

ارزیابی اثرپخش سیلاب بر تغییرات رطوبت در نیمرخ خاک با استفاده از شبیه SWATRE

احمد فاتحی مرج و ابوالقاسم توسلی^۱

چکیده

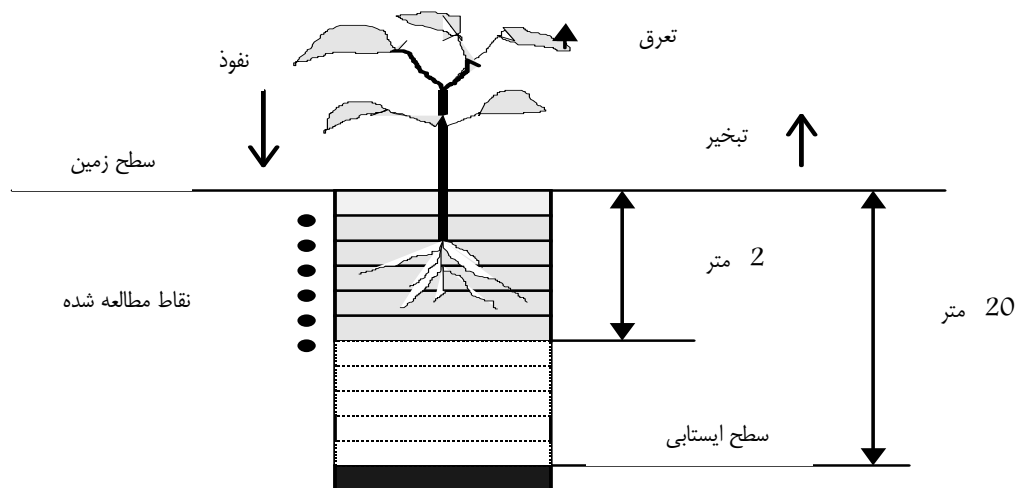
طرحهای پخش سیلاب با اهداف متفاوتی اجرا می شوند که یکی از آنها افزایش میزان رطوبت خاک است. زمانی که حوضچه های پخش سیلاب آب می گیرند، بخشی از آب پخش شده روی سطح عرصه تبخیر گردیده و بخش دیگر آن به داخل خاک نفوذ می کند. از آب نفوذ یافته، بستگی به رطوبت قبلی نیمرخ خاک، مقداری بر اثر برابند نیروهای موجود به سطح آب زیر زمینی رسیده، و بقیه آن در نیمرخ خاک باقی می ماند تا اینکه بسته به شرایط حاکم به تدریج به صورت تبخیر و تعرق از نیمرخ خاک خارج شود. از آنجا که خاک یک ماده پیچیده و پویاست حرکت آب در خاک نیز پیچیده است. بنابراین بررسی تغییرات رطوبت خاک بر اثر پخش سیلاب چندان کار آسانی نیست، و علاوه بر نیاز به آمار و اطلاعات و صرف هزینه های قابل توجه، به تخصص نیز نیاز دارد. در دشت گربایگان از توابع شهرستان فسا در استان فارس، طرح پخش سیلاب در یک سطح ۱۳۶۵ هکتاری انجام گرفت، که در ۲۵ هکتار آن ۶ سال پیش درختان اوکالیپتوس (*Eucalyptus Camaldulensis Dehnh*) کاشته شده بود. در این قطعه سه چاهک به عمق ۱.۸۰ متری حفر و با لوله های آلومینیومی تجهیز گردید. اندازه رطوبت خاک تا عمق ۱.۸۰ متری با فواصل ۳۰ سانتیمتری در هر یک از سه محل چاهک برای مدت ۲۱۰ روز در سالهای ۱۳۶۹ تا ۱۳۷۰ به صورت هفتگی سنجیده شد. با توجه به رطوبت اندازه گیری شده در نیمرخ خاک یک مطالعه موردی انجام گرفته است. برای بررسی تغییرات رطوبت در نیمرخ از شبیه سازی به وسیله شبیه SWATRE (*Soil water balance model*) استفاده شده است. نتایج این بررسی نشان می دهد که از مدل SWATRE می توان برای بررسی تغییرات رطوبت خاک استفاده کرد. هم چنین مشخص گردید، برای اینکه جریانی از عمق ۲ متری به سمت آب زیر زمینی بوجود بیاید حداقل ۱۵ سانتی متر سیل (آب) در حوضچه هایی که زیر پوشش جنگل (درختان اوکالیپتوس دست کاشت) و ۱۰ سانتی متر در دیگر حوضچه ها لازم است.

