مفهوم وبرآورد راندمان آبشوئی وکاربرد آن درمطالعات اصلاح خاک وزهکشی

پرویزمهاجرمیلانی -ابوالقاسم توسلی *

یکی از مواردا صولی اصلاح خاکهای شور و قلیای در مناطق خشک و نیمه خشک ، شستشوی املاح محلول خاک از ناحیه رشد ریشه و انتقال آن به لایه های عمیقتر خاک است تا گیاهان بتوانند در یک محیط مناسب به رشد و نمو وتولید محصول ادامه دهند. این عمل آبشوئی املاح محلول از نیمرخ خاک و یا بصورت مختصرآبشوئی نامیده میشود.

وقتی صحبت ازآبشوئی بمیان میاید بلافاصله سوالاتی درزمینه مقدار آب موردنیازبرای آبشوئی ، کیفیت آب استفاده شده ، ومدت زمان لازم برای آبشوئی مطرح میگردد که همگی بیکدیگر مرتبط بوده و بر روی هم تاثیر میگذارند. بطورکلی هر قدر آب کاربردی شورتر باشد میزان آب مورد نیاز برای آبشوئی (بطور نسبی) بیشتر میگرددو در شرایط یکسان مقدار آب آبشوئی با مدت زمان لازم برای آبشوئی رابطه مستقیم دارد . بنابراین ملاحظه میگردد که کمیت و کیفیت آب آبشوئی از پارامترهای مهم در شستشوی خاک میباشند.

اجرای آزمونهای آبشوئی در هر محل بمنظور اصلاح شوری و قلیائیت خاک معمولا" با یک نوع (کیفیت) آب ولیکن با مقادیر متفاوت صورت میگیردو سپس منحنی آبشوئی آن ترسیم میگردد. منحنی آبشوئی که به منحنی شوری زدائی نیزموسوم است از روی نتایج تجزیه شیمیائی نمونه‌های خاک و پاره‌ای از ویژگیهای فیزیکی آن ترسیم میگردد. بدین ترتیب اغلب پارامتر مجهول مورد نیاز میزان (کمیت) آب لازم برای آبشوئی املاح از نیمرخ خاک میباشد. شکل شماره (۱) نمونه ای از منحنی های شوری زدائی را نشان میدهد . در این شکل محور Y ها نشان دهنده نسبت شوری خاک پس

