گروه آبیاری و آبادانی دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید چمران



کلسیم و منیزیم با روش تیتراسیون اندازه گیری شد. مقدار SAR از رابطه  $SAR = Na / [(Ca + Mg) / 2]^{0.5}$  محاسبه و سپس مقدار ESP با استفاده از مقادیر SAR و از طریق معادله (۷) محاسبه گردید. برای تعیین بافت خاک نیز از روش الک و هیدرومتری استفاده شد. آب مصرفی برای شستشوی املاح از رودخانه کارون پمپاژ شده و از طریق کانالهای با پوشش سنگی و بتنی به مزرعه انتقال یافته است. شوری متوسط آن ۷/۷ دسی زیمنس بر متر (dS/m) اندازه گیری گردید و در طبقه بندی ویلکوکس طبقه آب در کلاس S<sub>2</sub> قرار داشته است.

### نتایج

#### بافت خاک

نتایج آزمایشگاهی بافت خاک قطعات مختلف آزمایشی در جدول (۱) ارائه شده است. با توجه به مندرجات این جدول بافت خاک از یک قطعه به قطعه دیگر و در اعماق مختلف متغیر بوده (حالت مطبق بودن نیمرخ خاک) و عمدتاً از رسی لومی (C.L.) و سیلنی رسی (Si.C.L.) تشکیل شده است.

کیفیت شیمیایی خاک قبل و بعد از شستشوی املاح محلول

نتایج تجزیه شیمیایی خاک قبل از شستشوی املاح در خرداد ۱۳۷۶ و بعد از شستشوی املاح و مناسب شدن خاک برای نمونه برداری در جدول (۲) ارائه شده است. با توجه به این جدول  $EC > 4 dS/m$  و  $RSP > 15$  نشان می دهد که خاک مزرعه آزمایشی عمدتاً از نوع خاک های شور و سدیمی می باشد و حداکثر مقدار  $EC = 23.5 dS/m$ ، حداقل آن  $EC = 5.20 dS/m$ ، مقادیر ESP از ۷/۷۴ تا ۲۹/۲۹ درصد و مقادیر pH از ۷/۴۰ تا ۸/۱۰ در قطعات مختلف قبل از شستشوی املاح متغیر بوده است.

بطور متوسط، قطعه F2-80 با  $EC = 4.94 dS/m$ ،  $ESP = 6.46$ ، و  $pH = 7.53$  نیازی به شستشوی املاح

می شوند بطول حدود یک کیلومتر است و به زهکش اصلی اراضی مجتمع متصل می باشد که نهایتاً به رودخانه کارون تخلیه می شد. در نقطه خروجی زهکش اصلی مزارع آزمایشی یک ایستگاه پمپاژ برای مواقع سیلابی به منظور جلوگیری از پس زدن آب و استغراق زهکش ها احداث شده است.

مزارع شاهد F3 و F4 از سه ضلع شمالی، غربی و جنوبی به کانالهای زهکش روباز محدود میشوند و لذا آبهای آبیاری و بارندگی های نفوذی به داخل نیمرخ خاک این اراضی بتدریج توسط زهکشهای مذکور تخلیه می گردد. یک کانال نیم لوله بتنی بطول ۷۷۰ متر آب آبیاری مورد نیاز مزرعه آزمایشی را تأمین می نمود (شکل ۱).

بعد از آماده سازی زمین، به منظور توزیع بهتر آب در سطح قطعات آزمایشی، ابتدا با توجه به اینکه مساحت قطعه F1-80 دو برابر قطعات دیگر بود این قطعه به دو بخش کوچکتر تقسیم و سپس کلیه قطعات هر یک به ۶ کرت تقسیم شدند. بعد از تقسیم و مرزبندی کرت ها عملیات شستشوی املاح از اواخر مرداد ماه شروع و تا اوایل آبان ماه ۱۳۷۶ ادامه یافت و آب بطور متناوب به کرت ها داده شد بطوریکه در فاصله بین دو آبیاری متوالی خاک از حالت اشباع خارج می شد. میزان جریان آب ورودی به کرت ها بوسیله پارشال فلوم های ۳ و ۶ اینچی هر ۵ دقیقه یکبار قرائت و در فرم های مخصوص ثبت گردید.

برای تجزیه شیمیایی، قبل از شستشوی املاح و پس از اتمام برنامه آبیاری و مناسب شدن خاک نمونه برداری گردید. برای این منظور از دو نقطه هر قطعه آزمایشی و از عمق های ۲۵-۵۰، ۵۰-۷۵، و ۷۵-۱۰۰ سانتیمتری نمونه برداری شد و پس از مخلوط کردن آنها یک نمونه مرکب برای هر عمق ۲۵ سانتیمتری تهیه و در آزمایشگاه خاکشناسی مجتمع عالی آموزشی و پژوهشی ملائانی مورد تجزیه شیمیایی قرار گرفت. مقادیر هدایت الکتریکی با استفاده از هدایت سنج الکتریکی، سدیم با روش فلیم فتومتری،



جدول (۱) نتایج تجزیه‌های مکانیکی و تعیین بافت خاک قطعه‌های آزمایشی

کلاس بافت خاک	درصد			عمق خاک سانتیمتر	فاصله زمکشاها به متر	نام قطعه اصلی
	شن	لای	رس			
C.L.	25.84	46.03	28.13	0-25	80	F1
C.L.	22.91	41.87	35.22	25-50		
Si.C.L.	15.94	44.83	39.23	50-75		
Si.C.L.	17.94	44.83	39.23	75-100		
C.L.	28.13	41.9	29.97	0-25	60	
C.	19.73	36.84	43.43	25-50		
C.	10.42	34.88	54.7	50-75		
C.	7.22	39.01	53.77	75-100		
Si.C.L.	18.8	45.45	35.75	0-25	40	
Si.C.L.	14.88	43.45	41.67	25-50		
Si.C.L.	17.88	43.47	38.65	50-75		
Si.C.L.	18.82	42.37	38.81	75-100		
C.L.	28.54	41.64	29.82	0-25	80	F2
C.L.	26.09	39.8	34.11	25-50		
C.L.	26.09	39.8	34.11	50-75		
C.	19.89	39.8	40.31	75-100		
C.L.	27.37	45.2	27.43	0-25	60	
Si.C.L.	19.06	43.27	37.67	25-50		
Si.C.	16.81	41.22	41.97	50-75		
Si.C.	12.92	41.13	45.95	75-100		
C.L.	26.77	41.34	31.89	0-25	40	
C.L.	21.19	39.15	39.66	25-50		
C.	8.82	37.19	53.99	50-75		
C.	3.24	36.44	57.32	75-100		
C.	16.16	39.63	44.21	0-25	-	F3
C.	15.9	38.66	55.44	25-50		
C.	3.64	38.9	57.46	50-75		
Si.C.	7.45	40.15	52.4	75-100		
Si.C.	13.21	40.33	46.46	0-25	-	F4
C.	6.99	37.37	55.64	25-50		
C.	6.63	35.47	57.9	50-75		
C.	14.46	35.64	49.9	75-100		