واژه های کلیدی: شبیه سازی، آب زیر زمینی، اوکالیپتوس، دشت گربایگان، استان فارس

مقدمه

یکبار با فواصل ۳۰ سانتیمتری برای یک دوره ۲۱۰ روز اندازه گیری شد. محل این چاهکها در محدوده پخش سیلاب و تحت پوشش درختان اوکالیپتوس (*Eucalyptus Damaldulensis Dnhh*) که ۶ سال پیش به فواصل ۳ در ۳ متری کاشته شده بودند قرار داشت. برای ارزیابی رطوبت در نیمرخ خاک از شبیه **SWACROP** زیر شبیه **SWATRE** استفاده شده است. این شبیه برای ۵ لایه مختلف از نیمرخ خاک و حداکثر تا ۴۰ نقطه در طول نیمرخ قابل استفاده است. در این مطالعه عمق نیمرخ ۲ متر، و تعداد ۶ نقطه با فاصله های یکسان در آن در نظر گرفته شده است. شکل شماره ۱ نیمرخ نمایشی است که در شبیه یاد شده مورد استفاده قرار گرفته است.

گسترش سیلاب بر روی خاک میزان رطوبت آن را تغییر میدهد در صورتی که مقدار رطوبت از اندازه ای معین که برابر ظرفیت نگهداشت آب در خاک است، بیشتر شود حرکت ثقلی آب در نهایت باعث تغذیه آبخوان می گردد. ارزیابی تغییرات رطوبت در نیمرخ خاک احتیاج به اطلاعاتی دقیق دارد که دستیابی به آنها معمولا هزینه بر است. در مطالعه موردی که انجام گرفت، سه چاهک (۱،۸۰متری) در محدوده پخش سیلاب حفر، و با لوله های آلومینیومی مجهز گردید. در فواصل ۳۰ سانتیمتری در عمق چاهکها نمونه هایی از خاک تهیه، و ویژگیهایی فیزیکی آنها در آزمایشگاه فیزیک خاک مشخص گردید. رطوبت موجود در نیمرخ خاک بطور مستمر هر هفته



شکل شماره ۱ - نیمرخ استفاده شده در شبیه

مواد و روشها

الف- مفاهیم نظری شبیه **SWATRE**

داری و پیوستگی توضیح می دهد. معادلات داری خلاصه و بصورت معادله شماره (۱) بیان می شود.

$$fw = -k \cdot d\Psi/dx \quad (۱) \text{ معادله شماره}$$

که در آن fw جریان آب، و $d\Psi/dx$ شیب بلقوه آب است که باعث حرکت آن می شود، و k هدایت آبی

خاک یک ترکیب پیچیده و پویا است، بنابراین حرکت آب در خاک نیز پیچیده بوده و آگاهی از چگونگی توزیع و مقدار آن، مخصوصا در ناحیه غیر اشباع، کار آسانی نیست. شبیه **SWATRE** جریان رطوبت را بین نقاط در نیمرخ خاک محاسبه می کند. این شبیه جریان یک بعدی غیر اشباع را در خاک غیر همگن با استفاده از معادلات

در نظر بگیریم، سانتیمتر $Z = -\Psi_g$ میباشد. زمانی که راجع به مجموع نیروهای ماتریک و ثقل صحبت می شود، می توان گفت فشارآبی H برابر است با $H = \Psi - Z$ که Ψ ارتفاع معادل فشاررطوبت خاک نامیده می شود و Z ارتفاع معادل فشار ثقلی است. آب در ناحیه غیر اشباع بوسیله نیروهای ماتریک باقی می ماند. در فشار صفر همه خلل و فرج خاک از آب پر است. مشابه این حالت در سطح آب اتفاق می افتد. اگر مقدار منفی ارتفاع معادل فشار (Ψ) را بعنوان مثبت مکش (h) در نظر بگیریم بنابراین $h = -\Psi$ است که مقدار h بین ۰ تا 10^7 سانتی متر متغیر است. تغییرات این دامنه بخوبی در یک نمودار تحت عنوان $pF = \log(h)$ مشخص میشود. رابطه بین بار ($head$) فشار و مقدار رطوبت خاک برای سه نوع خاک مختلف در شکل شماره ۲ نشان داده شده است. زمانی که خاک اشباع می گردد همه خلل و فرج آن پر از آب شده و هدایت آبی به بیشترین مقدار خود می رسد. زمانی که خاک در حال خشک شدن است میزان آب در منافذ خاک کم گشته و بنابر این هدایت آبی کاهش می یابد. (از Ψ_{osm} و Ψ_{gas} بخاطر مقدار کمشان در این معادله صرف نظر می شود)

