بررسی تغییرات رطوبت و املاح در منطقه توسعه ریشه پسته با استفاده از مدل LEACHM

شکرالله اسماعیلی[1]، مسعود پارسی نژاد[2]

تاریخ دریافت: ۸۹/۵/۲ تاریخ پذیرش: ۹۰/۲/۲۶

چکیده

مدلهای شبیه سازی رطوبت و املاح در خاک می تواند روش مناسبی جهت پیش بینی تغییرات شوری و رطوبت باشد از جمله مدلهای شبیه سازی مدل LEACHM است که حرکت آب، املاح و نیز جذب ریشه و فعل و انفعالات شیمیایی در محیط غیر اشباع را به صورت یک بعدی شبیه سازی می کند. به منظور بررسی تغییرات رطوبت و املاح در منطقه توسعه ریشه پسته، تحقیقی در یکی از باغات پسته شمال اردکان (32^{O} 27 N ,53^{O} 54 E) انجام شد و داده های بدست آمده با استفاده از مدل LEACHM شبیه سازی شد. این مدل میزان شوری خاک در عمق ۳۰ سانتی متری را در فصل رشد، تقریبا برابر میزان اندازه گیری شده پیش بینی نمود ولی بعد از آن روند افزایشی را تا انتهای سال نشان داد. همین پیش بینی برای عمق۹۰،۶۰ و ۱۲۰ سانتی متری نیز بدست آمد. از پیش بینی مدل می توان به این نتیجه رسید که شوری از اعماق بالاتر وارد عمق ۱۲۰ سانتی متری گردیده و این عمق شوری بیشتری را نشان می دهد به عبارتی کسر آبشوئی کافی وجود نداشته است تا نمک را از منطقه توسعه ریشه خارج کند. در عمق ۳۰-۰ سانتی متری به خاطر صعود مویینه ای آب و به جا گذاشتن نمک، شوری افزایش یافته است. پیش بینی مدل LEACHM نشان می دهد که روند کاهش رطوبت خاک بیشتر از مقدار اندازه گیری شده است و پس از گذشت چند روز تغییرات رطوبت کاهش چشمگیری را نشان می دهد. در تمام اعماق رطوبت اندازه گیری شده با آهنگ ملایمتری کاهش یافت و این روند تا قبل از آبیاری بعدی ادامه پیدا کرد. همچنین وجه مشترک در تمام اعماق تخمین کم رطوبت پیش بینی شده نسبت به اندازه گیری شده بود. در عمق ۱۲۰-۹۰ سانتی متری به خاطر دیر رسیدن جبهه رطوبت افزایش رطوبت با تاخیر انجام شد. در فصولی که گیاه فعالیت نداشته، شوری خاک به علت آبشوئی بیشتر، کاهش یافته و نشان دهنده این است که پروفیل توزیع نمک در منطقه توسعه ریشه تقریبا به حالت پایداری رسیده است.

واژه های کلیدی: پسته، رطوبت، ریشه، شوری، LEACHM.

[1] استادیار گروه آبیاری دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجند

[2] استادیار گروه آبیاری و آبادانی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران

مقدمه

شوری آب آبیاری در مناطق خشک و نیمه خشک از مشکلاتی است که فرا روی کشاورزان قرار دارد. علاوه بر آن کمبود بارندگی و تبخیر شدید از عوامل تاثیرگذاریست که سبب محدودیتهایی برای کشاورزان می گردد و بیلان منفی آبهای زیرزمینی و خشکسالیهای متعدد نیز بر مشکلات آنها افزوده است. در استفاده از آبهایی با کیفیت پایین بایستی عواملی مانند انتخاب محصولات متحمل به شوری، بهبود مدیریت آب، جلوگیری از تخریب خصوصیات فیزیکی خاک و توجه به آبشویی مد نظر قرار گیرد. در مناطق مرکزی و کویری ایران کاشت گیاه پسته به علت مقاومت به شوری و خشکی (بهبودیان و همکاران، ۱۹۸۶. ریگر، ۱۹۹۵) یکی از راهکارهای مقابله با این گونه محدودیتهاست که علاوه بر افزایش سطح درآمد کشاورزان به عنوان بادشکن نیز از پیشروی شنهای روان نیز جلوگیری می‌کند. عدم اطلاع زارعین از میزان آب مورد نیاز درخت پسته و استفاده از روشهای سنتی آبیاری، باعث کاهش راندمان مصرف آب گردیده است. در آبیاریهای سنتی حجم زیادی از آب مصرف شده علاوه بر اتلاف بصورت نفوذ عمقی پس از بجا گذاشتن نمک از سطح خاک تبخیر می‌شود. هرچند حد مجاز تحمل به شوری پسته هشت دسی زیمنس بر متر می‌باشد ولی از EC آب آبیاری بیش از دو دسی زیمنس بر متر تاثیر منفی آب شروع می شود و در شوری های زیاد موجب خشکیدن نهال و یا خسارت به آن می گردد. افزایش تدریجی نمک در منطقه توسعه ریشه در طولانی مدت سبب بروز خسارت جبران ناپذیری به خاک و گیاه می گردد. غلظت بالای املاح در خاک ممکن است جذب آب بوسیلهٔ ریشه را کاهش دهد (Kozlowski, 1987). اگر عواملی مانند تهویه، درجه حرارت، غلظت نمک و املاح به صورت مناسبی فراهم نشود، حتی در رطوبت‌های قابل دسترس درختان پسته نمی‌توانند آب مورد نیاز خود را جذب کند. تأثیر دراز مدت کود و آبهای شور بر روی خصوصیات فیزیکی خاک (نفوذ پذیری، نگهداشت آب در خاک و ...) باید به طور کامل مورد توجه قرار گیرد.

