

کارگاه فنی آبیاری سطحی مکانیزه

۱۳ آذر ماه ۱۳۸۴

مدیریت آب آبیاری با استفاده از مدل Saltmed

جهانگیر عابدی کوپایی^۱، راحله ملکیان^۲

چکیده

با توجه به محدودیت منابع آب در بسیاری از کشورهای خشک و نیمه خشک و روند رو به رشد مصرف آب ناشی از افزایش جمعیت و توسعه صنعتی، سیاست‌های جدید مبنی بر استفاده کارا از منابع آب موجود، مورد توجه قرار گرفته است. از جمله این راهکارها استفاده از آب‌های مصرف شده و استفاده از آب‌های با کیفیت نامناسب است. از طرفی بهره‌برداری از آب با کیفیت پایین پیچیده‌تر و مشکل‌تر از آب با کیفیت خوب است و نیازمند مدیریت اجرایی پیچیده و روش‌های کنترل و نظارتی دقیق‌تر است. یک طرح موفق مدیریت آب به مدل جامعی نیاز دارد که مدیریت آب، خاک، گیاه و مزرعه را مورد بررسی قرار دهد. بیشتر مدل‌های موجود برای سیستم‌های خاص آبیاری، فرایندهای خاص مثل جابجایی آب و املاح، نفوذ، آبشویی یا برداشت آب بوسیله ریشه گیاه طراحی شده‌اند.

مدل مدیریتی Saltmed می‌تواند همزمان سیستم‌های مختلف آبیاری، خاکهای گوناگون، طبقات خاک، گیاهان و درختان مختلف و استراتژیهای متفاوت مدیریت آب، نیاز آبشویی و کیفیت‌های مختلف آب آبیاری را مورد توجه قرار دهد. این مدل در سال‌های ۲۰۰۲-۲۰۰۰ در دو مزرعه در مصر و سوریه مورد ارزیابی قرار گرفت و به خوبی توانست اثرات سیستم آبیاری، نوع خاک، میزان شوری آب آبیاری را روی رطوبت خاک، توزیع نمک، نیاز آبشویی و بازده محصول نشان دهد. در این مقاله قسمت‌های مختلف و معادلات مورد استفاده در مدل و نتایج خروجی حاصل از اجرای مدل، بررسی خواهد شد.

koupai@cc.iut.ac.ir

ramalekian@yahoo.com

۱- استادیار گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان، صندوق پستی ۸۴۱۵۶

۲- دانشجوی کارشناسی ارشد گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان

۱- مقدمه

با افزایش پیوسته جمعیت زمین نیاز به آب جهت کشاورزی و تولید غذا، مصارف خانگی و صنعتی افزایش می‌یابد. افزایش تقاضای آب در حالی که منابع آب محدود هستند، منجر به مدیریت و نگهداری منابع آب، استفاده مجدد از آب و کاربرد آب شور زیرزمینی شده است. استفاده مجدد از پساب زمینهای زهکشی و خانگی و صنعتی در آبیاری در حال حاضر در بسیاری از بخشهای جهان در کشورهای توسعه یافته و یا در حال توسعه در حال گسترش است. در کاربرد آب شور و پساب زمینهای زهکشی برای آبیاری باید همزمان شرایط آب، خاک و گیاه را مورد بررسی قرار داد. در این راستا باید موارد زیر مورد توجه قرار گیرد.

۱- خصوصیات هیدرولیکی و نفوذ پذیری خاک که حرکت آب و املاح در خاک را تحت تأثیر قرار می‌دهد.

۲- آستانه شوری گیاه در مراحل مختلف، انتخاب گیاه مقاوم به شوری و کاربرد آب شور در مرحله حساسیت کمتر گیاه.

۳- کاربرد مدیریت و استراتژی خاص، مخلوط کردن با آب شیرین یا استفاده آب شیرین در مراحل حساس و شور در زمان حساسیت کمتر گیاه به شوری [۱۸].

۴- انتخاب سیستم خاص آبیاری [۱۱ و ۱۲].

۵- تعیین صحیح نیاز آبی گیاه و نیاز آبشویی که برای ذخیره آب، کنترل سطح ایستابی، کنترل حجم زهکشی و عملکرد نهایی محصول ضروری است.

مدل‌ها ابزارهای مفیدی در مدیریت آب در کشاورزی هستند، زیرا نه تنها می‌توانند در برنامه‌ریزی آبیاری و محاسبات نیاز آبی گیاه استفاده شوند بلکه می‌توانند برای پیش‌بینی بازدهی و شوری خاک نیز به کار روند. در این زمینه مدل‌هایی موجود هستند مانند: مدل‌هایی برای نفوذ [۱۵ و ۱۶]، مدل‌هایی برای جذب آب توسط ریشه [۳ و ۷]، مدل‌هایی برای آبشویی یا انتقال آب و املاح [۷ و ۸]، مدل‌هایی برای استفاده ویژه یعنی سیستم‌های ویژه آبیاری، منطقه، خاک و یا گیاه خاص [۹ و ۱۰].

به طور واضح به مدل جامعی که گیاهان و عملیات مدیریتی آب و زراعی مختلف را بررسی کند نیاز است. در اینجا مدلی معرفی می‌شود که برای گیاهان، خاکها و سیستم‌های آبیاری مختلف و استراتژیهای مدیریت آب کاربرد دارد.

۲- مواد و روشها

۲-۱ معادلات اساسی مدل Saltmed

این مدل شامل فرایندهای تبخیر و تعرق، برداشت آب توسط ریشه گیاه، انتقال آب و املاح در سیستمهای مختلف آبیاری، زهکشی و رابطه بین عملکرد محصول و استفاده آب است [۱۳ و ۱۴]. در زیر در مورد هر یک از این فرایندها به طور مختصر توضیح داده می‌شود.