خاک است. آب در خاک از نقطه ای با کارمایه ($energy$) بیشتر به نقطه ای که دارای کارمایه کمتر است، حرکت می کند. این کارمایه آب، توان ($potential$) آب بوده که با علامت (Ψ) نشان داده می شود و از برآیند چند جزء بوجود آمده است. (معادله شماره ۲)

معادله شماره (۲)

$$\Psi = \psi + \psi_g + (\psi_{osm} + \psi_{gas})$$

که در آن Ψ = ارتفاع معادل فشار رطوبت خاک (سانتیمتر).

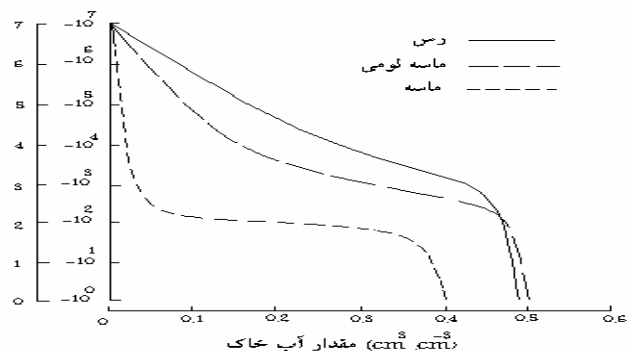
ψ = توان ماتریک یا فشاری که بر اثر نیروهای داخل خاک و آب بوجود می آید (سانتیمتر).

ψ_g = توان ثقل بوجود آمده بر اثر نیروهای ثقلی (سانتیمتر).

ψ_{osm} = توان اسمزی که بر اثر نیروهای اسمزی بوجود آمده (سانتیمتر).

ψ_{gas} = توان هوا، بوجود آمده بر اثر تغییرات فشار گاز. باید توجه داشت که توان ماتریک (ψ) در ناحیه غیر اشباع منفی بوده و در سطح آب برابر با صفر است. توان ثقلی بوسیله ارتفاع نقطه از سطح مبناء مشخص می شود. اگر مبنای Z را در سطح زمین و جهت رو به پایین را منفی

شکل ۲: مکش آب خاک (cm)



شکل شماره ۲- نمونه ای از منحنی رابطه رطوبت خاک و مکش برای سه نوع خاک ماسه ای رسی و ماسه لومی

ب- عوامل ورودی شبیه SWATRE

میشود، با استفاده از ترکیب معادلات پیوستگی
 $\frac{\partial \theta}{\partial t} = -\frac{\partial q}{\partial z} - s$ و دارسی بدست آمده است.

محدوده مورد مطالعه با توجه به مشاهدات صحرائی در یک لایه خلاصه شده و کلا ۶ نقطه برای آن در نیمرخ خاک منظور گردیده است. مرز پایینی شبیه بعنوان زهکش و مرز بالایی آن بعنوان تبخیر و تعرق در نظر گرفته شده است. رطوبت اولیه خاک (شرایط اولیه رطوبت خاک) برای شبیه رطوبت روز ۷۸ (روز اول ژانویه روز ۱) که در واقع رطوبت در نیمرخ خاک شبیه با استفاده از بافت خاک (نتایج آزمایشگاهی معادلات کمبل (1985)) محاسبه گردیده است. میزان آبی که بوسیله ریشه گرفته

$$\frac{\partial h}{\partial t} = \frac{1}{c(h)} \times \frac{\partial}{\partial z} [k(h) (dh/dz - 1)] - s(h)/c(h) \quad (3) \quad \text{معادله شماره (۳)}$$