آزمونهای مزرعه ای می تواند برای آزمایش و تحلیل سناریوهای مختلف مرتبط با شوری مفید باشند. ولی محدودیت هائی وجود دارد. اول اینکه صحت آنها محدود به منطقه و شرایط فیزیکی است که آزمایش در آن انجام شده است. در ثانی تعداد سناریوهایی که توسط آزمایشهای مزرعه ای می تواند مطالعه شود به دلیل مشکلاتی مانند صرف زمان و هزینه های زیاد محدود میشود. مدلهای شبیه سازی می تواند به عنوان مکملی برای آزمایشهای مزرعه ائی جهت از میان برداشتن محدودیت های آزمون مزرعه ائی بکار روند. استفاده ازمدلهای شبیه سازی انتقال رطوبت و املاح در خاک راهی است که بوسیله آن می توان پیش بینی مناسبی از رطوبت و املاح بدست آورد. هدف این مطالعه، نشان دادن توانائی هائی پیش بینی مدل LEACHM مدیریت آبیاری باغات پسته با آب شور در مناطق خشک و نیمه خشک بود. مدل LEACHM (Leaching Estimation and chemistry model) توسط هوستون و واگنت در سال ۱۹۸۹ در دانشگاه کورنل جهت تخمین آبشوئی و شیمی خاک ارائه شد. مدل LEACHM شامل زیر مدلهایLEACHN، LEACHP و LEACHC است و حرکت آب، املاح و نیز جذب ریشه و فعل و انفعالات شیمیایی در محیط غیر اشباع را به صورت یک بعدی شبیه سازی می کند. در این تحقیق زیر مدل LEACHC مورد ارزیابی قرار گرفت. مجید و همکاران (۱۹۹۴) مدل LEACHC را بوسیله داده های بدست آمده از لیسیمتر مورد ارزیابی قرار دادند. آنها جهت آبیاری گندم از آب شور و غیر شور استفاده کردند و نتایج مدل تطابق خوبی را با داده های آزمایشگاهی نشان داده است. حاجی بیشاو و بونل (۲۰۰۰) مدل LEACHC را برای برآورد بیلان آب و املاح در نیمرخ یک خاک لومی شنی که تحت تناوب زراعی گندم و ارزن – سورگوم قرار داشته بررسی کردند. نتایج تطابق قابل قبولی بین مقادیر پیش بینی شده و اندازه گیری شده را نشان داد.آنها به این نتیجه رسیدند که مدل LEACHC می تواند به عنوان ابزار مفیدی برای تخمین شوری منطقه ریشه گیاهان در اراضی آبیاری شده با آب شور مورد استفاده قرار گیرد. مطالعات دیگری نیز جهت بررسی انتقال املاح با استفاده از مدل LEACHM انجام گردیده است (Biggar et al, 1990; Hutson&Wagenet, 1992b).

علی و همکاران (۲۰۰۰) یک آنالیز حساسیتی را برای پارامترهای مختلف انجام دادند و مشخص شد که

حساسیت LEACHC به مقادیر آبیاری و تبخیر و تعرق خیلی بیشتر از خصوصیات فیزیکی و شیمیائی خاک است، دلیل این امر شاید به خاطر استفاده مدل LEACHC از میانگین هفتگی مقادیر تبخیر و تعرق باشد. عدم دسترسی به اطلاعات دقیق هواشناسی می تواند نتایجی اشتباه از مدل به همراه داشته باشد.

مواد و روش ها

زیر مدل LEACHC جریان آب، انتقال نمک، واکنشهای شیمیایی، رشد گیاه، تخمین هدایت هیدرولیکی و منحنی رطوبتی از داده های بافت خاک و جذب آب بوسیله گیاه را محاسبه می کند.

شبیه سازی جریان آب

جریان آب درخاک بر اساس معادله ریچاردز و به روش عددی تفاضل محدود شبیه سازی می شود. این معادله از ترکیب معادله پیوستگی با قانون دارسی بدست می آید. تحت شرایط غیر ماندگار و جریان یک بعدی عمودی معادله ریچاردز به صورت زیرتعریف می شود:

$$\frac{\partial\theta}{\partial t}=Cw\frac{\partial h}{\partial t}=\frac{\partial}{\partial t}(k(\theta)\frac{\partial H}{\partial z})-u(z,t) \quad (۱)$$

θ رطوبت حجمی (m3/m3)، t زمان بر حسب روز، C_w ظرفیت ویژه آب خاک($\frac{\partial\theta}{\partial t}$)بر حسب m/m، K هدایت هیدرولیکی (mm/day)، H ارتفاع هیدرولیکی کل (میلی متر یا کیلوپاسکال)، Z عمق (mm)، U جذب آب بوسیله گیاه (1/day).

رشد و توزیع تراکم ریشه تابعی از زمان می باشد (داویدسون و همکاران، ۱۹۷۸). جذب آب بر اساس مدلNima & Hank (۱۹۷۳) به صورت زیر بیان می شود:

$$U=H+R(z)-H(z,t)-H_O+RDF(z)\times K \quad (۲)$$

H پتانسیل آبی ریشه در سطح خاک، R(z) مقاومت ریشه، RDF(z) تابعی برای نشان دادن ریشه فعال به کل عمق ریشه H(z,t) وH_O به ترتیب پتانسیل ماتریک خاک و پتانسیل اسمزی و K بیان کننده ضریب آبگذری اشباع خاک است. در مدل LEACHC برای ارتباط بین پتانسیل ماتریک، هدایت الکتریکی و رطوبت خاک از روش کمپل (۱۹۷۴) یا از توابع نگهداشت دو قسمتی (Huston&Cass,1987) استفاده می شود. اگر در مدل گزینه دوم انتخاب شود، معادلات رگرسیون متفاوتی وجود خواهد داشت (Cosby et al, 1984; Huston 1986, Huston&Wagenet ,1992; Rawls and Brakensiek, 1985).

منحنی رطوبتی و هدایت هیدرولیکی معادله کمپل (۱۹۷۴) به صورت زیر است:

$$h=a(1-\frac{\theta}{\theta_s})^{-b} \quad (۳)$$

θ_s رطوبت حجمی اشباع (m3/m3) و a و b ضرایب ثابت.

$$k(\theta)=k_s(\frac{\theta}{\theta_s})^{2b+2+p} \quad (۴)$$

K_s: هدایت هیدرولیکی اشباع (mm/d) و P پارامتر خلل و فرج (پارامتر تجربی است).