مزرعه شاماد بدون زمکش زیرصافی

کلاس A ایستگاه هواشناسی که در ۵۰۰ متری مزرعه آزمایشی قرار دارد محاسبه شد،

ردیف ۴- تبخیر از تشت تبخیر کلاس A: مقدار تبخیر از تشت تبخیر کلاس A در طول دوره شستشوی املاح از حاصلضرب ردیف های ۲ و ۳ محاسبه شد، ردیف های ۵ تا ۸- عمق خالص آب کاربردی (Dw): برای محاسبه عمق خالص آب کاربردی می بایست تلفات تبخیر، نشست آب در خاکریزهای اطراف کرت ها و کمبود رطوبت خاک تا حد ظرفیت مزرعه از عمق ناخالص آب کاربردی کسر گردد. مقدار تبخیر از سطح کرت ها ممکن است حدود ۶ تا ۸۰ درصد و یا بطور متوسط ۷۰ درصد تبخیر از تشت تبخیر کلاس A تخمین زده شود [۶]، لیکن چون مقداری آب نیز از طریق نشست در خاکریزهای اطراف کرت ها و جویچه های پخش آب و همچنین عدم امکان توزیع یکنواخت آب تلف می شود که اندازه گیری آنها مقدور نبوده است، لذا مجموع تلفات ناشی از تبخیر از سطح کرت ها و سایر تلفات، برابر مجموع تبخیر از تشت تبخیر کلاس A در نظر گرفته شد، و با منظور نمودن تلفات مربوط به کمبود رطوبت خاک تا حد ظرفیت مزرعه، کل تلفات آب محاسبه و از ردیف ۱ کسر گردید و نتایج آن در ردیفهای ۵ تا ۸ برای عمق های مختلف خاک ارائه شده است.

ردیفهای ۹ تا ۱۲- نسبت عمق خالص آب به عمق خاک (Dw/Ds) از تقسیم مقادیر ردیف های ۵ تا ۸ (Dw) بر عمق خاک (Ds) محاسبه شده است.

ردیفهای ۱۳ تا ۲۰- نسبت املاح نهایی به اولیه (y) با استفاده از میانگین وزنی مقادیر متناظر قبل و بعد از شستشوی املاح EC و ESP از جدول (۲) و کسر مقادیر معادل  $EC_{eq}=4ds/m$  و  $ESP_{eq}=6$ ، نسبتهای  $(EC_i-EC_{eq})/(EC_i-EC_{eq})$  و  $(ESP_i-ESP_{eq})/(ESP_i-ESP_{eq})$  محاسبه گردید.

با توجه به اینکه برای سری خاک ملاثانی مقدار  $ESP_{eq}=6.2$ ،  $EC_{eq}=4.3ds/m$  و برای کل منطقه شمال اهواز  $ESP_{eq}=6.1$  و  $EC_{eq}=4.1ds/m$  اندازه

یا شوری زدایی نداشته است. قطعه های F3 و F4 نیز مزارع شاهد بوده و مورد آزمایش شستشوی املاح قرار نگرفته اند.

ارتفاع آب محاسبه شده و کاربردی برای شستشوی املاح محلول از نیمرخ خاک ارتفاع آب لازم برای شستشوی املاح با توجه به جدول (۱) و منحنی های شوری زدایی تهیه شده توسط مهندسين مشاور مهتاب قدس تخمین [۶] و در ردیف ۳ جدول (۳) ارائه شده است.

خلاصه نتایج حجم و ارتفاع آب داده شده به هر کرت برای شستشوی املاح در جدول (۴) ارائه شده است. همچنین با استفاده از نتایج جدول (۴) متوسط ارتفاع آب کاربردی نیز در ردیف ۴ جدول (۳) ارائه گردیده است. علت اختلاف در عمق آب تخمینی با عمق آب کاربردی در جدول (۳)، وجود مشکلات مزرعه ای برای تنظیم حجم آب ورودی و پخش کامل آن در سطح کرت ها می باشد و در کلیه محاسبات بعدی از ارقام آب مصرفی مندرج در جدول (۳) استفاده شده است. مقادیر آب کاربردی ارائه شده در جدول (۳) عمق ناخالص آب کاربردی بوده و برای محاسبه عمق خالص آب کاربردی (Dw)، تلفات تبخیر، نشست آب در خاکریزهای اطراف کرت ها و کمبود رطوبت خاک تا حد ظرفیت مزرعه از آن کسر گردید و سپس ارقام (Dw/Ds) محاسبه شده است. مقادیر (Dw/Ds) و نسبتهای شستشوی املاح (x و y) در جدول (۵) ارائه شده است. برای تهیه جدول (۵) به شرح زیر اقدام گردید:

ردیف ۱- عمق ناخالص آب کاربردی: از جدول (۴) استخراج و در این ردیف نوشته شده است،

ردیف ۲- طول دوره شستشوی املاح: از زمان شروع آب اندازی در کرت ها تا پایان برنامه و ناپدید شدن آب از سطح کرت ها و آماده شدن خاک مزرعه برای نمونه برداری محاسبه گردید،

ردیف ۳- متوسط تبخیر روزانه: مقدار متوسط تبخیر روزانه در طول دوره شستشوی املاح از تشت تبخیر

جدول (3) ارتفاع آب محاسبه شده و کاربرد برای شوری اصلاح قطعه های آزمایشی

نام قطعه اصلی	F1			ارتفاع آب محاسبه شده به سانتیمتر
	F2-40	F2-80	F1-80	
نام قطعه فرعی <td>F2-40 <td>F2-80 <td>F1-80 <td>میانگین ارتفاع آب کاربردی به سانتیمتر</td> </td></td></td>	F2-40 <td>F2-80 <td>F1-80 <td>میانگین ارتفاع آب کاربردی به سانتیمتر</td> </td></td>	F2-80 <td>F1-80 <td>میانگین ارتفاع آب کاربردی به سانتیمتر</td> </td>	F1-80 <td>میانگین ارتفاع آب کاربردی به سانتیمتر</td>	میانگین ارتفاع آب کاربردی به سانتیمتر
	80	40	80	60
	73.1	53.1	40.2	72.1

جدول (4) خلاصه نتایج حجم و ارتفاع آب کاربردی برای شناسایی اصلاح قطعه های آزمایشی

نام قطعه اصلی	F1												
	60		40		80		80		80		80		
ارتفاع	حجم	ارتفاع	حجم	ارتفاع	حجم	ارتفاع	حجم	ارتفاع	حجم	ارتفاع	حجم	ارتفاع	حجم
سانتیمتر	مترمکعب	سانتیمتر	مترمکعب	سانتیمتر	مترمکعب	سانتیمتر	مترمکعب	سانتیمتر	مترمکعب	سانتیمتر	مترمکعب	سانتیمتر	مترمکعب
12	11	-10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	شماره کورت	
81.84	3928.4	51.96	2494.2	44.11	1587.9	107.67	5168.0	64.49	3095.5	64.80	3110.5	1	
79.87	3633.7	40.62	1949.6	42.29	2537.7	85.59	4108.3	76.73	3682.9	73.05	3506.3	2	
81.13	3894.1	63.27	3036.8	46.92	1689.0	80.07	3843.6	88.29	4238.0	60.14	2886.8	3	
79.87	3633.7	43.27	2076.9	29.67	1780.1	83.62	4013.7	81.83	3927.6	84.49	4055.6	4	
84.92	4076.3	63.16	3031.8	42.96	1546.5	94.39	4530.9	62.47	2988.4	65.88	3162.2	5	
30.81	1479.0	56.54	2713.7	40.38	2423.0	82.04	3937.9	68.40	3283.0	73.29	3518.0	6	
	21045.2		15302.9		11564.1		25602.4		21225.4		20239.3		جمع کل آب کاربردی به مترمکعب
73.07	53.14	40.15	88.90	73.70	70.28								میانگین ارتفاع آب کاربردی به سانتیمتر

