Archive of SID

اولین همایش ملی زهکشی در کشاورزی پایدار
تهران - ۸ اسفندماه ۱۳۹۲

ارزیابی مدلDRAINMOD برای پیش بینی میزان شوری خاک (مطالعه موردی شبکه زهکشی زیرزمینی میاندوآب)

سعید سلیمی[۱]، صمد دربندی[۲]، احد مولوی[۳]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد رشته علوم خاک - فیزیک و حفاظت خاک
دانشگاه آزاد اسلامی واحد تبریز، گروه علوم خاک و آب، تبریز، ایران (ssalimi64@yahoo.com)
۲- استادیار و عضو هیئت علمی. دانشگاه آزاد اسلامی واحد تبریز، گروه علوم خاک و آب، تبریز، ایران
۳- استادیار و عضو هیئت علمی. دانشگاه آزاد اسلامی واحد تبریز، گروه علوم خاک و آب، تبریز، ایران

چکیده

در این تحقیق مدل DRAINMOD برای پیش بینی تغییرات میزان شوری خاک شبکه زهکشی زیرزمینی میاندوآب استان آذربایجان غربی مورد استفاده قرار گرفت. برای این منظور یک مزرعه که تحت کشت یونجه بود انتخاب گردید و میزان شوری خاک، طی شهریور ماه ۱۳۹۱ اندازه گیری گردید. سپس اطلاعات مورد نیاز مدل شامل پارامتر های هواشناسی، خاک، زهکشی، آبیاری و گیاه جمع آوری و مدل اجرا شده و نتایج حاصله با مقادیر اندازه گیری شده مورد مقایسه قرار گرفت. برای ارزیابی کمی عملکرد مدل از پارامترهای آماری خطای جذر میانگین مربعات خطا (RMSE)، خطای میانگین مطلق (MAE) و درصد خطا (CRM) استفاده شد. نتایج نشان داد که مدل با دقت بسیار خوبی می تواند شوری خاک را در منطقه شبیه سازی نماید. همچنین مقدار RMSE برابر ۱/۰۶، MAE برابر ۰/۰۶ و CRM برابر ۰/۱۴ به دست آمد.

واژه های کلیدی: ۱- مدل DRAINMOD ۲- ارزیابی ۳- شوری خاک

مقدمه

ایران از نظر شرایط آب و هوایی جزو مناطق خشک و نیمه خشک محسوب می شود و همانند بسیاری از نقاط جهان تنها راه بهره برداری مفید و مطلوب تر از این اراضی پهناور کشور که اکثراً فاقد سیستم زهکشی و اکثراً شور هستند، با تقویت و احداث سیستم های زهکشی سطحی و زیرزمینی میسر می باشد. روش های طراحی و ارزیابی سیستم های مدیریت آب باید بتواند تغییرات شرایط جوی را در نظر گرفته و عملکرد سیستم را که درطول دوره های یک شرایط مشابه حاکم است، تشریح کند. به دلیل پیچیدگی سیستم مدیریت آب، مدل های شبیه سازی برای طراحی و تشریح عملکرد این سیستم ها ضروری می باشند (مرلاو و وی لی[۱]، ۲۰۰۱).