شرایط مرزی در انتقال رطوبت

جریان آب در مرز بالا می تواند به صورت تبخیر، نفوذ آب یا استغراق (پتانسیل ماتریک صفر) یا بدون جریان باشد. برای محاسبه تبخیر و تعرق، مدل از روش Childs & hanks (۱۹۷۵) استفاده کرده و از تبخیر هفتگی تشت مقدار تبخیر و تعرق پتانسیل روزانه را محاسبه می کند. برای تعیین تعرق پتانسیل روزانه تبخیر و تعرق پتانسیل روزانه در درصد پوشش گیاهی ضرب می شود. در مرز پایین پنج گزینه، زهکشی آزاد با داشتن شیب هیدرولیکی واحد در پایین ترین نقطه، سطح ایستابی ثابت یا متغیر، بدون جریان (در حالت غیر اشباع) و شرایط لایسیمتری وجود دارد.

انتقال املاح

از معادله انتقال-پخشیدگی (CDE) در زیر مدل LEACHC استفاده گردیده است. در این مدل منابع تولید (Source) و مصرف (Sink) حذف گردیده زیرا جذب نمک توسط گیاه بسیار ناچیز است. همچنین فرض شده است

که کاتیونهای تبادلی به تعادل رسیده اند و جذب برابر تصعید است. در نهایت معادله CDE به صورت زیر در می آید:

$$\frac{\partial(\theta c)}{\partial t}=\frac{\partial}{\partial z}(\theta D(\theta,q)\frac{\partial c}{\partial q}-qc) \qquad (۵)$$

C غلظت (mg/l)، t زمان (روز)، Z عمق (mm)، D ضریب انتشار (mm2/d)، θ رطوبت حجمی (m3/m3) و q شدت جریان آب (mm/d) است.

شرایط مرزی در انتقال املاح

شرایط بالا دست برای انتقال املاح در فاز مایع ممکن است همان غلظت آب آبیاری یا صفر در نظر گرفته شود (بارندگی). مرز پایین دست یا دارای غلظت بخصوصی است (شرط مرزی یک یا پنج که در قسمت قبلی ارائه شد) یا غلظت آن برابر غلظت ناحیه زیر مرز پایین دست قرار دارد.

واکنش‌های شیمیایی

در مدل LEACHC، تعادل شیمیایی در معادله CDE لحاظ نشده است، بجای آن کاتیون تبادلی، تبادل اتمسفریک و نزولات جوی در یک زیر مجموعه (Subroutine) جدا، شبیه سازی گردیده است. این عناصر شامل Ca و Mg و Na و K و Cl و So_4 و Co_3 و HCo_3 و H و OH و زوجهای یونی دیگر است. این زیر مجموعه دارای معادلات تعادلی برای کاتیونها و آنیونها بر اساس ثابت پایداری است. فرایند تعادل شیمیایی عناصرجذب شده و محلول را اصلاح می کند به صورتی که ثابتهای ترمودینامیک زیر نتیجه شود:

ثابت تفکیک اول و دوم H_2CO_3

$$Ka1=\frac{(H^+)(CO3^-)}{H_2CO3^-} \qquad (۶)$$

$$Ka2=\frac{(H^+)(CO3^{--})}{HCO3^-} \qquad (۷)$$

حلالیت گچ (K_{sp1}) و آهک (K_{sp2})

$$K_{sp1}=(Ca^{2+})(So_4{}^{2-}) \qquad (۸)$$

$$K_{sp2}=(Ca^{2+})(Co_3{}^{2-}) \qquad (۹)$$

ثابت پایداری جفت یون

$$K_F=\frac{(Cat^{m+})(An^{n-})}{(CatAn^{m-n})} \qquad (۱۰)$$

(Cat^{m+}) کاتیونها با بار مثبت، (An^{n-}) آنیونها با بار منفی و $(CatAn^{m-n})$ فعالیت یک جفت یون

تعادل بین یک فعالیت کاتیونی در محلول و غلظت آن در فاز تبادلی با استفاده از ضریب گاپون بیان می شود:

$$KG=\frac{(M^{m+})^{\frac{1}{m}}(XN_{\frac{1}{m}})}{(N^{n+})^{\frac{1}{n}}XM_{\frac{1}{m}}} \qquad (۱۱)$$

KG ضریب گاپون، X یک کاتیون تبادلی(فرضی)، M و N کاتیون فلزی با ظرفیت+m و +n.

به منظور بررسی تغییرات رطوبت و املاح در منطقه توسعه ریشه پسته این تحقیق در یکی از باغات پسته شمال اردکان در فاصله ۸۵ کیلومتری شمال غربی یزد، در مرکز ایران، به مختصات جغرافیائی ۳۲ درجه و ۲۷ دقیقه عرض شمالی و ۵۳ درجه و ۲۷ دقیقه طول شرقی انجام گرفت. ارتفاع محل از سطح دریا ۱۲۳۴ متر و دارای آب و هوای گرم و خشک و نیمه کویری است. میزان متوسط بارندگی ۵۵ میلی متر و کشاورزی منطقه متکی به آبیاری است. حداقل درجه حرارت سالانه ۱۴ درجه زیر صفر و حداکثر آن به ۴۵ درجه سانتیگراد بالای صفر می‌رسد. میزان تبخیر سالانه نیز برابر ۳۲۶۰ میلیمتر گزارش شده است. منبع آبی مورد استفاده جهت آبیاری, یک حلقه چاه به عمق ۶۰ متر و دبی ۲۰/۵ لیتر در ثانیه بود و زمانبندی آبیاری طبق تجربیات باغدار انتخاب شد.