در این معادله:
 h = فشار آبی در خاک (سانتی متر)
 t = زمان (ثانیه)
 c = ضریب مربوط به ظرفیت نگهداشت آب
 Z = مختصات عمودی (سانتی متر)
 k = هدایت آبی غیر اشباع (سانتی متر بر روز)
 S = حجم آب گرفته شده به وسیله ریشه در واحد حجم خاک
 θ = رطوبت خاک (درصد وزنی)
 dh/dz = شیب آبی

در این معادله:
 $s(h) = \alpha(h) S_{max}$ بطوریکه $\alpha(h)$ یک تابع بدون بعد و S_{max} مقدار بیشترین ممکن آبی است که به وسیله ریشه گیاهان گرفته می شود، فلدز و همکاران (۱۹۷۸ میلادی) فرض کردند که بطور عملی در یک خاک همگن رابطه $S_{max} = T_p / |Z_y|$ با T_p عمق موثر ریشه است و Z_y عمق موثر ریشه است و شکل این تابع در نیمرخ تغییر نخواهد کرد. (شکل شماره ۳).

در این معادله:
 h = فشار آبی در خاک (سانتی متر)
 t = زمان (ثانیه)
 c = ضریب مربوط به ظرفیت نگهداشت آب
 Z = مختصات عمودی (سانتی متر)
 k = هدایت آبی غیر اشباع (سانتی متر بر روز)
 S = حجم آب گرفته شده به وسیله ریشه در واحد حجم خاک
 θ = رطوبت خاک (درصد وزنی)
 dh/dz = شیب آبی

h1 = فشار در نقطه شروع

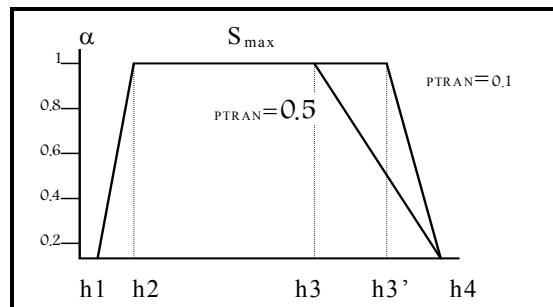
h2 = فشاری که آب به راحتی در دست رس گیاه است

h3 = فشار نقطه محدود کننده (در حالت PTRAN = 0.5)

h3' = نقطه محدود کننده (در حالت PTRAN = 0.1)

h4 = نقطه پژمردگی

PTRAN = تبخیر و تعرق بلقوه

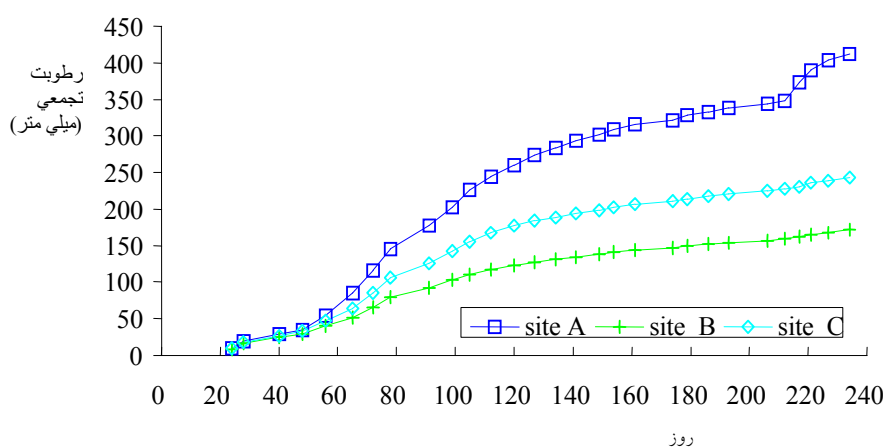


شکل شماره ۳- عامل α بر حسب توان ماتریک

ج- رطوبت خاک

برای اندازه گیری رطوبت در خاک سه محل انتخاب و سه چاهک به عمق ۱٫۸۰ متر (تحت نامهای A, B, C) حفر و با لوله های آلومینیومی تجهیز شد. ادراکی (۱۳۷۱) رطوبت خاک را در فاصله های ۳۰ سانتیمتری در نیمرخ خاک و بطور هفتگی با کاربرد دستگاه سنجش نوترون اندازه گیری نمود. از اطلاعات موجود برای هر محل،

رطوبت تجمعی محاسبه و نمودار آن ترسیم شد (شکل شماره ۴). باتوجه به اینکه در نیمرخهای ۲ متری که در نزدیکی هر محل اندازه گیری حفر شده بود لایه بندی خاصی دیده نمی شد. محل C که رطوبت تجمعی آن بین دو محل دیگر قرار داشت به عنوان نماینده برای منطقه انتخاب و از داده های آن برای ورودی شبیه استفاده شد.