\* از هضم حجم آب کاربردی به سطح کورت های آزمایشی حاصل گردید است

شکل (۱) اختلاف در موقعیت مکانی، و با توجه به جدول (۱) اختلاف در بافت خاک دو قطعه مذکور باشد. قطعه آزمایشی F1-40 از دو ضلع در مجاور زهکش جمع کننده روباز قرار دارد و لذا مقدار املاح بیشتری نسبت به قطعه F2-40 از نیمرخ خاک آن بسته شده است، در نتیجه اختلاف بین داده های آن دو افزایش یافته و پس از ترکیب داده ها مقدار R معادله ترکیبی کاهش نشان داده است. اگرچه چنین روندی برای دو قطعه آزمایشی با فاصله زهکش زیرزمینی ۶۰ متر (ردیف های ۴ و ۵ جدول ۶) نیز مشاهده می گردد ولی مقادیر R معادله ترکیبی آنها (ردیف ۶ جدول ۶) به مراتب بیش از مقادیر R برای معادله ترکیبی زهکش های زیرزمینی با فاصله ۴۰ متر (ردیف ۳ جدول ۶) می باشد که با توجه به شکل (۱) ممکنست بدلیل موقعیت مکانی مشابه این دو قطعه (از نظر فاصله از زهکش های جمع کننده روباز) در مزرعه آزمایشی تلقی گردد. با توجه به شکل های (۳) تا (۷) نمودار ترکیبی شوری زدایی دو قطعه آزمایشی F2-60 و F1-60 تقریباً بر نمودار کلی مزرعه آزمایشی منطبق بوده و ممکن است از آن بعنوان نمودار متوسط مزرعه آزمایشی نیز استفاده عملی نمود. در شکل (۳) نمودار معادله ریو (۱۹۵۵) نیز برای مقایسه ارائه شده است. همانگونه که بیان گردید عملیات شستشوی املاح فقط در یکی از قطعه های آزمایشی با فاصله زهکش زیرزمینی ۸۰ متر اجرا گردید که در ردیف ۷ جدول های (۶) و (۷) پارامترهای معادله های (۱)، (۲)، (۸) و (۱۰) برای آن ارائه شده است و تکرار دیگر آن یعنی قطعه آزمایشی F2-80 با توجه به ستون ۷ جدول (۲) نیاز به شستشوی املاح خاک نداشته است. با توجه به مطالب فوق بطور کلی مقادیر ضریب همبستگی R برای معادله هایی که دارای یک پارامتر هستند کمتر از معادله هایی است که دارای بیش از یک پارامتر می باشند. این اختلاف به دلیل آن است که اگر بعنوان مثال نمودار های حاصل از دو معادله (۱) و (۲) در مختصات نیمه لگاریتمی ترسیم شوند.

گیری شده بود [۶]، برای مزرعه آزمایشی مورد نظر نیز مقادیر  $EC_{eq}=4dS/m$  و  $ESP_{eq}=6$  منظور گردید. برای استخراج معادله های شوری و سدیم زدایی در شرایط مزرعه بین نسبت های متناظر x و y در جدول (۵) محاسبه های همبستگی انجام شد [۱۸] که خلاصه نتایج آن برای هر قطعه آزمایشی در جدول های (۶) و (۷) به ترتیب برای شوری و سدیم زدایی ارائه شده است.

در جدول های (۶) و (۷) پارامترهای  $\alpha$ ،  $\beta$  و ضریب همبستگی R معادله های (۱)، (۲)، (۸) و (۱۰) برای شوری و سدیم زدایی قطعه های با فاصله زهکش زیرزمینی ۴۰، ۶۰ و ۸۰ متر و معادله های ترکیبی آنها و همچنین پارامترهای معادله شوری و سدیم زدایی سری خاک ملائانی و ترکیبی شمال اهواز برای مقایسه ارائه گردیده است.

در شکل (۲) نمودار های شوری زدایی خاک کل مزرعه آزمایشی با استفاده از معادله های (۱)، (۲)، (۸) و (۱۰) و در شکل های (۳) تا (۹) نیز نمودار های ترکیبی شوری و سدیم زدایی خاک کل مزرعه آزمایشی و قطعه های با فاصله زهکش زیرزمینی ۶۰ متر (F2-60، F1-60) ارائه شده است.

با توجه به شکل های (۶) و (۷) ملاحظه می گردد که با شستشوی املاح خاک، مقدار درصد سدیم تبدلی نیز بدون اضافه نمودن مواد اصلاحی کاهش یافته است.

### بحث و نتیجه گیری

با توجه به مقادیر ضریب همبستگی R معادله های (۱)، (۲)، (۸) و (۱۰) در ستون های ۳، ۵، ۸ و ۱۰ جدول (۶) ملاحظه می گردد که بطور متوسط مقادیر R برای معادله های (۲) و (۸) کمتر از معادله های (۱) و (۱۰) می باشد همچنین مقادیر R برای دو تکرار زهکش زیرزمینی با فاصله ۴۰ متر (ردیف های ۱ و ۲ جدول ۶) بیش از مقادیر R برای معادله ترکیبی آنها (ردیف ۳ جدول ۶) می باشد. دلیل کاهش مقادیر R معادله ترکیبی (F1-40، F2-40) ممکنست با توجه به



جدول (۵) خلاصه محاسبات عمق خالص آب شستشوی املاح محلول خاک و نسبت های شوروی و سدیم زدایی قطعه های مختلف مزرعه آزمایشی