قسمتی از باغ به مساحت ۱۵۰۰ متر مربع با هشت ردیف درخت به فاصلهٔ شش متر از یکدیگر انتخاب شد درختان باغ پسته هفت ساله و هر دو ردیف آنها در یک کرت به ابعاد ۴۶×۹ متر کاشته شده بودند. قبل از شروع آزمایش برای جلوگیری از پخشیدگی خاک و نشت آب به خارج،

مرزهای کرت بوسیله مخلوط خاک و ماسه بادی آماده شد تجزیه شیمیائی آب آبیاری در جدول(۱) و پروفیل خاک در جدول(۲) نشان داده شده است. بافت خاک باغ لومی بود. ارزیابی کیفیت آب باید با توجه به شرایط خاص محلی و توانائی مدیریت مزرعه ای انجام پذیرد ولی از رهنمونهای ارائه شده معتبر بین المللی می توان برای تصمیم گیری بهتر استفاده نمود. طبق جدول ارائه شده توسط FAO آب چاه جزء آبهای بسیار شور می باشد.

دادهای ورودی مورد نیاز مدل LEACHC

زمان شروع و پایان شبیه سازی جهت انتقال املاح به ترتیب اول فروردین و آخر اسفندماه به مدت یکسال در نظر گرفته شد. آب زیرزمینی طبق آنچه در مزرعه مشاهده گردید همواره در عمق هفت متری قرار داشت و گیاه نمی توانست از آب زیر زمینی استفاده کند. پروفیل خاک شبیه سازی شده برابر عمق توسعه ریشه (۱۲۰ سانتی متر) و برای لایه مرزی پایین دست زهکشی آزاد منظور گردید. دوره رشد پسته هشت ماهه و تبخیر و تعرق پتانسیل منطقه، به صورت هفتگی در برنامه وارد شد به منظور ارزیابی رطوبت پیش بینی شده با اندازه گیری شده، در فاصله بین دو آبیاری (اول مرداد تا دوم شهریور به مدت ۳۳ روز رطوبت خاک) با دستگاه TRIME و به صورت روزانه خوانده شد.

جدول(۱): تجزیه شیمیایی آب آبیاری

EC(dS/m)	SAR	Na^{+}	Mg^{+2}	Ca^{+2}	$SO4^{-2}$	Cl^{-}	$HCO3^{-}$	$CO3^{-2}$
۱۰/۹	۷/۱	۶۵	۱۸	۳۴/۸	۶۴/۷	۵۰/۲۵	۱/۸۵	۱

جدول(۲): تجزیه شیمیایی پروفیل خاک

نوع خاک	$CO3^{-2}$	$HCO3^{-}$	Cl^{-}	$SO4^{-2}$	Ca^{+2}	Mg^{+2}	Na^{+}	SAR	ECe (dS/m)	ESP	عمق (cm)
شور	۱	۱/۸۵	۵۰/۲	۶۴/۷	۳۴/۸	۱۸	۶۵	۱۲/۷	۹/۷	۱۴/۸	۰-۳۰
شور	۰	۲	۳۴	۶۲	۳۲/۴	۱۳/۴	۵۱/۲	۱۰/۷	۸/۱	۱۲/۶	۳۰-۶۰
شور-سدیمی	۰	۲	۴۵	۷۷/۷	۳۰	۱۷/۲	۷۷/۵	۱۶	۸/۸	۱۸/۲	۶۰-۹۰
شور-سدیمی	۰	۱/۷۵	۴۸/۵	۷۳/۲	۲۵/۶	۲۰/۴	۷۷/۵	۱۶/۲	۱۰	۱۸/۴	۹۰-۱۲۰

روش ارزیابی مدل

مدلها به صورت نموداری و آماری مقایسه می شوند. در روش آماری برای مقایسه داده های اندازه گیری شده و پیش بینی شده از روش (Green and Loague,1991) استفاده نمود. به طور کلی فاکتورهای زیر جهت ارزیابی مدل استفاده می گردد:

الف- ریشه متوسط مربع خطا ها RMSE (Root mean square error)، نشان می دهد که شبیه سازی چقدر با مقدار اندازه گیری شده اختلاف دارد.

$$RMSE = \left[\frac{\sum_{i=1}^{n}(P_i - O_i)^2}{n}\right]^{0.5} * \frac{100}{\bar{O}} \qquad (۱۲)$$

$\bar{O}$ متوسط داده های مشاهده شده، n تعدادنمونه ها، Pi مقادیر پیش بینی شده، Oi مقادیر اندازه گیری شده.

EMSE نشان می دهد که مقادیر پیش بینی شده چه مقدار بیشتر یا کمتر از مقدار اندازه گیری شده است.

ب- ضریب باقیمانده جرمی CRM (Coefficent of residual mass)

$$CRM = \left[\frac{\sum_{i=1}^{n}(O_i - P_i)}{n\bar{O}}\right] \qquad (۱۳)$$

مقدار منفی و مثبت CRM به ترتیب نشان میدهد که مدل بیشتر یا کمتر از مقدار واقعی تخمین می زند.

ج- راندمان مدلینگ، EF (Modeling Efficiency)، مقادیر شبیه سازی شده را با متوسط مقادیر اندازه گیری شده مقایسه می کند.

$$EF = \left[1 - \frac{\sum_{i=1}^{n}(P_i - O_i)^2}{\sum_{i=1}^{n}(O_i - \overline{O})^2}\right] \qquad (۱۴)$$

EF منفی نشان می دهد که متوسط مقادیر اندازه گیری شده نسبت به مقادیر پیش بینی شده تخمین بهتری را نشان می دهد.

د- ضریب محاسبه CD (Coefficant of determination)، این ضریب نسبت بین پراکندگی مقادیر پیش بینی شده را به مقدار متوسط اندازه گیریها نشان می دهد.

$$CD = \left[\frac{\sum_{i=1}^{n}(O_i - \overline{O})^2}{\sum_{i=1}^{n}(P_i - \overline{O})^2}\right] \qquad (۱۵)$$

CD کمتر از یک نشان می دهد که پیش بینی مدل بیش از مقدار واقعی است و CD بیشتر از یک بر عکس.