۲-۱-۱ تبخیر و تعرق

تبخیر و تعرق با استفاده از روش پنمن مانیتث و بر اساس معادله تغییر یافته در نشریه شماره FAO-56 به شکل زیر محاسبه شده است [۴]:

$$ET_0 = \frac{0.408\Delta(R_n - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} U_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0.34U_2)} \quad (1)$$

که در آن ET_0 تبخیر و تعرق گیاه مرجع (mm/day)، R_n تابش خالصی ($MJ m^{-2} day^{-1}$)، G گرمای خاک بر حسب T ($Mg / M^2 day$) میانگین دمای روزانه در ۲ متر ارتفاع ($^{\circ}C$)، Δ شیب فشار بخار اشباع ($KPa^{\circ}C^{-1}$)، γ ثابت سایکرومتری ($66 Pa^{\circ}C^{-1}$)، e_s فشار بخار اشباع در دمای هوا (KPa)، e_a فشار بخار غالب (KPa)، U_2 سرعت باد در ارتفاع ۲ متری (ms^{-1}) است. با داشتن داده‌های هواشناسی و یا با داشتن داده‌های تبخیر از تشتک کلاس A، مدل می‌تواند بر اساس نشریه FAO-56 میزان ET_0 را محاسبه کند. این مدل همچنین می‌تواند در صورت نیاز تابش خالص خورشیدی را محاسبه کند. تبخیر و تعرق گیاهی با استفاده از رابطه زیر محاسبه می‌شود.

$$ET_c = ET_0 (K_{cb} + K_c) \quad (2)$$

که در آن K_{cb} ضریب تعرق گیاهی است و K_c ضریب تبخیر خاک است. میزان K_{cb} و K_c برای هر مرحله رشد و دوره رشد برای گیاهان مختلف در مدل موجود است. K_{cb} و K_c بر اساس FAO-56 محاسبه شده‌اند.

۲-۱-۲ باران موثر

باران موثر یعنی بخشی از بارندگی که برای نفوذ از طریق سطح خاک در دسترس گیاه قرار می‌گیرد، که در مدل به ۳ طریق تخمین زده می‌شود:

- درصدی از باران کل

- بر اساس فرمول FAO-56 محاسبه می‌شود [۴].

- برابر کل بارندگی در نظر گرفته می‌شود.

۲-۱-۳ جذب آب توسط ریشه گیاه در حضور نمک

روشهای مختلفی برای محاسبه این پارامتر توسط نویسندگان بیان شده است. فرمولی که در این مدل استفاده شده توسط Cordon & Letey (1992) ارائه شده است که برداشت آب بر اساس $S(d^{-1})$ به صورت زیر بیان شده است [۲]:

$$S(z, t) = \left[\frac{S_{\max}(t)}{1 + \left(\frac{a(t)h + \pi}{\pi_{50}(t)} \right)^3} \right] \lambda(z, t) \quad (3)$$

که در آن:

$$\begin{aligned} \lambda(z) &= 5/3L & z &\leq 0.21 & (4) \\ \lambda(z) &= 25/15L * (1 - z/L) & 0.2L &< z &\leq L \\ \lambda(z) &= 0 & z &> L \end{aligned}$$

$S_{\max}(t)$ پتانسیل جذب ریشه در زمان t و $\lambda(z)$ نسبت توده ریشه وابسته به زمان، Z عمق عمودی به سمت پایین است، L ماکزیم عمق ریشه‌دوانی، h پتانسیل ماتریک، π پتانسیل اسمزی، $\pi_{50}(t)$ میزان فشار اسمزی است زمانی که $S_{\max}(t)$ ۵۰٪ کاهش می‌یابد و $a(t)$ ثابت وزنی است که عکس‌العملهای مختلف گیاه را در مقابل پتانسیل ماتریک و اسمزی مختلف محاسبه می‌کند. که برابر است با $\pi_{50}(t)/h_{50}(t)$ که $h_{50}(t)$ پتانسیل اسمزی است در حالیکه $S_{\max}(t)$ ۵۰٪ کاهش می‌یابد. مقدار $S_{\max}(t)$ (ماکزیم جذب آب) به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$S_{\max}(t) = ET_0 * K_{cb}(t) \quad (5)$$

۲-۱-۴ عمق ریشه‌دوانی

عمق ریشه‌دوانی به دنبال تعیین K_c محاسبه می‌گردد، بنابراین معادله زیر برای تعیین عمق ریشه‌دوانی پیشنهاد می‌گردد:

$$K_c(t) / K_{cmax} = \text{عمق ریشه‌دوانی} \quad (6)$$

ماکزیمم عمق ریشه‌دوانی را با اندازه‌گیریهای مستقیم یا با استفاده از منابع موجود می‌توان به دست آورد.

۲-۱-۵ عرض ریشه‌دوانی

در مقایسه با عمق ریشه‌دوانی اطلاعات کمی در مورد عرض ریشه‌دوانی در دست است بنابراین معادله ساده زیر پیشنهاد می‌شود.

$$\text{عمق ریشه} \times (\text{عمق ریشه} / \text{عرض ریشه}) = \text{عرض ریشه} \quad (۷)$$

که نسبت عرض به عمق ریشه بستگی به نوع خاک و گیاه و فاکتورهای دیگر دارد. که هم با آزمایش و هم با استفاده از منابع موجود به دست می‌آید.

۲-۱-۶ بازده نسبی محصول

با توجه به ارتباط بین جذب آب توسط ریشه گیاه و بازدهی محصول، بازدهی نسبی RY بر اساس جذب آب در طول فصل رشد تقسیم بر مجموع ماکزیمم برداشت آب (بدون تنش) یعنی:

$$RY = \frac{\sum S(x, z, t)}{\sum S_{\max}(x, Z, t)} \quad (۸)$$

۲-۱-۷ بازده واقعی محصول با استفاده از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$AY = RY * Y_{\max} \quad (۹)$$

که در آن Y_{\max} ماکزیمم بازدهی به دست آمده در شرایط مطلوب و بدون استرس است.

۲-۱-۸ حرکت آب و املاح

حرکت آب و املاح با استفاده از روابط ریچارد نشان داده می‌شود که یک معادله دیفرانسیل غیر خطی نسبت به زمان و مکان است، این معادله بر اساس دو قانون اساسی داری و پیوستگی در خاک است که معادله داری به صورت زیر است:

$$q = -K(h) \frac{\delta H}{\delta Z} \quad (۱۰)$$

که q دبی، $K(h)$ هدایت هیدرولیکی که تابعی از پتانسیل آب است، Z محور مختصات در جهت پایین که مبدأ آن سطح خاک است، H پتانسیل هیدرولیکی که مجموع پتانسیل ثقلی (Z) و فشاری (Ψ) است. یعنی:

$$H = \psi + z \quad (11)$$

جریان عمودی ناپایدار آب در محیط یکنواخت ناحیه ریشه توسط معادله ریچارد به صورت زیر توضیح داده می‌شود:

$$\frac{\partial \theta}{\partial t} = -\frac{\partial}{\partial z} \left[K(\theta) \frac{\partial(\psi + z)}{\partial z} \right] - S_w \quad (12)$$