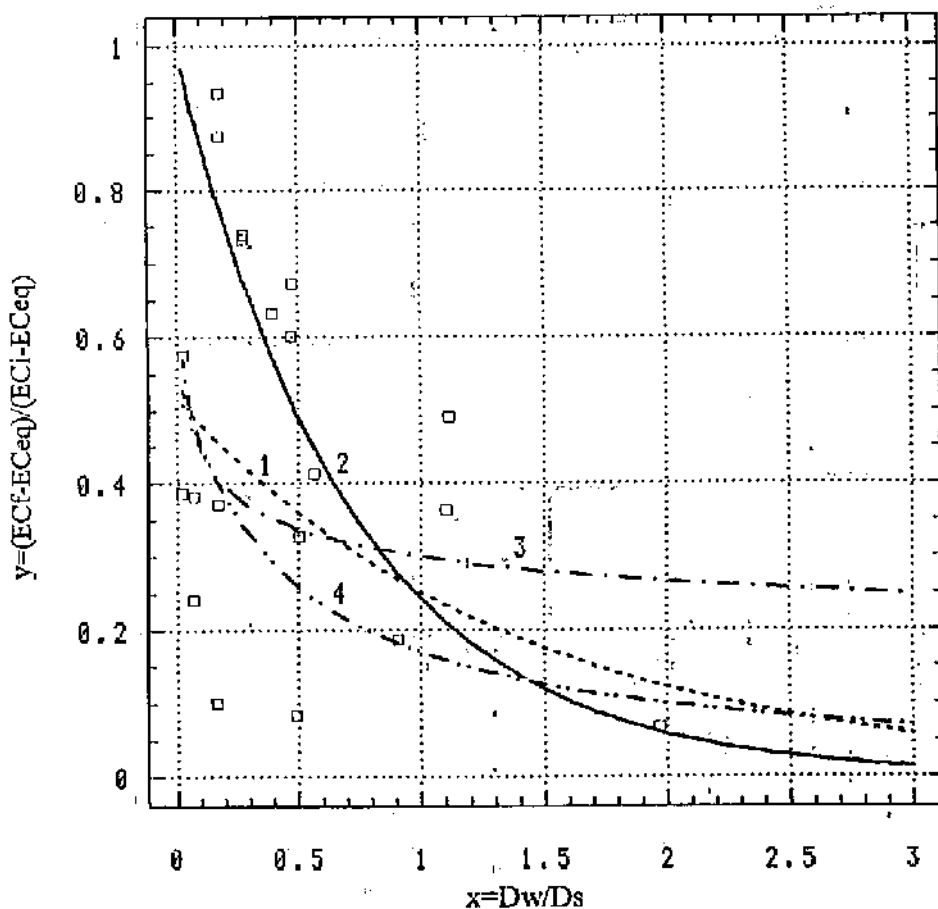
شماره ردیف	نام قطعه اصلی		F1			F2	
	ناجمله زهکشها به متر		80	60	40	60	40
شماره ستون	1	2	3	4	5		
1	عمق ناخالص آب مصرفی برای شستشوی املاح به سانتیمتر	72	88.9	40.2	53.1	73.1	
2	طول دوره شستشوی املاح به روز	35	31	20	36	41	
3	تبخیر متوسط روزانه به میلیتر از پشت تبخیر	11.3	11.3	11.7	10	10	
4	تبخیر در دوره شستشوی املاح از پشت تبخیر به سانتیمتر	39.7	35.1	23.4	36.0	41.0	
5	عمق خالص آب شستشوی املاح بر حسب سانتیمتر	0-25	27.8	49.3	12.3	12.6	27.6
		0-50	23.8	45.3	8.3	8.6	23.6
		0-75	20.8	42.3	5.3	5.6	20.6
		0-100	17.8	39.3	2.3	2.6	17.6
9	Dw/Ds	25	1.114	1.971	0.492	0.564	1.104
		50	0.477	0.906	0.166	0.172	0.472
		75	0.278	0.564	0.071	0.075	0.275
		100	0.178	0.393	0.023	0.026	0.176
13	(ECef-ECeq)/(ECei-ECeq)	0-25	0.49	0.07	0.09	0.33	0.36
		0-50	0.67	0.19	0.10	0.37	0.60
		0-75	0.74	0.41	0.24	0.38	0.73
		0-100	0.93	0.61	0.39	0.58	0.87
17	(ESPef-ESPeq)/(ESpei-ESPeq)	0-25	0.67	0.18	-0.03	0.19	0.59
		0-50	0.95	0.37	0.05	0.31	0.77
		0-75	0.99	0.65	0.29	0.32	0.94
		0-100	1.17	0.82	0.47	0.54	1.00

جدول (۴) مقادیر پارامترهای (a و b) و ضریب همبستگی (R) برای چهار معادله مختلف شوری زدن (مقادیرهای ۲۰، ۸ و ۱۰)

شماره ردیف	نام معادله	y=exp(-βx)		y=exp(α-βx)		y=exp(-βx)		y=αx <sup>β</sup>		y=1/(α+βx)	
		R	β	R	α	R	β	R	α	R	β
1	F1-40	0.82	0.82	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		1.26	2.81	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99
2	F2-40	0.03	0.91	0.00	1.75	0.00	0.17	0.31	0.00	0.00	0.00
		1.13	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3	F1-40, F2-40	0.03	0.91	0.00	1.75	0.00	0.17	0.31	0.00	0.00	0.00
		1.13	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4	F1-60	0.87	1.35	0.97	1.45	0.97	1.45	0.97	1.45	0.97	1.45
		0.73	0.84	0.00	2.84	0.00	0.18	0.27	0.00	0.00	0.00
5	F2-60	0.73	0.84	0.00	2.84	0.00	0.18	0.27	0.00	0.00	0.00
		0.56	1.04	0.92	1.52	0.92	0.38	0.20	0.84	0.30	0.57
6	F1-60, F2-60	0.56	1.04	0.92	1.52	0.92	0.38	0.20	0.84	0.30	0.57
		0.95	0.57	0.84	0.20	0.84	0.38	0.20	0.84	0.30	0.57
7	F1-80	0.95	0.57	0.84	0.20	0.84	0.38	0.20	0.84	0.30	0.57
		0.98	1.01	0.92	0.92	0.97	0.51	0.33	0.94	0.6	0.95
8	توکسی کل	0.46	0.66	0.72	1.42	0.00	0.17	0.30	0.00	0.30	0.17
		0.66	0.72	0.00	1.42	0.00	0.17	0.30	0.00	0.30	0.17
9	سری خاک ملاتانی	1.14	1.27	-	-	-	-	-	-	-	-
		1.27	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10	توکسی کل	0.93	0.81	-	-	-	-	-	-	-	-
		0.81	-	-	-	-	-	-	-	-	-

جدول (7) مقادیر پارامترهای  $(\alpha)$  و  $(\beta)$  و ضریب همبستگی (R) برای چهار معادله مختلف سدیم زدایی (معادله های 1، 2، 3 و 4)

شماره ردیف	نام معادله سدیم زدایی	$y = \exp(-\alpha - \beta x)$											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
		$\alpha$	$\beta$	R	$\alpha$	$\beta$	R	$\alpha$	$\beta$	R	$\alpha$	$\beta$	R
1	F1-40	16	0.02	0.99	0.94	0.00	0.97	0.99	0.35	0.97	0.97	0.97	0.98
2	F2-40	0.56	0.08	0.98	0.41	0.81	0.99	0.61	0.30	0.97	0.97	0.97	0.98
3	F1-40, F2-40	-0.71	1.07	0.25	0.83	0.00	0.98	0.22	-0.19	0.97	0.97	0.97	0.98
4	F1-60	0.95	0.07	0.98	0.9	0.97	0.99	0.35	0.97	0.97	0.97	0.97	0.98
5	F2-60	1.75	0.81	0.99	0.33	0.00	0.99	0.16	0.33	0.97	0.97	0.97	0.98
6	F1-60, F2-60	0.43	0.75	0.49	1.06	0.00	0.99	0.32	0.13	0.97	0.97	0.97	0.98
7	F1-80	0.55	-0.2	0.98	0.29	0.78	0.98	0.71	0.29	0.98	0.98	0.98	0.98
8	ترکیبی کل منزوع آزبانی	0.21	0.64	0.13	0.88	0.00	0.98	0.49	0.02	0.98	0.98	0.98	0.98
9	سوی خاک ملائی	1.33	0.84	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10	ترکیبی کل ده سوی خاک شالی	0.78	0.45	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
19	ترکیبی کل منزوع آزبانی	3.18	-0.11	0.36	0.49	0.02	0.98	0.71	0.29	0.98	0.98	0.98	0.98