1. Marlow and Willey

www.SID.ir

Archive of SID

طراحی و اجرای سیستم های آبیاری و زهکشی نیازمند شبیه سازی رژیم جریان آب در پروفیل خاک است. برخی از این مدل ها در دسترس بوده و برای این هدف مورد استفاده قرار می گیرند (اسکگز[۲]، ۱۹۹۹). مسلماً با پیچیدگی مشکلات، شبیه سازی مدل ها ابزاری مفید برای دانستن فرآیندهای بهتر، با مقایسه استراتژی های متفاوت، با پیشنهاد راه حل و پیش بینی نتایج منطقی در دراز مدت است (بارین[۳] و همکاران، ۲۰۰۰). این مدل ها در ارزیابی سیستم های زهکشی بسیار مؤثر هستند (بحسسی[۴] و همکاران، ۲۰۰۶). معیارهای رایج طراحی و مدیریت شبکه های زهکشی، کنترل شوری و پایین نگه داشتن سطح ایستابی (جهت تهویه محیط ریشه گیاه) هستند. رهاسازی زه آبهای آلوده به نیترات ها، بقایای علف کش ها و آفت کش ها و عناصری مثل سلنیوم، بر، آرسنیک و انواع نمک ها در محیط، باعث به وجود آمدن مسائل جدی زیست محیطی شده و در نتیجه، معیار دیگری تحت عنوان حفاظت از محیط زیست به معیار های مرسوم افزوده شده است. از این رو ضروری است معیارهای رایج طراحی و مدیریت به گونه ای بازنگری شوند که جنبه های زیست محیطی نیز در آن ها گنجانده شود. مدیریت سیستم هایی که با معیارهای رایج طراحی شده اند و نیز طراحی سیستم های زهکشی جدید، باید به گونه ای باشد که حجم زه آبها و غلظت عناصر و نمک های موجود در آن به حداقل مقدار ممکن برسد (دربندی، ۱۳۸۰). یکی از مدل های شبیه ساز کامپیوتری که توانایی آنالیز پارامترهای کیفیت آب برای زمین های تحت زهکشی زیرزمینی هستند مدل DRAINMOD است (هلوینگ[۵] و همکاران، ۲۰۰۲).

DRAINMOD برای گستره وسیعی از خاک ها، گیاهان و شرایط اقلیمی متفاوت شامل شرایط گرم یا نیمه خشک (ماریزیو و همکاران، ۲۰۰۰; یانگ، ۲۰۰۸; آله[۶] و همکاران، ۲۰۱۰)، شرایط مرطوب (ایوانس[۷] و اسکگز، ۱۹۹۶) و شرایط آب و هوایی سرد (یانگ و همکاران، ۲۰۰۷; دایانی[۸] و همکاران، ۲۰۰۹)، مورد ارزیابی و آزمایش قرار گرفته است. گذشته از عملکرد خوب DRAINMOD به عنوان یک مجموعه مستقل، این مدل قادر است به عنوان جزئی از مطالعات وسیع تر در مورد روابط آب و خاک و گیاه نقش عمده ای را ایفا نماید (گایل[۹] و همکاران، ۱۹۸۷). این مدل اولین بار توسط اسکگز در سال ۱۹۷۸ ارائه سپس توسط وی و دیگر محققین توسعه یافت. در مورد ارزیابی این مدل برای شبیه سازی شوری خاک و زه آبها مطالعات چندانی صورت نگرفته است. یوسف زاده و همکاران (۱۳۹۰) مدل DRAINMOD را برای شبیه سازی تغییرات شوری زه آبها در پروژه شبکه زهکشی زیرزمینی دشت زنگنه واقع در منطقه ماکو آذربایجان غربی مورد ارزیابی قرار داده و گزارش کردند که این مدل تغییرات شوری زه آبها را با دقت بالایی شبیه سازی می نماید در این تحقیق مقدار RMSE، MAE و CRM بترتیب ۰/۰۹ دسی زیمنس بر متر، ۰/۰۰۵ دسی زیمنس بر متر و ۰/۱۹- بدست آمد. شیر محمدی (۱۹۹۷) پس از ارائه نتایج به دست آمده از کاربرد این مدل در برخی مناطق آمریکا بر لزوم استفاده از مدل DRAINMOD در ایران تاکید نمود. رهبری و همکاران (۱۳۸۹) با استفاده از مدل DRAINMOD-N غلظت نیترات را در مرکز ترویج و توسعه هراز مازندران شبیه سازی کردند و مقادیر خطای متوسط، کارایی مدل و ضریب همبستگی را بترتیب ۰/۶۱ میلی گرم بر لیتر، ۰/۹۷ و ۰/۹۹ بدست آورده