---

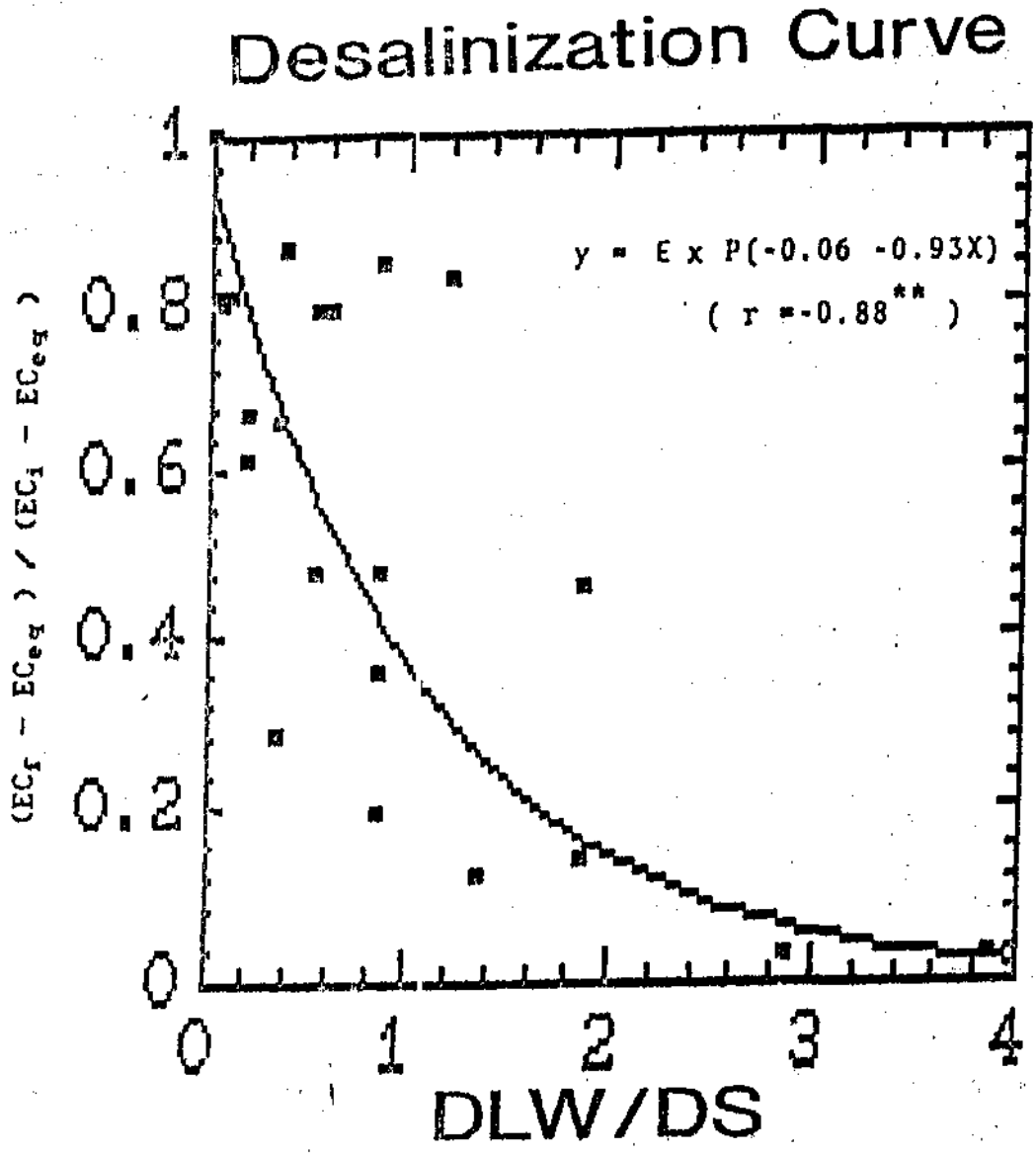
* اعضای هیئت علمی موسسه تحقیقات خاک وآب

از کاربرد ارتفاع معینی از آب (ECf) به شوری اولیه خاک (ECi) میباشد و از صورت و مخرج کسر (ECf/Eci) مقدار ثابتی که به شوری تعادلی خاک * (ECeq) موسوم است کسر گردیده است . (ECeq) بیانگر کمترین مقدار نمکی است که یک خاک تحت تاثیر آبشوئی بوسیله آبی با کیفیت معین میتواند داشته باشد. تفریق مقدار (ECeq) از صورت و مخرج کسر (ECf/ECi) سبب خواهد شد تا تغییرات شوری خاک در طی عملیات آبشوئی به شوری آب آبیاری و شرایط زهکشی بستگی نداشته باشد و منحنی حاصله تنها ازشرایط فیزیکوشیمیائی خاک مورد بررسی متاثر گردد.

بر روی محور X ها نسبت ارتفاع آب آبشوئی به عمق خاک قرار داده میشود. بدین ترتیب با تعیین شوری اولیه ، شوری نهائی و شوری تعادلی خاک و همچنین انتخاب عمق خاکی که در نظر است اصلاح گردد مقدار آب مورد نیاز برای آبشوئی محاسبه میگردد.

---

* EC eq هدایت الکتریکی خاک لایه ۵-۰ سانتیمتری در پایان عملیات آبشوئی میباشد.



نسبت ارتفاع آب آبشوئی به عمق خاک

شکل شماره (1) ـ منحنی شوری زدائی

معادلات آبشوئی :

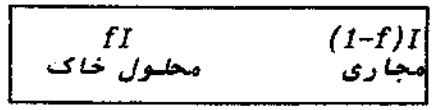
بمنظور برآورد آب میزان آب مورد نیاز آبشوئی همواره از معادلات ریاضی استفاده میشده است و دلیل آن نیز بیشتر سهولت ، سرعت ، هزینه بسیار کم و امکان بررسیهای گسترده تر آن بوده است . بهمین جهت ارائه دهندگان معادلات همواره سعی نموده اند نتایج حاصل از معادلات ریاضی با اعداد وارقام حاصل از آزمونهای صحرائی و آزمایشگاهی ، تحت شرایط کنترل شده مورد مقایسه قرار گیرند که به اصلاح و توسعه این معادلات انجامیده است .

در کتاب راهنمای شماره ۶۰ ، برای محاسبه میزان آب مورد نیاز برای آبشوئی روش ساده‌ای پیشنهاد گردیده که در آن ناحیه رشد ریشه بعنوان یک لایه یکنواخت با توزیع یکسان نمک در آن در نظر گرفته شده و مقدار نمک محلول خاک در حالت ظرفیت مزرعه را برابر میزان نمک آب ثقلی که از انتهای نیمرخ خاک خارج میگردد فرض نموده است (۱۰). این فرض بسیار ایده آل میباشد هرچند که در عمل ممکن است چنین اتفاقی حادث نگردد زیرا در پروفیل خاک ممکن است تمام آب ورودی و یا قسمتی از آن با محلول خاک مخلوط شود و قسمتی از آب بدون اینکه با محلول خاک مخلوط شود از منافذ و حفره‌های بزرگتر عبور نماید و از منطقه رشد ریشه خارج گردد. دلیل این امر این است که در محیط متخلخل غیر همگن مانند خاک ، آب و املاح همراه آن از میان یک شبکه پیچیده‌و باریکی از خلل و فرج عبور مینمایند و چون سرعت جریان آب در خلل و فرج بزرگ بیشتر از خلل و فرج کوچک و در وسط خلل و فرج بیشتر از دیواره های کناری آن است در نتیجه سرعت جریان آب در خاک یکسان نمیباشد و بنابراین اختلاط آب با محلول خاک بطور کامل صورت نمیگیرد.