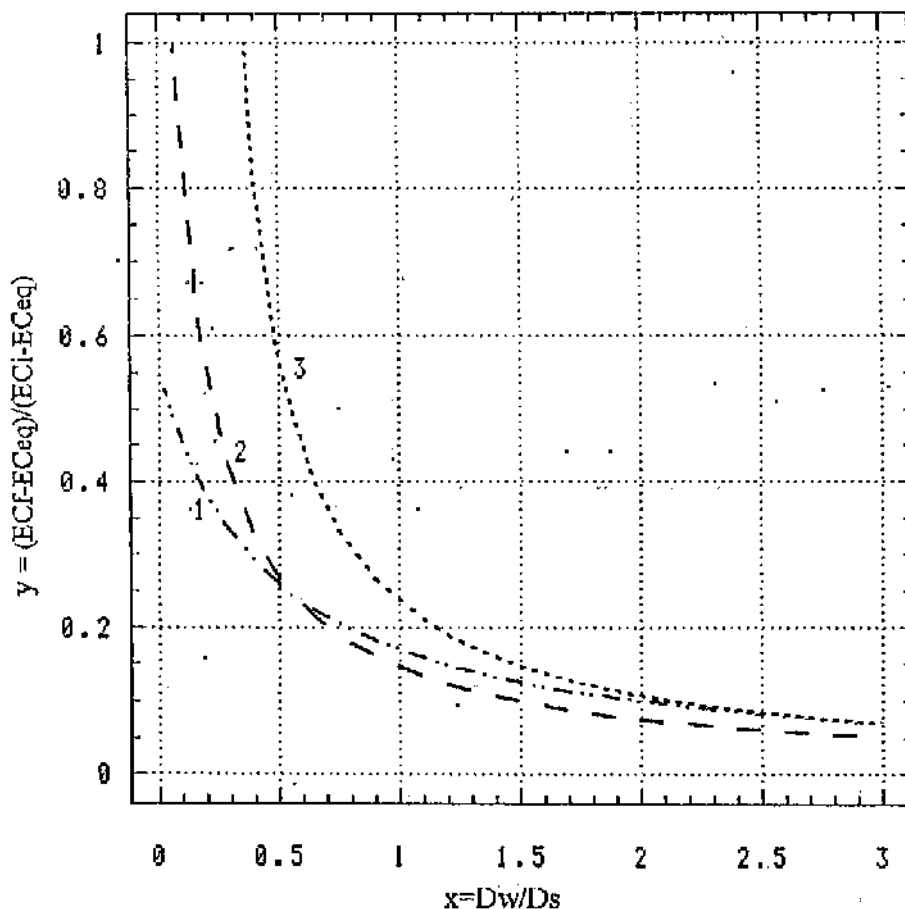
شکل (۲) نمودار شوری زدایی خاک کل مزرعه آزمایشی (معادله‌های ۱، ۲، ۸ و ۱۰)

منحنی شماره ۱:  $y = \exp(-0.66 - 0.72x)$

منحنی شماره ۲:  $y = \exp(-1.42x)$

منحنی شماره ۳:  $y = 0.30x - 0.17$

منحنی شماره ۴:  $y = 1/(1.80 + 4.1x)$

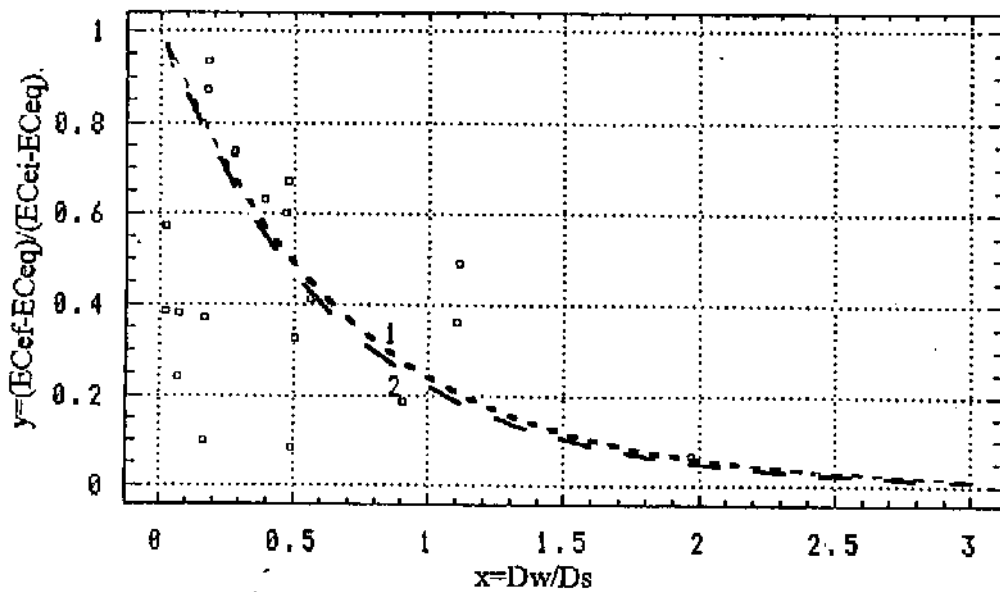


شکل (۳) نمودار شوری زدایی خاک مزرعه آزمایشی با استفاده از معادله (۱۰)

منحنی شماره ۱: نمودار ترکیبی کل مزرعه آزمایشی  $y=1/(1.8+4.10x)$

منحنی شماره ۲: نمودار ترکیبی F1-60 و F2-60  $y=1/(0.57+6.3x)$

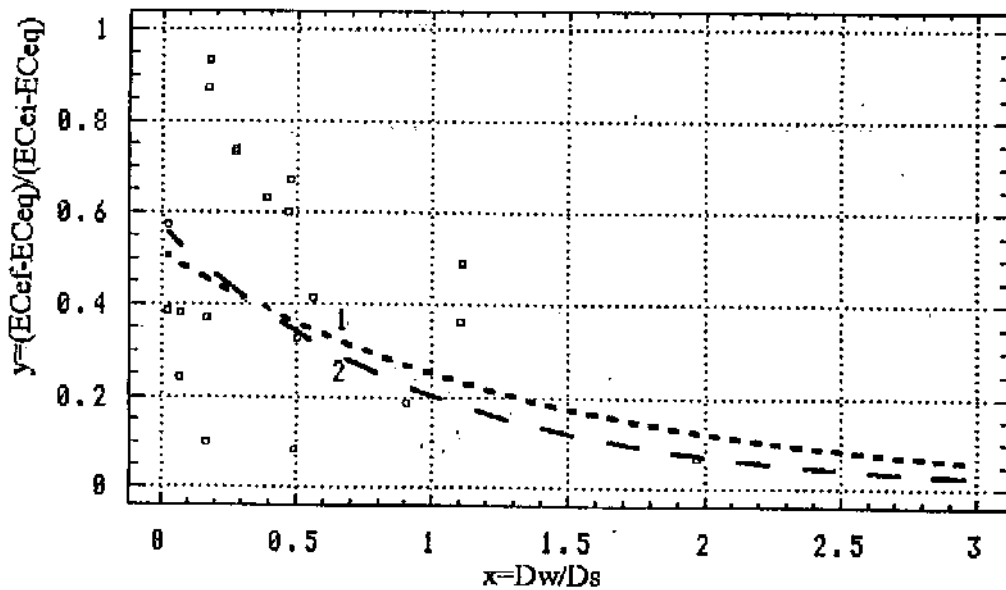
منحنی شماره ۳: نمودار معادله ربو (۱۹۵۵)  $y=1/(-0.75+5.0x)$



شکل (۴) نمودار شوری زدایی خاک مزرعه آزمایشی با استفاده از معادله (۲)