2. Skaggs
3. Borin
4. Bahceci
1. Helving
2. Maurizio, Yang, Ale
3. Evans
4. Dayyani
5. Gayle

www.SID.ir

Archive of SID

و گزارش کردند که می توان از این مدل به عنوان مدلی توانمند در پیش بینی و ابزاری برای مـدیریت آب و آلـودگی در ناحیـه زهکشی به منظور کاستن از خطرات زیست محیطی اراضی شالیزاری استفاده نمود. لیـو[10] و همکـاران (۲۰۱۰) گـزارش کردنـد ارزیابی اثرات طراحی شبکه های زهکشی زیرزمینی و مدیریت آن بر روی کیفیت آب و هیدرولوژی منطقه مرکزی مینسـوتا بـا مدل DRAINMOD NII نشان می دهد که مدیریت و طراحی شبکه های زهکشی بـه عنـوان یـک گزینـه مـی توانـد تلفـات نیترات را بدون کاهش معنی دار در میزان محصول کاهش دهد.

هدف از این تحقیق ارزیابی مدلDRAINMOD جهت پیش بینی تغییرات شوری خـاک هـا در شـبکه زهکشـی زیرزمینـی میاندوآب است.

تشریح مدل DRAINMOD

DRAINMOD به منظور شبیه سازی سطح ایستابی، زه آب خروجی، تعداد روزهای آمادگی زمین جهت کار، شوری خـاک و زه آب خروجی از زهکش ها در مناطقی که سطح ایستابی در عمق کم قرار گرفته است به کار می رود. بـیلان بنـدی در ایـن مدل به دو بخش تقسیم می شود:

الف) بیلان بندی سطحی

مدل بیلان بندی آب سطحی به منظور برآورد نفوذپذیری، رواناب و نگهداشت سطحی انجام می دهد بیلان آب سـطحی در هر فاصله زمانی Δt به صورت زیر می باشد:

$$P = f + \Delta s + Ro \qquad (۱)$$

در رابطه بالا: P: مقدار بارندگی(cm)، f: میزان نفوذ (cm)، Δs: تغییرات نگهداشت سطحی(cm) و Ro: رونـاب سـطحی(cm) می باشد.

ب) بیلان بندی زیر سطحی

مدل، بیلان آبی را برای مقطع نازکی از خاک که بین دو زهکش قرارگرفته است محاسبه می کند. بیلان آب زیرسـطحی در هر فاصله زمانی Δt به صورت زیرمی باشد:

$$\Delta V_a = D + ET + D_s - F \qquad (۲)$$

در رابطه بالا: ΔV_a: تغییرات میزان خلل و فرج خالی از آب(cm)، D: عمق آب زهکشی و یا عمق آبـی کـه از طریـق آبیـاری زیرزمینی تأمین می گردد (cm)، ET: تبخیر و تعرق (cm)، D_s: نشت عمقی (cm) و F: نفوذ تجمعی(cm) مـی باشـد (یانـگ[11]، ۲۰۰۸).

مدل DRAINMOD-S یکی از زیر مدل های DRAINMOD است که برای شبیه سازی نمک در زه آب ها و خـاک توسـط کاندیل[12] و همکاران در سال ۱۹۹۲ ارائه شده است. آن ها برای این منظور، معادله انتقال و پراکنش پذیری[13] نمـک هـا را کـه به صورت زیر می باشد با روش اجزاء محدود حل نمودند:

---

6. Luo
1. Yang
2. Kandil
3. Advective-Dispersive

www.SID.ir

Archive of SID

$$\frac{\partial \theta C}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial Z}\left(\theta D_{hz}\frac{\partial C}{\partial Z}\right) - q_z\frac{\partial C}{\partial Z} + \Gamma_C \qquad (۳)$$

در رابطه بالا: θ میزان رطوبت حجمی خاک، t زمان (day)، C غلظت نمک ها در فاز مایع (gr/m^3)، D_{hz} ضریب پراکنش پذیری (m^2/day)، Z محور رو به پایین (m)، q_z شدت جریان آب (m/day)، Γ_C تغذیه یا تخلیه نمک ($gr/m^3/day$).