در خاکهای رسی علاوه بر موارد یاد شده احتمال وجود درز و ترک در طبقات تحتانی خاک فراوان است که میتواند سبب هدایت فوری آب به لایه‌های تحتانی خاک بدون شرکت در امر آبشوئی گردد.

مفهوم راندمان آبشوئی بصورت زیر نشان داده شده است :

I



$$I = fI + (1-f)I$$
$$I\,Cr = fI\,Cfc + (1-f)\,ICi$$
$$Cr = fC\,fc + (1-f)\,Ci$$

I = آب آبیاری

f = راندمان آبشوئی

Cr = غلظت آب خروجی

Ci = غلظت آب ورودی

Cfc = غلظت نمک در محلول خاک

تعریف راندمان آبشوئی

عبارت است از درصد آب آبیاری که با محلول خاک مخلوط میگردد.

در اینجا فرآیند آبشوئی با دو مدل مورد بررسی قرار گرفته است :

۱- مدل ستون ممتد Column Model

۲- مدل چند مخزنی Series of Reservoirs with Bypass(SRWB)

۱- مدل ستون ممتد (Continuous Column Model)

فرضیات مربوط به این مدل عبارتند از :

- آب آبیاری همیشه کاملا" با محلول خاک اختلاط حاصل نمی کنند.

- قسمتی از آب آبیاری بدون شرکت در شستشوی املاح خاک از طریق شکافها و خلل و فرج بسیار درشت از نیمرخ خاک خارج می شود.
- حجم آب مخزن ثابت است (آب ورودی = آب خروجی)

$$Ct = Ci + (Co - Ci)\, e^{-ft/T}$$

Ct = غلظت نمک خاک بعد از آبشوئی (در زمان t)

Ci = غلظت نمک آب ورودی

Co = غلظت اولیه نمک در خاک

e = لگاریتم طبیعی

f = راندمان آبشوئی

t/T= برابراست با Qt/V

Qt = میزان آب آبیاری در زمان t

V = ارتفاع آب موجود در لایه خاک مورد بررسی (به ضخامت d) در حالت ظرفیت مزرعه برحسب میلی‌متر $V = (Wfc \times Bd \times d) /100$

Wfc= میزان رطوبت خاک در حالت ظرفیت مزرعه

۲- مدل چند مخزنی (SRWB)Series of Reservoirs with Bypass

اگر فرایند آبشوئی را بدقت مطالعه کنیم می بینیم که اختلاط کامل در منطقه فعالیت ریشه‌ها که معمولا" یک متر و حتی بیشتر در نظر گرفته می‌شود امکان پذیرنیست زیرا عوامل مخلوط کننده در خاک از قبیل پخشیدگی ، تغییر رژیم رطوبتی خاک در اثر آبیاری و تبخیر و تعرق فقط درمحدوده کوچکی از خاک موثرند. بدین جهت می‌توان خاک را از لایه‌های مختلف و متوالی که هر کدام معرف یک مخزن می باشد مرکب دانست مخازنی که با لایه‌های خاک هماهنگی داشته باشند(برای مثال ۲۰-۰ ، ۴۰-۲۰ ، ۶۰-۴۰ و ۸۰-۶۰ سانتی متر) .در این مدل هر مخزن فاضل آب مخزن فوقانی را دریافت می‌کند.

این مدل در موسسه تحقیقات خاک وآب شبیه‌سازی شده واستفاده عملی

ازآن ازطریق مقایسه نتایج حاصل از این مدل با روش عددی (Numerical Method) موردمقایسه قرارگرفته است . همچنین با قراردادن اطلاعات موجود (در مورد خاکی که به روش کرتی در مزرعه آبشوئی شده است) در این مدل، و مقایسه نتایج آزمون مزرعه ای با اعداد ارقام محاسبه شده بوسیله مدل ، کاربرد عملی آن مورد بررسی قرار گرفته است.
روابط زیر غلظت املاح محلول خاک را در لایه‌های (مخازن) متوالی نشان میدهند :