θ میزان رطوبت، t زمان، z عمق، $K(\theta)$ هدایت هیدرولیکی (که تابعی از میزان رطوبت است)، Ψ پتانسیل یا مکش ماتریکس و S_w میزان برداشت را توسط ریشه گیاه نشان می‌دهد. جهت و میزان حرکت املاح در خاک بستگی به سطح حرکت آب دارد و همچنین با پخشیدگی و پراکندگی هیدرودینامیکی تعیین می‌شود. مجموع پخشیدگی و پراکندگی حرکت املاح با معادله هیلل (۱۹۹۷) به دست می‌آید [۶].

$$j = -(D_h + D_s) \left(\frac{\partial c}{\partial x} \right) + \bar{v} \theta c \quad (13)$$

که j غلظت املاح در آب و \bar{v} متوسط سرعت آب، D_s پخشیدگی املاح در خاک و c غلظت املاح در خاک که در اثر اینکه فاز مایع تنها جزئی از حجم خاک را شامل می‌شود کاهش می‌یابد و به صورت زیر بیان می‌شود:

$$D_s = D_0 \theta \xi \quad (14)$$

$$\xi = \theta^{7/3} / \theta_s^2 \quad (15)$$

ξ یک فاکتور تجربی کمتر از واحد، که با افزایش θ کاهش می‌یابد. تغییرات پی‌در پی جریان باعث پخشیدگی می‌شود، که این بستگی به سرعت ماکروسکوپیک غیر یکنواخت جریان در منافذ مختلف دارد. D_h ضریب پخشیدگی است که توسط Bresler (1975) به واسطه معادله (۱۶) معرفی شد [۱].

$$D_h = \alpha \bar{v} \quad (16)$$

که در آن α یک ضریب تجربی است.

حرکت املاح به صورت یک بعدی با رابطه زیر بیان می‌گردد:

$$\frac{\partial \theta}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left[D_a \frac{\partial c}{\partial z} \right] - \frac{\partial(qc)}{\partial z} - S_s \quad (17)$$

که در آن c غلظت املاح در خاک، q جریان تجمعی املاح، D_a مجموع ضریب پخشیدگی و پراکندگی و S_s برداشت و یا جذب املاح توسط ریشه است.

در آبیاری از یک منبع خطی قطره‌ای حرکت آب و املاح به صورت دو بعدی به صورتهای زیر شبیه‌سازی می‌شود:

- مدل جریان مسطح شامل محور مختصات کارتیزین x, z این حالت زمانی اتفاق می‌افتد که یک‌سری منابع قطره‌ای در فاصله مساوی و نزدیک به هم باشند و جبهه‌های رطوبتی همپوشانی داشته باشند.

- مدل جریان استوانه‌ای که با محورهای مختصات استوانه‌ای r, z توضیح داده می‌شود. جریان استوانه‌ای زمانی اتفاق می‌افتد که یک نازل و یا تعدادی نازل دور از هم و بدون همپوشانی جبهه رطوبتی داشته باشیم. برای یک محیط همگن و ایزوتروپ جریان آب در خاک توسط Bresler (1975) به صورت زیر بیان می‌شود [۱].

$$\frac{\partial \theta}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left[K(\theta) \frac{\partial \Psi}{\partial x} \right] + \frac{\partial}{\partial z} \left[K(\theta) \frac{\partial (\Psi + z)}{\partial z} \right] \quad (18)$$

که x جهت افقی، z عمودی، $K(\theta)$ هدایت هیدرولیکی خاک است. ضریب پخشیدگی هیدرودینامیکی D_{ij} به صورت زیر بیان می‌شود:

$$D_{ij} = \lambda_T |V| \delta_{ij} + (\lambda_L - \lambda_T) V_i V_j |V| + D_s(\theta) \quad (19)$$

λ_L متوسط پخشیدگی طولی، λ_T پخشیدگی متقاطع، δ_{ij} را زمانیکه $i=j$ است برابر ۱ در نظر می‌گیریم و در غیر این صورت $\delta_{ij}=0$ است. V_i و V_j امین و i, j زمین جزء سرعت جریان (V) هستند بدین ترتیب $V = (V_x^2 + V_z^2)^{1/2}$ است و $D_s(\theta)$ ضریب پخشیدگی خاک است و با معادله ۱۴ تعیین می‌شود. حرکت املاح به صورت دو بعدی به صورت زیر بیان می‌شود:

$$\frac{\partial(c\theta)}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left(D_{xx} \frac{\partial c}{\partial x} + D_{xz} \frac{\partial c}{\partial z} - q_x c \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(D_{zz} \frac{\partial c}{\partial z} + D_{zx} \frac{\partial c}{\partial x} - q_z c \right) \quad (20)$$

در این مدل آبیاری کرتی و بارانی و غرقابی به صورت جریان یک بعدی و با معادلات ۱۲ و ۱۶ بیان می‌شود. آبیاری قطره‌ای خطی و شیاری به صورت دو بعدی و با معادلات ۱۷ و ۱۹ بیان می‌شود. معادلات حرکت آب و املاح به صورت عددی و به صورت تفاضلهای محدود و به صورت صریح (explicit) حل می‌شود.

۲-۱-۹ پارامترهای هدایت هیدرولیکی خاک

برای حل کردن معادلات انتقال آب و املاح نیاز به دو رابطه آب خاک به نامهای روابط پتانسیل رطوبت یا آب خاک و پتانسیل هدایت هیدرولیکی آب خاک دارد. این روابط توسط ون گناختن در سال ۱۹۸۰ به صورت زیر بیان شده است [۱۴].

$$\theta(h) = \theta_r + \left[(\theta_s - \theta_r) / (1 + |\alpha h|^n)^m \right] \quad (21)$$

$$K(h) = K_s K_r(h) = K_s se^{1/2} \left[1 - (1 - Se^{1/m})^m \right]^2 \quad (22)$$

که θ_r و θ_s به ترتیب رطوبت باقیمانده و اشباع خاک، K_r و K_s به ترتیب هدایت هیدرولیکی اشباع و نسبی، α و n پارامترهای شکل (پارامترهای تجربی)، $m = 1 - 1/n$ و S_e رطوبت حجمی اشباع مؤثر هستند.

۲-۱-۱۰ زهکشی

در پایین منطقه ریشه زهکشی آزاد فرض شده است مگر اینکه یک لایه نفوذناپذیر در کف پروفیل خاک باشد.