کاندیل و همکاران برای حل معادله انتقال نمک از ورودی های مربوط به رطوبت داخل مدل DRAINMOD استفاده نمودند (لیاقت و کاویانی، ۱۳۸۴)

مواد و روشها

۳-۱- معرفی منطقه مورد مطالعه و شرح آزمایشات

محل پروژه در استان آذربایجان غربی و سمت جنوب شرقی دریاچه ارومیه و در مجاورت شهرستان میاندوآب قرار گرفته و در عمل تقاطع جاده اصلی کرمانشاه – تبریز و کرمانشاه – ارومیه قرار دارد. فاصله پروژه تا مرکز استان آذربایجان غربی ۱۵۵ کیلومتر و تا مرکز استان آذربایجان شرقی ۱۸۰ کیلومتر می باشد.

این تحقیق در موقعیت جغرافیایی بین ۵۰, ۳۶° تا ۳۷,۱۵ عرض شمالی و ۴۵,۵۰ تا ۴۶,۱۵ طول شرقی قرار گرفته اند. شهرستان میاندوآب در مرکز این دشت واقع شده است.

برای انجام این تحقیق یک مزرعه که عملیات زهکشی آن تکمیل بوده و زهکش ها بخوبی کار می کردند، انتخاب و پارامتر های مورد نیاز مدل جمع آوری گردید.

۳-۲- ورودی های مدل

ورودی های مورد نیاز برای اجرای مدلDRAINMOD شامل:

۳-۲-۱- پارامترهای هواشناسی

شامل ارتفاع بارندگی و تبخیر و تعرق پتانسیل به صورت روزانه می باشد. در صورتی که داده های تبخیر و تعرق موجود نباشد مدل حداکثر و حداقل دمای روزانه را از کاربر دریافت و با روش ترنت وایت[۱۴] مقدار تبخیر و تعرق پتانسیل را برآورد می کند (لیاقت و کاویانی، ۱۳۸۴). این پارامتر ها از ایستگاه هواشناسی میاندوآب نزدیکترین ایستگاه به پروژه جمع آوری گردید.

۳-۲-۲- خصوصیات خاک

شامل هدایت هیدرولیکی خاک و منحنی مشخصه رطوبتی (لیاقت و کاویانی، ۱۳۸۴).

بدین منظور با حفر پرفیل استاندارد خاکشناسی در مزرعه اطلاعات مربوط به خصوصیات خاک بعد از انتقال به آزمایشگاه تعیین شد. از مدل RETC روش وان گنوختن- معلم[۱۵] برای تعیین هدایت هیدرولیکی اشباع و منحنی مشخصه رطوبتی استفاده گردید.

مدل وان گنوختن بصورت زیر است (وان گنوختن، ۱۹۸۰):

$$\theta(h) = \theta_r + \frac{\theta_s - \theta_r}{[1 + (ah)^n]^{1-1/n}} \qquad (٤)$$

4- Thorntwaite

2. Van Genuchten-Mualem

www.SID.ir

Archive of SID

$$S_e = \frac{\theta(h) - \theta_r}{\theta_s - \theta_r} = [1 + (\alpha h)^n]^{1/n-1} \quad (۵)$$

$$K(S_e) = K_o S_e^L \left\{1 - \left[1 - S_e^{n/(n-1)}\right]^{1-1/n}\right\}^2 \quad (۶)$$

در روابط بالا: S_e اشباع نسبی، K_s هدایت هیدرولیکی اشباع (cm/day)، 1 پارامتر مربوط به پیوستگی خلل و فرج، h مکش (cm)، $K(S_e)$ هدایت هیدرولیکی (cm/day) در S_e و α، m و n پارامتر های شکل هستند.

مشخصات خاک مزرعه و ضرایب مدل ون گنوختن در جداول (۱) و (۲) آورده شده است.