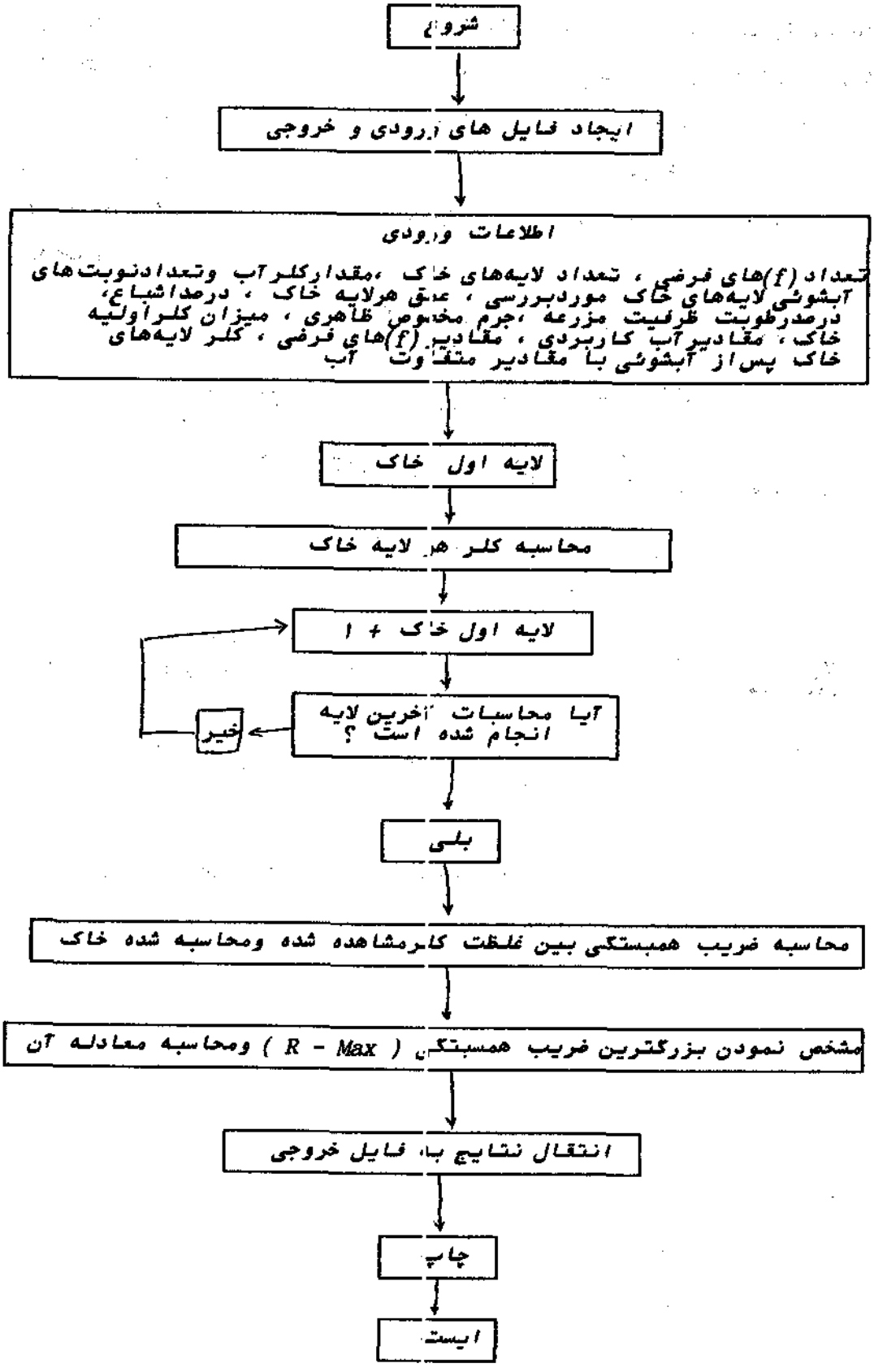
مخزن اول : $C_t^I = C_i + (C_o^I - C_i)\, e^{-ft/T}$

مخزن دوم : $C_t^{II} = C_i + (C_o^{II} - C_i)\, e^{-ft/T} + (C_o^I - C_i)\frac{ft}{T}e^{-ft/T}$

مخزن سوم : $C_t^{III} = C_i + (C_o^{III} - C_i)e^{-ft/T} + (C_o^{II} - C_i)\frac{ft}{T}e^{-ft/T} + (C_o^I - C_i)\frac{f^2t^2}{2T^2}e^{-ft/T}$

مخزن N ام : $C_t^N = C_i + e^{-ft/T}\left[(C_o^I - C_i)\frac{f^{N-1}t^{N-1}}{(N-1)!T^{N-1}} + (C_o^{II} - C_i)\frac{f^{N-2}t^{N-2}}{(N-2)!T^{N-2}} + \ldots\ldots + (C_o^N - C_i)\right]$

فلوچارت کاربردی در این مدل در صفحه بعد نشان داده شده است .


شروع
ایجاد فایل های ورودی و خروجی
اطلاعات ورودی
تعداد (f)های فرضی ، تعداد لایه‌های خاک ،مقدارکلرآب وتعدادنوبت های آبشوئی لایه‌های خاک موردبررسی ، عمق هرلایه خاک ، درصداشباع، درصدرطوبت ظرفیت مزرعه ،جرم مخصوص ظاهری ، میزان کلراولیه خاک ، مقادیرآب کاربردی ، مقادیر (f)های فرضی ، کلر لایه‌های خاک پس از آبشوئی با مقادیر متفاوت آب
لایه اول خاک
محاسبه کلر هر لایه خاک
لایه اول خاک + ۱
آیا محاسبات آخرین لایه انجام شده است ؟
خیر
بلی
محاسبه ضریب همبستگی بین غلظت کلرمشاهده شده ومحاسبه شده خاک
مشخص نمودن بزرگترین ضریب همبستگی (R - Max) ومحاسبه معادله آن
انتقال نتایج به فایل خروجی
چاپ
ایست