بحث:

خروجیهای مدل LAECHC :

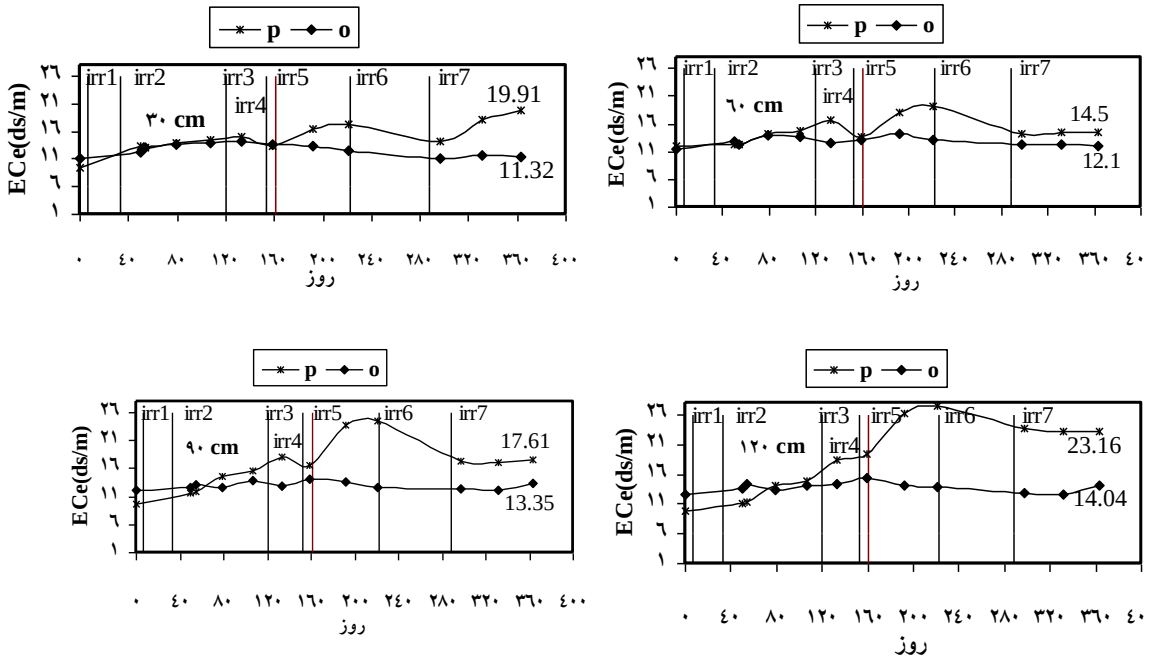
املاح

هدایت الکتریکی پیش بینی شده (p) و اندازه گیری شده (o) در مدت ۱۲ ماه تا عمق ۱۲۰ سانتی متری در شکل۱ نشان داده شده است. مدل LEACHC در پنج ماه از فصل رشد میزان شوری در عمق ۳۰ سانتی متری را تقریبا برابر میزان اندازه گیری شده، پیش بینی کرد ولی بعد از آن روند افزایشی را تا انتهای سال نشان داد به طوریکه اختلاف آنها در انتهای مدت پیش بینی به ۸/۵۸ دسی زیمنس بر متر می رسد. اختلاف o و p از ابتدای شهریور شروع شده و در انتهای سال به حداکثر می رسد. می توان گفت که در مدل LEACHC در پنج ماه اول فصل رشد، به علت آبیاری بیشتر و وجود سایه درختان روی سطح زمین، تعرق سهم بیشتری از ET را به خود اختصاص داده و املاح کمتری به سطح زمین می رسند بنابراین مدل شوری بیشتری را نشان می دهد.

باغداران پس از برداشت محصول و در انتهای فصل رشد اقدام به دفع علفهای هرز با استفاده از کولتیواتور می نمایند. این عامل سبب تخریب لوله های مویینه و جلوگیری از صعود آب از اعماق به لایه های سطحی و در نتیجه عدم شور شدن لایه های سطحی خاک می گردد، این موضوع در مدل LEACHC لحاظ نشده است، بنابراین پیش بینی مدل روند صعودی شوری را نشان می دهد. تغییرات شوری خاک در اعماق ۶۰،۹۰ و ۱۲۰ سانتی متری نیز روندی مانند عمق ۳۰ سانتی متری داشت. در هر چهار عمق مقادیر p همواره بیشتر از o می باشد، که علت آن برآورد کمتر کسر آبشوئی توسط مدل و تجمع نمک در پروفیل خاک می باشد به عبارتی مدل با برآورد زیاد تبخیر و تعرق زیاد، سبب کاهش رطوبت خاک می شود. در آبیاری بعدی بیشتر آب آبیاری صرف جبران رطوبت خاک تا ظرفیت زراعی شده و کسر آبشوئی کاهش می یابد. از پیش بینی مدل می توان به این نتیجه رسید که آب آبیاری نمک را از لایه های سطحی وارد عمق ۱۲۰ سانتی متری کرده به طوری که این عمق شوری بیشتری را نشان می دهد به عبارتی کسر آبشوئی کافی وجود نداشته است تا نمک را از منطقه توسعه ریشه خارج کند. ارزیابی آماری مدل LEACHM برای اعماق مختلف از نظر پیش بینی هدایت الکتریکی در جدول(۳) آورده شده است.