جدول ۱- خصوصیات خاک

عمق (cm)	شن (٪)	سیلت (٪)	رس (٪)	بافت خاک	ρ_b (gr/cm^3)	EC (dS/m)	درصد رطوبت ظرفیت مزرعه ای
۰-۳۰	۱۰	۳۴	۵۶	رسی	۱/۳۱	۵/۶۸	۳۸/۲
۳۰-۶۰	۱۴	۲۸	۵۸	رسی	۱/۲۴	۸/۲۹	۳۷/۶
۶۰-۹۰	۱۰	۲۸	۶۲	رسی	۱/۲۸	۷/۱۱	۳۹/۳

جدول ۲- پارامترهای مدل ون گنوختن - خاک

عمق (cm)	i	n	Ks (cm/hr)	α	Θs (cm^3/cm^3)	Θr (cm^3/cm^3)
۰-۳۰	۰/۵	۱/۲۳۳۰	۱/۳۱	۰/۰۲۲۹	۰/۵۲۱۶	۰/۰۹۸۷
۳۰-۶۰	۰/۵	۱/۲۲۳۹	۱/۰۴	۰/۰۲۲۷	۰/۴۸۶۶	۰/۰۹۷۷
۶۰-۹۰	۰/۵	۱/۱۹۹۶	۰/۶۴۶	۰/۰۲۲۴	۰/۴۷۳۶	۰/۰۹۸۸

۳-۲-۳- پارامترهای سیستم زهکشی

شامل عمق و فاصله زهکش ها، شعاع لوله زهکش، نوع مدیریت زهکش ها، شیب کارگذاری زهکش ها، حداکثر عمق نگهداشت سطحی، عمق سطح ایستابی اولیه و عمق معادل (لیاقت و کاویانی، ۱۳۸۴). این پارامترها از گزارشات برنامه ریزی شده استخراج گردید که در جدول (۳) درج گردیده است.

جدول ۳- پارامترهای سیستم زهکشی

عمق نصب زهکش ها (cm)	۲۰۰
فاصله زهکش ها (cm)	۸۰۰۰

www.SID.ir

Archive of SID

عمق لایه غیر قابل نفوذ (cm)	۳۵۰
ضریب زهکشی (cm/day)	۱۰
ضریب کرکهام	۱۱/۸۳
عمق سطح ایستابی اولیه (cm)	۱۰۰

۳-۲-۴- مدیریت آبیاری

شامل عمق آب آبیاری، روز و ماه شروع آبیاری، دور آبیاری، ساعت شروع و پایان آبیاری در هر روز و عمق بارش احتمالی در طول آبیاری و کیفیت آب (لیاقت و کاویانی، ۱۳۸۴). در جدول ۵ مقادیر و زمان آبیاری و بارندگی مزرعه آزمایشی آمده است.

جدول ۴- مقادیر و زمان آبیاری و بارندگی مزرعه آزمایشی

تاریخ	مقدار آبیاری و بارندگی (mm)
۹۱/۰۵/۳۱	۶۰
۹۱ /۰۶/۰۶	۶۰
۹۱/۰۶/۱۳	۱/۶
۹۱/۰۶/۱۴	۹/۵
۹۱/۰۶/۱۶	۶۰
۹۱/۰۶/۲۶	۶۰

۳-۲-۵- پارامترهای گیاهی

در این قسمت عمق توسعه ریشه (عمقی است که رطوبت آن توسط ریشه یا تبخیر از سطح خاک تخلیه می شود) با توجه به الگوی کشت منطقه در نظر گرفته شد. چون فرآیند شبیه سازی یک فرایند پیوسته است یک عمق مؤثر برای تمام طول دوره شبیه سازی تعریف می شود (لیاقت و کاویانی، ۱۳۸۴).

۳-۲-۶- ورودی های مورد نیاز برای اجرای مدل DRAINMOD-S

علاوه بر پارامترهای ورودی ذکر شده برای مدل DRAINMOD پارامترهای زیر نیز برای مدل DRAINMOD-S مورد نیاز است:

ضرایب پخشیدگی در خاک، عمق خشک اولیه، بازه زمانی (Δz)، عمق متوسط نمک و غلظت نمک در اعماق مختلف خاک (لیاقت و کاویانی، ۱۳۸۴).

این پارامترها برای پروفیل خاک در نظر گرفته شد که در جدول (۴) به آن ها اشاره می شود. لازم به ذکر است این مقادیر از کالیبراسیون مدل حاصل شده است.