۲-۱-۱۱ نیاز آبتوی

آزمایشات نشان می‌دهد که شوری خاک به طور مشخص باعث کاهش محصول نمی‌شود مگر اینکه از آستانه شوری تجاوز کند. زمانیکه غلظت شوری از حد مجاز تجاوز کند جهت جلوگیری از کاهش محصول، نمک موجود باید به پایین ناحیه ریشه حمل شود بنابراین زمانیکه عمق خالص آب کاربردی برای برنامه‌ریزی آبیاری محاسبه شد عمقی اضافه بر آن برای آبتویی به آن اضافه می‌شود. نیاز آبتویی در مدل به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$LR = \frac{D_d}{D_i} = \frac{C_i}{C_d} \quad (23)$$

در این معادله D_d عمق آب خارج شده از ناحیه ریشه به عنوان آب زهکشی و D_i عمق آب کاربردی + آب باران، C_d غلظت نمک آب زهکشی شده و C_i غلظت نمک آب آبیاری زمانیکه کاهش محصول اتفاق می‌افتد، می‌باشند.

۲-۲ داده‌های مورد نیاز در مدل

- خصوصیات گیاه در هر دوره رشد شامل ضریب گیاهی، K_c و K_{cb} ، عمق ریشه و توسعه جانبی، ارتفاع گیاه و بازده مشاهده شده در ناحیه تحت شرایط مطلوب.
- خصوصیات خاک شامل عمق هر لایه، هدایت هیدرولیکی اشباع، میزان رطوبت اشباع خاک، ضریب پخشیدگی نمک، ضریب پراکندگی طولی و عرضی، رطوبت اولیه خاک، پروفیل شوری خاک، و هدایت هیدرولیکی و رطوبت آن و مقادیر منحنی مشخصه.
- داده‌های هواشناسی شامل مقادیر روزانه ماکزیمم و مینیمم دما، رطوبت نسبی، تابش خالص، سرعت باد و بارندگی روزانه.
- داده‌های مدیریت شامل زمان و میزان آب آبیاری کاربردی و سطح شوری آب کاربردی.
- پارامترهای مدل شامل تعداد تقسیمات در جهت افقی و ماکزیمم زمان برای محاسبات.

۳-۲ پایگاه اطلاعاتی مدل

این مدل سه پایگاه دارد:

- ۱- مشخصات بیش از ۲۰۰ گیاه بر اساس FAO-1992 و FAO-56(1998) برای محصولات مختلف، درختان و بوته‌ها برای نواحی مختلف و برای هر مرحله رشد، مقادیر K_c و K_{cb} برای مرحله رشد ماکزیمم ارتفاع و عمق ریشه‌دوانی.
- ۲- مشخصات بیش از ۴۰ نوع خاک شامل خصوصیات هیدرولیکی و پارامترهای انتقال املاح.
- ۳- اطلاعات سیستم آبیاری مثل درصد خیس شدگی.

۴-۲ بررسی و راه‌اندازی مدل

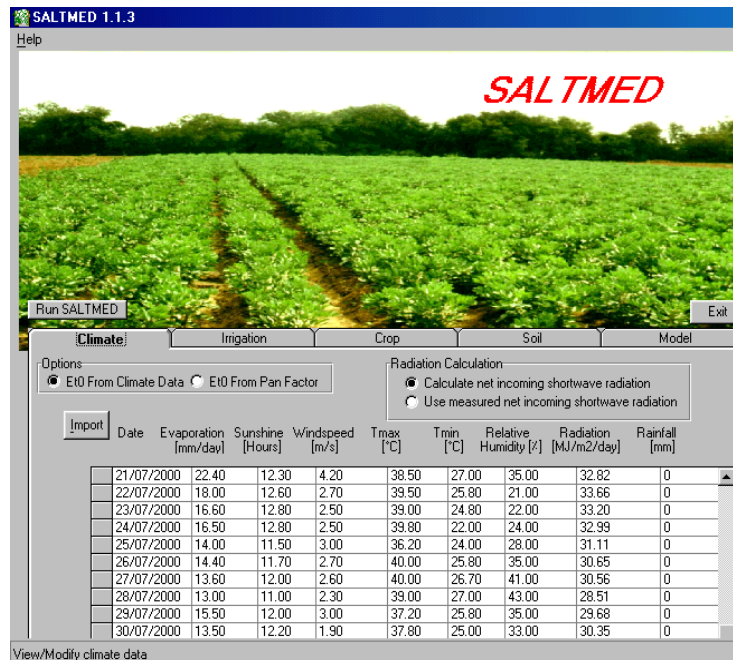
این مدل به زبان C/C^{++} برای سیستم عامل ۲۰۰۰ و ۹۸ و ۹۵ نوشته شده است خروجی مدل به صورت فایل‌های متنی و گرافیکی است و شامل توزیع افقی و عمودی رطوبت خاک، شوری و غلظت نسبی املاح خاک، پروفیل‌های پتانسیل ماتریک خاک، تبخیر و تعرق گیاه، تبخیر از خاک بدون پوشش، نیاز آبتجویی، میزان آبیاری، K_c و K_{cb} ، عمق ریشه و بازدهی نهایی است.

این مدل به عنوان مثال برای یک سیستم آبیاری قطره‌ای خطی با میزان دبی $0.983 \text{ cm}^3/\text{cm.min}$ و شوری 4 dS/m و برای گیاه سیب‌زمینی و خاک لوم با ۲ متر عمق و شوری اولیه 3 dS/m اجرا شده است.

۱-۴-۲ نحوه ورود داده‌ها

- ابتدا اطلاعات اقلیمی منطقه را وارد می‌کنیم. برای وارد کردن اطلاعات اقلیمی در پنجره اصلی گزینه climate را انتخاب می‌کنیم. در این پنجره و در بخش option، دو روش تعیین تبخیر و تعرق معرفی شده