چون آبشوئی از طریق مخلوط شدن آب آبیاری با محلول خاک لایه اول خاک شروع میگردد بنابراین شوری محلول خاک در لایه اول بعد از مخلوط شده با آب آبیاری عبارت است از :

$$EC(1) = \frac{a\,ECi + b\,ECo\ (1)}{a + b}$$

که در آن :

a - مقدر آب آبیاری (میلیمتر) ،

b - مقدار آب موجود در هر لایه خاک (میلی متر) ،

c - مقدار کسر رطوبت در هر لایه خاک (میلی متر)

ECi - هدایت الکتریکی آب آبیاری (دسی سیمنس برمتر)

$ECO(1)$ - هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک لایه اول قبل از آبشوئی (دسی سیمنس‌برمتر) ،

$EC(1)$ - هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک لایه اول بعد از آبشوئی (دسی سیمنس‌برمتر) ،

(1) ، (2) و (3) - اندیس نشاندهنده‌شماره لایه خاک است .

شوری محلول خاک لایه دوم بعد از مخلوط شدن با آب هدایت شده از لایه اول خاک عبارت است از :

$$EC(2) = \frac{(a-c1)\ EC(1) + b2ECo\ (2)}{a + b2 - c1}$$

وبهمین ترتیب شوری لایه سوم خاک عبارت است از :

$$EC(3) = \frac{a - (C1 + C2) EC(2) + b3\ EC0\ (3)}{a + b3 - (C1 + C2)}$$

برای روشن موضوع سعی میشود یک مثال عددی با روش عددی و یک مثال دیگر با روش سری مخازن متوالی حل گردد.

مثال اول :

فرض کنید ۲۰۰ میلی متر آب باشوری ۲ دسی سیمنس برمتر به خاکی به ضخامت ۹۰ سانتی متر با لایه های ۳۰ سانتیمتری که هدایت الکتریکی لایه ها به ترتیب ۱۰ ، ۱۵ و ۲۰ دسی سیمنس برمتر است اضافه شده است درصورتیکه رطوبت ظرفیت مزرعه لایه های خاک به تریتب ۱۲ ، ۱۴ و ۱۶ درصد حجمی و کسر رطوبت آنها به ترتیب ۳۰ ، ۴۰ و ۵۰ میلی متر باشد ، شوری نهائی هریک از لایه‌های خاک را پس از آبشوئی محاسبه می کنیم :

حل

ابتدا ظرفیت نگهداری آب در هریک از لایه های خاک در حالت ظرفیت مزرعه را محاسبه مینمائیم .

$$V = (fc \times d) / 100$$

$$V(1) = (12 \times 300) / 100 = 36$$ میلیمتر

بدین ترتیب ظرفیت نگهداری آب در لایه های دوم و سوم به تریب معادل ۴۲ و ۴۸ میلی متر میگردد. و با استفاده از معادلات مورد نظر شوری نهائی هر یک از لایه های خاک محاسبه و برابراست با :

$$Ec(1) = (۲۰۰\times۲+۳۶\times۱۰) / (۲۰۰+۳۶) = ۳/۲\ ds/m$$

$Ec_{(2)} = [(۲۰۰-۳۰)۳/۲۰۰(۴۲\times۱۵)]/(۲۰۰+۴۲-۳۰) = ۵/۵$ ds/m

$Ec_{(3)} = [۲۰۰-(۳۰+۴۰)۵/۵۰۴۸\times۲۰]/[۲۰۰+۴۸-(۳۰+۴۰)] = ۹/۴$ ds/m

مثال دوم

پروفیل خاکی دارای ۴ لایه ۲۵ سانتی‌متری است که هدایت الکتریکی لایه‌های آن تا عمق ۱ متری خاک بترتیب برابر ۱۲ ، ۱۸ ، ۲۴ و ۲۸ دسی سیمنس برمترمی باشد. برای سهولت محاسبات فرض می‌شوداین خاک با آب باران شستشو داده شده ومقداراندمان آبشوئی آن معادل یک (f= 1) ومیزان‌متوسط رطوبت حجمی درپروفیل‌خاک ۵۰ درصد (fc = 0.5) باشد. در هر نوبت آبیاری ۸۰ میلی آب باران به خاک اضافه می گردد . شوری نهائی خاک را با روش سری مخازن متوالی محاسبه نمائید.