شکل شماره ۴- رطوبت تجمعی در محل های A, B, C

د- حساسیت شبیه

وسیلینگ و بورک (۱۹۸۸ میلادی) نیاز آبی گیاه را با کاربرد شبیه SWACROP پیش بینی نمودند. نتایج آنها نشان می داد مقادیر رطوبت اندازه گیری شده با مقادیر

شبیه سازی شده با دقت ۳٫۶٪ انجام شده است. مهدیان و گالیشان (۱۹۹۵ میلادی) با استفاده از داده های صحرایی

رطوبت خاک را شبیه سازی نمودند و نشان دادند که دقت مقادیر رطوبت تعیین گردیده و مشابه سازی

شده با کاربرد شبیه SWACROP بین ۶/۳ تا ۴,۱ درصد است. در این تحقیق نیز بعد از اینکه شبیه واسنجی گردید، بعضی از عوامل شبیه مثل رطوبت اولیه خاک، وزن مخصوص ظاهری خاک، عمق ریشه و هدایت آبی غیر اشباع خاک تا آنجا تغییر داده شد که حساسیت شبیه نسبت به این عوامل مشخص گردید. نتایج حاصله نشان می دهد که وزن مخصوص ظاهری تأثیری بر شکل نمودار رطوبت ندارد. هرچه عمق ریشه افزایش می پذیرد رطوبت خاک، مخصوصاً در آخرین نقطه نیمرخ (در شبیه) کاهش می یابد. تغییرات رطوبت اولیه خاک نشان داد که شبیه نسبت به آن بسیار حساس است.

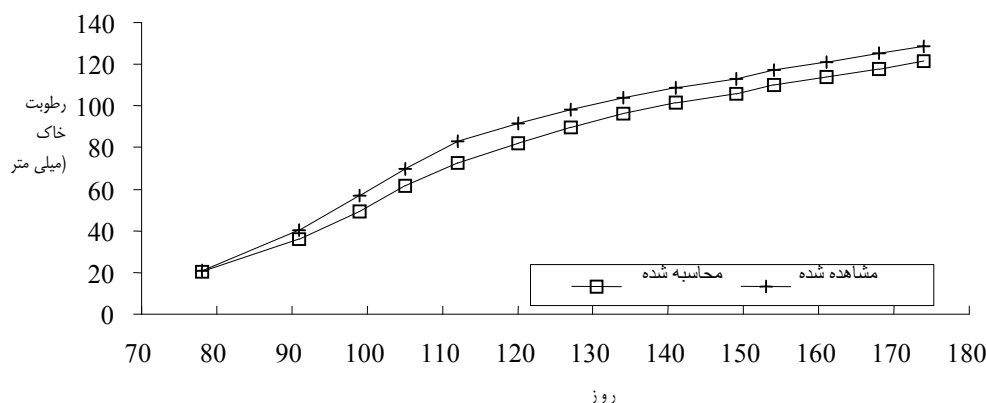
ه-نتایج شبیه سازی

چنانچه قبلاً نیز اشاره گردید رطوبتی که در سه محل اندازه گیری شده است مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته و اطلاعات مربوط به قطعه ای که از لحاظ تغییرات حد واسط دو محل دیگر بوده بعنوان اطلاعات ورودی شبیه انتخاب شده است.

بعد از ورود اطلاعات لازم با استفاده از روش سعی و خطا عوامل شبیه تعدیل گردید. این کار مرتب تکرار شد تا اینکه رطوبت خاک بدست آمده با کاربرد شبیه با رطوبت اندازه گیری شده، به هم نزدیک گردند. بعد از واسنجی شبیه، مقادیر این عوامل بدین شرح تغییر پیدا کرد.