منحنی شماره ۱: نمودار ترکیبی کل مزرعه آزمایشی  $y = \exp(-1.42x)$

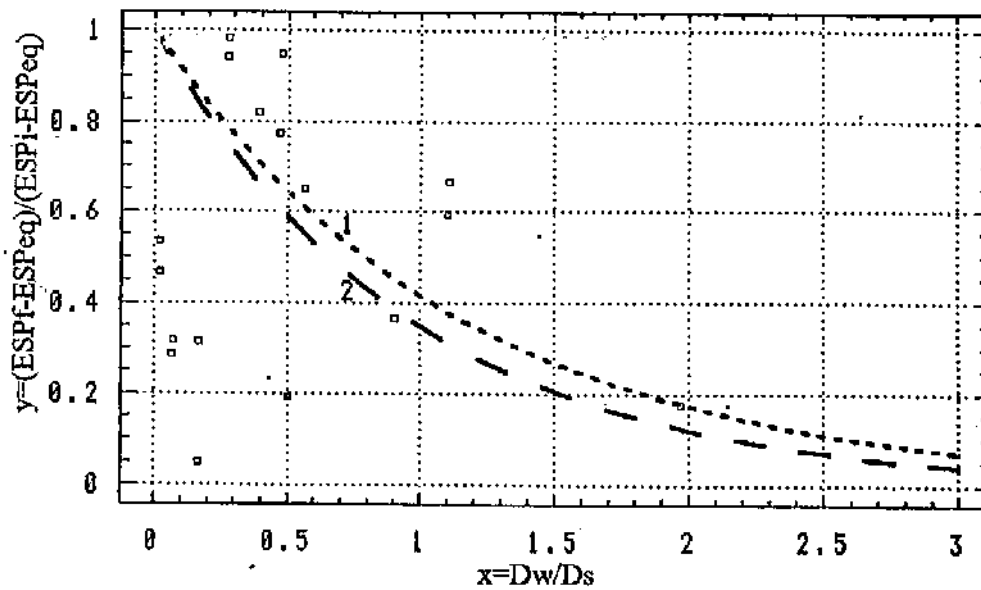
منحنی شماره ۲: نمودار ترکیبی F1-60 و F2-60  $y = \exp(-1.52x)$



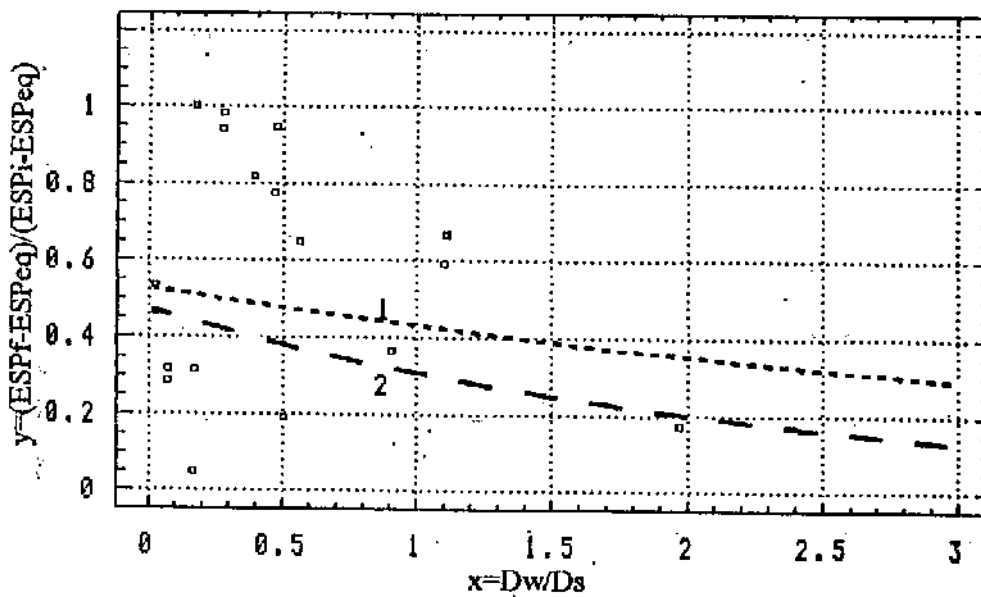
شکل (۵) نمودار شوری زدایی خاک مزرعه آزمایشی با استفاده از معادله (۱)

منحنی شماره ۱: نمودار ترکیبی کل مزرعه آزمایشی:  $y = \exp(-0.66 - 0.72x)$

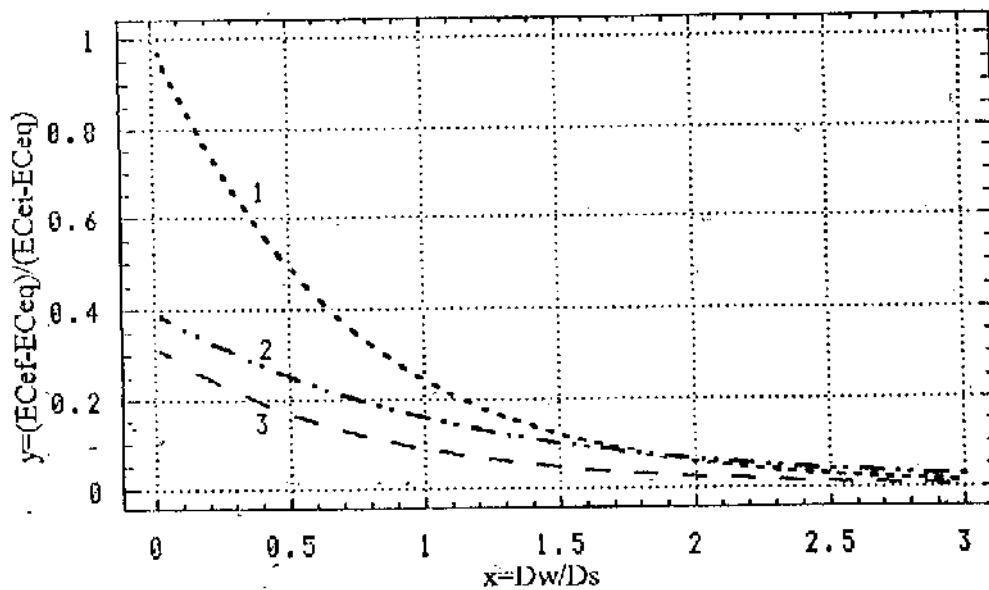
منحنی شماره ۲: نمودار ترکیبی F1-60 و F2-60:  $y = \exp(-0.56 - 1.04x)$



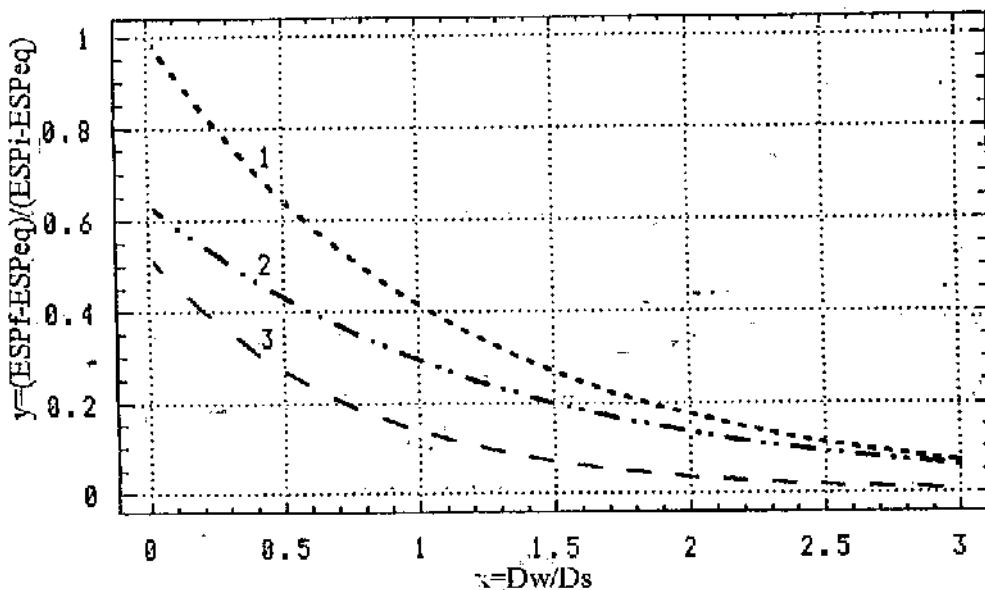
شکل (۶) نمودار سدیم زدایی خاک مزرعه آزمایشی با استفاده از معادله (۷)  
 منحنی شماره ۱: نمودار ترکیبی کل مزرعه آزمایشی  $y = \exp(-0.88x)$   
 منحنی شماره ۲: نمودار ترکیبی F2-60 و F1-60  $y = \exp(-1.06x)$