جدول ۵- ضرایب معادله انتقال- انتشار خاک

ضریب پراکنش پذیری (cm^2/day)	۰/۰۵
فاکتور اعوجاج	۰/۷۸۳

www.SID.ir

Archive of SID

ضریب پخشیدگی مولکولی	۱

۳-۳- ارزیابی دقت مدل در پیش بینی تغییرات شوری خاک

برای ارزیابی دقت مدل، از شاخص آماری، میانگین انحراف مطلق(*MAE*) و خطای جذر میانگین مربعات خطا (RM*SE*) و درصد خطا (*CRM*) استفاده شد این شاخص به صورت زیر است:

$$MAE = \frac{\sum_{i=1}^{n}|Oi-Pi|}{n}$$ رابطه (۱)

$$RMSE = [\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(Pi-Oi)^2]^{0.5}$$ رابطه (۲)

$$CRM = \frac{\sum_{i=1}^{n}Oi-\sum_{i=1}^{n}Pi}{\sum_{i=1}^{n}Pi}$$ رابطه (۳)

که در این روابط، O_i مقدار اندازه گیری شده شوری، P_i مقدار پیش بینی شده شوری توسط مدل، P متوسط مقادیر پیش بینی شده شوری و n تعداد اندازه گیری ها می باشد.

اطلاعات مورد نیاز مدل جمع آوری و مدل اجرا شد. به منظور ارزیابی مدل برای شبیه سازی شوری خاک، از مزرعه آزمایشی نمونه خاک تهیه شده و شوری آن اندازه گیری گردید.

نتیجه گیری

در شکل (۱) مقادیر شبیه سازی و اندازه گیری شده میانگین شوری خاک مزرعه آزمایشی طی شهریور ماه ۱۳۹۱ در سه عمق نشان داده شده است.

شکل (۱): مقایسه مقادیر اندازه گیری شده و شبیه سازی شده شوری خاک مزرعه آزمایشی

www.SID.ir

Archive of SID

همان طور که در این شکل مشاهده می شود مقادیر شوری خاک شبیه سازی شده و اندازه گیری شده نزدیک به هم می باشند به نحوی که مقادیر اختلاف این دو در عمق ۳۰-۰ برابر ۱/۴۵ دسی زیمنس بر متر، در عمق ۶۰-۳۰ برابر ۱/۰۳ دسی زیمنس بر متر و در عمق ۹۰-۶۰ برابر ۰/۵ دسی زیمنس بر متر می باشد.

مقادیر شاخص های آماری RMSE، MAE و CRM به ترتیب ۱/۰۶ دسی زیمنس بر متر، ۰/۰۶۶ دسی زیمنس بر متر و ۰/۱۴ به دست آمد. که این شاخص ها نیز بیان کننده دقت بالای مدل در شبیه سازی شوری خاک می باشد. همان گونه که گفته شد این اختلافات بسیار ناچیز می باشند پس می توان بیان نمود، مدل DRAINMOD می تواند برای شبیه سازی شوری خاک نیز مورد استفاده قرار گیرد (یوسف زاده و همکاران).

تقدیر و تشکر

از استاد بزرگوارم جناب آقای **مهندس منوچهر یوسف زاده عضو باشگاه پژوهشگران و نخبگان دانشگاه آزاد اسلامی واحد ماکو** بخاطر زحمات بسیار زیاد و مساعدتشان در انجام مراحل آزمایشگاهی و علمی، تنظیم این مقاله که لحظه به لحظه در کنار ایشان و راهنمایی های ارزنده شان بهره بردم، بی نهایت و از صمیم قلب متشکرم.

منابع

۱. رهبری، پ.، جبلی، س.ج. و لیاقت، ع.، (۱۳۸۵)، "شبیه سازی انتقال نیترات توسط مدل DRAINMOD-N" ،مجله کشاورزی، جلد۸، شماره۱، ص۳۲- ۲۱.

۲. دربندی، ص.، (۱۳۸۰)، "ملاحضات زیست محیطی در طراحی و مدیریت شبکه های زهکشی"، دومین کارگاه فنی و زهکشی، کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران، ۲۷۹-۲۵۵.