- عمق ریشه: از ۲۰۰ سانتیمتر به ۱۸۰ سانتیمتر
- شاخص سطح برگ درختان اکالیپتوس (LAI): از ۱,۵ به ۲
- عامل گیاهی یا ضریب گیاهی (kc): از ۰/۹ به ۰/۹
- نقطه پژمردگی: از ۱۲۰۰۰- به ۱۵۰۰۰- سانتیمتر
- درصد پوشش سطحی زمین: از ۹۵ به ۹۰

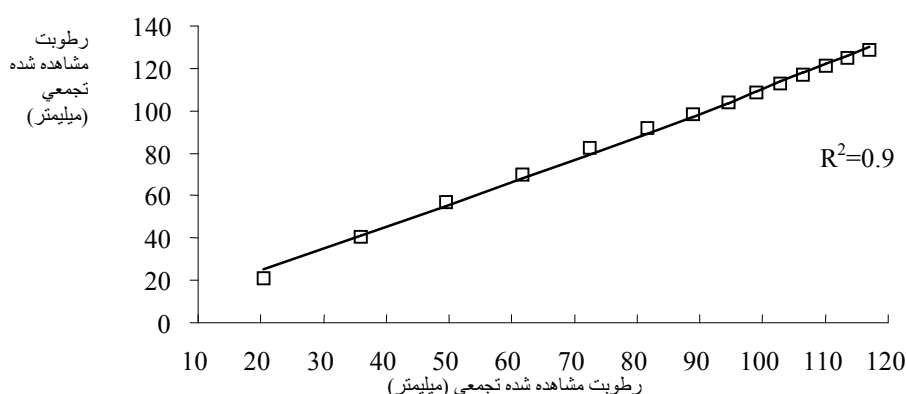
در صورتی که متوسط تجمعی رطوبت اندازه گیری و محاسبه شده را با هم ترسیم کنیم، منحنی مربوط مطابق شکل شماره ۵ خواهد بود که نشان می دهد نتایج شبیه نزدیک به واقعیت است، اما در مجموع کمتر از مقادیر واقعی است که می تواند باعث نبودن اطلاعات بارندگی و سیل باشد، چه این عوامل از زمانی که رطوبت اولیه وارد شده و شبیه اجراء گردیده تا پایان دوره دیده نشده است.



شکل شماره ۵ - رطوبت تجمعی مشاهده شده و محاسبه شده با استفاده از شبیه

مقایسه رطوبتهای اندازه گیری و محاسبه شده در شبیه نشان می دهد یک رابطه مطلوب بین این دو مقدار وجود دارد (شکل شماره ۶). بنابر این می توان چنین نتیجه گرفت که شبیه SWATRE برای ارزیابی تغییرات رطوبت در نیمرخ خاک قابل استفاده، و برای ارزیابی تغییرات رطوبت در بقیه حوضچه های پخش که دارای شرایط پوشش متفاوتی هستند نیز با تغییر عوامل متناسب با

شرایط فیزیکی محل امکان پذیر است. با استفاده از روش سعی و خطا معلوم گردید که حداقل ارتفاع سیل در حوضچه هایی که کاملاً پوشیده از جنگلهای اوکالیپتوس هستند ۱۵ سانتی متر و در حوضچه هایی که با پوشش بوته ای تنک می باشند حدود ۱۰ سانتی متر می باشد. در صورتی که ارتفاع سیل بیشتر از آن شود تغذیه آبخوان صورت می گیرد.



شکل شماره ۶ - رابطه خطی رطوبت مشاهده شده و محاسبه شده با استفاده از شبیه SWATRE

بحث و نتیجه گیری

از مساحت ۱۳۶۵ هکتاری پخش سیلاب حدود ۲۵ هکتار آن زیر پوشش تراکم درختان اوکالیپتوس قرار داشته و بقیه اوکالیپتوس بود بعد از واسنجی شبیه با فرض اینکه خصوصیات خاک در بقیه نقاط پخش سیلاب نیز مشابه باشد، بعضی از عوامل چون عمق ریشه، شاخص سطح برگ عامل برگ (ضریب گیاهی)، و پوشش سطحی زمین متناسب با شرایط موجود تغییر کرده است. با استفاده از روش سعی و خطا حداقل ارتفاع سیل در حوضچه ها که لازم است تا عمل تغذیه آبخوان صورت گیرد، مشخص شده است. این ارتفاع برای مناطقی که تحت پوشش جنگل است ۱۵ سانتی متر، و برای حوضچه هایی که دارای پوشش بوته ای هستند ۱۰ سانتی متر بدست آمده است.