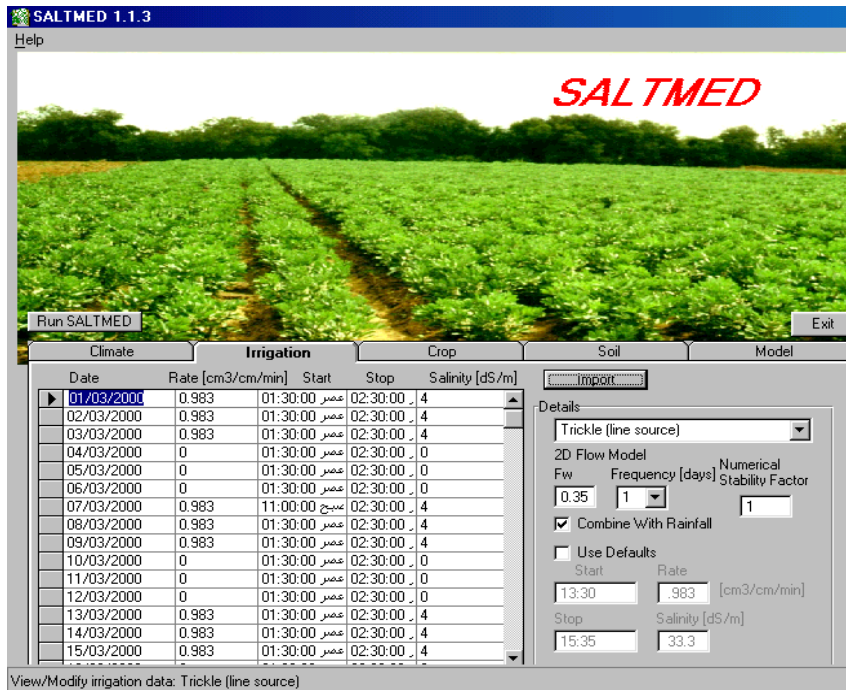
است، یکی روش تشکک تبخیر و دیگری تعیین تبخیر و تعرق با استفاده از روش پنمن مانیتیت است، که با توجه به داده‌های موجود یکی را انتخاب می‌کنیم. سپس با توجه به روش انتخابی اطلاعات روزانه یک فصل رشد را که به فرمت excel است، در بخش import وارد می‌کنیم (شکل ۱).



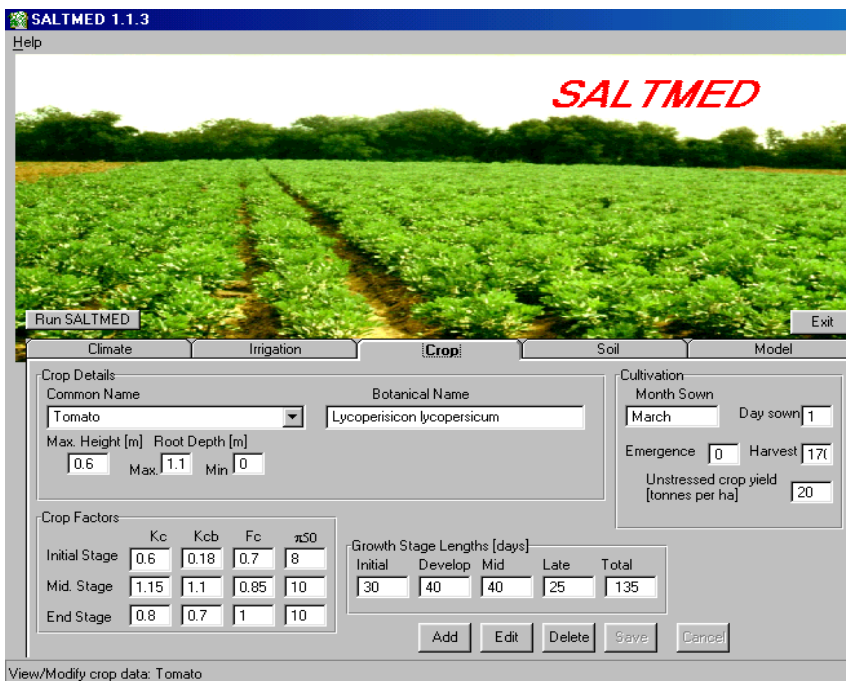
شکل ۱- پنجره داده‌های اقلیمی

- اطلاعات مربوط به سیستم آبیاری شامل مدت آبیاری، نوع سیستم آبیاری و شوری آب آبیاری است که در بخش irrigation وارد می‌شود (شکل ۲). برای این کار در بخش import فایل آبیاری که شامل زمان شروع و پایان آبیاری، مقدار آبیاری و شدت جریان و شوری آب آبیاری است وارد می‌کنیم.

- برای وارد کردن اطلاعات مربوط به گیاه گزینه crop را انتخاب می‌کنیم (شکل ۳). پارامترهای گیاه شامل: ماکزیمم ارتفاع گیاه و ریشه، طول و مرحله رشد، تاریخ کاشت و برداشت و ضرایب گیاهی مانند K_c ، K_{cb} و F_c است. اطلاعات مربوط به گیاه در پایگاه مدل بر اساس مطالعات Allen گزارش شده در FAO-56 موجود است [۴].



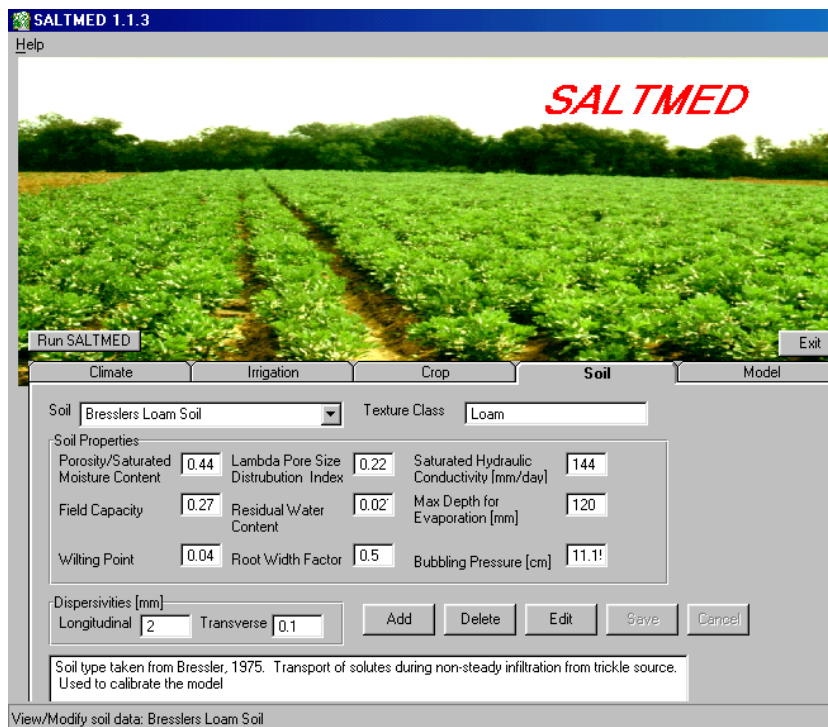
شکل ۲- پنجره مربوط به اطلاعات سیستم آبیاری



شکل ۳- پنجره مشخصات گیاه

- در منوی soil مشخصات کلی خاک شامل نوع خاک، هدایت هیدرولیکی اشباع و غیر اشباع آن، شوری و رطوبت اولیه خاک و ... است (شکل ۴). در این بخش نیز می‌توان از اطلاعات موجود در پایگاه داده‌های مدل