جدول شماره (۱)- مقایسه مقادیرهدایت الکتریکی محاسبه شده باروش سری مخازن متوالی

ECe - valuce calculated with SRWB									
Layer in cm	Before leaching	After Leaching with							
		80mm	160mm	240mm	320mm	400mm	480mm	560mm	640mm
0-25	12.0	6.3	3.3	1.8	0.9	0.5	0.3	0.1	0.07
25-50	18.0	13.6	9.3	6.0	3.8	2.3	1.4	0.8	0.5
50-75	24.0	20.0	15.8	1.9	8.4	5.8	3.9	2.5	1.6
75-100	28.0	25.2	21.6	7.8	14.0	10.7	7.9	5.6	3.9

بمنظور محاسبه راندمان آبشوئی (f) در خاکهای مختلف و برآورد شوری و قلیائیت نهائی خاک به دو نمونه آزمایش مزرعه‌ای اشاره می گردد.

اول-

آزمون انجام شده در یک خاک سیلت لومی با شوری و قلیائیت بسیار

جدول شماره (۲) ـ مقایسه مقادیر هدایت الکتریکی (ECe) برآورد شده با ارقام مشاهده شده از آزمون مزرعه‌ای برحسب دسی‌سیمنس بر متر در یک خاک Silt loam

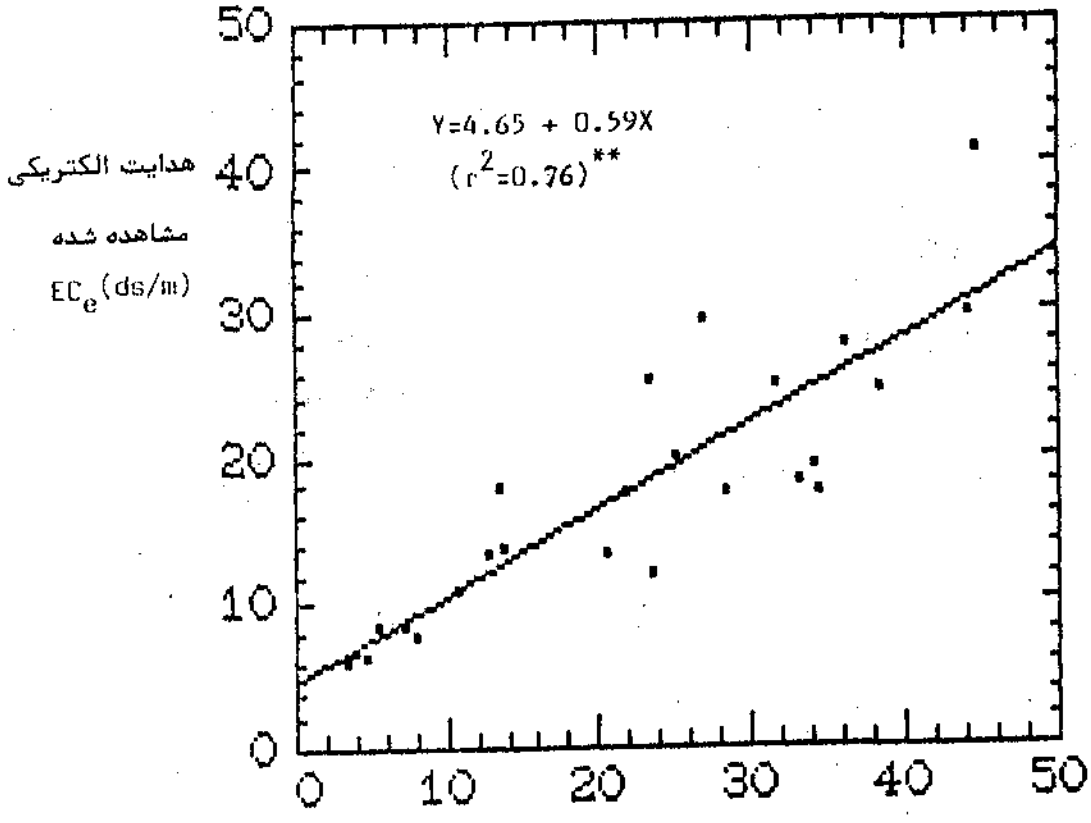
F = .50

DEPTH(cm)		APPLIED WATER(mm) 200.	400.	600.	800.	1000.
0 - 20	CALCULATED	26.8	10.7	5.5	3.9	3.4
	OBSERVED	29.4	11.0	8.5	6.9	6.1
20 - 40	CALCULATED	44.7	25.0	12.8	7.1	4.7
	OBSERVED	41.0	20.0	13.5	8.4	6.5
40 - 60	CALCULATED	44.0	36.2	23.2	13.5	8.0
	OBSERVED	30.0	27.8	25.3	17.9	7.7
60 - 80	CALCULATED	34.0	38.4	31.5	21.7	13.7
	OBSERVED	19.5	24.7	25.0	17.8	13.7
80 - 100	CALCULATED	23.5	33.2	34.4	28.4	20.4
	OBSERVED	11.9	18.3	17.5	17.6	13.5

جدول شماره (۳) ـ مقایسه مقادیر هدایت الکتریکی (ECe) برآورد شده با ارقام مشاهده شده از آزمون مزرعه‌ای برحسب دسی‌سیمنس بر متر در یک خاک Loam