مقایسه رطوبتهای مشاهده شده و اندازه گیری شده نشان می دهد که میتوان از شبیه SWATRE برای ارزیابی تغییرات رطوبت در نیمرخ خاک استفاده نمود. با توجه به اینکه عمق سطح آب زیر زمینی حدود ۱۷ متر است، شبیه نشان میدهد در صورتی که ارتفاع سیل در حوضچه ها بیشتر از ۱۰ سانتی متر باشد، در این صورت جریانی به سمت پائین تر از عمق ۲ متری صورت می گیرد و میزان سیل با ارتفاع کمتر از ۱۰ سانتی متر، باعث افزایش رطوبت خاک تا عمق ۲ متری شده، سپس بتدریج در اثر تبخیر و تعرق از محیط خارج می گردد. برای ارزیابی دقیقتر از میزان تغییرات رطوبت پیشنهاد می شود تعداد محللهای اندازه گیری افزایش یابد. هم چنین، تعداد نمونه های

بیشتری از خاک جهت شناخت بهتر تغییرات خاک تجزیه شود.

محترم مرکز تحقیقات منابع طبیعی و امور دام استان فارس به خاطر در اختیار گذاشتن امکانات لازم برای انجام عملیات صحرائی قدردانی و تشکر می شود. هم چنین از آقایان مهندس نجابت، مهندس رهبر، و مهندس محمد نیا که در مدت عملیات صحرائی همکاریهای ارزشمندی داشته اند سپاسگرازی می شود.

قدردانی

از جناب آقای دکتر کوثر بخاطر راهنمایی های ارزشمندشان در این بررسی قدردانی می شود. از مسئولان

مراجع

۱- ادراکی ۱۳۷۱ . برآورد میزان تبخیر و تعرق درختان اوکالیپتوس. پایان نامه دوره کارشناسی ارشد. دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران.

2-Campbell,G. S. 1985. Soil physics with basic. Department of Agronomysoil, Washington State University, Pullman, WA 99163, U.S.A

3- Feddes , R. A.,P.J. Kowalik, and H. Zaradny, 1978 .Simulation of water use and roduction of potatoes as affected by soil compaction. Potato Res. 31:225-239.

4- Mahdian M.H. , and J. Gallichand 1996. Modeling of soil water content and pressure head with SWACROP in potato fields. Canadian Agricultural Engineering. 38 (1):1 -11.

5-Wesseling, J.G, and B.J van den Broek. 1977. Prediction of irrigation scheduling with the numerical model SWATRE. Agricultural Water Management 14(1):299 - 306.

Evaluation of Flood Water Spreading on Soil Moisture Content Using SWATRE Model

A. Fatehi marj, and A. Tavassoli*

Abstract

Flood water spreading projects have been done with many objectives. One of these objective is increasing soil moisture through the soil profile. When the flood scheme gains water, some part of the water evaporates and some part infiltrates in to the soil. From infiltrated water some part goes to the ground water (depends to residual soil moisture) and the rest remains in the soil profile which gradually evapotranspirates. Soil system is complex and dynamic, that water movement in the soil profile is complex too, therefore investigation on the soil moisture in soil profile is not a simple work. A flood water spreading project was implemented on 1365 hectares in Gareh-Baygon of Fasa in Fars province. From this area 25 hectares are under Eucalyptus trees. In this part (trees) three holes were dug with about 2 meters depthes and aluminum tubes were installed. Moisture content in the soil profile was measured with 30 centimeter intervals in every week for 210 days period. A simulation model SWATRE was applied to investigate the soil moisture content in the soil profile. The results showed SWATRE model can be used to investigate soil moisture. Groundwater level in this area was about 17 meter from ground surface, the model showed at last 15 cm depth of flood (water) needs to have a flow through 2 meter below the soil surface for the forest area and 10 cm for the other flood schemes.

Key words: Modelling, Groundwater, Eucalyptus, Gareh-Baygon plain, Far Province

* Research staff, Soil conservation and Watershed management Research Center Tehran, Iran P.O..Box 13445-1136