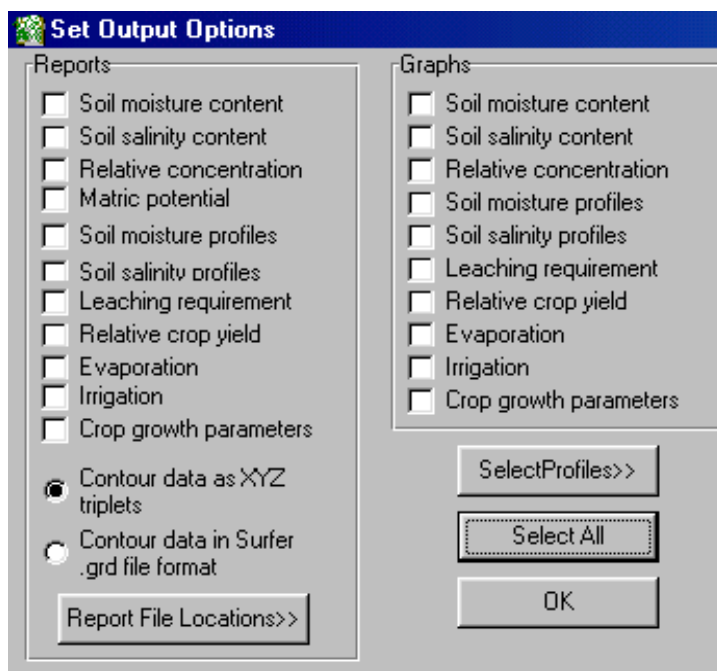
استفاده کرد و چنانچه بخواهیم تغییری اعمال کنیم ابتدا گزینه Edit در پایین صفحه را انتخاب کرده و پس از آن تغییرات را save کنیم. است.



شکل ۴- پنجره مشخصات خاک

۳- نتایج و خروجی‌های مدل

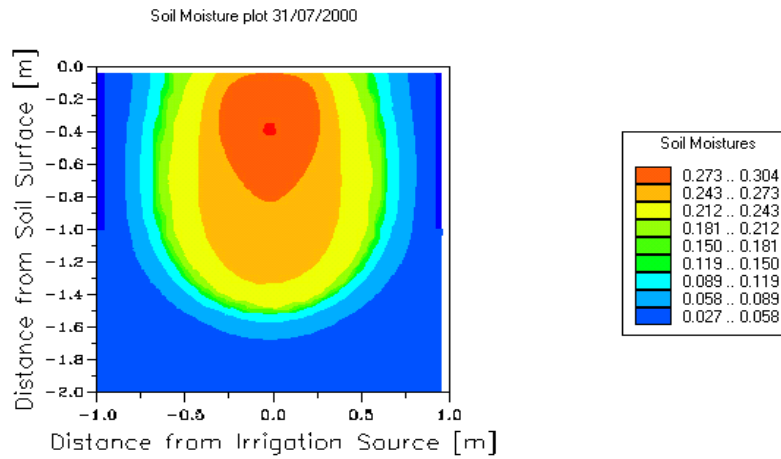
نتایج مدل به صورت روزانه است که قبل از راه‌اندازی مدل لازم است نوع خروجی مورد نظر را در قسمت انتخاب خروجی مشخص کرد پنجره انتخاب خروجی در شکل (۵) آورده شده است. به عنوان مثال می‌توان میزان تبخیر و تعرق و یا میزان رطوبت خاک و یا نیاز آبیاری را به عنوان خروجی انتخاب کرد. در این مدل می‌توان پروفیل‌های مورد نظر را برای زمان مورد نظر در دوره رشد انتخاب کرد. در اینجا ۳۱ جولای یعنی آخرین روز را انتخاب کرده و نمایش می‌دهیم.



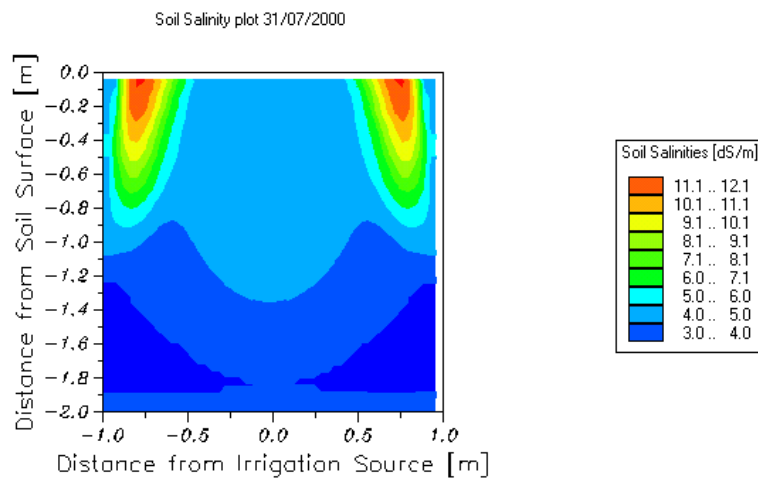
شکل ۵- منوی گزینه‌های خروجی مدل

پروفیل رطوبت در اطراف قطره‌چکان در شکل (۶) نشان داده شده است. همانگونه که مشاهده می‌شود هر چه از قطره‌چکان فاصله می‌گیریم میزان رطوبت خاک کاهش می‌یابد، این مدل پیش‌بینی می‌کند که بدلیل شور بودن آب آبیاری میزان شوری خاک از 3 dS/m افزایش می‌یابد و در اطراف قطره‌چکان تجمع نمک اتفاق می‌افتد. (شکل‌های (۷ و ۸). شکل (۹) تغییرات K_c و K_{cb} را نسبت به زمان برای گیاه مورد نظر نشان می‌دهد.

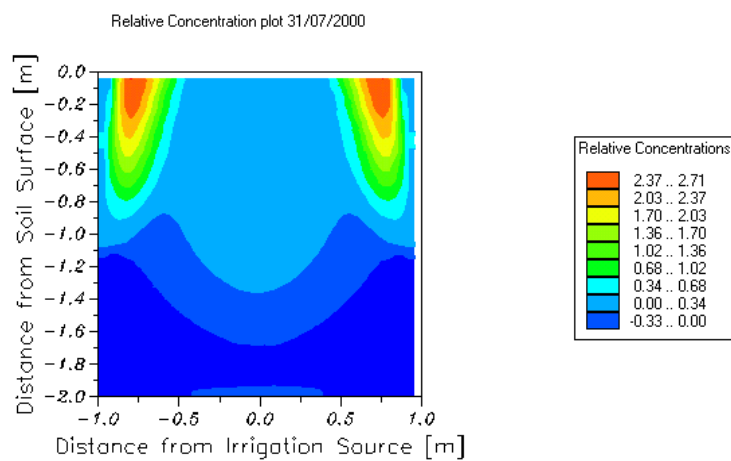
مقدار تبخیر و تعرق گیاهی و تبخیر از خاک بدون پوشش در شکل (۱۰) نشان داده شده است، همانگونه که مشاهده می‌شود در ابتدای فصل میزان تبخیر از خاک عریان بیشتر از تبخیر و تعرق گیاه است و زمانیکه گیاه رشد می‌کند و شاخ و برگ گیاه به ماکزیمم مقدار خود می‌رسد تعرق گیاه از میزان تبخیر از خاک برهنه بیشتر می‌شود.