شکل (۷) نمودار سدیم زدایی خاک مزرعه آزمایشی با استفاده از معادله (۱)  
 منحنی شماره ۱: نمودار ترکیبی کل مزرعه آزمایشی:  $y = \exp(-0.64-0.21x)$   
 منحنی شماره ۲: نمودار ترکیبی F2-60 و F1-60:  $y = \exp(-0.75-0.43x)$



شکل (۸) نمودار شوری زدایی خاک مزرعه آزمایشی، سری خاک ملاثانی و شمال اهواز  
 منحنی شماره ۱: نمودار ترکیبی کل مزرعه آزمایشی  $y=\exp(-1.42x)$   
 منحنی شماره ۲: نمودار ترکیبی شمال اهواز (شرق و غرب)  $y=\exp(-0.93-0.91x)$   
 منحنی شماره ۳: نمودار سری خاک ملاثانی  $y=\exp(-1.14-1.27x)$



شکل (۹) نمودار سدیم زدایی خاک مزرعه آزمایشی، سری خاک ملاثانی و شمال اهواز  
 منحنی شماره ۱: نمودار ترکیبی کل مزرعه آزمایشی  $y=\exp(-0.88x)$   
 منحنی شماره ۲: نمودار ترکیبی شمال اهواز (شرق و غرب)  $y=\exp(-0.45-0.78x)$   
 منحنی شماره ۳: نمودار سری خاک ملاثانی  $y=\exp(-0.64-1.33x)$



برآورد نماید. و یا بعبارت دیگر برای شستشوی درصد مشخصی از املاح خاک مقدار  $(Dw)$  را کمتر از مقدار واقعی برآورد شود. و چنانچه  $Dw/Ds > 1$  گردد معادله (۸) (منحنی شماره ۳) تقریباً موازی محور  $x$  هابوده و قابل استفاده نمی‌باشد ولی نمودار معادله‌های (۱، ۲ و ۱۰) همگرا می‌شوند. بنابراین عملکرد معادله‌های (۱، ۲ و ۱۰) در محدوده  $x = Dw/Ds = 1$  و با مقادیر  $x$  بیشتر از یک تقریباً مشابه می‌باشد، لیکن معادله (۲) این خصوصیت ویژه را نیز دارد که در مقادیر  $Dw/Ds < 1$  نیز می‌توان از آن استفاده نمود و از همه مهمتر از نظر فیزیکی با فرآیند شستشوی املاح همخوانی بیشتری دارد، و لذا از این دیدگاه بر معادله‌های دیگر برای برآورد آب مورد نیاز شستشوی املاح خاک ممکنست رجحان داشته باشد.

بازای  $y = 0.25$  در شکل (۸) که نشان‌دهنده حدود ۷۵ درصد شستشوی املاح خاک است، مقدار  $Dw/Ds$  به ترتیب برابر ۰/۱۹، ۰/۵ و ۰/۹۸ در سری خاک مالاتانی، معادله ترکیبی شمال اهواز و معادله شوری‌زدایی مزرعه آزمایشی بدست می‌آید که مقدار ۰/۹۸ مزرعه آزمایشی به مقدار متوسط  $Dw/Ds = 1$  در منابع [۶، ۷، ۸، ۹، ۱۰، ۱۲، ۱۳، ۱۵ و ۱۸] نزدیک‌تر می‌باشد. با افزایش درصد شستشوی املاح اختلاف نمودارهای سری خاک مالاتانی و شمال اهواز با مزرعه آزمایشی کمتر شده، و برای شستشوی حدود ۸۵ درصد املاح اولیه مقدار آب مورد نیاز به ترتیب حدود ۰/۴۵ و ۰/۸ مقدار آب مصرفی در شرایط مزرعه‌ای برآورد می‌گردد.

#### نتیجه‌گیری و پیشنهادها

نتایج بدست آمده نشان می‌دهد که برای شستشوی حدود ۷۵ درصد املاح اولیه خاک از هر واحد عمق خاک به ۰/۲۰، ۰/۵۰ و ۰/۹۸ و برای شستشوی حدود ۸۵ درصد املاح اولیه خاک به ۰/۶۰، ۱/۰۶ و ۱/۳۴ واحد عمق آب بترتیب با معادله‌های شوری‌زدایی سری

معادله‌های مربوطه بصورت خطی خواهد شد:

$$\ln y = -\alpha - \beta x \quad (12)$$

$$\ln y = -\beta x \quad (13)$$

نمودار معادله (۱۲) می‌تواند پارامترهای  $\alpha$  و  $\beta$  را بنحوی تغییر دهد که بهترین برازش را در بین داده‌ها داشته باشد، در حالیکه نمودار معادله (۱۳) از مرکز مختصات می‌گذرد و فقط قادر است شیب یعنی پارامتر  $\beta$  را تغییر دهد. در نتیجه مقدار ضریب همبستگی معادله (۲) نسبت به معادله‌های (۱، ۸ و ۱۰) کاهش نشان می‌دهد.

برای انتخاب یکی از معادله‌های (۱، ۲، ۸ و ۱۰) با توجه به فرآیند شستشوی املاح در خاک، که وقتی  $x$  بسمت بینهایت میل می‌کند  $(Dw)$  نسبت به  $Ds$  زیاد شود مقدار  $y$  بسمت صفر میل خواهد کرد  $(EC_e)$  به  $EC_{eq}$  نزدیک می‌شود) و به همین ترتیب اگر  $x$  بسمت صفر میل کند  $(Dw)$  نسبت به  $Ds$  کم شود مقدار  $y$  بسمت یک میل خواهد کرد  $(EC_e)$  به  $EC_i$  نزدیک می‌شود، این فرآیند با معادله (۲) بخوبی قابل بیان است. لیکن در معادله (۱) اگر  $x$  بسمت صفر میل کند مقدار  $y$  بسمت عدد ثابت  $1/e^\alpha$  میل خواهد کرد که همواره کمتر از واحد است و در معادله‌های (۸ و ۱۰) نیز مقدار  $y$  بسمت بینهایت میل خواهد کرد. در نتیجه از نظر فیزیکی معادله (۲) بر معادله‌های دیگر رجحان دارد. لیکن همانگونه که ذکر شد از نظر آماری با توجه به جدول (۶) مقدار  $R$  آن کمتر از معادله‌های دیگر می‌باشد.

با توجه به شکل (۲) در محدوده  $x = Dw/Ds = 1$  که معمولاً و در عمل برای تخمین آب مورد نیاز شوری و سدیم‌زدایی ممکنست مورد استفاده قرار گیرد، مقدار  $y$  برای هر دو معادله (۱) و (۲) تقریباً یکسان و متوسط معادله‌های (۸) و (۱۰) نیز می‌باشد. در نتیجه می‌توان از هر کدام از آنها استفاده نمود. لیکن اگر در اراضی مقدار کاربرد آب  $Dw/Ds \ll 1$  باشد، با توجه به شکل (۲) ممکنست معادله‌های (۱، ۸ و ۱۰) مقدار املاح اولیه باقیمانده (۷) را کمتر از آنچه که عملاً در خاک است،

## تشکر و قدردانی

بدینوسیله از سازمان آب و برق خوزستان که هزینه های زیربنایی برای احداث مزرعه آزمایشی ۵۰ هکتاری مجتمع عالی آموزشی و پژوهشی ملاثانی را تأمین نموده اند و همچنین از آقایان مهندس محمد حسین قرینه، مهندس سید علی سلطان ابراهیمی، مهندس جمشید لندی و آقای ناصر عبدالخانی که در اجرای این پژوهش همکاری نموده اند صمیمانه تشکر و قدر دانی می‌نمایم.