۳. لیاقت، ع.، کاویانی، ع.، (۱۳۸۴)، "شبیه سازی حرکت آب و املاح به طرف زهکش ها با استفاده از نرم افزار DRAINMOD"، کارگاه آموزشی مدلسازی در آبیاری و زهکشی، ۱۰۸-۸۳.

۴. یوسف زاده، م.، دربندی، ص.، صباغ، ا.، (۱۳۹۰)، "شبیه سازی تغییرات شوری خاک و زه آبها در شبکه زهکشی زیرزمینی دشت زنگنه با استفاده از مدل DRAINMOD" ، پایان نامه کارشناسی ارشد دانشگاه آزاد اسلامی واحد تبریز.

5. Ale, S., L.C. Bowling, J.R. Franken Berger, S.M. Brooder and E.J. Kladivko. (2010). "Climate Variability and Drain Spacing Influence on Drainage Water Management System Operation". VA dose Zone J. 9:43–52.

6. Bahceci I., Din N., Tara A.F., Agar A.I., and Sonnies B. (2006). "Water and salt balance studies using Salt Mod, to improve subsurface drainage design in the Konya–Kumar Plain", Turkey. Agricultural Water Management, 85(3): 261-271.

7. Burin, M., Morari, F., Bonaiti, G., Paasch, M., Skaggs, R.W., (2000). "Analysis of DRAINMOD performances with different detail of soil input data in the Veneto region of Italy". Agric. Water Manage. 42 (3), 259–272.

8. Dayyani, S., C.A. Madramootoo, P. Enright, G. Simard, A. Gullamudi, S.O. Prasher and A. Madani. (2009). "Field evaluation of DRAINMOD 5.1 under a cold climate: Simulation of daily midspan water table depths and drain outflows". Journal of the American Water Resources Association. 45(3):779-792.

9. Evans, R. and R.W. Skaggs, (1996). "Operating controlled drainage and subirrigation systems, North Carolina Cooperative Service". Publication Number: AG356.

10. Gayle, G.A., Skaggs, R.W. and Carter,C.E. (1987). "Effects of Excessive soil water condition on Sugercan Yield". Transactions of the ASAE. 30(4): 993-997.

11. Helving, T.G., Chandra A. Madramootoo and Georges T. Doodads. (2002). "Modelling nitrate losses in drainage water using DRAINMOD 5.0". Agricultural Water Management 56: 153–168.

www.SID.ir

Archive of SID

12. Lou, W., G.R. Sands, M. Youssef , J.S. Strock , I. Song , D. Canelon. (2010). “Modeling the impact of alternative drainage practices in the northern Corn-belt with DRAINMOD-NII”. Agricultural Water Management 97: 389-398.
13. Marlow, R. L. and P. H. Willey, (2001). “Water Management (Drainage), Part 650 Engineering Field Handbook”, National Engineering Handbook, USDA, NRCS, P. 192.
14. Maurizio, B., Francesco, M., Gabriele, B., Mary, P., Skaggs, R.W. (2000). “Analysis of DRAINMOD Performance With Different Detail of Soil Input Data in the Veneto region of Italy”, Agr. Water Management, Vol. (42), pp. 254 – 272.
15. Shirmohammadi, A, (1997), “Design guidelines for drainage systems and Use of drainage”. Proceedings of the Second national congress on Soil & water Issues, Tehran –IRAN pp.19-29.
16. Skaggs, R.W., (1999). “Drainage simulation models”. In: Skaggs, R.W., van Schilfgaarde, J. (Eds.), Agricultural Drainage. Agron. Monogr. 38, ASA, CSSA and SSSA, Madison, WI, USA, pp. 469–500.
17. Yang, C.-C., S.O. Prasher, S. Wang, S.H. Kim, C.S. Tan, C. Drury and R.M. Patel. (2007).”Simulation of nitrate-N movement in southern Ontario, Canada with DRAINMOD-N”. Agricultural Water Management 87: 299–306.
18. Yang, X. (2008). “Evaluation and application of DRAINMOD in an Australian sugarcane field”. Agricultural water management 95: 439–446.
19. Van Genuchten, M.Th. (1980). “Aclosed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils”. Soil Sci. Soc. Am. J. 44:892–898.

www.SID.ir