F = .40

DEPTH(cm)		APPLIED WATER(mm) 200.	400.	600.	800.	1000.
0 - 20	CALCULATED	5.3	2.2	1.4	1.2	1.2
	OBSERVED	5.8	5.1	4.8	3.6	4.5
20 - 40	CALCULATED	13.1	5.4	2.5	1.6	1.3
	OBSERVED	16.0	6.8	7.6	3.9	5.0
40 - 60	CALCULATED	18.8	10.4	5.0	2.6	1.7
	OBSERVED	17.2	11.7	7.3	5.3	6.6
60 - 80	CALCULATED	20.2	15.1	8.8	4.6	2.6
	OBSERVED	28.4	16.8	10.2	6.8	8.1
80 - 100	CALCULATED	19.0	17.8	12.7	7.6	4.3
	OBSERVED	20.8	23.9	15.3	10.3	10.9



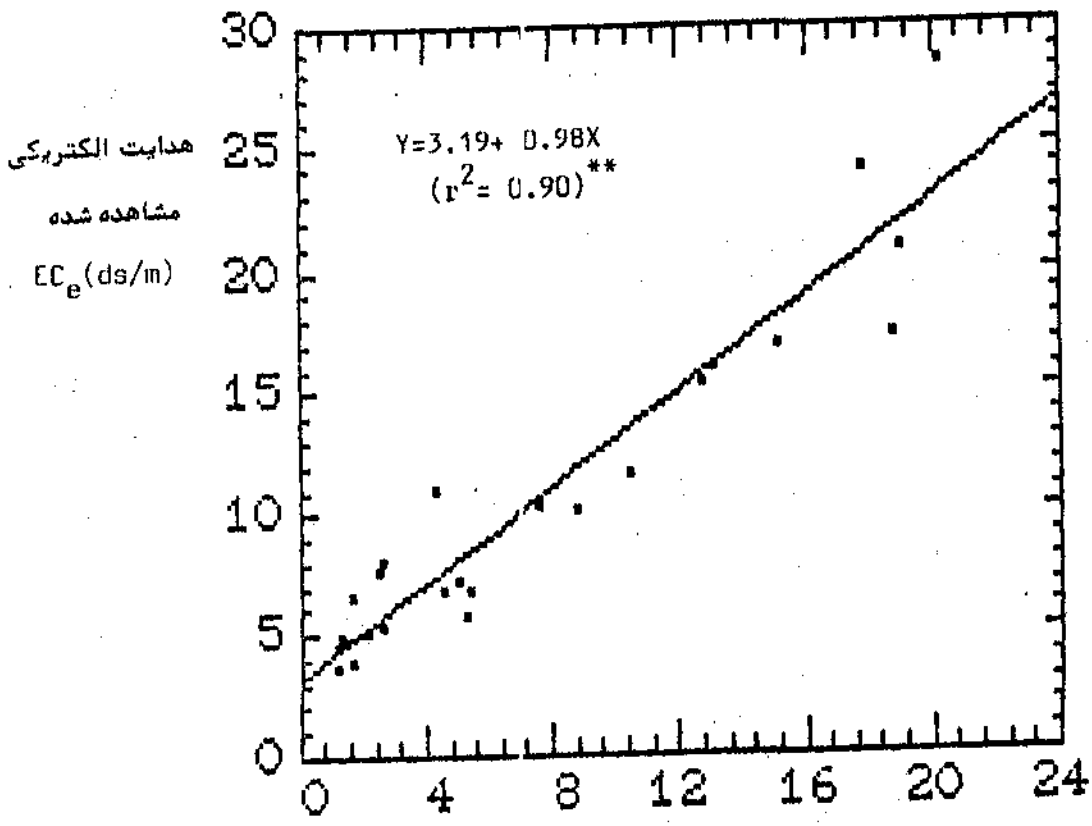
شکل شماره ۲ :

همبستگی مقادیر هدایت الکتریکی محاسبه شده با ارقام مشاهده شده ـ خاک Silt loam

زیاد که با آبی به شوری ۶/۳ دسی سیمنس برمترآبشوئی شده است . نتایج این آزمون در جدول شماره (۲) درج شده است . در این جدول اعداد مشاهده شده ، از آزمون مزرعه‌ای بدست آمده وارقام محاسبه شده با استفاده از مدل شبیه سازی است. شکل شماره (۲) همبستگی مقادیر هدایت الکتریکی محاسبه شده باارقام مشاهده شده را نشان می دهد . در این آزمون راندمان آبشوئی معادل ۰/۵ برآورد شده است.

دوم -

آزمون انجام شده در یک خاک لومی با شوری زیاد و قلیائیت متوسط که با آبی به شوری ۲/۳۵ دسی سیمنس برمتر آبشوئی شده است . نتایج این آزمون در جدول شماره (۳) درج شده است . در این جدول ،اعداد مشاهده شده ، از آزمون مزرعه‌ای بدست آمده و ارقام مشاهده شده ، با استفاده از مدل شبیه سازی شده ، حاصل شده است . شکل شماره (۳) همبستگی مقادیر هدایت الکتریکی محاسبه شده با ارقام مشاهده شده را نشان می دهد . در این آزمون راندمان آبشوئی معادل ۰/۴۰ برآورد شده است .