جدول(۳): ارزیابی آماری مدل LEACHM برای اعماق مختلف از نظر پیش بینی هدایت الکتریکی

عمق (cm)	n	RMSE%	CD	EF	CRM
اپتیمم		۰	۱	۱	۰
۰-۳۰	۱۲	۲۹/۳	۱	-۱۱/۵	-۰/۲
۳۰-۶۰	۱۲	۲۱/۱	۰/۱	-۱۱/۴	-۰/۱
۶۰-۹۰	۱۲	۴۲/۱	۰	-۵۷/۷	-۰/۳
۹۰-۱۲۰	۱۲	۵۶	۰	-۳۱/۶	-۰/۴



شکل(۱): هدایت الکتریکی اندازه گیری شده و پیش بینی شده در اعماق مختلف خاک

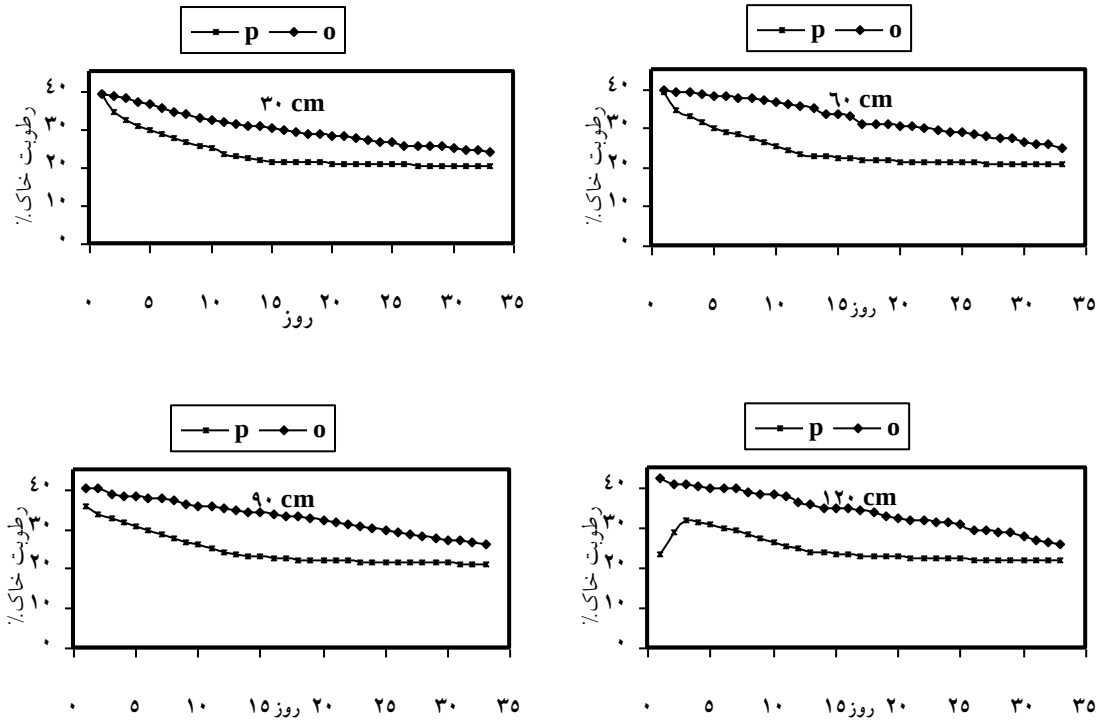
همانطور که درشکل(۱) مشاهده می شود که بهترین پیش بینی مدل در عمق ۶۰-۳۰ سانتی متری صورت گرفته است. چون زمان و مقدار آب آبیاری بر اساس نظر کشاورز انجام می شود باغداران منطقه تجربیات مناسبی در آبیاری درختان داشته به گونه ائی که با توجه به داده ها مقدار نمک در منطقه ریشه به حالت پایداری رسیده است. همچنین در طول زمستان باغداران با ۳-۲ آبیاری به نام یخ آب زمستانه انجام می دهند. هدف آنها از بین بردن آفات و جوندگان است این عمل باعث آبشوئی سنگین خاک می شود. شکل(۱) نشان می دهد که ECe اندازه گیری شده در طول سال تقریبا ثابت و برابر EC آب آبیاری است. با استفاده از نمودار ارائه شده توسط هافمن و ونگنوختن (۱۹۸۱) کسر آبشویی برای اعماق ۳۰، ۶۰، ۹۰ و ۱۲۰ سانتیمتری به ترتیب ۳۰، ۲۸، ۲۵ و ۲۳ است.

هرچقدر مقدار RMSE از صفر فاصله داشته باشد نشان دهنده پیش بینی ضعیف مدل است. بیشترین و کمترین مقدار RMSE به ترتیب مربوط به اعماق ۱۲۰-۹۰ و ۳۰-۶۰ سانتی متری است و به ترتیب نشان دهنده تخمین ضعیف تر و مناسب تر مدل نسبت به سایر اعماق است، از شکل(۱) نیز همین نتیجه بدست آمد. با مشاهده مقادیر CD از جدول یک مشخص می شود که تخمین مدل در هر چهار عمق بیشتر از مقدار واقعی است. راندمان مدلینگ،EF، مقدار منفی را نشان میدهد و بیان می کند که مدل در مقایسه با متوسط مقادیر اندازه گیری شده عملکرد ضعیفی داشته است. RMSE فقط نشان دهنده اختلاف بین مقادیر اندازه گیری شده و پیش بینی شده است ولی تخمین بیشتر یا کمتر از مقدار اندازه گیری شده را نشان نمی دهد. برای بررسی تخمین بیشتر یا کمتر از مقادیر اندازه گیری شده از CRM استفاده می شود و مقدار منفی در جدول۱ حاکی از تخمین زیاد مدل می باشد.