خاک ملاثانی، ترکیبی شمال اهواز (بدست آمده از استوانه‌های نفوذسنج) و معادله ترکیبی مزرعه آزمایشی نیاز است. در نتیجه مقدار آب خالص مصرفی در شرایط مزرعه بیش از مقدار آب محاسبه شده از معادله‌های مستخرجه از نتایج شستشوی املاح در استوانه‌های نفوذسنج می‌باشد. لیکن این اختلاف برای هر دو معادله یکسان نبوده و نتایج معادله ترکیبی شمال اهواز به نتایج مزرعه‌ای نزدیک‌تر است. بنابراین پیشنهاد می‌گردد که در اراضی منطقه ملاثانی نیز برای برآورد مقدار آب مورد نیاز شستشوی املاح، از معادله ترکیبی شمال اهواز و یا معادله ترکیبی مزرعه آزمایشی موضوع این تحقیق استفاده شود.

## منابع

- ۱- بای بوردی- م. و کوهستانی- ا. ۱۳۶۶. خاک تشکیل و طبقه‌بندی. انتشارات دانشگاه تهران. صفحات ۲۶۵ تا ۳۷۰.
- ۲- برزگر - ع. ۱۳۷۹. خاک‌های شور و سدیمی: شناخت و بهره‌وری. انتشارات دانشگاه شهید چمران اهواز. صفحات ۱۴۷ تا ۱۵۷.
- ۳- پذیرا- ا. ۱۳۷۶. بررسی و تعیین آب مورد نیاز آبیاری خاکهای شور و سدیمی. مجموعه مقالات علمی- تخصصی تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی. شماره (۷) صفحات ۱۷-۱.
- ۴- پذیرا- ا. و کشاورز- ع. ۱۳۷۸. بررسی و تعیین آب مورد نیاز اصلاح خاکهای شور و سدیمی اراضی جنوب شرقی استان خوزستان. مجموعه مقالات علمی- تخصصی تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی. شماره (۱۶) جلد ۴ صفحات ۱-۱۳.
- ۵- مهندسین مشاور آیسو. ۱۳۷۰. مطالعات مرحله اول طرح توسعه نیشکر و صنایع جانبی واحد فارابی. کتاب دوم از جلد نهم اصلاح اراضی. فصل هشتم تا دهم.
- ۶- مهندسین مشاور مهتاب قدس. ۱۳۶۹. مطالعات مرحله اول: طرح آبیاری بزرگ کارون. مطالعات اصلاح خاک و اراضی دشت‌های شمال شرق و غرب اهواز. جلد ۷-۱-ج.

- 7- AYARS, J. E. and MEEK, D. 1994. Drainage load-flow relationships in arid irrigated areas. Transactions of the American Society of Agricultural Engineers. Vol. 37(2): 431-437.
- 8- CHAUHAN, C. P. S., SINGH, R. B., MINHAS, P. S., AGNIHOTRI, A. K. and GUPTA, RK. 1991. Response of wheat to irrigation with saline water varying in anionic constituents and phosphorus application. Agricultural Water Management. 20:223-231.
- 9- HARKER, D. B. and MIKALSON, D. E. 1990. Leaching of a highly saline-sodic soil in Southern Alberta: A laboratory study. Can. J. Soil Sci.. 70: 509-514.
- 10- HOFFMAN, G. J. 1980. Guidelines for reclamation of salt-affected soils. Pages 49-64 in Proc. of Inter. American Salinity and Water Management Tech. Conf. Juar. México. 11-12 Dec. 1980.
- 11- JURY, W. A., JARRELL, W.M. and DEVITT, D. 1979. Reclamation of saline-sodic soils by

- leaching. Soil Sci. Am. J. 43:1100-1106.
- 12- MILLER, J. L., NIELSEN, D. R., and BIGGAR, J. W. 1965. Chloride displacement in Panoche clay loam in relation to water movement and distribution. Journal of the Water Resour. Res. 1:63-73.
  - 13- RAPP, E. 1968. Performance of shallow subsurface drains in glacial till soils. Transactions of the American Society of Agricultural Engineers. 11: 214-217.
  - 14- REEVE, R. C., PILLSBURY, A. F., and WILCOX, L., V. 1955. Reclamation of a saline and high boron soil in the Coachella Valley of California. Hilgardia 24: 69-91.
  - 15- RHOADES, J. D. 1974. Drainage for salinity control. Chapter 16, In: J. V. Schilfgaarde(ed.) Drainage for Agriculture, Number 17 in the series Agronomy. American Society of Agronomy, Inc. Publisher, Modison, Wisconsin, USA.
  - 16- SEPASKHAH, A. R. and GHARAAT, M. R. 1977. Reclamation of saline-sodic soils in Khuzestan. Iranian Journal of Agricultural Research. Vol. 5. No. 1.
  - 17- SHARMA, S. K. and MANCHANDA, H. R. 1996. Influence of leaching with different amounts of water on desalinization and permeability behavior of chloride and sulfate-dominated soils. Agricultural Water Management. 31:225-235.
  - 18- SNEDECOR, G. W. and COCHRAN, W. G. (1967). "Statistical Methods." Sixth edition, Iowa State University Press Chapters 4, 10.
  - 19- TALSMA, T. 1967. Leaching of tiled drained saline soils. Aust. Journal of the Soil Res. 5: 37-46.
  - 20- van SCHAIK, J. C. 1967. Influence of adsorbed sodium and gypsum content on permeability of glacial till soil. J. of Soil Science. 42: 43-48.

**The Desalinization and Desodification Empirical  
Equations for Salt-affected Soils in Mollasani's Region –  
Khuzestan Province**

**M. Behzad<sup>1</sup> and A. M. Akhond Ali<sup>1</sup>**

**Abstract**

Soil salt leaching studies were carried out in a 20-hectare experimental field during summer 1997 in Mollasani's Region to be compared with the results of double ring infiltrometers (25cm inside and 50cm outside diameter) which have been commonly used by consulting engineers to determine the appropriate depth of leaching water for irrigation and reclamation projects. The experimental field has 16 subsurface corrugated-PVC-drain lines and earthen open drain collectors. The drain spacing were 40, 60 and 80m apart soil texture was silty clay and silty clay loam. During experiment, before and after leaching, soil analysis, leaching water quality and quantity were measured and recorded.

The resulting regression equations were compared with the Mollasani's Soil Series and North Ahwaz (East and West) compound desalinization and desodification equations, which were derived from the double ring infiltrometers data. The results showed that for initial salt leaching 75% excess salts from unit depth of soil profile 0.20, 0.50, and 0.98, and for removal of 85% excess salts 0.6, 1.06 and 1.34 unit depth of leaching water were computed for Mollasani Soil Series, North Ahwaz and experimental field equations

*Keywords: Leaching, Saline Soils, Drainage, Salinity.*

---

<sup>1</sup> - Assistant professor of the Irrigation Department, Shahid Chamran University, Ahwaz, Iran.