شکل شماره ۲ :

همبستگی مقادیر هدایت الکتریکی محاسبه شده با ارقام مشاهده شده - خاک Loam

جمع بندی

- نتایج حاصل ازآزمایشات انجام شده ،رکشورهای خارجی وهمچنین بررسی برخی از خاکهای کشورمان نشان میدهد که :

۱- بافت و ساختمان خاک از مهمترین خصوصیات فیزیکی هستند که تاثیر بسزائی در مقدار راندمان ، آبشوئی دارند.

۲- روش آبیاری - در شرایط یکسان حداکثر راندمان آبشوئی با آبیاری با شدت کم (بارانی ، قطره‌ای) حاصل میشود.

۳- مقدار راندمان آبشوئی از حالتی به حالت دیگر فرق میکند و مقدار آن میبایست باآزمایشات مزرعه‌ای در کرت و یا در رینگ های بزرگ تعیین و برآورد گردد.

۴- محاسبات انجام شده در موسسه تحقیقات خاک و آب : راندمان آبشوئی درخاکهای مورد مطالعه با استفاده ازمدل پیشنهادی محاسبه و بشرح زیر برآورد گردیده است .

خاکهای رسی ۰/۳۲

خاکهای سیلتی ۰/۴۶

خاکهای لومی ۰/۳۵

خاکهای شنی ۰/۶۰

۵- در پروژه های بزرگ اصلاح اراضی و زهکشی می توان با اجرای آزمایشات مزرعه‌ای بر روی خاکهای مختلف از نظر بافت و ساختمان و با کمک مدل یا معادلات یاد شده ، راندمان آبشوئی رامحاسبه و نیازهای آبشوئی برای دیگر خاکهای موجود در پروژه که شوری آنها با شوری نیمرخ خاک محل موردآزمون فرق می کند را برآورد نمود.

منابع مورد استفاده :

۱ - گزارش مطالعات اصلاح خاک واراضی شعیبیه ، مهندسین مشاور مهاب قدس - تهران ۱۳۶۹

۲ - گزارش مطالعات اصلاح خاک و اراضی خلف آباد ، مهندسین مشاور مهاب قدس - تهران - ۱۳۶۸

۳- مهاجر میلانی ، پرویز - ابراهیم همتیار " منحنی شوری و سدیم زدائی منطقه جنوب سمنان "درمجموعه مقالات خاک و آب موسسه تحقیقات خاک و آب ، جلد ۵ ، شماره ۳ و۴ . تهران ۱۳۶۸.

۴- مهاجر میلانی ، پرویز و ابوالقاسم توسلی " بررسی امکان اصلاح و بهسازی خاکهای شور و قلیا منطقه جنوب سمنان " در مجموعه مقالات خاک و آب ، جلد ۶ شماره ۱ تهران بهار ۱۳۷۰ .

5- Boumans, J. H. 1963, Some principles governing the drainage and irrigation of saline soils .P.J.Dieleman (Editor), Reclamation of Salt Affected Soils in Iraq. Publ. 11, ILRI Wageningen, the Netherlands, PP. 83-96 .

6- Martinez Berltran, J., 1978. Drainage and Reclamation of Salt Affected Soils in the Bardena area, Spain, Publ. 24, ILRI, Wageningen 322 PP.

7- International Institute for Land Reclamation and Improvement, (ILRI) 1974. Drainage Principles and applications

8- FAO/UNESCO, 1973. Irrigation, Drainage and Salinity An international source book. London.

9- Ranade, D.H. T. Satyanarayan and K. V. G.K Rao, 1986.

Significance of Leaching Efficiency Coefficient Involved in Reclamation of saline Soils. J. Indian Soc Soil Sci. Vol. 34: 644-46.

10- Richards, L.a. (Editor) 1954. Diagnosis and Improvement of Saline and Alkaline soil . Agric Handbook 60, USDA,Washington DC, 160 PP.

11- UNESCO, 1970 Research and Training on Irrigation with Saline water. Tech . Report of UNDP Project Tunisia 5,256 PP.

12- Van der Molen, W.H., 1956. Desalinization of saline Soils as a Column process. Soil Sci., 81 : 19-27

13- Van Hoorn , J.W, 1469. Leaching efficiency. In: international Conf. On Arid lands in a changing World. University of Arizona, Tucson, PP. 200-224 .

14- Van Hoorn, J.w, 1981. Salt Movement, Leaching Efficiency, and Leaching Requirement. Agriculture water Management. 4:409-428.

15- Van Hoorn, J.W, and J.G. Van Alphen (1987). Salinity control, salt balance and leaching requirement of irrigated soil.