رطوبت

رطوبت خاک تا عمق ۱۲۰ سانتی متری به صورت روزانه و در مدت ۳۳ روز (در فاصله بین دو آبیاری) از اول مرداد تا دوم شهریور ماه توسط دستگاه TRIME ساخت GmbHIMKO Micromodultechnik اندازه گیری شد. طول حسگر دستگاه ۲۲ سانتی متر بود و رطوبت خاک را در فواصل ۲۲ سانتی متری اندازه گیری می کرد. در این آزمایش یک عدد لوله تکانات به طول ۱۵۰ سانتی متر با مته مخصوصی در داخل خاک قرار گرفت به طوریکه جدار خارجی لوله کاملا با خاک در تماس بود. چون عمق توسعه

ریشه پسته ۱۲۰ سانتی متر است، بنابراین رطوبت خاک تا همین عمق مورد ارزیابی قرار گرفت. رطوبت خاک در ساعت ۶ صبح هر روز قرائت گردید. تغییرات رطوبت اندازه گیری شده و پیش بینی شده (LEACHM) در اعماق مختلف خاک رطوبت و در فاصله بین دو آبیاری در شکل(۲) نشان داده شده است. روند کاهش رطوبت خاک در مدل LEACHM بیشتر از مقدار اندازه گیری شده است ولی پس از گذشت چند روز تغییرات رطوبت کاهش چشمگیری را نشان می دهد و کاهش رطوبت اندازه گیری شده آهنگ ملایمتری را نشان می دهد و این آهنگ تا قبل از آبیاری بعدی مشاهده می گردد. در عمق ۳۰ سانتی متری نمودار کاهش رطوبت تا روز یازدهم شیب بیشتری دارد ولی از آن به بعد شیب آن کاهش می یابد که شیب زیاد نمودار به خاطر تبخیر از سطح خاک است که عمق ۰-۳۰ سانتی متری سهم بیشتری در آن دارد.



شکل(۲): درصد رطوبت اندازه گیری شده و پیش بینی شده (LEACHM) در اعماق مختلف خاک

وجه مشترک در تمام اعماق تخمین کم رطوبت پیش بینی شده نسبت به اندازه گیری شده است. در عمق ۹۰-۱۲۰ سانتی متری به خاطر نرسیدن جبهه رطوبت ناشی از آبیاری افزایش رطوبت با تاخیر انجام شده است. علت شباهت رطوبت در اعماق مختلف را می توان اینگونه استنباط نمود که چون رطوبت در در ساعت شش صبح اندازه گیری می شد و در این ساعت تبخیر و تعرق کم است و انتشار رطوبت در طی شب نیز انجام گردیده است، بنابراین رطوبت در تمام نیمرخ خاک یکنواختی توزیع شده است.

جدول(۴): ارزیابی آماری مدل LEACHM برای اعماق مختلف از نظر پیش بینی رطوبت خاک

عمق(cm)	n	RMSE%	CD	EF	CRM
اپتیمم		۰	۱	۱	۰
۰-۳۰	۳۳	۲۱/۸	۰/۳	-۱/۲	۰/۲
۳۰-۶۰	۳۳	۲۶/۴	۰/۵	-۱/۷	۰/۳
۶۰-۹۰	۳۳	۲۶/۳	۰/۶	-۱/۹	۰/۳
۹۰-۱۲۰	۳۳	۲۹/۱	۱	-۱/۵	۰/۳

هر چه مقدار RMSE نسبت به عدد صفر اختلاف داشته باشد نشان می دهد که پیش بینی مدل ضعیف تر است و همانگونه که دیده می شود در عمق ۱۲۰-۹۰ سانتی متر پیش بینی مناسبی انجام نشده است (جدول۴). در عمق ۹۰-۳۰ سانتی متری مدل پیش بینی مشابهی را انجام داده است. پیش بینی مدل نشان می دهد که از روز دوازدهم به بعد درصد رطوبت در منطقه توسعه ریشه تقریبا تغییر نکرده است یعنی مکش خاک به حدی می رسد که گیاه قادر به جذب رطوبت نیست و توزیع مجدد رطوبت نیز صورت نمی گیرد. ولی در اندازه گیریها دیده می شود که جذب رطوبت همچنان ادامه دارد.

از علل اختلاف مقادیر پیش بینی شده توسط مدل با مقادیر اندازه گیری شده میتوان به موارد زیر اشاره نمود. در باغهای پسته چندین بار در سال جهت شخم زدن و حذف علفهای هرز از ماشین آلات کشاورزی استفاده می کنند که تراکم خاک و در نهایت تغییر در ساختمان خاک و کاهش تخلخل را بدنبال خواهد داشت. در مدل جریان یک بعدی در نظر گرفته شده است حال آنکه در شرایط مزرعه اینگونه نیست. تجمع نمک در سطح خاک سبب انعکاس نور خورشید شده و از گرم شدن سطح خاک جلوگیری میکند در نتیجه چند روز پس از آبیاری رطوبت به صورت مویینه به سطح خاک حرکت نمیکند یا مقدار آن ناچیز است و این مورد در مدل لحاظ نشده است. نیاز آبی گیاه که در مدل وارد می شود بر اساس تعرق پتانسیل هفتگی است که در ضریب گیاهی ضرب می شود، در واقع در مناطق کویری در اثر وزش بادهای گرم در بعضی روزها میزان تبخیر و تعرق به میزان زیادی افزایش و یا در یک روز ابری کاهش می یابد. خشک شدن سطح خاک در فاصله ۴۸ ساعت پس از آبیاری، به نیاز شدید تبخیری جو در مناطق کویری، لایه عایقی را در سطح خاک ایجاد می کند که سبب کاهش شدید تبخیر می گردد. آستانه تحمل به شوری یک نوع گیاه در هر منطقه تابع شرایط آب وهوایی بوده و یک عدد خاص را نمی توان برای تمام مناطق در نظر گرفت که این عامل نیز بر روی نتایج مدل بی تاثیر نبوده است.