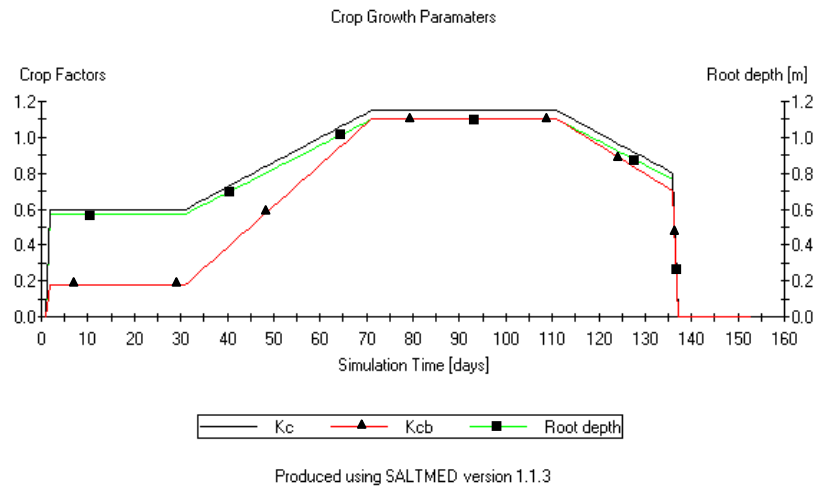
شکل ۶- پروفیل رطوبت در اطراف قطره‌چکان



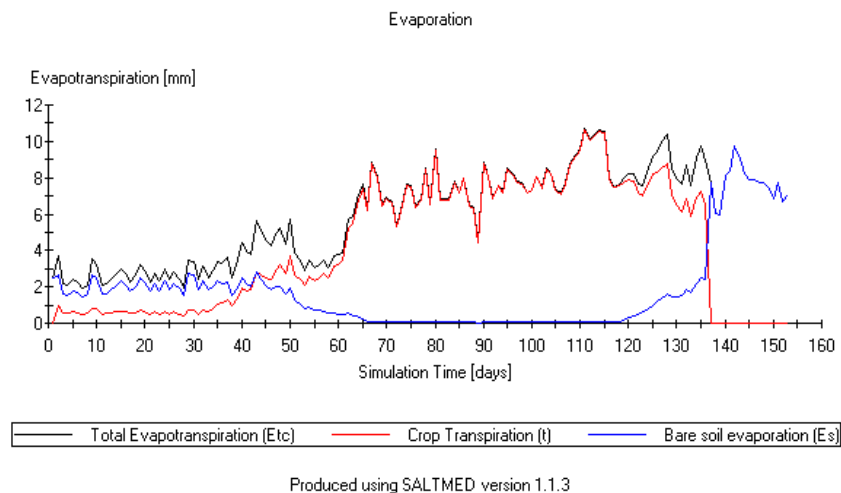
شکل ۷- پروفیل شوری خاک در اطراف قطره‌چکان