نتیجه گیری

این مطالعه به منظور بررسی روند انتقال املاح در منطقه ریشه پسته در باغات پسته شمال اردکان (مرکز ایران) انجام شد و توانائی مدل LEACHC در مدیریت آبیاری با آب شور مورد ارزیابی قرار گرفت. نمودار شوری و رطوبت نشان داد که رطوبت پیش بینی شده همواره کمتر از مقدار اندازه گیری شده است ولی به عکس مقادیر پیش بینی شده شوری در تمام اعماق بیشتر از اندازه گیری شده بود. با توجه به سله شکنی خاک و تخریب لوله های مویینه، تبخیر از سطح خاک کاهش شدیدی پیدا کرد و به همین خاطر رطوبت در پروفیل خاک تا حدودی حفظ شده است. جهت تطابق نتایج پیش بینی و اندازه گیری شده از چهار تابع RMSE، CRM، EF و CD استفاده شد. در مورد پیش بینی شوری کمترین RMSE مربوط به عمق ۶۰-۳۰ و بیشترین RMSE مربوط به عمق ۱۲۰-۹۰ بود که به ترتیب بهترین و ضعیف ترین پیش بینی را نشان می دهد. از نظر پیش بینی رطوبت اعماق ۳۰-۰ و ۱۲۰-۹۰ سانتیمتر مدل به ترتیب مناسبترین و ضعیف ترین پیش بینی را انجام داد.

منابع :

۱. دفتر خدمات و تکنولوژی آموزشی وزارت جهاد کشاورزی.۱۳۸۰. راهنمای پسته (کاشت، داشت و برداشت). نشر آموزش کشاورزی.

2. Ali, R., R.L. Elliott, J.E. Ayars. 2000. Soil salinity modeling over shallow water table. I: Validation of LEACHC. J. Irrigation. And Drainage Eng. 126(4):223-233.
3. Behboudian, M.H., R. R. Walker and E. Torokflavy. 1986. Effect of water stress and salinity on photosynthesis of pistachio. Sci. Hrt. 29:251-261.
4. Biggar, J.W., R.J. Wagenet, J.L. Hutson and D.E. Rolston. 1990. Predicting soil profile salinity using the model LEACHM for drainage design. Proceedings on land drainage for salinity control in arid and semiarid region. Cairo, Egypt. 1:176-182.

5. Cample, G.S. 1974. A simple method for determining unsaturated conductivity from moisture retention data. Soil Science, 117:311-314.
6. Childs, S. W. and R. J. Hanks. 1975. Model soil salinity effects on crop growth. Soil Science Society of America Proceeding, 39:617-622.
7. Cosby, B.J., G.M. Hornberger, R.B. Clapp and T.R. Ginn. 1984. A statistical exploration of the relationships of soil moisture characteristics to the physical properties of soils (stochastic modeling). Water Resources Research, 26(6):682-690.
8. Hagi-Bishow, M. and R. B. Bonnell. 2000. Assessment of LEACHC model for semi-arid saline irrigation. ICID Journal, 49(1):29-42
9. Huston, J.L. 1986. Water retentively of some African soils in relation to particle size criteria and bulk density. South Africa Journal for Plant and Soil: Bureau for Scientific Publication, Foundations for Education, Science and Technology, 3(4):151-155.
10. Huston, J. L. and A. Cass. 1987. A retentivity function for use in soil-water simulation models. Journal of Soil Science, 38:105-113.
11. Huston, J. L. and R. J. Wagenet. 1989. Leaching estimation and chemistry model: A process- bassed model of water and solute movement, transformation, plant uptake and chemical reactions in the unsaturated zone. Continuum, water resources inst. Center for environ. Research, Cornell univ. Ithaca, .N.Y., p140
12. Huston, J.L. and R. J. Wagenet. 1992b. Leaching estimation and chemistry model: A process- based model of water and solute movement, transformation, plant uptake and chemical reactions in the unsaturated zone, version 3. Department of soil, crop and atmospheric science, Cornell univ. Ithaca, .N.Y
13. 13.Kozlowski, T. T. 1987. Soil moisture and absorption of water by tree roots. Journal of Arboriculture, 13(2): 39-45.
14. 14.Loague, K. and R. E. Green. 1991. Statistical and graphical methods for evaluating solute transport models: overview and application. J. Contam. Hydrol., 7: 51-73.
15. 15.Majeed. A., C. O. Stockle and L. G. King. 1994. Computer model for managing saline water for irrigation and crop growth: Preliminary testing with lysimeter data. Agricul. Water Manage., 26:239-251.
16. Nimah, M. N. and R. J. Hanks. 1973a. Model for estimating soil water and atmosphere interactions: I. Field test of model. Soil Sci. Soc. Am. Proc., 37(4): 528-534.
17. Nimah, M. N. and R. J. Hanks. 1973b. Model for estimating soil water and atmosphere interactions: I. Description and sensitivity. Soil Sci. Soc. Am. Proc., 37(4): 522-527.
18. Rawls, W. J. and D. L. Brakensiek. 1985. Prediction of soil water properties for hydrological modeling. In. Jones, E. and Ward, T.J.(eds): Proceedings of the ASCE Symposium Watershed Management in the Eighties, Denver, CO, 30 Apr-2 May 1985, 293-299.
19. Rieger, M. 1995. Offsetting effects of reduce root hydraulic conductivity and osmotic adjustment following drought tree physiol. 15, 379-385

Consideration of solute and moisture change in pistachio root zone by LEACHM model

Abstract

The simulation models of solute and water flux is suitable method for prediction of salinity and moisture variation in soil profile. One of solute water movement model is LEACHM. This model simulates one-dimentional solute , water and chemical reaction and root water uptake in unsaturation zone An experiment was counducted in order to consideration of solute and moisture of root zone in pistachio orchards in north of ardakan in central of Iran (32^{O} 27 N ,53^{O} 54 E) and LEACHM model was assessed for pistachio orchards. The capablility of this model for 30 cm depth in growth season was successfully but increased until end of season. For 60, 90 and 120 cm depth prediction was the same. In 30 cm depth the soil salinity was increased affected by the capillary rise. The prediction of LEACHM model show that soil moisture was decreased more than observed values and after several days change of moisture decreased greatly. In all of depths the soil moisture has smooth changes and this change continues until the next irrigation. It was the common points of all depths that predictions were lower than observed values. In 90- 120 cm depth moisture front moved late thus increasing of moisture had delay. In nongrowing season, the salinity decreased in soil profile because of leaching fraction and showed that salt distribution in root zone is steady state.

Keywords: LEACHEM, Pistachio, Root Zone, Salinity.