شکل ۸- پروفیل شوری نسبی در اطراف قطره‌چکان



شکل ۹- پارامترهای گیاهی و عمق ریشه

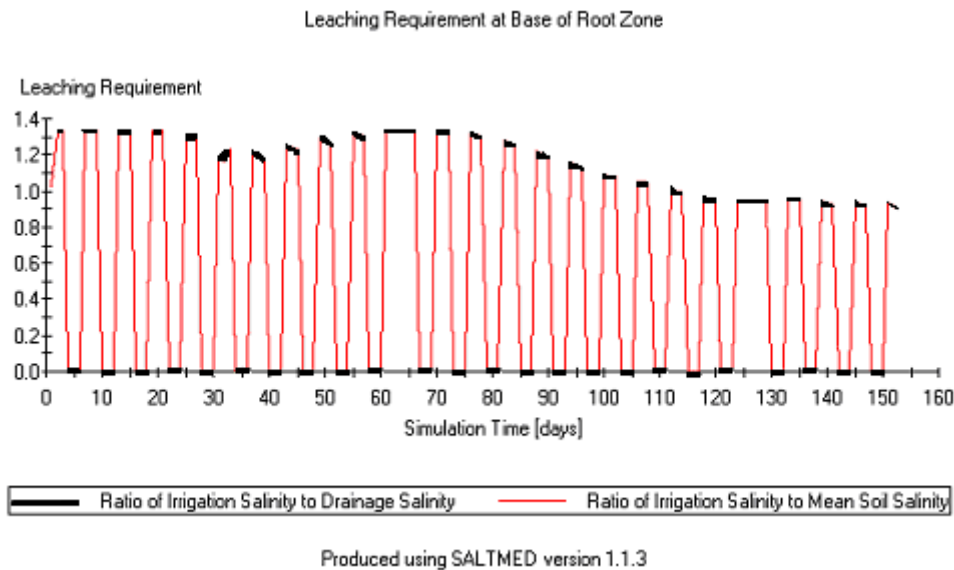


شکل ۱۰- تبخیر و تعرق کل، تعرق و تبخیر از خاک برهنه

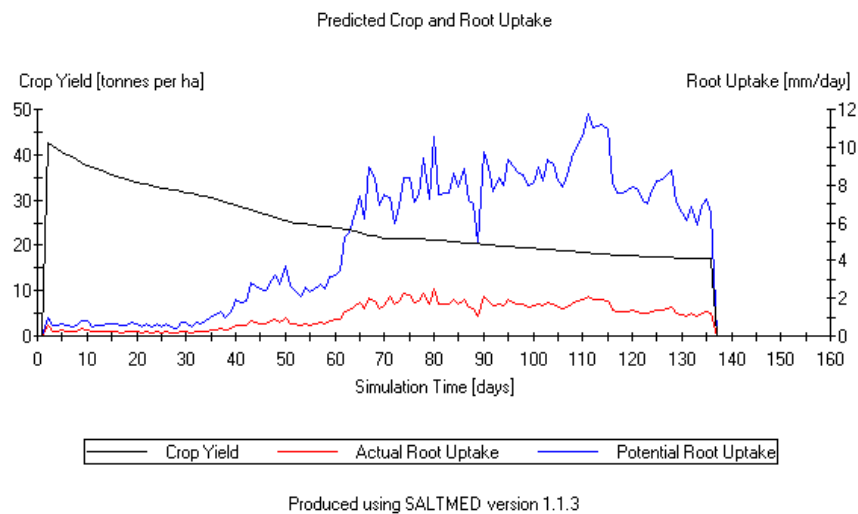
شکل (۱۱) نیاز آبتثوی را برای ۲۱ جولای نشان می‌دهد، در این شکل مشاهده می‌شود که نیاز آبتثوی در حدود ۱ است و این بدین معنی است که شوری آب آبیاری نزدیک به شوری متوسط ناحیه ریشه یا زه-آب است. بنابراین با کاربرد آبیاری غرقابی قبل از کشت بعدی نمک تجمع یافته در ناحیه ریشه شسته خواهد شد، مخصوصاً اگر آستانه شوری برای گیاه بعدی حدود 4 dS/m باشد. در شکل (۱۲) می‌توان ماکزیمم جذب آب در شرایط بدون استرس و مقدار واقعی آب برداشت شده و نیز بازدهی محصول را مشاهده کرد، وجود اختلاف بین ماکزیمم و مقدار واقعی آب جذب شده ریشه در این مثال به دلیل اثر تنش شوری در برداشت و جذب آب است.

بازده محصول در بهترین شرایط در منطقه مورد نظر ۸۰ تن بر هکتار بود که تحت شرایط موجود حدود ۲۰ تن بر هکتار برآورد شده است. کاهش در بازده محصول بدلیل اثر تنش شوری در جذب آب توسط

ریشه است. میزان کاهش محصول بستگی به فاکتورهایی مثل آستانه شوری گیاه، شوری خاک، شرایط اولیه، شرایط اقلیمی و مدیریت و... دارد.



شکل ۱۱- نیاز آبتجویی



شکل ۱۲- عملکرد محصول، جذب ماکزیمم و واقعی آب توسط ریشه

۴- نتایج و بحث

به طور کلی استفاده از آب شور برای آبیاری نیاز به انتخاب گیاهان با آستانه شوری بالا (مقاوم) و مدیریت صحیح و نگهداری خصوصیات فیزیکی خاک دارد. بنابراین هدف کلی راهی به سوی استفاده از

آب شور برای آبیاری و کاهش دادن مشکلات زه‌آبها است. با استفاده از نتایج این مدل می‌توان بررسی‌های زیر را انجام داد:

- ۱- بررسی پروفیل رطوبت خاک در زمان مشخص
- ۲- ارزیابی پروفیل شوری خاک در زمان مشخص
- ۳- ارزیابی شوری نسبی خاک
- ۴- مشاهده توزیع افقی و عمودی رطوبت و شوری خاک
- ۵- ارزیابی پارامترهای K_c و K_{cb} و عمق ریشه نسبت به زمان
- ۶- ارزیابی نیاز آبتجویی نسبت به زمان

فهرست منابع

- 1- . Breseler, E., 1975. Two-dimensional transport of solute during non steady infiltration for a trickle source. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 39, 604-613.
- 2- Cardon, E.G., Letey, J., 1992a. Plant water uptake terms evaluated for soil water and solute movement models. Soil Sci. Soc. Am. J. 56,1876-1880.
- 3- Coelho. F. E., Dani, Or., 1996. A parametric model for two-dimensional water uptake intensity by corn roots under drip irrigation. Soil Sci. Soc. Am. J. 60, 1039-1049.
- 4- FAO, 1998. Crop Evapotranspiration, Irrigation and Drainage Paper No 56. Rome, Italy.
- 5- Fletcher Armstrong, C., Wilson, T. V., 1983. Computer model for moisture distribution in stratified soils under trickle source. Trans. ASAE 26, 1704-1709.
- 6- Hillel, D., 1977. Computer Simulation of Soil- Water Dynamics: a Compendium of Recent Work. IDRC, Ottawa, Canada,214pp.
- 7- Kamra, S. K., Sita Ram Singh, Rao, K. V. G. K., Van Genuchten , M. Th., 1991. A semidiscrete model for water and solute movement in tiledrained soils. I. Governing equation and solution. Water Resources Res. 27, 2439-2447.
- 8- Logan, J. D., 1996. Solute transport in porous media with scale- dependent dispersion and periodic boundary conditions. J. Hydrol. 184, 261-276.
- 9- Minhas, P. S., Gupta, R. K., 1993. Conjunctive use of saline and nonsaline waters, III. Validation and application of a transient model for wheat. Agric. Water Manag. 23, 149-160.
- 10- Nour El- Din, M. M., King, I. P., Tamji, K. K., 1987. Salinity management model: I. Development. J. Irrigation Drainage Eng. 113, 440-453.
- 11- Ragab, R., 1983. The effect of sprinkler intensity and energy of falling drops on soil surface sealing. Soil Sci. 136, 117.
- 12- Ragab, R., 1997. Constraints and applicability of irrigation scheduling under limited water resources, variable rainfall and saline condition. In: Irrigation Scheduling From Theory To Practice. Smith M., Pereira, L. S., Berengena, J., Itier, B., Goussard, R., Ragab, R., Tollefson, P., Van Hofwegen, L. (Eds.), FAO Water Reports, 8. Fao, Rome, pp. 149-165.

- 13-Ragab, R., 2002. A holistic generic integrated for irrigation, crop and field management: the SALTMED model. *J. Environmental modeling & Software*. 17, 345-361.
- 14-Ragab, R., Malash, N., Abdel Gawad., G., Arslan, A., Ghaibeh, A., 2005. A holistic generic integrated approach for irrigation, crop and field management: The SALTMED model and its calibration using field data from Egypt and Syria. *J. Agriculture Water Management*. 78, 67-88.
- 15-Rhodes, J. D., Kandiah, A., Mashali, A. M., 1992. The use of saline waters for crop production. *FAO Irrigation Drainage*. Paper 48 Rome.
- 16- Van Genuchten, M. Th., 1980. A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 44, 892-898.
- 17- Vogel, T., Hopmans, J. W., 1992. Two-dimensional analysis of furrow infiltration. *J. Irrigation Drainage Eng.* 118, 791-806.